



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

TEEMU UUSI-RASI

# **Sähköistetyin liikenteen raaka-aine- virtojen selvitys**

ENERGIA- JA YMPÄRISTÖTEKNIikka  
2021

Tekijä Uusi-Rasi, Teemu	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	11.1.2022
	Sivumäärä 33	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Sähköistetyn liikenteen raaka-ainevirtojen selvitys</b>		
Tutkinto-ohjelma Energia- ja ympäristötekniikka		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä opinnäytetyössä selvitettiin, millaisia akkuja käytetään täyssähköautoissa. Myös sähköautoilun historiaa pyrittiin tutkimaan aina 1800-luvun lopusta lähtien.</p> <p>Akkuja ja niiden akkukemioita selvitettiin ja tultiin myös siihen tulokseen, että yleisin akkutyyppi nykyään on litiumioniakku.</p> <p>Alun johdannossa pyritään antamaan lukijalle kuva siitä, mihin liikenteen sähköistymisen parhaimmillaan johtaa ja lopussa selvitetään sähköautoilun vaikutuksia aina akkujen kierrätyksestä akkumateriaalikaivosten ihmisoikeusrikkomuksiin.</p> <p>Euroopan sähköautovalmistajista etsittiin tietoa ja materiaalivirrat näytetään kuvassa ja myös kirjallisesti. Akkumateriaalitehtaat ja sähköautovalmistajat Suomessa ja Euroopassa näytetään kuvassa ja myös kirjallisesti.</p> <p>Euroopassa sijaitsevia materiaalikaivoksia selvitettiin ja pyrittiin antamaan lukijalle kuva Euroopan materiaalivirroista.</p> <p>Tämän työn tarkoituksena on antaa lukijalle tietoa sähköautoilusta, sen vaikutuksista ympäristölle ja niiden akkujen kierrätyksestä.</p> <p><a href="#">Asiasanat</a> haetaan asiasanaluettelosta, mutta siihen ei tehdä linkitystä</p>		

Author(s) Uusi-Rasi, Teemu	Type of Publication Bachelor's Thesis	11.1.2022
	33	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>A survey of raw material flow of electrified traffic</b>		
Degree programme Energy- and environmental technique		
<p>Abstract</p> <p>In this thesis it was researched what kind of batteries are used in electric vehicles. Also, the history of electric vehicles was studied from the very beginning in the late 1800s.</p> <p>The batteries and their battery chemistry were studied leading to the result that the lithium-ion battery is mostly used nowadays.</p> <p>In the preface the aim is to give the reader the picture of electric vehicles' possibilities and at the end of the work the impacts of electric vehicles to the world. The battery recycling and even the human right violations in mining industry were also studied.</p> <p>It was researched what companies manufacture electric vehicles and the material flows are shown in a picture and as well literally.</p> <p>In this thesis it was also researched where the battery material mines are.</p> <p>The aim of this thesis is to give information to the reader of electric vehicles, their impacts to environment and their battery recycling.</p>		
<p><a href="#">Key words</a> search from key word list but not link</p>		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 AKKUTYYYPIT JA AKKUKEMIA .....	7
2.1 Nikkeli-kadmiumakku .....	7
2.2 Nikkeli-metallihybridiakku .....	8
2.3 Litium-ioniakku .....	8
2.4 Litium-rautafosfaattiakku .....	8
2.5 Sinkki-halogeniakku .....	8
2.6 Redox.akku .....	9
2.7 Suola-akku .....	9
3 SÄHKÖAUTOILUN KEHITYSKAARI .....	9
4 SÄHKÖAUTOVALMISTAJIA MAAILMALTA .....	11
4.1 Volkswagen .....	11
4.2 Tesla .....	12
4.3 Seat .....	12
4.4 Volvo .....	12
4.5 Skoda .....	12
4.6 BMW .....	12
4.7 Renault .....	13
4.8 Audi .....	13
4.9 Nissan .....	13
4.10 Daimler .....	13
5 AKKUTEHTAAT JA TEHDASHANKKEET EUROOPASSA .....	14
5.1 Morrow Batteries, Agder, Norja .....	14
5.2 FREYR, Mo i Rana, Norja .....	14
5.3 Northvolt, Skellefteå, Ruotsi .....	14
5.4 Britishvolt, Northumberland, Englanti .....	15
5.5 Envision AESC, Sunderland, Englanti .....	15
5.6 LG Chem, Breslau, Puola .....	15
5.7 InoBat, Auto Bratislava, Slovakia .....	16
5.8 SK Innovation, Komárom, Unkari .....	16
5.9 FAAM, Teverola, Italia .....	16
5.10 Samsung, Göd, Unkari .....	16
5.11 PSA Group, Douvrin, Ranska .....	17
6 TULEVAT AKKUMATERIAALITEHTAAT EUROOPASSA .....	17
6.1 BASF, Harjavalta, Suomi .....	17

