



# Sähkömoottoripyörien tulevaisuus

Severi Muhonen

Opinnäytetyö, AMK

Joulukuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

**Muhonen, Severi**

## **Sähkömoottoripyörien tulevaisuus**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2023**, 36 sivua.

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Sähköajoneuvot tulevat yleistymään yhä enemmän ympäristötietouden kasvaessa. Tämä tarkoittaa myös sähkömoottoripyörien yleistymistä. Kehityksessä, sekä sähkömoottoripyörien suosiossa ollaan vielä muita sähköajoneuvotyypppejä jäljessä.

Tämä opinnäytetyö on lyhyt katsaus sähkömoottoripyöriin, niiden akkujen ja moottoreiden kehitykseen ja tulevaisuuden näkymiin. Alussa käydään moottoripyörien ja sähkömoottoripyörien historiaa. Historiakatsauksesta selviää taustoja, miten moottoripyörät ovat päässeet tähän pisteeseen, ja miten sähkömoottoripyörän kehityksessä ongelma kohtina ovat olleet samat ongelmat kuin polttomoottorilla toimivien moottoripyörien kehityksessä. Historiasta selviää myös millainen nykymoottoripyörän tulisi olla. Tavoitteena oli saada kirjallisuuskatsaus sähkömoottoripyörien kehityksen suunnasta, tulevaisuudesta ja yleisesti sähkömoottoripyörien tekniikasta, sekä moottoripyörien käyttämästä turvallisuustekniikasta.

Ainestoa kerättiin verkkolähteistä ja kirjallisuuslähteistä. Työssä tehtiin myös tutkimus Suomen latausinfrastruktuurin nykytilasta. Työn tuloksena syntyi katsaus sähkömoottoripyörien tekniikasta, tulevaisuuden näkymistä, nykytilasta ja Suomen tämänhetkisestä latausinfrastruktuurista.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Sähkömoottoripyörä

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Muhonen, Severi**

**Future of electric motorcycles**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 36 pages.

Degree Programme in Electrical and Automation technology. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

**Abstract**

Electric vehicles are going to be more common as environmental awareness grows. This also means that electric motorcycles also are going to be more common. Still electric motorcycles are behind in development of other electric vehicles and also in popularity.

This thesis is a brief overview of electric motorcycles, about the future prospects and development of their batteries and motors. At the beginning, we will go through the history of motorcycles and electric motorcycles. The history review reveals the background of how motorcycles have gotten to current point, and how the problems in the development of electric motorcycle have also been the same problems as in the development of combustion powered motorcycles. History also shows what modern motorcycle should be like. The goal was to get a literature review of the direction of the development of electric motorcycles, the future and the technology of electric motorcycles in general, as well as the safety technology used by motorcycles.

The material was collected from online and literature sources. The work also included a study of the current status of Finland's charging infrastructure. The result of the thesis was an overview of the technology of electric motorcycles, future prospects, the current state of the charging infrastructure in Finland.

**Keywords/tags (subjects)**

Electric motorcycle

**Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

|          |                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Johdanto .....</b>                                | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>Sähkömoottoripyörä.....</b>                       | <b>3</b>  |
| <b>3</b> | <b>Moottoripyörien historiaa .....</b>               | <b>4</b>  |
| 3.1      | Moottoripyörien alku .....                           | 4         |
| 3.2      | Kohti modernia moottoripyörää .....                  | 5         |
| 3.3      | Sähkömoottoripyörät ennen toista maailmansotaa ..... | 6         |
| 3.4      | Toisen maailmansodan jälkeinen aika .....            | 7         |
| 3.5      | Moottoripyöriteollisuuden ongelmat .....             | 8         |
| 3.6      | Markkinoiden muutos ja moottorikehitys .....         | 8         |
| 3.7      | Markkinoille uusia kilpailijoita.....                | 9         |
| 3.8      | Elektroniikan lisääntyminen .....                    | 10        |
| 3.9      | Sähkömoottoripyörien kehitys.....                    | 11        |
| <b>4</b> | <b>Sähkömoottoripyörien moottori .....</b>           | <b>12</b> |
| 4.1      | Sähkömoottoritekniikka .....                         | 13        |
| 4.2      | Tasasähkömoottori .....                              | 13        |
| 4.3      | Vaihtosähkömoottori .....                            | 14        |
| 4.4      | Kestomagneetti .....                                 | 15        |
| <b>5</b> | <b>Turvallisuusjärjestelmät.....</b>                 | <b>15</b> |
| 5.1      | Ajoavustimet .....                                   | 16        |
| <b>6</b> | <b>Akkuteknologia.....</b>                           | <b>18</b> |
| 6.1      | Litiumioni akku .....                                | 19        |
| 6.2      | Akkuteknologian tulevaisuus .....                    | 19        |
| 6.3      | Sähkömoottoripyörien epävarmuustekijät .....         | 20        |
| 6.4      | Sähkömoottoripyörät ja mopot Suomessa .....          | 21        |
| 6.5      | Sähkömoottoripyörät ja skootterit Intiassa .....     | 23        |
| <b>7</b> | <b>Latausinfrastrukturi .....</b>                    | <b>24</b> |
| 7.1      | Nuorgam-Hanko .....                                  | 24        |
| 7.2      | Zero DSR/X .....                                     | 25        |
| 7.3      | SAE J2982 .....                                      | 26        |
| 7.4      | Latauspisteet .....                                  | 26        |
| 7.5      | Tulokset .....                                       | 27        |
| 7.6      | Päätelmät .....                                      | 27        |

|                        |           |
|------------------------|-----------|
| <b>8 Pohdinta.....</b> | <b>32</b> |
| <b>Lähteet .....</b>   | <b>33</b> |

## Kuviot

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| Kuvio 1. Vergen vannemoottori.....                        | 13 |
| Kuvio 2. Virran napaisuuden vaihto kelakäämissä.....      | 14 |
| Kuvio 3. BMW S 1000 RR luistonestojärjestelmä.....        | 17 |
| Kuvio 4. Moottoripyörien kallistuskulmia.....             | 18 |
| Kuvio 5. Bikesuren teettämän kyselyn tulokset.....        | 20 |
| Kuvio 6. Moottoripyörät Suomessa. ....                    | 21 |
| Kuvio 7. Täyssähkömoottoripyörät Suomessa.....            | 22 |
| Kuvio 8. Mopot Suomessa. ....                             | 22 |
| Kuvio 9. Täyssähkömopot Suomessa.....                     | 23 |
| Kuvio 10. Google Mapsin reitti Nuorgamista Hankoon. ....  | 24 |
| Kuvio 11. Zero DSR/X. ....                                | 26 |
| Kuvio 12. Ensimmäinen latauspiste. ....                   | 28 |
| Kuvio 13. Toinen latauspiste. ....                        | 28 |
| Kuvio 14. Kolmas latauspiste. ....                        | 29 |
| Kuvio 15. Neljäs latauspiste. ....                        | 29 |
| Kuvio 16. Viides latauspiste. ....                        | 30 |
| Kuvio 17. Kuudes latauspiste. ....                        | 30 |
| Kuvio 18. Loppumatkan pituus. ....                        | 31 |
| Kuvio 19. 2-tyypin latauspisteiden sijainti Suomessa..... | 31 |

## Taulukot

|                                        |    |
|----------------------------------------|----|
| Taulukko 1. Zero DSR/X latausajat..... | 25 |
|----------------------------------------|----|

## 1 Johdanto

Ajoneuvojen sähköistyessä, niin henkilöautojen kuin raskaan liikenteenkin, myös moottoripyörät ja mopot ovat alkaneet sähköistyä. Sähkömoottoripyörien myynti on kuitenkin ollut tähän mennessä vain pieni osa kokonaisymyynnistä viime vuosina. Vuonna 2020 Euroopassa myytiin 1.5 miljoonaa moottoripyörää, joista vain 75 000 oli sähköisiä (Smoto, N.d.). Mistä tämä johtuu?

Monelle moottoripyörä on harrastus, ei päätoiminen tai mahdollisesti edes pakollinen kulkuväline. Tällöin on vaikea perustella polttomoottorin vaihto sähköiseen vain ympäristöystävällisyyden nimessä. Toimintamatka mahdollisesti epäilyttää monia, mutta se ei ole ainoa ongelma. Akut voi ladata jo aika nopeasti täyteen, mutta missä sen voi tehdä, voi vielä epäilyttää monia. Onko latausinfrastruktura sähköajoneuvoille jo niin kehittynyt, ettei toimintamatkasta tarvitse murehtia? Suorituskyvystä ei varmasti sähkömoottoripyörän hankinta jää kiinni.

Liikenne sähköistyy. Sähköautot alkavat yhä enenemissä määrin lyödä läpi markkinoilla. Markkinoille on myös ilmestyneet sähkömoottoripyörät. Mikä on niiden tulevaisuus, tulevatko ne syrjäyttämään perinteiset polttomoottorilla toimivat moottoripyörät?

Tässä opinnäytetyössä käydään läpi moottoripyörien historiaa, lyhyesti sähkömoottoripyörien moottoreita ja akkuteknologiaa ja niiden tulevaisuutta sekä turvallisuusjärjestelmiä moottoripyörissä. Työssä tehdään myös tutkimus Suomen tämänhetkisestä latausinfrastruktuurista. Olen harrastanut moottoripyöriä aina siitä lähtien kun kevytmoottoripyörän ajokortti-ikä tuli täyteen. Sähkömoottoripyörää en ole vielä omistanut, mutta aihe kiinnostaa ja siksi olen valinnut aiheeksi sähkömoottoripyörät.

## 2 Sähkömoottoripyörä

Sähkömoottoripyörä toimii nimensä mukaisesti sähköllä. Virtansa sen moottori saa ladattavasta akustosta, kun polttomoottorilla toimiva moottoripyörä saa sen polttoaineen polttamisesta. Molemmilla keinoilla päämäärä on sama: saada moottoripyörään varastoitu energia välitettyä liikeenergiaksi, joka mahdollistaa moottoripyörän sille tarkoitetun liikkeen. Sähköenergialla on varsinkin moottoripyörässä paljon etuja suhteessa polttoaine-energiaan. Sähköenergiasa on etuna se, että energian siirrossa hävikki on pientä. Eli energiaa ei katoa voimansiirrossa paljoakaan taivaan

tuuliin. Hyötysuhde on hyvä, toisinkuin on polttomoottorin tehon siirrossa. Hyötysuhde on noin 20–25 % luokkaa. Toisin sanoen polttomoottorissa polttoaineen energiaa katoaa lämpöenergiana hukkaan 70–80 %. Autossa osaa energiahukasta voidaan käyttää talvella sisätilan lämmittämiseen. Moottoripyörässä ei energiahukasta ole mitään hyötyä – päinvastoin.

Polttomoottori tarvitsee myös paljon liikkuvia osia, jotka ovat alttiita jatkuvalla kulutukselle. Tämä tarkoittaa jatkuvaa huoltoa ja korjauskustannuksia. Osalle moottoripyöräilijöistä harrastukseen kuuluu myös kuluvien osien korjaus ja vaihto. Toinen osa moottoripyöräilyä on äänimaailma, jolla on myös oma viehätöksensä. Polttomoottorissa sitä on; sähkömoottoripyörissä sitä ei ole. Sähkömoottoripyörä tarjoaa motoristille huoltovapaamman toimintaympäristön, jos moottoripyörän teknillinen harrastus ei ole etusijalla.

### **3 Moottoripyörien historiaa**

#### **3.1 Moottoripyörien alku**

Polttomoottori moottoripyörän ja sähkömoottoripyörän historian alku ajoittuu melkein samoihin aikoihin. Sähkömoottoripyörät jäivät vielä historian alaviitteeksi suhteessa polttomoottoripyörien kehitykseen. Gottlieb Daimlerin ja Wilhelm Maybachin Saksassa valmistama 1885 Daimler Reitwagen oli ensimmäinen polttomoottoripyörä. Kyseessä oli 264 kuutiainen nelitahtimoottori, joka käytti uutta ihme polttoainetta – bensiiniä. Moottoripyörä painoi 90 kiloa ja tuotti 0,5 hevosvoimaa 750 kierroksella per minuutti. Vauhtia oli 11 km/h kaksiporaisella vaihteistolla. Pisin matka joka kyseisellä moottoripyörällä tehtiin, oli kolme kilometriä. Tämän jälkeen Daimler keskittyi hevosettomien vaunujen kehittämiseen ja loppu on historiaa. (Beazley 2006, 18).

Hildebrand & Wolfmüller aloittivat ensimmäisenä sarjatuotanto moottoripyörän valmistuksen 1894 Münchenissä Baijerissa. Koneen kahden sylinteri tilavuus oli todella suuri; 1489 kuutiosenttimetriä. Siitä huolimatta kone tuotti vain 2,5 hevosvoimaa ja huippunopeus oli 48 km/h. Sytytys toimi kuumaputken avulla, joka osoittautui epäluotettavaksi ja vaikeaksi käyttää. Ne oli muun muassa lämmitettävä kaasupuhaltimella. Yhtiö joutuikin lopettamaan toimintansa asiakkaiden moottoripyörän kanssa kohtaamien käyttöongelmien vuoksi. (Beazley 2006, 20–21).

1900-luvun taite oli moottoripyöräteollisuuden laajan leviämisen aikaa. Liikemiehet havaitsivat alan valtavan kasvupotentiaalin. Euroopan ja Yhdysvaltain alueelle nousi moottoripyörätehtaita. Ensimmäisellä vuosikymmenellä moottoripyörien sylinterikoot liikkuvat noin 200–400 kuutiosenttimetrin välillä ja huippunopeudet 40–80 km/h välillä. Koska tuote oli uusi, elettiin myös kokeilujen aikaa muun muassa jousitusten ja vaihteistojen saralla. Samalla moottorikehitys alkoi siirtyä moottoripyörien valmistajille osto -ja lisenssisopimusten sijaan. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 14–17).

### 3.2 Kohti modernia moottoripyörää

Seuraavalla vuosikymmenellä sylinterikoot kasvoivat 300–1000 kuutiosenttimetrin välille. Suosituin kokoluokka näyttää olevan kyseisellä ajanjaksolla noin 500 kuutiosenttimetriä. Ensimmäinen maailmansota toi moottoripyörät tositoimiin. Royal Enfield moottoripyörätehtaan motto olikin tuolloin: ”Muistuttaa asetta, kulkee kuin luoti.” Brittiarmeija tilasi vakaana ja luotettavan pidetyltä Royal Enfieldiltä moottoripyöriä sotakäyttöön. Yhtiön mainoslause olikin: ”Tehty kuin ase...” ensimmäisellä kymmenluvulla päästiin jo sylintereiden määrässä siihen pisteeseen, jossa olemme tänäkin päivänä. Valmistettiin V-2, nelisylinterisiä, tosin pitkittäin asennettuja, rivimoottoreita sekä kaksi sylinterisiä boxerimoottoreita. Kehitys tähän suuntaan alkoi, kun insinöörit huomasivat sylinterien määrän korreloivan tehoon ja tasaiseen käyntiin. Tehoista oli apua varsinkin sivuvaunu käytössä, jota varsinkin saksalaiset käyttivät ensimmäisessä maailmansodassa. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 8–28).

Perustaltaan edellä mainitun ajan moottoripyörät muistuttivat ajosuoritukseltaan sähkömoottoripyörää – suoraa vetoa ilman vaihteistoa. Voimansiirto välittyi suurimassa osaa moottoripyöristä tuohon aikaan suoraan takapyörään ilman vaihteistoa. Tämä muodostui näissä varhaisissa moottoripyörissä vaikeaksi toimintamalliksi, että lähteminen ja pysähtyminen eivät tapahtuneet pehmeästi. Ensimmäisessä maailman sodassa luotettavuus ja toimintakyky saattoivat olla elämän ja kuoleman kysymyksiä. Niinpä 20-luvulle tultaessa vaihdelaatikko, magneetto, kytkin ja jalkastartti alkoivat olla yleisiä varusteita moottoripyörissä. (Dowds, Cain, Dougherty & Jackson 2007, 47).

Pohjoismaista ensimmäisenä moottoripyöriä alkoi valmistamaan Ruotsalainen Husqvarna. Valmistus alkoi vuonna 1903 jolloin moottoreina oli Moto Reve, NSU ja FN valmistamat moottorit. Ensimmäis-



mäinen maailmansota toimi myös sysäyksenä Husqvarnalle, kun Ruotsin armeija tilasi moottoripyöriä laajalla sopimuksella. 30-luvulle tultaessa Husqvarna kehitti moottoria muun muassa sijoittamalla kaasuttimet sylinterien väliin, jolloin polttoaineen suuremman määrän ohjaaminen tehoa vaativissa tilanteissa onnistui paljon paremmin. Huippunopeuden ollessa 193 km/h ja uudella ajominaisuudella teki se Husqvarnasta varteen otettavan ratapyörän 1930-luvun alussa. (Beazley 2006, 56–57).

Ensimmäinen kulta-aika moottoripyörien suosion osalta oli 1920-luku, joka päättyi suureen lamaan vuonna 1929. Minkä takia moottoripyörä valmistajia ajautui konkurssiin. 1920 oli opittu tehokas moottoripyörän valmistus. 1930-luku kuluikin lähinnä parantelussa ja hienosäädöissä. Lama-aika teki rinnalle moottoripyörien kehitykseen kuitenkin nykyajalta tutun ilmiön – taloudellisuuden. Moottoripyörä oli monelle ainoa keino liikkua pidempiä matkoja, joten pienellä polttoaine kulutuksella alkoi olla merkitystä talousahdingossa. Toisin sanoen: haluttiin saavuttaa suurempi toimintasäde pienemmällä määrällä polttoainetta. Moottoripyörä markkinoille alkoikin monipuolistuminen ja kysyntä erityyillisille moottori pyörille kasvoi. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 68–78). Kun ajattelee 1920 -ja 1930 kehitystä polttomoottori moottoripyörissä voi päätyä siihen ajatukseen, että silloin saavutettiin hyvin pitkälle se piste, jossa nykyään olemme. Teknillinen perusta luotiin mielestäni silloin ja kaikki mitä sen jälkeen on tapahtunut, on käytännössä parannusten tekemistä vanhalle idealle. Voikin mielestäni sanoa, että nyt vuonna 2023 vietetään modernin moottoripyörän vuosisadan juhlaa.

### **3.3 Sähkömoottoripyörät ennen toista maailmansotaa**

Sähkömoottoripyöriä ei juurikaan valmistettu sarjatuotanto mittakaavassa ennen toista maailmansotaa. Oikeastaan kehitys alkoi kunnolla vasta 1990-luvulla. Ensimmäistä sähkömoottoripyörää, Ome, valmistettiin Italiassa vain vuoden aikavälillä 1920–1921. Sen huippunopeus oli 25 km/h ja se painoi 100 kiloa. (Cybermotorcycles, N.d). Toinen sähkömoottoripyörä merkki Bullo näki myös vain päivänvalon vuosina 1924–1926. (Dowds ym. 2007, 365).

Ensimmäinen sähkömoottoripyörä, jota valmistettiin pienimuotoisesti sarjatuotantona, oli Belgialainen Socolev. Niitä tehtiin yli tuhat kappaletta. 48-voltin moottori, jonka akusto koostui kolmesta 12-voltin akusta, tuotti 2,6 hevosvoimaa. Kokonaispaino oli 200 kg ja matkanopeus 26–32 km/h, joka kuitenkin laski loppua kohden 16 km/h tai jopa alle. Toimintasäde oli vain 44 km. Mäennousu

ominaisuuksia kiitettiin, vaikka muuten Socolev ei herättänyt suurempaa innostusta. Kaksikymmentä vuotta myöhemmin eräs arvostelija kirjoitti sähkömoottoripyöristä seuraava: "Tulee kulu-  
maan vielä pitkä aika ennen kuin meiltä on ryöstetty kaikki venttiilien, sytytystulppien ja ketjujen  
tarjoama hauskuus – ja huoltoaikaa kuluu vain lisäämällä käyttöaineita erittäin fiksuun, mutta tyl-  
sään ja epämiellyttävän näköiseen polttokennoon." (Henshaw, 2012). Mahtaako sähkömoottori-  
pyörän myynnin hidasteena olla liiallinen huoltovapaus, kun enää ei edes polttokennoakkuja käy-  
tetä.

### 3.4 Toisen maailmansodan jälkeinen aika

Heti sodan jälkeen läntisessä Euroopassa kaksi tahtiset moottoripyörät olivat suosiossa. Niitä käy-  
tettiin arkipäiväisesti esimerkiksi työmatkoihin. Moottoripyörät olivat moottoreiltaan yleensä hy-  
vin pienikokoisia. Työmatka moottoripyörien konekoot vaihtelivat 125–175 kuutiosenttimetrin vä-  
lillä. (Beazley 2006, 102). Suosiota siivitti myös alhainen verotus, taloudellisuus, käsiteltävyys ja  
sopivuus työmatkoihin. Samoin ne sopivat myös nuorille, jotka aloittelivat moottoripyöräilyä. Tar-  
jolla oli urheilullisia, usein kaksitahtisia malleja. Tehopainosuhteeltaan edullisten moottoripyörien  
suosio johtuikin hyvin paljon siitä, että ihmisillä ei ollut varaa autoihin. Tämä ilmiö siivitti italialai-  
sen skootterin ja ranskalaisen mopon menestystä. Skoottereihin lisättiin erilaisia tavarasäiliöitä ja  
kehitettiin jopa tavaraskootteri, jolla sai tavaraa kulkemaan 200 kilon verran. Hyvin nopeasti  
skootterista nousi myös tyylikysymys kuin vain pelkkä liikkumismuoto.

1950-luvulla alkoi myös orastaa japanilainen moottoripyöräteollisuus. Kehitys alkoi 1950-luvun  
alussa Hondan motorisoiduilla moottoripolkupyörillä, joka johti italialaisten kanssa kohti mopon  
syntyä. Vuosikymmen loppuun mennessä Honda oli jo kilparadoilla ja voitti Gran Prix Man-Saaren  
TT-ajoissa valmistajien palkinnon 125-kuutioisten luokassa. Kehitys johti siihen, että Honda oli kuu-  
sikymmentä luvun loppuun mennessä markkinoilla laajalla valikoimalla – pienistä mopoista aina  
suuriin katupyöriin asti. Menestystä on siivittänyt Hondan menestys kisaradoilla aina vuodesta  
1959 aina nykypäiviin asti. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012. 118–147). Myös  
Suzuki ja Kawasaki perustettiin 1950-luvulla.

### 3.5 Moottoripyöräteollisuuden ongelmat

Kun 1960 -luku koitti, tarkoitti se moottoripyöräteollisuudelle kovaa aikaa, varsinkin Euroopassa. Autojen hinnat painuivat alas ja yhä useampi valitsi auton moottoripyörän sijaan. Käytännössä tämä tiesi pienempien merkkien katoamista markkinoilta ja moottoripyörien kehityksen pysähtymistä suurimmissa tehtaissa muun muassa Amerikassa ja Briteissä. Tässä markkinatilanteessa japanilaiset valmistajat astuivat kuvaan. Laadultaan ja hinnaltaan kilpailukykyiset japanilaiset moottoripyörämerkit alkoivat lisätä markkinaosuuttaan aloittelevien moottoripyöräilijöiden keskuudessa ja loivat merkkiuskollisuutta, jota hyödynnettiin tulevaisuudessa. Skoottereiden ja mopojen osalta suosio pysyi ja ne päätyivät edelleen uusien kuljettajien menopeleiksi eritoten lämpimissä maissa. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 148).

Suzukin menestys tarina alkoi lopullisesti vuosina 1967–1969 jolloin esiteltiin TC250 katuenduro, jossa oli teknologiaa suoraan maailmanluokan Gran Prix moottoripyöristä. Mullistavinta kyseissä pyörässä oli kuusivaihteinen vaihteisto, joka siihen asti oli ulottumattomissa tavallisen kaduntalteen moottoripyörä valikoimissa. Esimerkiksi Englannissa se oli kuusitoistavuotiaan nuorison, joka ei saanut ajaa yli 250 kuutioista moottoripyörää, toiveuni. Tämä innovaatio nosti tylsänä koettua moottoripyörän alan harrastajien tietoon. Päämarkkina-alue suunnattiin kuitenkin Yhdysvaltoihin korkean ohjaustangon ja korotetun pakoputken vuoksi. Siellä sen katsottiin ilmaisevan voimaa, kun taas Euroopassa suorituskky oli rinnastettu matalaan ohjaustankoon ja mataliin pakoputkiin. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 158–159).

Kokonaan ei kuitenkaan poistunut ajatus käytännöllisestä ja kustannustehokkaasta liikkumisesta moottoripyörillä, skoottereilla ja mopoilla. Työmatkoilla, viranomaiskäytössä, kuten poliisilla, tai huoltopalveluissa niillä oli vielä käyttöä muunakin kuin pelkkänä harrastuksena. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 166).