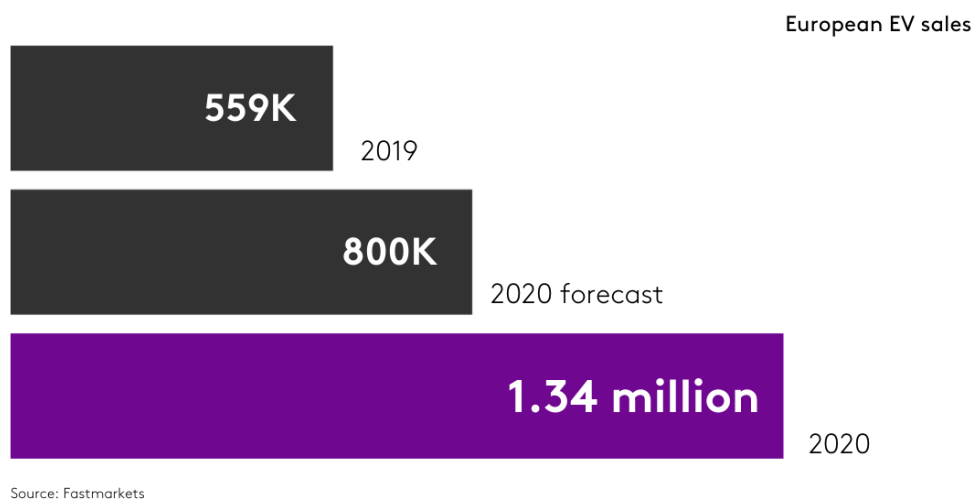
6.2 Targray .....	17
6.3 Johnson Matthey Vaasa.....	18
6.4 Suomen Malmijalostus .....	18
7 SÄHKÖAUTON MATERIAALIVIRTOJEN LIIKKUMINEN .....	18
7.1 Suurimmat litiumioniakkujen valmistajat .....	18
7.2 Koboltti.....	20
7.3 Litium .....	20
7.4 Nikkeli .....	21
7.5 Mangaani .....	21
7.6 Grafiitti .....	21
8 SÄHKÖAUTON AKKUJEN KIERRÄTYS .....	23
8.1 Näin kierrätys etenee .....	24
9 SÄHKÖAUTOJEN MÄÄRIÄ.....	24
10 SÄHKÖAUTOILUN VAIKUTUKSET .....	26
11 YHTEENVETO.....	28

## LÄHTEET

## 1 JOHDANTO

Maapallolla on kriisi. Ihmiset tietävät sen. Mitä voidaan tehdä? Heräsimmekö liian myöhään? Olemme lajina saaneet tämän ongelman aikaan, joten meidän täytyy se myös korjata. Liikenteen sähköistyminen on vain ensi askel, mutta siitä se usein alkaa.

Sähköautojen osuus myydyistä ajoneuvoista tuplaantui Euroopassa vuonna 2020. Se on myös tärkeää Euroopan taloudelle. Automarkkinat käsittävät 7 % Euroopan Unionin bruttokansantuotteesta ja 6,1 % kokonaistyöllisyydestä. Kuten kuvasta yksi nähdään, on sähköautojen myynti kasvanut Euroopassa huimaa vauhtia. (Fastmarkets www-sivut 2021.)