### 3.6 Markkinoiden muutos ja moottorikehitys

Uusi vuosikymmen merkitsi lopullisesti japanilaisten moottoripyörien läpimurtoa Yhdysvalloissa ja Euroopassa. Kilparadoilta saadut kokemukset auttoivat moottoritekniikkaa kehittymään nopeasti. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 179). Tällöin lanseerattiin myös uusi termi: superpyörät. Ensimmäinen moottoripyörä, joka sai tämän nimityksen, oli Honda CB750. Kyseessä

oli nelisylinterinen 736 kuutioisella koneella varustettu moottoripyörä. Hevosvoimia löytyi 67 kun kierrosluku oli 8000 krp/min. Huippunopeus oli 200 km/h kuivapainon ollessa 218 kg. (Beazley 2006, 152–153). Kyseinen malli nousi sensaatioksi. Missään muussa sarjatuotanto moottoripyörässä ei ollut koskaan ollut samanlaisia ominaisuuksia samassa paketissa kuin Honda CB750:ssä. Nelisylinterinen ohc-moottori, viisi vaihdetta, sähköstartti ja hydraulinen levyjarru olivat vakiovaruste. Kyseessä oli ensimmäinen sarjavalmisteen, kilpakäyttöön suunniteltu neljällä kaasuttimella varustettu moottoripyörä. Tämän takia tuotti Honda CB750 neljän pakoputken kautta äänimaailman, jollaista ei ennen ollut kuultu. Brittien ja saksalaisten moottoripyörä merkit, jotka olivat olleet suunnannäyttäjiä, jäivät jalkoihin vanhentuneina. Italialaiset merkit kuten: Ducati, Laverda ja Moto Guzzi yrittivät kiihittää tehoissa kiinni virittämällä omia versioitaan perusmalleista, BMW:n keskittyessä aerodynamiikkaan. Japanilaiset merkit alkoivat olla suunnannäyttäjiä markkinoilla, kun katsoo tarjontaa esimerkiksi superpyöräosien osalta. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 170–186).

### 3.7 Markkinoille uusia kilpailijoita

Neljä suurinta japanilaista moottoripyörä merkkiä: Honda, Kawasaki, Suzuki ja Yamaha jatkavat suunnannäyttäjinä. Kuitenkin markkinoille palasi uudella tarmolla, Harley Davidson kuten myös Aprilia, BMW, KTM ja Ducati, jotka saavuttivat asemia markkinoilla. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 213). Kuitenkin nämä neljä suurta japanilaista valmistajaa valtasivat markkinoita urheilullisilla katumoottoripyörillä, joissa oli ratamoottoripyörän tuntua. Aerodynaamiset ominaisuudet nousivat esille. Oli sitten kysymyksessä työmatka, matkailu, maasto tai custom cruisailu, niin japanilaiset pystyivät toimimaan maailman laajuisesti parhaiten, halvemmin ja luotettavimmin kuin muut kilpailijat. (Dowds ym. 2007, 307).

Huippunopeudet nousivat 1980-luvulla supermoottoripyörissä yli 200 km/h saavuttaen vuosikymmenen lopulla jopa 300 km/h nopeuksia. Tehojen lisääntyessä vaadittiin koneilta jo vesijäähdytystä ja samoin myös runko ja jousitustekniikka kehittyi ratapyörästä tutulla tavalla. Muun muassa yhdellä iskunvaimentajalla toimiva takajousitus yleistyi. Moniventtiili koneet alkoivat yleistyä tehojen noustessa samalla jopa yli sadan hevosvoiman. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 214). Kawasaki valmisti jopa kuusisylinteristä Z1300. Sen teho kuitenkin vastasi tehtaalla 1000 kuutioisten luokkaa ja kankeuden sekä raskauden vuoksi se sai Suomessa lempinimen ”möhkö”. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 222).

1980-luvun taloudellinen nousukausi toi markkinoille uusia moottoripyörän ostajia. Vapaa-ajan lisääntymisen ja eläkeiän varhaistumisen myötä ihmisillä alkoi olla aikaa ja varallisuutta. Vapaa-ajan lisääntyessä isot matkamoottoripyörät herättivät kiinnostusta. Monen unelma toteutui Harley-Davidsonin ohjaksissa, joka kykeni laajentamaan valikoimaa kysynnän kasvaessa. Toiset halusivat urheilullisemman vaihtoehdon toisten valitessa cruiser tyyllisen ylellisen matkapyörän. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 228).

### 3.8 Elektroniikan lisääntyminen

Muualla maailmassa, lukuun ottamatta Aasiaa ja Etelä-Eurooppaa moottoripyörien käyttö peruskulkuvälineenä jatkoi laskuaan. Tästä huolimatta moottoripyöräteollisuus tarjosi yhä monipuolisempaa tuotevalikoimaa. Nähtiin jopa vanhan moottoripyörä merkin onnistunut takaisin paluu, kun Brittiläinen Triumph palasi onnistuneesti kuvioihin. Huippunopeudet alkoivat vakiintua isomilla moottoripyörillä vähintään 240 km/h. Samalla alkoi pienikokoisten enintään 125 kuutioisten moottoripyörien villitys nuorten keskuudessa. Samalla ostajat alkoivat suosia täysiveristen kilpapyörien sijaan myös niihin urheilullisiin moottoripyöriin, joissa mukavuus ja käsiteltävyys olivat etusijalla. Vaikka ulkonäkö on ollut aina tärkeää moottoripyörissä, niin 1990-luvulla se oli tärkeämpää kuin koskaan – retrohenkisyys nosti päätään kuin yhä moottoriurheiluhenkisyys piti pintaansa. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 235–248).

Tavoitteeksi tuli vähemmän massaa, ajokontrollin parantaminen ja keskittyminen alusta suunnitteluun. Honda oli edellä kävijänä näissä edellä mainituissa asioissa, mutta vuosituhatosen vaihteen mennessä Yamaha ja Suzuki kirivät Hondan kiinni. (Dowds ym. 2007, 343).

Elektroninen kehitys alkoi näkyä uudella vuosituhatennalla myös moottoripyöräteollisuudessa. Päästöjä haluttiin pienentää päästöjä ja kulutusta. Myös ajoavusteiset laitteet alkoivat yleistymään moottoripyörissä. Polttoainejärjestelmistä tuli elektronisesti ohjattuja, ABS-jarrujärjestelmät tulivat käyttöön, samoin luistonestojärjestelmä, valinta mahdollisuus moottorin eri ominaisuuksiin olosuhteita tai jopa omia mielihaluja varten nappia painamalla tulivat käyttöön. Myös jousitus kehittyi tarjoten jopa todella ison määrän erilaisia asetuksia. (Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia 2012, 257).

### 3.9 Sähkömoottoripyörien kehitys

Nyky aikaista sähkömoottoripyörää saatiin odottaa aina vuoteen 1998 asti. Yhdysvaltalainen EMB Lectra oli 104 Ah lyijyvapaalla akulla varustettu sähkömoottoripyörä. Painoa sillä oli 104 kiloa 24 voltin järjestelmällä varustettuna. Tehoa siinä kolme hevosvoimaa ja tehopiikissä kahdeksan hevosvoimaa. Kiihdytysennätyksen, joskin vaatimattoman tämän päivän mittapuulla, se saavutti 1999 suoriutumalla 200 metrin matkan 15 sekunnissa nopeuden ollessa 64 km/h. Akkujärjestelmän luvattiin kestävän yli 14 000 km hyvin hoidettuna. Toimintasäteeksi luvattiin 40–64 kilometriä yhdellä latauksella. Käyttäjät kuitenkin totesivat todellisen toimintasäteen olevan 40 kilometriä. (Dowds 2007, 364–365).

Todellinen yllätys sähkömoottoripyörämarkkinoilla oli Harley-Davidsonin LiveWire julkistus ensimmäisestä sähkömoottoripyörästä 2014. Kun viime vuosikymmenten moottoripyörien kehitystä miettii, olisi voinut kuvitella japanilaisten olevan ensimmäisiä. Julkistus aiheutti moottoripyöräpiireissä jopa pienen shokin. Pyörä teki toimittajiin vaikutuksen suorituskyvyllään. Se kiihtyi 0–95 km/h neljässä sekunnissa huippunopeuden ollessa 160 km/h. Harley-Davidson järjesti demo ajelu kiertueen vuoden 2014 aikana, mutta katosi sen jälkeen julkisuudesta kunnes 2018 ilmoitti alkavansa valmistaa sähkömoottoripyöriä puolentoista vuoden päästä. (Frank 2018, 213–214). Nyt sarjatuotannossa on Harley-Davidson S2 Del Mar. Kaupunki ajoissa luvataan toimintasäteeksi 182 kilometriä ja latausajaksi 78 minuuttia. (Livewire 2023).

Harley-Davidson ei ole ainoa sähkömoottoripyörävalmistaja Yhdysvalloissa. Vuonna 2006 Zero sähkömoottoripyörä merkki julkaisi ensimmäisen prototyypin, josta lähtien on valmistanut sähkömoottoripyörä aina tähän päivään asti (Zero 2023). Vuoden 2016 Zero DSR mallissa olikin jo ison moottoripyörän tuntua. Vaikka siinä oli vain 50 kilowatin (70 hevosvoiman) teho päihitti se saman kokoluokan kilpailija 146 Nm:n väännöllä. Vain 1400–1800-kuutioiset tarjosivat vastaavaa vääntöä. Toimintasäde oli kuitenkin vielä haastava. Zero ilmoitti toimintasäteeksi 170 km ja jopa yli 200 taajama-ajossa. Yhdessä testiajossa tämä osoittautui kuitenkin liian optimistiseksi. Yhden yön latauksen jälkeen Zero ilmoitti toimintasäteeksi 150 kilometriä. Suurilla nopeuksilla, 130 km/h kahdenkymmenen minuutin ajan tiputti toimintasäde ennustetta 50 kilometriä. Toisin sanoen kyseessä oli enemmänkin taajama sähkömoottoripyörä kuin matkapyörä. Latausaikakin oli melkein tyhjästä akusta täyteen 8,5 tuntia. (Almgren 2019, 114–117). Nykyään Zero ilmoittaa DSR:n huippunopeu-

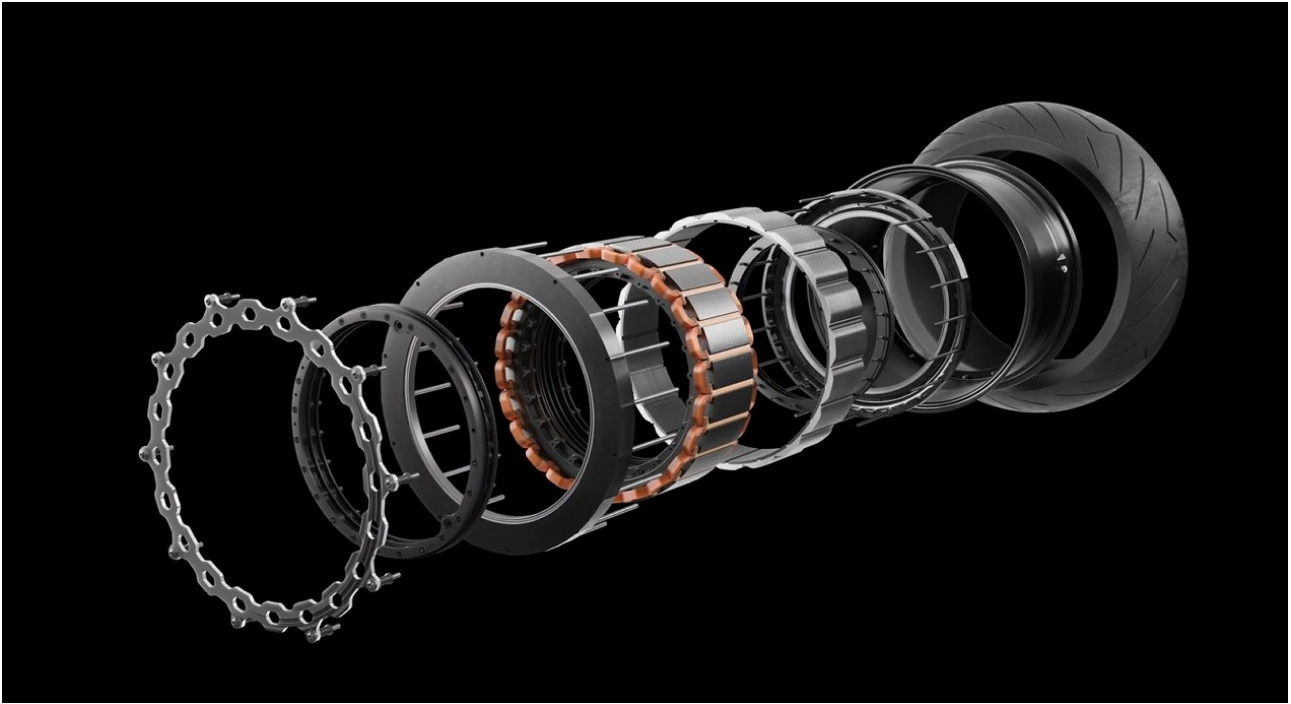
deksi 167 km/h ja toimintasäteeksi 250 kilometriä 1,4 tunnin latausajalla, joka on huomattava parannus entiseen (Zero 2023). Vuonna 2022 sähkömoottoripyörien myydyin merkki Suomessa oli Zero, tasalukemissa oli Silencio edullisilla skootterimallisilla pyörillään. Kappalemäärät olivat tosin hyvin vaatimattomia näillä kahdella – kahden käden sormin laskettavissa. (Huhtala 2023).

## 4 Sähkömoottoripyörien moottori

Millaisia sähkömoottoreita on moottoripyöriin tarjolla? Moottorityypin valintaan vaikuttaa valmistajan päätös, johon vaikuttavat seuraavat tekijät: nopeus, teho, vääntö sekä haluttu toimintamatka, joka halutaan saavuttaa. Yhtiön toiminnan ja tuottavuuden kannalta on myös tärkeää hintalaatu suhde kilpailun vuoksi. Ostaja joutuu myös punnitsemaan näiden edellä mainittujen ominaisuuksien kanssa: haluaako matka sähkömoottoripyörän, jossa pitkä toimintasäde, mutta joutuu tinkimään tehosta ja väännöstä. Vai haluaako mahdollisesti ratatyypin sähkömoottoripyörän, jossa nopeus, teho ja vääntö korostuvat, mutta tingitään toimintasäteestä?

Sähkömoottoripyörävalmistajat käyttävät pääasiassa kahden tyyppisiä moottoreita, napamoottori (Hub-motor), jossa moottori sijaitsee renkaan navassa ja keskimoottoria (Mid-motor), jossa moottori on asennettu runkoon. Näiden kahden moottorityypin alapuolella on eri variaatioita niistä.

Suomalainen sähkömoottoripyörävalmistaja Verge, on kehittänyt moottorin, joka sijaitsee suoraan renkaassa. Moottorin rakenne on havainnollistettu kuviossa 1. Hyötyjä tästä ratkaisusta on useita. Moottorin sijaitessa suoraan renkaassa, ei moottorin tuottamaa tehoa tarvitse välittää ketjun, hihnan tai kardanin kautta renkaaseen, jolloin tehohäviöt ovat häviävän pienet. Se myös vapauttaa tilaa moottoripyörän runkoon, jolloin on mahdollista saada suurempi akusto. (Verge 2023).



Kuvio 1. Vergen vannemoottori. (Verge 2023)

#### 4.1 Sähkömoottoritekniikka

On kahdenlaisia moottoritekniikoita, vaihtosähkömoottori (AC) ja tasasähkömoottori (DC). Vaihtosähkömoottori toimii vaihejännitteellä ja tasasähkömoottori tasasähköllä. Molemmilla on omat vahvuutensa sekä heikkoutensa ja kumpaakin, niin vaihtosähköllä kuin tasasähköllä toimivia moottoreita käytetään sähkömoottoripyörissä.

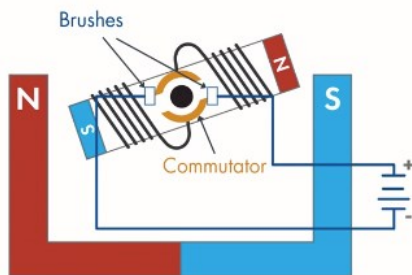
#### 4.2 Tasasähkömoottori

Tasasähkömoottoreita on karkeasti kahden tyyppisiä, harjattomia (BLDC) ja harjallisia. Harjattomalla hyötyinä on, pienet huoltokulut, korkea hyötysuhde, mutta vaikeampi ohjattavuus. Harjallisessa taas on korkeammat huoltokulut, sillä harjat moottoriin tulee vaihtaa säännöllisesti. Harjallisella moottorilla on myös pienempi hyötysuhde kuin harjattomalla, mutta sen ohjaus on helpompi toteuttaa.

Harjallisessa tasasähkömoottorissa roottorin käämien läpi kulkeva tasasähkö synnyttää sähkömagneetin napojen kanssa. Roottorissa sijaitsevien magneettien navat ovat vuorovaikutuksessa staat-



torissa sijaitsevien kestopagneettien kanssa, joka saa roottorin pyörimään. Puolen kierroksen jälkeen, roottorin napaisuus on vaihdetta, jotta moottori jatkaisi pyörimistä. Tämä saadaan toteutettua vaihtamalla virran napaisuus kelakäämissä. Tätä kutsutaan kommutaatioksi, joka toteutetaan mekaanisesti harjojen avulla. Harja on sähköinen kontakti piste, joka täydentää piirin puolen kierroksen välein, kääntäen napaisuuden, kuten kuviosta 2 nähdään. Kun harja kuluu tarpeeksi tai ei saa muusta syystä täydennettyä piiriä, ei moottori voi pyöriä.



Kuvio 2. Virran napaisuuden vaihto kelakäämissä. (Mathworks N.d.)

Harjattomassa moottorissa harjat on korvattu toteuttamalla kommutaatio elektronisesti, jolloin sen ohjauksesta tulee haastavampi, mutta päästään eroon kuluvista harjoista. Harjaton moottori on rakenteellisestikin erilainen. Kestomagneetti on sijoitettu roottoriin, jolloin kelakäämistä tulee staattori.

### 4.3 Vaihtosähkömoottori

Tahtimoottori eli synkronimoottori toimii vaihtosähköllä. Se pyörii vaihtovirran ja koneen napaluvun määräämässä tahdissa. Niissä roottori magnetoidaan johtamalla magnetointivirta ulkoisesta piiristä roottorin käämitykselle. Oikosulkumoottori on myös vaihtosähköllä toimiva moottori. Siinä vaihtosähkö muodostaa staattoriin roottorin ympärillä pyörivän magneettikentän. Tämä magneettikenttä saa roottorin käämeihin virran induktiolla, jolloin magnetoitu roottori pyrkii seuraamaan staattorin pyörivää magneettivuota ja täten saa roottorin pyörimään.

Kestomagneettitahti moottori on yleisin sähköajoneuvoissa käytetty moottori. Siinä kestopagneetit magnetoivat koneen. Ne asennetaan, joko roottorin pintaan tai upottamalla ne roottorilaminoinnin sisään. Tämän moottorityypin hyötysuhde on hyvä, jonka vuoksi sitä käytetään eniten.

#### 4.4 Kestomagneetti

Niin tasasähköllä, kuin vaihtosähköllä toimivat moottorit käyttävät kestopagneetteja, sillä ne eivät tarvitse ulkoista magneettikenttää, toisinkuin sähkömagneetit, jotka tarvitsevat jatkuvaa sähkövirtaa pysyäkseen magneettisena. Vahvimmat kestopagneetit saadaan käyttämällä neodyymia, rautaa ja booria (NdFeB). (Lukkari 2020).

Neodyymi kuuluu harvinaisiin maametalleihin, jota louhitaan Kiinassa, joka on valtavan kysynnän vuoksi pienentänyt niiden tuontia muihin maihin, jolloin tarvitaan sille korvaava vaihtoehto, joka ei ole niin harvinainen. Tämän vuoksi tutkittiin vaihtoehtoa harvinaisille maametalkeille nanoteknologian avulla EU rahoituksen avulla. Projekti NANOPYME eli nanokiteiset kestopagneetit hybridimetalliferriittit, keskittyi parannettujen ferriittien ja metallien nanohiukkasten käyttöön kestopagneettien valmistuksessa. Projekti johti myös patenttihakemukseen: Mikrokomposiittikestopagneettimateriaali ilman harvinaisia maametallia ja tuotantomenetelmiä. (Cordis 2017). Kun päästään eroon harvinaisista maametalkeista kestopagneetin valmistuksessa, on se parempi myös ilmastolle, kun niitä ei tarvitse louhia ja kuljettaa toiselle puolelle maapalloa.

### 5 Turvallisuusjärjestelmät

Kolaritilanne on aina moottoripyöräilijöille erityisen vaarallinen tilanne. Moottoripyörä tarjoaa hyvin vähän suojaa – jos ollenkaan. Pahimmassa tapauksessa moottoripyörä itsessään voi kolaritilanteessa olla ajalle vaarallinen omalla massallaan. Suomessa ainoa pakollinen suojavaruste on suojakypärä, jonka on täytettävä sille asetetut turvallisuusvaatimukset. Vapaaehtoisia erilaisia suojavarusteita tarvittaessa löytyy antamaan lisä suojaa. Näitä muun muassa ovat: ajokengät, hanskat, takki ja housut. Moottoripyörää suojaamaan voi myös asentaa esimerkiksi kaatumauraudat. Nämä edellä mainitut turvallisuusvarusteet eivät kuitenkaan ole yhtä tehokkaita suoja, jos vertaamme esimerkiksi auton korin antamaan suojaan sekä autoon asennetuissa turvavälineistä kuten turvatyynyistä.

Moottoripyörässä turvallisuutta pyritään lisäämään toisin tavoin. Kuvaan tulevat tällöin ajoavustimet. Näiden tarkoitus on auttaa kuljettajaa ajonaikana vaaratilanteissa, että voitaisiin välttää kolari-tilanteita, jossa niin kuljettaja kuin sivullisetkaan eivät joutuisi vaaraan.

Moottoripyörien ajoavustimet ovat olleet autojen kehityksessä jäljessä. Eniten niiden kehitystä nopeutti vaijeri välitteisen kaasukahvan sähköiseen kaasukahvaan (Huhtala 2022). Tämä mahdollistaa paremman moottorinohjauksen, moottoritehoa voidaan laskea tilanteen vaatiessa. Kehitystä on ollut myös hidastamassa se, että samoja järjestelmiä mitä voidaan käyttää autoissa, ei voida käyttää moottoripyörässä. Tämä johtuu auton ja moottoripyörän eroavuuksista ajotilanteessa. Moottoripyörien ajoavustinjärjestelmien tulee ottaa huomioon myös kallistuskulmat, jotka ovat suurempia kuin autoissa. Moottoripyörän kallistuskulma voi olla jopa yli 60 astetta, kuten kuviossa 4 on havainnollistettu. Autossa kallistuskulmat ovat mitättömiä suhteessa moottoripyörään. Moottoripyörän sekä etu- että takapyörä saattavat nousta ilmaan voimakkaassa jarrutuksessa tai kiihdytyksessä. Tämä muun muassa voi aiheuttaa vaaratilanteita ja siksi moottoripyöriin on otettu käyttöön ajoa vakauttamaan ja kuljettajaa avustamaan taustalla kuusiakselinen liiketunnistin IMU (Inertial Measurement Unit) eli inertiamittayksikkö. Liiketunnistin on yleistynyt viime vuosina parantamaan turvallisuutta. Sillä voidaan seurata paremmin moottoripyörän kallistuksen, sivuttaisliikkeen tai asennon muutosta ja näin parantaa kuljettajan hallittavuutta eri ajotilanteissa.

Inertiamittayksikkö koostuu kolmesta kiihtyvyyksimittarista, kolmesta gyroskoopista ja suuntavaatimuksesta riippuen kolmesta magnetometristä. Jokaiselle ajoneuvon akselinne yksi: kallistus nousu ja kiertosuunta. Se raportoi ja mittaa ajoneuvon kiihtyvyyden, suunnan, kulmanopeuden ja muut painovoimat. (SBG systems, N.d). Kuviossa 3 on esitetty moottoripyörän BMW S 1000RR luistonestojärjestelmä, josta voidaan havainnoida turvallisuusjärjestelmän rakenne.