Kuva 1 (Fastmarkets www-sivut 2021.)

Pariisin ilmastositoumukseen ovat sitoutuneet maailman melkein kaikki maat. Sen mukaan osapuolilta odotetaan toimia ilmastomuutokseen sopeutumiseksi. Tavoitteena on saada lämpötilan nousu alle kahdessa asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan. Sopimus solmittiin 12. joulukuuta 2015. (Ympäristöministeriön www-sivut 2021.)

Kivihiilen käyttö tulisi mahdollisimman nopeasti lopettaa ja hiilidioksidia tulisi poistaa ilmakehästä uuden teknologian avulla. 1,5 asteen tavoite edellyttää

nettopäästöjen painamista noltaan vuoteen 2050 mennessä. Kaikki. Lämmitys, liikenne ja teollisuus pitäisi olla kokonaan päästötöntä. (Sitran [www-sivut](#), raportti 2021a.)

Vähemmän kulutusta, vähemmän jätettä. Kiertotalouden idea on hyödyntää olemassa olevia materiaaleja tehokkaammin. Kun uusia luonnonvaroja tarvitaan vähemmän, vähenee myös luonnon kuormitus. 90 % luonnon monimuotoisuuden häviämisestä johtuu nykyisen talousjärjestelmän tavoista ottaa käyttöön ja käsitellä raaka-aineita, polttoaineita ja ruokaa. (Sitran [www-sivut](#) 2021b.)

Tämän työn tavoite on kartoittaa sähköautoilun nykytilaa, mitä akkutyyppisiä ja materiaaleja niiden valmistamiseen tarvitaan, sekä mitkä yritykset valmistavat sähköautoja ja miten niiden kierrätys lopulta toimii. Työssä selvitettiin myös sähköautoilun vaikutuksia ja niiden historiaa.

## 2 AKKUTYYPIT JA AKKUKEMIA

### 2.1 Nikkeli-kadmiumakku

Tämän akun elektrodit on valmistettu nikkelihydroksidistä ja kadmiumista. Elektrolyytinä toimii kaliumhydroksidiliuos. Akun kestoikä on pitkä ja energiatiheys 50 Wh/kg. Näistä akuista tekee ongelmajätettä myrkyllinen kadmium, jonka käytöstä uusissa sähköautoissa onkin sitten luovuttu. (Motiva [www-sivut](#) 2021.)

## 2.2 Nikkeli-metallihybridiakku

Elektrodit ovat nikkelihydroksidiä ja metallihybridiä. Elektolyytinä toimii kaliumhydroksidi. Tämän akkutyypin energiatiheys on 60 Wh/kg. Näitä akkuja käytetään joissain hybridautoissa. (Motiva www-sivut 2021.)

Elektrodien valmistukseen käytetään litiumoksidia. Kuitenkin myös mangaanioksidi, kobolttioksidi, rautafosfaatti, nikkeli, alumiini, polymeeri ja titanaatti ja näiden yhdistelmät käyvät. Elektolyytinä toimii etyleenikarbonaatti. Tällä akkutyypillä on muita akkutyyppejä korkeampi kolmen voltin jännite. Akku on herkkä yllä-lataukselle ja syväpurkamiselle. (Motiva www-sivut 2021.)

## 2.3 Litium-ioniakku

Elektrodien valmistukseen käytetään litiumoksidia, kuitenkin myös mangaanioksidi, kobolttioksidi, rautafosfaatti, nikkeli, alumiini, polymeeri ja titanaatti ja näiden yhdistelmät käyvät. Elektolyytinä toimii etyleenikarbonaatti. Tällä akkutyypillä on muita akkutyyppejä korkeampi kolmen voltin jännite. Akku on herkkä yllä-lataukselle ja syväpurkamiselle. (Motiva www-sivut 2021.)

## 2.4 Litium-rautafosfaattiakku

Tämä akkutyyppe on litiumia sisältävistä akuista ympäristöystävällisin – ei sisällä raskasmetalleja. Tällaisen akun energiatiheys on 100 Wh/kg. Uutta sähköautotekniikkaa miettien litium-titanaattiakku on kiinnostavin. (Motiva www-sivut 2021.)