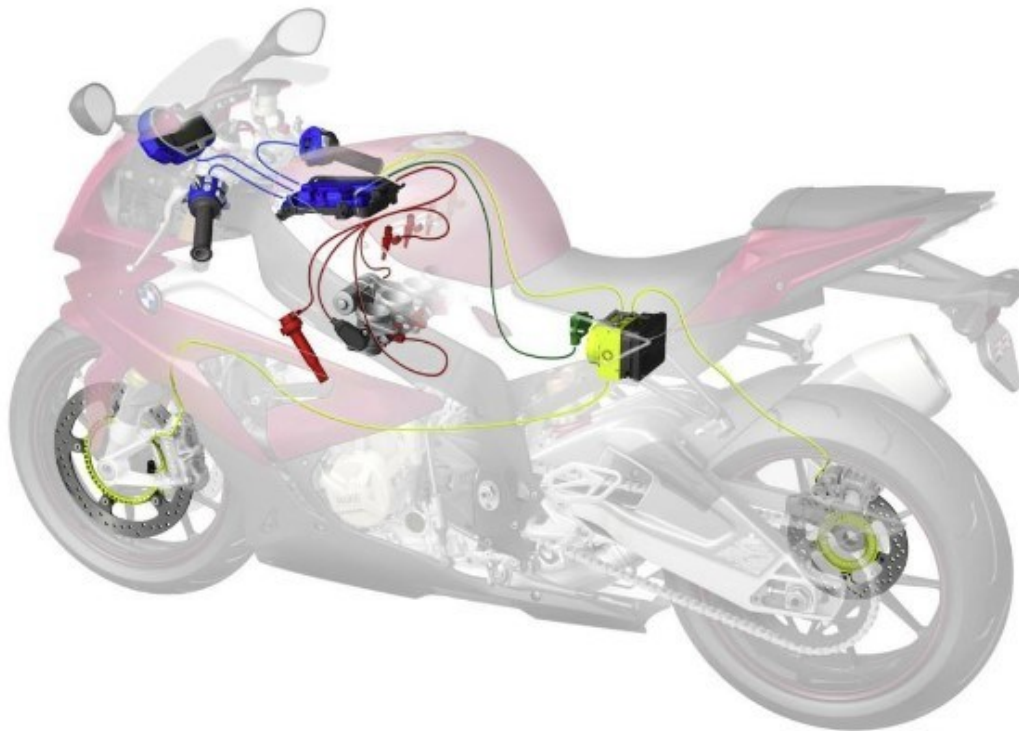
## 5.1 Ajoavustimet

Moottoripyörien ajoavustimien ja turvallisuus laitteiden määrä on kasvanut ja yleistynyt viime vuosina. ABS-jarrut eli lukkiutumattomat jarrut ovat olleet pakollinen varuste yli 125 kuutioisiin vuodesta 2016 alkaen. Pienempi tehoisiin eli alle 125 kuutioisiin moottoripyöriin ja mopoihin voidaan asentaa joko ABS-jarrut tai yhdistetty jarrujärjestelmä (CBS).

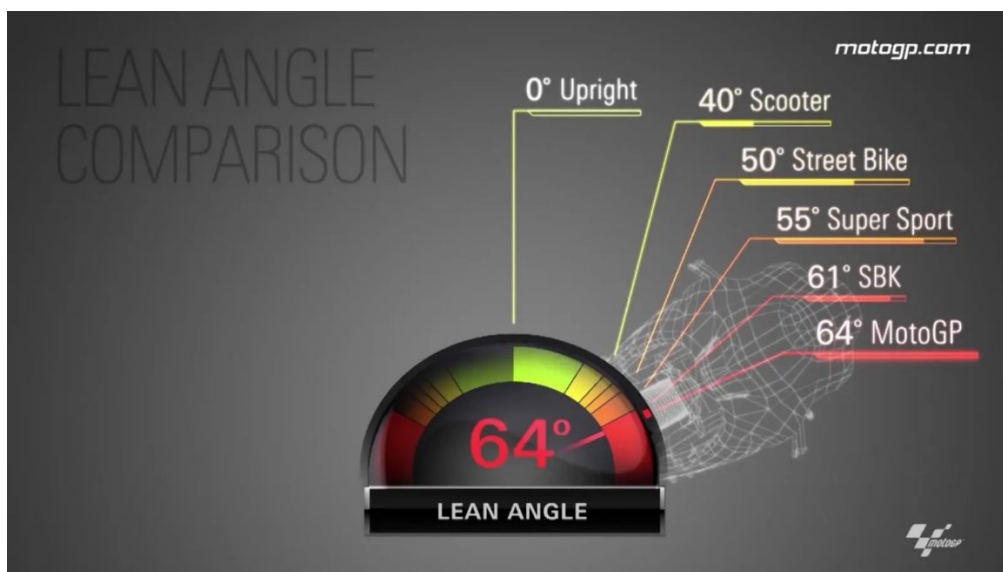
Sähkömoottoripyörän suuren väännön vuoksi on sähkömoottoripyörässä olla myös luistonesto ja keulimisenesto. Luistonestossa mitataan etu- ja takapyörän pyörimisnopeutta. Jos esimerkiksi kiihdytyksessä takapyörän pyörimisnopeus ylittää etupyörän pyörimisnopeuden, alennetaan IMU-järjestelmän avulla tehoa. Keulimisenestossa tarvitaan moottoripyörän kulkuasennon muutokset. Jos järjestelmä havaitsee kulkuasennossa muutoksen, tehon määrää alennetaan. (Huhtala 2022).

Aina ei voi valita keliä, milloin lähtee ajamaan. Vesisateella suuritehoisen sähkömoottoripyörän tehoa on mahdollista myös laskea keliolosuhteitten mukaan, sekä kantaman pidemmäksi, kun käytetään pienempää tehoa. Myös moottorijarrutuksen tehoa pienentää, jottei voimakas moottorijarrutus saa takapyörää luistamaan ja olisi enemmän ennalta arvattavampi. (Huhtala 2022).

Näiden ajoavustimien lisäksi moottoripyöriin on myös mahdollista saada tutka-avusteisia järjestelmiä. Moottoripyörissä, varsinkin matka-ajoon suunnitelluissa malleissa, on mahdollista saada vakionopeuden säädin. Nykyään on myös mahdollista saada adaptiivinen vakionopeudensäädin tutka-avusteisien järjestelmien tultua myös moottoripyöriin. Se myös mahdollistaa kuolleenkulman varoittimen ja takaapäin nopeasti lähestyvän ajoneuvon varoittimen. (Huhtala 2022).



Kuvio 3. BMW S 1000 RR luistonestojärjestelmä. (BMW N.d).



Kuvio 4. Moottoripyörien kallistuskulmia. (MotoGP N.d).

## 6 Akkuteknologia

Moottoripyörän, niin sähköisen kuin polttomoottorisenkin teknillisiin ratkaisuihin vaikuttaa laitteen koko, joka aiheuttaa sen, että kompromisseja joudutaan tekemään, jotta laitteen toimintakyky olisi mahdollisimman optimaalinen. Polttomoottoriseen moottoripyörään ei voi laittaa liian suurta polttoainesäiliötä, eikä sähköiseen moottoripyörään voi laittaa liian suurta akustoa. Tällä on vaikutusta toimintasäteeseen, jolloin sen toimintamatka voi olla puutteellinen riippuen käyttötarkoituksesta. Mitä suuremman akuston tai polttoainesäiliön moottoripyörään asentaa, myös sen paino kasvaa, jolloin sen käsittely heikkenee, ja myös sen eteenpäin kulkeminen vaatii enemmän energiaa. Polttomoottorisella ongelman korjaa nopea tankkaus, sillä huoltoasemia on Suomessa suhteellisen tiheässä; Lappia ehkä lukuun ottamatta, mutta sähkömoottoripyörän akustoa ei laadata vielä yhtä nopeasti ja latausverkosto huomioon ottaen on syytä olla selvillä, kun matkustaa sähkömoottoripyörällä latauspisteiden paikka etukäteen – kanisterilla ei sähkö vielä voi kuljettaa. Kumpi kuitenkin on tärkeämpi, toimintamatka vai latauksen tai tankkauksen kesto sekä latausverkon laajuus. Akkuteknologia on kuitenkin kehittynyt kovasti viime vuosina ja näyttää siltä, että uusia teknologisia ratkaisuja on kulman takana tulossa, jotka voivat tehdä sähkömoottoripyöristä entistä houkuttelevimpia.

## 6.1 Litiumioni akku

Tällä hetkellä yksi yleisimmistä akkuteknologioista on litiumioni akku. Yleisin akku, jota käytetään polttomoottorilla toimivassa moottoripyörässä, on lyijyakku. Polttomoottorilla varustetun moottoripyörän sähköntarve on käytännössä hyvin pieni, joten akun koko ei aiheuta ongelmia ja on siksi edullinen ja tarpeeksi tehokas ratkaisu kyseiseen käyttötarkoitukseen. Siksi lyijyakun käyttö sähkömoottoripyörässä on harvinaista, sen painon ja lyhyemmän käyttöiän vuoksi. Lyijyakku sisältää myös ympäristölle haitallisia aineita. Litiumioni akku on kevyempi ja sen käyttöikä on pidempi, jonka vuoksi sitä käytetään kohteissa, joissa virran tarve on suurempi ja käyttöaste kovempi.

## 6.2 Akkuteknologian tulevaisuus

Akkuteknologiakin on kehittynyt vuosien varrella isoin harppauksin. Akkuteknologian kehittyessä hinta halpenee, toimintamatka kasvaa ja latausaika lyhenee. Myös ympäristölle aiheutuvat haitat pienenevät.

Yleisin akkuteknologia, jota käytetään niin sähköautoissa, kuin sähkömoottoripyörissäkin on litiumioniakku. Se on energiatiheä akku, joka soveltuu hyvin sähköajoneuvoihin. Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa kuitenkin akun energiatehokkuuteen, hintaan ja ominaisuuksiin (Luukkainen 2018). Erilaisilla kirjainlyhteillä kuvataan erilaisia akkukemioita ja materiaalivalintoja, jotka yhdessä litiumin kanssa muodostavat katodin eli positiivisen elektrodin. Esimerkkinä Teslan käyttämä NMC ja yleisesti muiden valmistajien käyttämä NCA. N-kirjain viittaa nikkeliin, C kobolttiin, M mangaaniin ja A alumiiniin. Teslan käyttämä NMC, on energiatiheämpi kuin NCA, mutta kalliimpi. Katodi-materiaalien vaihtaminen toiseen, halvempaan pienentää kokonaiskustannuksia. LFP on halvempi kuin kumpikaan edellä mainittu. Kyseisessä akustossa katodimateriaalina käytetään litiumia, rautaa ja fosforia. Käytettäessä näitä materiaaleja, akuston kesto paranee, mutta energiatiheys pienenee. (Partanen, 2023.)

Litiumpula on nostanut sen hintaa. Sähköajoneuvojen kysynnän kasvaessa, myös litiumin kysyntä on noussut, joka myös on nostanut sen hintaa. Vuonna 2022 litiumin hinta per tonni oli noussut jo yli 50000 euroon. Litiumin hinnan ja saatavuus ongelmien vuoksi sille on etsitty korvaajaa, joka voisi olla natrium. Litiumin ollessa harvinainen, on natrium yksi yleisimmistä alkuaineista. Natrium

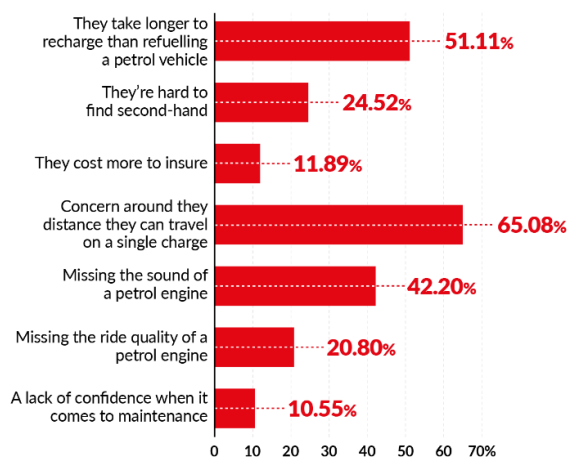
akku on vielä halvempi, kuin LFP akku, mutta sen energiatiheys ei ole vielä samaa luokkaa, kuin litiumakuissa. (Partanen, 2023.)

Anodina akuissa käytetään yleisesti grafiitti, joka on hiilen yleisin ilmenemismuoto. Piitä voidaan myös käyttää anodissa. Se myös kykenee sitomaan energiaa huomattavasti enemmän kuin grafiitti, mutta täysin piistä valmistettu anodi ei ole mahdollinen. Grafiitti laajenee noin 10 %, kun akusto on ladattu täyteen. Pii laajenee 3–4 kertaiseksi. Piitä on käytetty Teslan valmistamissa akuissa noin 10–15 %. (Luukkanen, 2018.)

### 6.3 Sähkömoottoripyörien epävarmuustekijät

Sähkömoottoripyörät ovat nyt murrosvaiheessa. Vuonna 2021 Bikesure teki kyselyn 673 moottoripyöräharrastelijalle Iso-Britanniassa kyselyn, jossa kysyttiin valmiutta vaihtamaan sähkömoottoripyörään, miksi ei olisi ja miksi jotkut vielä ovat epävarmoja sähkömoottoripyörän tulevaisuudesta (Ecclestone 2021).

#### The following has put people off buying or owning an electric motorbike or moped/scooter:



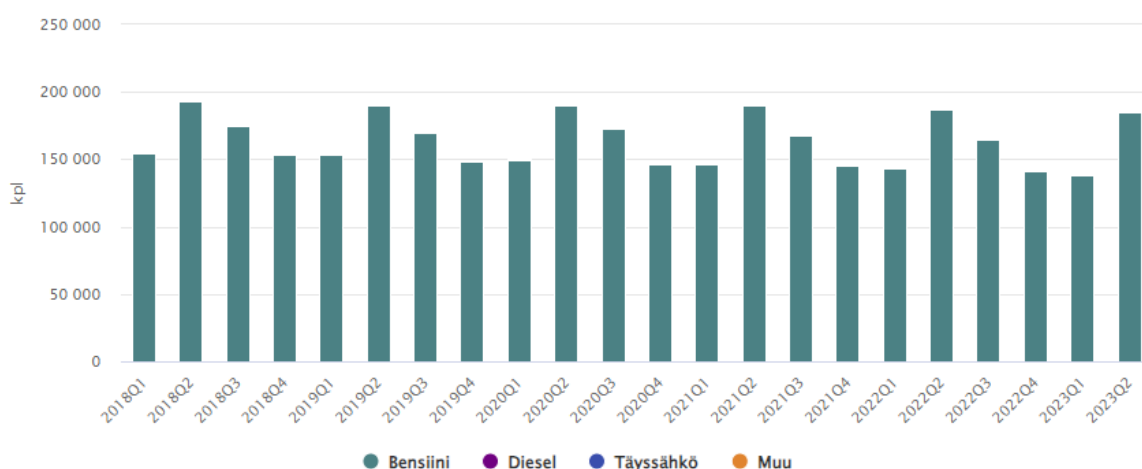
Kuvio 5. Bikesuren teettämän kyselyn tulokset. (Bikesure 2021)

Suurimpina syinä olivat epävarmuudet akkuteknologiaan, lataukseen sekä keston, kuten kuviosta 5 näkee. Epävarmuustekijöistä huolimatta sähkömoottoripyörämarkkinoiden oletetaan kasvavan. Vuonna 2022 globaalien sähkömoottoripyörämarkkinoiden suuruus oli 33.11 (USD) miljardia, ja

sen oletetaan kasvavan Grand view researchin (N.d.) mukaan 19 % 2023–2030. Tätä kasvua voidaan myös perustella sähköautoteollisuuden kasvulla. Elokuussa 2023 Euroopan autonvalmistajien liiton (ACEA) mukaan, EU:ssa akkukäyttöisten sähköautojen rekisteröinti nousi 118.1 %, joka tarkoittaa 165165 autoa, joka käsittää 21 % markkinoista. Elokuussa 2022 sähköautojen markkinaosuus oli 11.6 %. Jokaisessa EU maassa, lukuun ottamatta Maltaa, nähtiin kaksi tai kolminumeroista kasvua, Belgiassa jopa 224.5 %. (ACEA, 2023.) Sähköautojen suosion kasvun voisi olettaa vaikuttavan myös sähkömoottoripyörien suosion kasvuun yhdessä ilmastomuutostietouden lisäyksen kanssa.

## 6.4 Sähkömoottoripyörät ja mopot Suomessa

Suomessa on rekisteröityjä moottoripyöriä noin 290 000 kappaletta. Moottoripyörien määrä kasvanut keskimäärin 7000 ajoneuvolla vuosittain. Määrä on vähentynyt viime vuosina, kun taas liikennekäytöstä poistettujen moottoripyörien määrä on kasvanut (Traficom 2023). Kuviossa 6 on esitetty tilasto moottoripyörien rekisteröinti määrästä Suomessa.

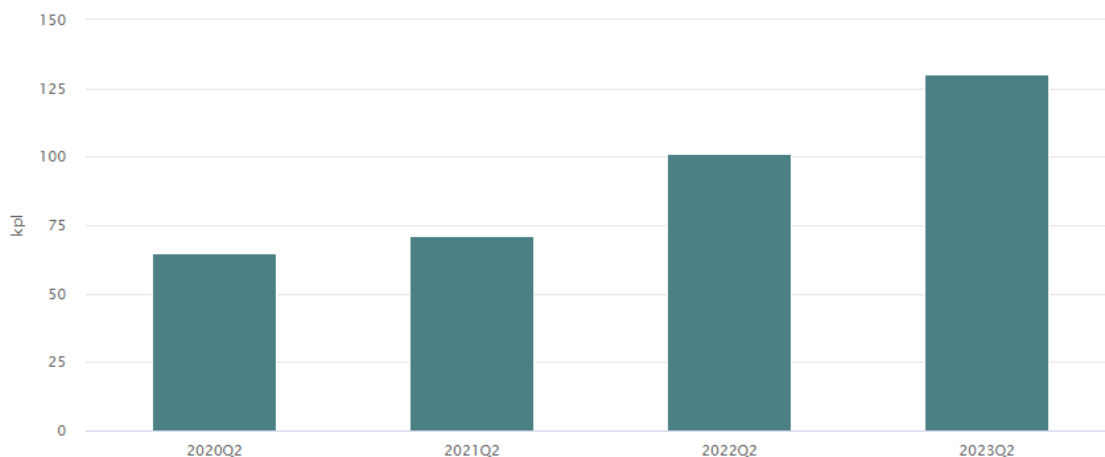


Kuvio 6. Moottoripyörät Suomessa. (Traficom 2023)

Liikennekäytössä Suomessa oli kesäkuussa vuonna 2023 vain 130 täyssähkömoottoripyörää, joka vastaa vain 0.1 % kaikista moottoripyöristä. Määrä on kasvanut joka vuosi hieman. Vuonna 2008 liikennekäytössä oli vain 2 sähkömoottoripyörää. Määrä kasvaa hieman joka vuosi (Traficom 2023). Tällä vauhdilla sähkömoottoripyörien läpimurto Suomessa siirtyy mahdollisesti vähintään

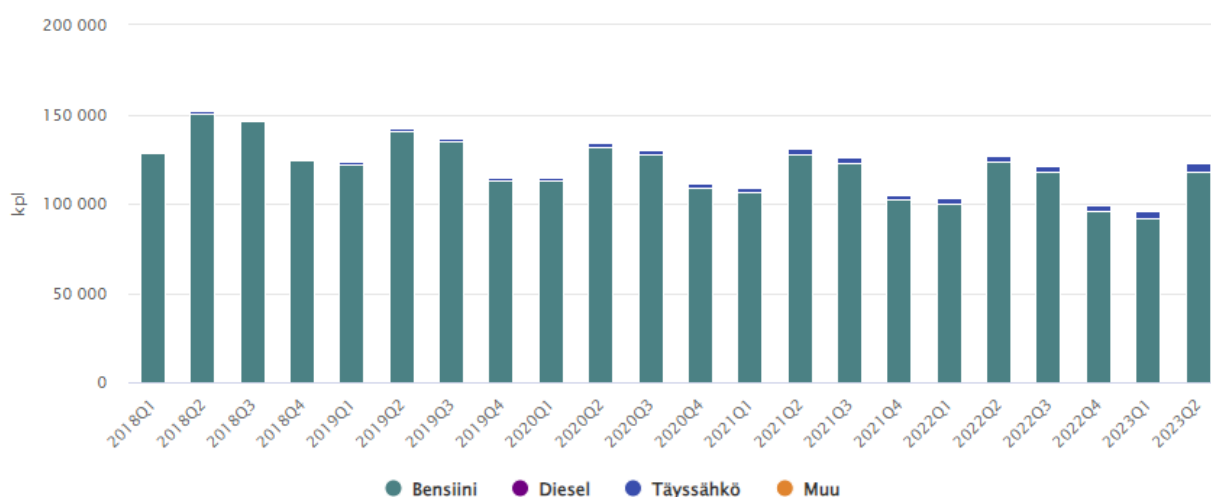


pitkälle 2030–2040 luvulle. Kuviossa 7 on esitetty tilasto sähkömoottoripyörien rekisteröinti määrästä Suomessa.



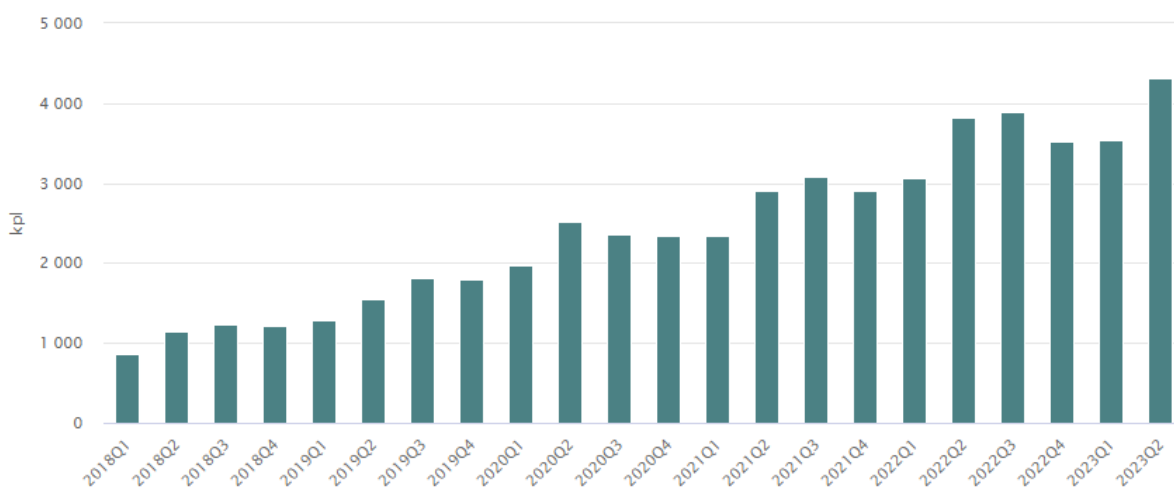
Kuvio 7. Täyssähkömoottoripyörät Suomessa. (Traficom 2023)

Suomessa mopoja on rekisteröity noin 360 000 kappaletta. Mopojen määrä kasvaa vuosittain noin 10 000 vuosittain, mutta määrän kasvu on laskenut viime vuosina. Myös liikennekäytöstä poistettujen mopojen määrä on ollut kasvussa viime vuosina (Traficom 2023). Kuviossa 8 on esitetty tilasto mopojen rekisteröinti määrästä Suomessa.



Kuvio 8. Mopot Suomessa. (Traficom 2023)

Sähkömopojen määrä Suomessa on huomattavasti suurempi kuin sähkömoottoripyörien. Kesäkuun lopulla vuonna 2023 Suomessa oli täyssähkömopoja rekisteröity 3.5 % kaikista rekisteröidyistä mopoista, kun vastaava luku moottoripyörissä oli vain 0.1 %. Määrä on myös ollut tasaisesti kasvavaa (Traficom 2023). Kuviossa 9 on esitetty tilasto täyssähkömopojen rekisteröinti määrästä Suomessa. Yhtenä syynä täyssähkömopojen ja sähkömoottoripyörien myynti eroon voi olla käyttöympäristö ja helppokäyttöisyys. Täyssähkömopojen käyttö rajoittuu yleensä lähiympäristöön jolloin muun muassa käytösäteellä ei ole niin suurta merkitystä.



Kuvio 9. Täyssähkömopot Suomessa. (Traficom 2023)

## 6.5 Sähkömoottoripyörät ja skootterit Intiassa

Sähkömoottoripyörien ja skoottereiden läpimurto on jo tapahtunut Intiassa. Sähkömoottoripyörä soveltuu erittäin hyvin lyhyisiin, kaupungissa tapahtuviin työmatkoihin. Tällöin kantaman ei tarvitse olla pitkä, eikä moottorin kovin tehokas. Siksi Intiassa sähköisten moottoripyörien ja skoottereiden suosio on ollut suuressa kasvussa. Vain pelkästään vuoden 2023 marraskuussa Intiassa myytiin 91 243 kappaletta, ja koko vuonna 2023 marraskuuhun mennessä oli myyty 783 128 sähköisiä moottoripyöriä ja skoottereita. Vuonna 2022 myynti Intiassa oli 631 461 kappaletta, joten jo pelkästään vuoden 2023 marraskuuhun mennessä on myyty enemmän kuin vuonna 2022.

## 7 Latausinfrastrukturi

Moottoripyörien ollessa harrastus kuuluu siihen myös erilaiset matkat ja ajoreitit, jotka yleensä välttävät suurempia teitä, kuten moottoritiet ja valtatiet. Tankkausasemia polttomoottoreille yleensä löytyy pienemmistä kylistä ja pienempien teiden varsilta, mutta miten on sähkölatauspisteiden. Seuraavassa tutkimuksessa tehdään kuvitteellinen matka Nuorgamista Hankoon, jossa matka tehdään valmistajien tietojen perusteella, onko matka mahdollinen tehdä sähkömoottoripyörällä. Samalla käy ilmi latausinfrastruktuurin nykytilanne, myös pienemmillä paikkakunnilla, että onko niissä mahdollista omistaa tällä hetkellä sähkömoottoripyörää.

Tiedot mahdollisista latauspisteistä katsotaan latauskartta.fi-palvelusta. Tietoa latauspisteistä palvelussa pitää yllä sähköautoilijat ry.

### 7.1 Nuorgam-Hanko

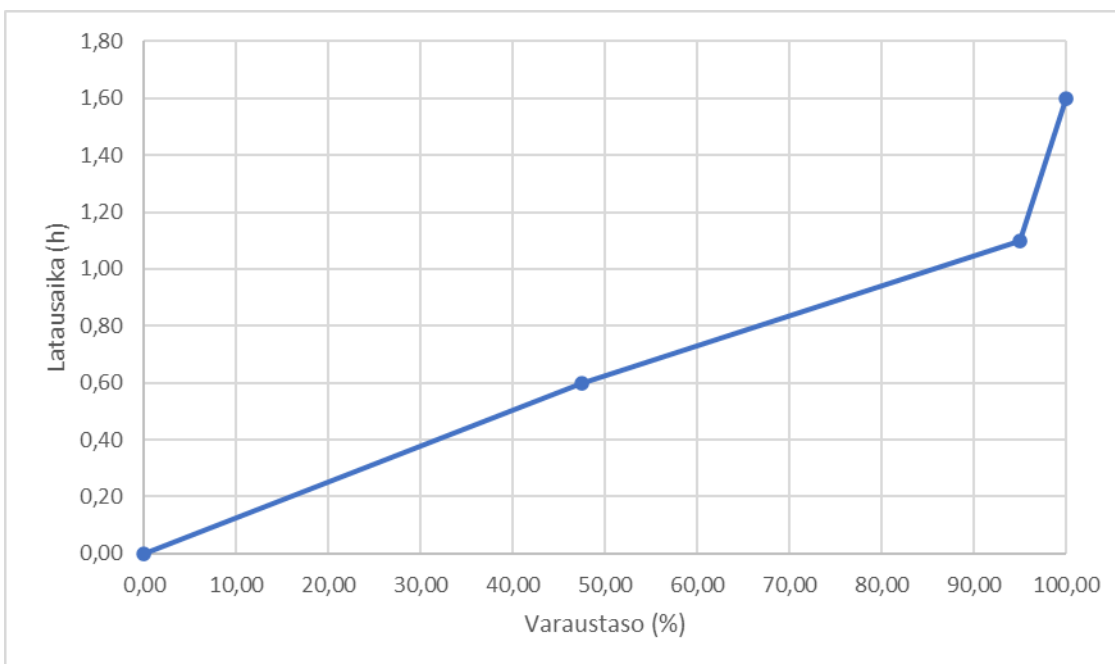
Reitiksi valikoitui Nuorgamista Hankoon, koska siinä mennään Suomen päästä päähän, jolloin saadaan mahdollisimman ajankohtainen tilanne latausinfrastruktuurista. Reitti on Google Mapsista, jossa on asetukseksi valittu ”vältä valtateitä”. Kuten kuvioista 10 näkee, matkan pituus on 1432 kilometriä, ja se kulkee Suomen läpi pohjois-etelä suunnasta. Matkan kesto on myös 17 tuntia ja 18 minuuttia. Kestoon lisätään lataamiseen käytetty aika.



Kuvio 10. Google Mapsin reitti Nuorgamista Hankoon. (Google Maps 2023)

## 7.2 Zero DSR/X

Sähkömoottoripyöräksi matkaan valikoitui kuviossa 11 näkyvä Zero DSR/X, joka on suunniteltu matka-ajoon. Moottoripyörien malleissa on suuria eroja ajettavuuden ja mukavuuden kannalta, joten matka-ajoon suunniteltu moottoripyörä on paras vaihtoehto. Valmistajan tietojen mukaan, moottoripyörän kantama on 172 kilometriä, joka on laskettu SAE J2982 toimintakykytestin mukaan. Tätä säädöstä tarkastelen tarkemmin luvussa 7.3. Zeron akkukapasiteetin koko on 15.1 kWh, joka on mahdollista ladata 2-tyypin latauspistokkeella 12.6 kilowatin teholla nolasta täyteen 1.6 tunnissa ja 95 % 1.1 tunnissa. Valmistaja ilmoittaa akuston lataamisen käytettävän ajan olevan lineaarinen. Kun 0 % ladataan 47.5 %, kuluu sama aika myös ladattaessa 47.5–95 %. Viimeiseen 5 % kuuluu 30 minuuttia lataustavasta riippumatta. Matkaan lisätään aika, joka kuluu, kun akku on ladattu täyteen. (Zero, 2023.)



Taulukko 1. Zero DSR/X latausajat.



Kuvio 11. Zero DSR/X. (Zero 2023)

### 7.3 SAE J2982

J2982 on SAE:n testi testaamaan sähkömoottoripyörän kantamaa. Testi tuottaa mahdollisimman lähelle oikean tuloksen sähkömoottoripyörän kantamasta (SAE, 2022). Edellisessä luvussa mainittu Zero DSR/X kantama, joka oli 172 kilometriä, on testattu ajamalla 50 % siten, että on pysähdetty kokonaan ja jatkettu matkaa. Loput 50 % on ajettu tasaisella nopeudella 113 kilometriä tunnissa. Tulos on kuitenkin arvio, eikä kerro todellista kantamaa. (Zero, 2023). Testiä ei ole suoritettu todellisissa olosuhteissa vaan dynamometrissä, jolloin todellisia häviötä kuten ilmanvastusta ei ole saatu tarkoin mitattua (SAE, 2022). Oikeanlaista tulosta todellisissa olosuhteissa kuitenkin hyvin vaikea saada. Teiden ja olosuhteiden ollessa hyvin erilaisia sijainnin mukaan. Testi antaa kuitenkin suuntaa antavan lukeman.

### 7.4 Latauspisteet

Matka alkaa Nuorgamista, josta etsitään ensimmäinen lähimpänä sijaitseva latauspiste matkan varrelta. Nuorgamissa sijaitsee kaksi latauspistettä, joista toinen on lähtöpiste Nuorgamin loma-keskus. Siitä lähin latauspiste sijaitsee Inarissa, johon matkaa kertyy 169 kilometriä, kuten kuviosta 12 näkee. Matka on teoreettisesti mahdollinen, joten se on ensimmäinen pysähdys. Lataukseen kuluu aikaa 1.6 tuntia, kun ladataan lähes 0 % akusto täyteen.

Seuraava suurempi kaupunki oli Sodankylä, jossa latauspisteitä sijaitsee, mutta se on 198 kilometrin päässä, joten se ei ole mahdollinen latauspaikka. Välilataus on tehtävä Saariselällä sijaitsevassa latauspisteellä. Siihen matkaa on 86.1 kilometriä, kuten kuvioista 13 näkee. Lataukseen kuulu vain aikaa kuitenkin noin yksi tunti, kun ladataan oletettavasti 50–100 %, kuten taulukosta 1 on arvioitu.

Saariselän kautta kuljettua, voi seuraavaksi latauspaikaksi valita Sodankylän, joka sijaitsee 122 kilometrin päästä Saariselän latauspisteeltä, joka on esitetty kuviossa 14. Akun varauksen oletetaan olevan noin 30 %. Kun akuston lataa 30 % täyteen kuluu aikaa noin 1.2 tuntia.

Seuraavia pysähdyksiä suoritetaan kolme kertaa, jotta päästää Oulun lähelle. Latauspaikkojen keskimääräinen etäisyys on noin 128 kilometriä kuten kuvioissa 15–17 on esitetty ja latauksiin kuluu noin 3.6 tuntia. Latauspaikkojen määrä kasvaa enemmän mitä lähemmäksi Etelä-Suomea pääsee, kuten kuvioista 19 näkee. Tästä syystä oletetaan olevan mahdollista kulkea latauspisteiden välinen matka Zeron ilmoittamalla 172 kilometrin kantamalla, ilman tarvittavia välipysähdyksiä, joka Pohjois-Suomessa oli välttämätöntä. Loppumatkan pituudeksi jää 690 kilometriä, mikä on esitetty kuviossa 18. Tämä tarkoittaa neljää latauskertaa, johon kuluu aikaa 6.4 tuntia.

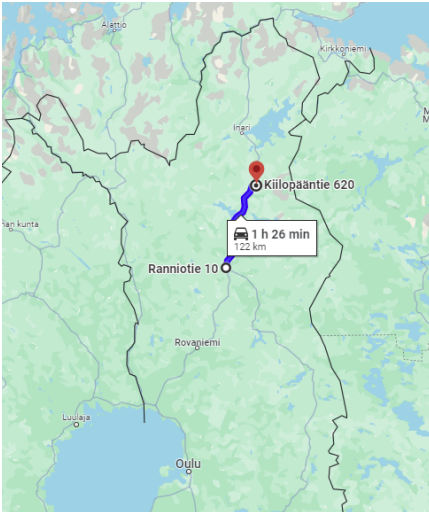
## 7.5 Tulokset

Matkan pituus oli aluksi 1432 kilometriä ja kestoksi oli arvoitu 17.3 tuntia. Matkan pituudeksi tuli lopulta 1450 kilometriä. Ajamiseen aikaa kului aikaa 17.2 tuntia. Tämä voidaan selittää reitin alkuperäisen reitin muuttumisella. Aikaa lataamiseen kului 13.8 tuntia, jolloin lopullisen matkan kestoksi tuli 31 tuntia.

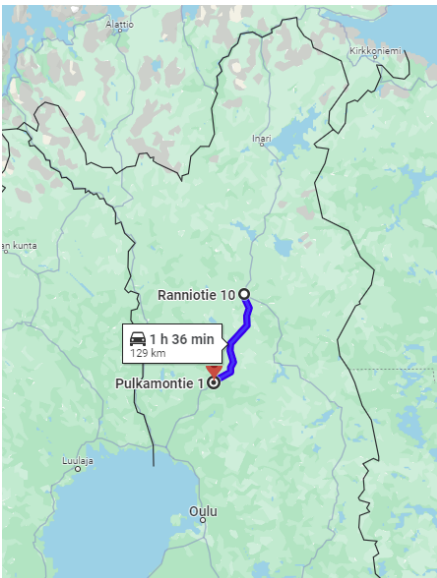
## 7.6 Päätelmät

Latausinfrastruktuuri on hyvässä kunnossa Etelä-Suomessa, mutta pohjoisemmaksi siirtyessä, mahdollisten latauspisteiden välimatkat kasvavat. Ne ovat myös sijoitettu kaupunkien läheisyyteen. Sähkömoottoripyörällä kyseisen matkan teko voi olla hyvinkin hankalaa. Ajoreitti on suunniteltava latauspisteiden mukaan, ei niinkään kohteen mukaan. Myös pitkät latausajat ovat ongelma. Akkuteknologian kehittyessä ongelma pienenee, kun kantama kasvaa ja latausaika lyhenee.



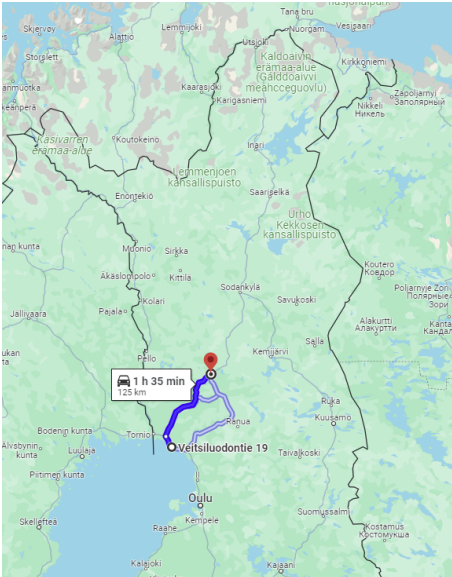


Kuvio 14. Kolmas latauspiste. (Google Maps 2023)

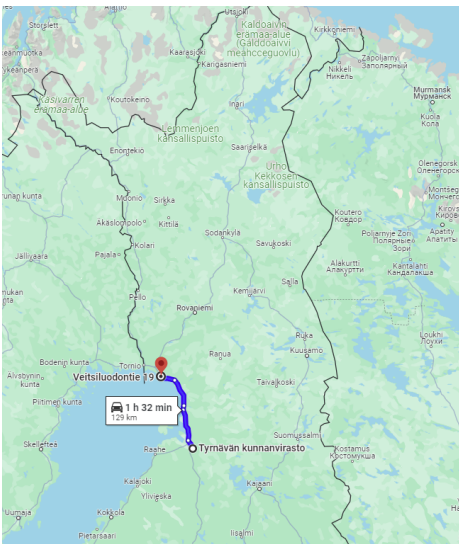


Kuvio 15. Neljäs latauspiste. (Google Maps 2023)

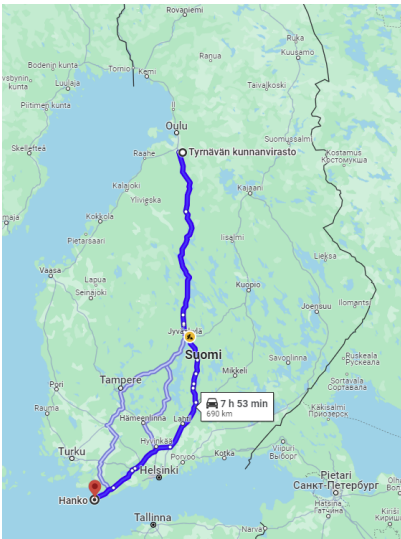




Kuvio 16. Viides latauspiste. (Google Maps 2023)



Kuvio 17. Kuudes latauspiste. (Google Maps 2023)



Kuvio 18. Loppumatkan pituus. (Google Maps 2023)



Kuvio 19. 2-tyypin latauspisteiden sijainti Suomessa. (Latauskartta 2023)

## 8 Pohdinta

Kun tarkastelee moottoripyörien historiaa, ovat kehityskohdat pysyneet samoina. Alkuaajoista lähtien tehokysymykset ovat olleet ongelmallisia. Teknillinen kehitys polttomoottorien osalta on saavuttanut pisteen, jossa tehojen vuoksi on jouduttu kehittämään ajoa avustavia laitteita. Alussa teho ja toimintasäde olivat ratkaisevia. Moottoripyörien ollessa arkipäiväisessä käytössä niiden hinta, taloudellisuus ja helppohuoltoisuus ovat tärkeitä asioita. Autojen yleistyttyä varsinkin läntisessä maailmassa moottoripyörien kysyntä hiipui ja painopiste alkoi siirtyä kohti urheilullisimpia moottoripyöriä ja tekninen kehitys alkoi siirtyä suuremmalla ja yhä tehokkaammalla varustettuun moottoripyörään. Moottoripyörästä on kehittynyt länsimaissa kulttuurissa hyvin pitkälle harrastusvaurauden ja vapaa-ajan lisääntyessä. Sähkömoottoripyörät joutuvat soputumaan tähän tilanteeseen ja se määrittää hyvin paljon sitä kehitys suuntaa, johon niiden on suunnattava tuotekehitystä. Urheilullisuus niin tiellä kuin maastossa ja matkapyöräilyssä, jossa myös isot moottorit ovat vallanneet alaa, määrittävät suuntaa. Tämä koskee niin ajo-ominaisuuksia, ajokokemusta, kantamaa kuin latausnopeutta. Kehitys on vasta alulla ja haasteita riittää, mutta jos olosuhteet pysyvät edullisina kohti sähköistyvää liikennettä ratkaisuja varmasti löytyy.

Sähkömoottoripyörien kehitys on vielä vaiheessa ja odottaa läpimurtoa. Suurin kehitys on tapahtunut akkuteknologiassa, mutta se ei ole vielä soveltuva sähkömoottoripyöriin, joilla tehdään pidempiä matkoja. Sähkömoottoripyörä on tällä hetkellä kaikkein soveltuvin kaupunkieihin, jossa isosta, tehokkaasta moottorista ei ole hyötyä. Tästä syystä sähköiset skootterit ja mopot, sekä pienitehoiset sähkömoottoripyörät kasvattavat suosiotaan, kun isommat, tehokkaammat sähkömoottoripyörät odottavat vielä läpimurtoa. Työtä tehdessä havaitsin yhtenäisen piirteen teknologian kehityksessä, ympäristöystävällisyys. Vaikka sähköautojen ja sähkömoottoripyörien ajaminen on ympäristö ystävällisempää kuin polttomoottoreilla ajaminen, on niiden sähköajoneuvojen valmistaminen ympäristölle hyvinkin haitallista. Viime vuosina on alettu kehittämään tekniikoita, joilla sähkömoottorin ja siihen akuston valmistaminen ei olisi niin haitallista ympäristölle. Niin akusto kuin moottorikin sähköajoneuvoon vaatii harvinaisia metalleja ja niiden kaivaminen maasta on ilmastolle ja ympäristölle haitallista. Tällöin saadaan sähköajoneuvoista ympäristölle paljon parempi vaihtoehto.

## Lähteet

10.8.2018/729. Tieliikennelaki. Annettu 10.02.2018. Viim. muutos 23.03.2023. Viitattu 04.11.2023.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2018/20180729?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=moottoripy%C3%B6r%C3%A4#L5P92>.

Almgren, E. 2019. Tärkeimpiä moottoripyöriä Suomessa 1992–2017. Tallina: Raamatutrükikoda.

Beazley, M. 2006. Motorcycle. Lontoo: Octopus Publishing Group.

Dowds, A., Cain, L., Dougherty, M. & Jackson, R. 2007. The encyclopedia of motorcycles from 1884 to the present day. Lontoo: Amber books.

Eccelestone, K. Electric motorbikes: who's buying them and why?. Bikesure 02.03.2021. Viitattu 16.11.2023 <https://www.bikesure.co.uk/bikesureblog/2021/03/electric-opinions-survey/>.

Electric motorcycle market size & trends. N.d. Grand view researchin tutkimus sähkömoottoripyöriä markkinoista. Viitattu 16.11.2023. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/electric-motorcycle-market-report>.

Frank, A. 2018. Harley-Davidsonin koko tarina. Helsinki: Readme.fi.

Henshaw, D. 2012. Socovel – first ever motorcycle? Artikkel A to B Magazinen verkkosivuilta Socovel moottoripyörästä. Viitattu 05.12.2023. <https://www.atob.org.uk/first-ever-electric-motorcycle/>.

Huhtala, J. 2022. Moottoripyörien ajoavustimet – lisää turvallisuutta elektroniikan avulla. moottori 30.03.2022. Viitattu 28.10.2023. <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/moottoripyörien-ajoavustimet/>.

Huhtala, J. Uusien moottoripyörien rekisteröinnit 2022 – yksi ylitse muiden. Motorrad bike 08.01.2023. Viitattu 09.12.2023. <https://www.bike.fi/uusien-moottoripyorien-rekisteroinnit-2022-yksi-ylitse-muiden/>.

Ikonen, T. Sähkömoottoripyörän lataaminen – tietopaketti. Nordic plugin blogikirjoitus sähkömoottoripyörän lataamisesta. Nordic plug 12.10.2022. Viitattu 23.10.2023. <https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/sahkomoottoripyora-lataaminen-tietopaketti>.

IMU – Inertial Measurement Unit. N.d. SBG systemin artikkeli IMU:sta SBG systemin www-sivuilta. Viitattu 28.10.2023. <https://www.sbg-systems.com/inertial-measurement-unit-imu-sensor/>.

Introduction to brushless DC motor control. N.d. Artikkelin Mathworksin verkkosivuilta sähkömoottoreista. Viitattu 07.12.2023. <https://se.mathworks.com/campaigns/offers/next/introduction-to-brushless-dc-motor-control/types-of-dc-motors.html>.

Karttatiedot. 2023. Google Maps. Verkkopalvelu. Viitattu 02.12.2023. <https://www.google.com/maps>.

Latauskartta. N.d. Sähköautoilijat ry:n ylläpitämä tietokanta latauspisteistä. Viitattu 02.12.2023. <https://latauskartta.fi/>.

Liikennekäytössä olevat mopot, moottoripyörät ja mopoautot – käyttövoimat, päästöt ja keski-ikä. 2023. Liikenne- ja viestintäviraston tilastotietoa mopoista, moottoripyörästä ja mopoautoista. Viitattu 30.10.2023. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-mopot-moottoripyorat-ja-mopoautot-kayttovoimat-paastot-ja-keski>.

Limewire-valmistajan verkkosivut. 2023. Viitattu 07.12.2023. <https://www.livewire.com>.

Litiumakun rakenne ja komponentit. N.d. Tietoa Greencyclen verkkosivuilta litium akuista. Viitattu 26.10.2023. <https://www.greencycle.fi/page/101/litiumakun-rakenne-ja-komponentit>.

Lukkari, E. Kestomagneetti mullistaisi sähkömoottorivalmistuksen. Artikkelin kestomagneetin valmistuksesta osto & logistiikan verkkosivuilta. 09.12.2020. Viitattu 10.12.2023. <https://www.ostologgistiikka.fi/kategoriat/teknologia/kestomagneetti-mullistaisi-sahkomoottorivalmistuksen>.

Luukkanen, J. Sähköauton tekniikkaa osa 1: Akkukemiaa. Tyyliniekka 26.08.2018. Viitattu 19.11.2023 <https://tyyliniekka.fi/sahkoauton-tekniikkaa-osa-1-akkukemiaa/>.

Missä ovat sähkömoottoripyörät? N.d. Suomen motoristit ry:n artikkeli sähkömoottoripyörästä. Viitattu 24.10.2023 <https://www.smoto.fi/2021/05/23/missa-ovat-sahkomoottoripyorat/>.

New car registrations: +21 % in august; battery electric exceeds 20 % share for first time. 2023. ACEA tilasto sähköautojen rekisteröinnistä. Viitattu 19.11.2023 <https://www.acea.auto/pc-registrations/new-car-registrations-21-in-august-battery-electric-exceeds-20-share-for-the-first-time/>.

Ome motorcycles. N.d. Tietoa Italialaisesta moottoripyörästä cybermotorcyclen verkkosivuilta. Viitattu 05.12.2023. <https://cybermotorcycle.com/euro/brands/ome-1920.htm>.

Partanen, P. Uusi akkusi: vähän painavampi, paljon halvempi. Tekniikan maailma 05.10.2023. Viitattu 19.11.2023 <https://tekniikanmaailma.fi/lehti/18a-2023/millaisia-ovat-tulevaisuuden-akut-sahkoautoissa-vahan-painavampia-ja-paljon-halvempia/>.

RGNT's first electric motorcycle ready for series production. N.d. Tietoa akuista e.battery system-sin verkkosivuilta. Viitattu 26.10.2023. <https://e-batterysystems.com/en/casestudies/rgnt/>.

Riding range test procedure for on-highway electric motorcycle. 2022. SAE:n prosessi sähkömoottoripyörän kantaman mittaamiseen Sae Mobilus:ksen www-sivuilta 10.13.2022. Viitattu 02.12.2023. [https://www.sae.org/standards/content/j2982\\_202210/](https://www.sae.org/standards/content/j2982_202210/).

Solutions to permanent magnet problem. 2017. Artikkelin cordisin verkkosivuilta. Viitattu 10.12.2023. <https://cordis.europa.eu/article/id/165081-solutions-to-permanent-magnet-problem>.

Suuri moottoripyöräkirja, visuaalinen historia. 2012. Helsinki: Readme.fi.

Sähkömoottorityypit. 2023. Artikkelit sähkömoottoreista Motivan verkkosivuilta. Viitattu 10.12.2023. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava liikenne ja liikkuminen/valitse auto vii-saasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_vii-saasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit).

Uudet tyyppihyväksyntäsäännöt moottoripyörille. Euroopan parlamentin lehdistötiedote. 20.11.2012. Viitattu 06.12.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20121116IPR55754/uudet-tyyppihyvakysyntasaannot-moottoripyorille>.

Verge. 2023. Verge TS sähkömoottoripyörän tekniset tiedot valmistajan www-sivuilta. Viitattu 05.12.2023. <https://www.vergemotorcycles.com/ts-model/>.

Which Motor is Best For Electric Motorcycle?. Dofabiken artikkeli sähkömoottoripyörän moottorityypeistä Dofabike:n www-sivuilla. 07.08.2023. Viitattu 17.10.2023. <https://www.dofa-bike.com/blog/which-motor-is-best-for-electric-motorcycle>.

Zero. 2023. Zero DSR sähkömoottoripyörän tekniset tiedot valmistajan www-sivuilta. Viitattu 09.12.2023. <https://zeromotorcycles.com/model/zero-dsr>.

Zero. 2023. Zero DSR/X sähkömoottoripyörän tekniset tiedot valmistajan www-sivuilta. Viitattu 02.12.2023. <https://zeromotorcycles.com/model/zero-dsrx>.

Zero. 2023. Zeron kuvapankki valmistajan www-sivuilta. Viitattu 02.12.2023. <https://zeromotorcycles.com/media-gallery>.

Zero. 2023. Zero-valmistajan verkkosivulta tietoa valmistajasta. Viitattu 09.12.2023. <https://zeromotorcycles.com/company>.