## 2.5 Sinkki-halogeneeniakku

Nämä akut ovat virtausakkuja. Ne ovat nestemäisillä reaktioaineilla varustettuja regeneroivia polttokennoja. Negatiivisena elektrodina toimii metallinen sinkki ja positiivisena kloori tai bromi. (Motiva www-sivut 2021.)



## 2.6 Redox.aku

Tämä on tyypiltään virtausaku, jonka toiminta perustuu vanadiinin hapetus-pelkistysreaktioon. Pitkä käyttöikä, mutta alhainen energiatiheys ja monimutkainen rakenne. (Motiva www-sivut 2021.)

## 2.7 Suola-aku

Nämä ovat korkean lämpötilan akkuja. Ne toimivat 300–400 °C:n lämpötilassa. Elektrolyytinä toimii sula natriumkloridi. Raaka-aineet ovat edullisia ja energiatiheys on 90 Wh/kg, joten tämä akkutyypin kiinnostaa sähköautojen valmistajia. (Motiva www-sivut 2021.)

# 3 SÄHKÖAUTOILUN KEHITYSKAARI

Sähköautojen historia ulottuu yli sadan vuoden päähän vuosisatojen vaihteeseen. Silloin sähköautot olivat yleisiä. Ne olivat äänettämiä ja ladattavissa kotona. Polttomoottoriautot olivat meluisia, vaativat ylläpitoa ja pakokaasut aiheuttivat pahennusta. Porschen ensimmäinen auto P1 oli sähköauto vuonna 1898. (Autotie www-sivut 2021.)

Manhattanilla sähköauton lataaminen oli 1920-luvulla helpompaa kuin nykyisin. Akkujen vaihtopalveluakin oli olemassa silloin. (Autotie www-sivut 2021.)

Polttomoottoriautot edelläkävijänä T-Ford kuitenkin syrjäyttivät sähköautot. Öljy oli halpaa ja polttomoottoriauto maksoi vain noin kolmanneksen sähköauton hinnasta. Sähköinen ajaminen katosi vuoteen 1935 mennessä. (Autotie www-sivut 2021.)

1940–1980 Japanissa Nissan kehitti aktiivisesti sähköautoja. Esimerkiksi Tama-sähköauto sodan jälkeisessä öljynpuutteessa oli käytössä taksina ja muissa tehtävissä. Toimintamatka oli alle 100 kilometriä eikä huppunopeus 40 km/h ollut kummoinenkaan. 70- ja 80-luvuilla Nissanilla oli useita prototyyppisiä ja erikoiskäyttöön tuotettua sähköajoneuvoa. Sähköisiä jätteautoja valmistettiin Japanissa 80-luvun lopulla. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

Sähköautojen toinen tuleminen sai tuulta alleen ympäristötietoisuuden kehittymisestä ja suurten kaupunkien savuisista oloista. Vuodesta 1989 alkaen alkoi tulla yhä huolestuneempia raportteja pakokaasujen terveysvaikutuksista. 1990-luvun alkupuolella alettiin myös ymmärtää hiilidioksidin ilmastoa lämmittävä vaikutus. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

Vuonna 1996 Nissan esitteli maailman ensimmäisen sähköauton Prairie Joy EV:n, jossa oli Litium-ioni akku. Akun kehitti Sony Corporation. Tätä sähköautoa seurasi vuonna 1997 Altra EV, jota myytiin Yhdysvalloissa ja Japanissa. Myyntimäärät olivat alhaiset ja autoa valmistettiin vain 200 kappaletta. Autosta löytyy paljon yhtäläisyyksiä nykyiseen Nissan Leafiin. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

2000-luvun alussa tapahtui jotakin kummallista ja GM keräsi kaikki EV1 sähköautot takaisin tehtaalle. Pian sähköautoaktivistit saivat selville, että nämä autot oli viety autiomaahan ja murskattu. Myös Toyotan myymättömät RAW4 EV- autot kokivat saman kohtalon. Tälle voi olla monia eri syitä. Eri tahot mahdollisesti hyötyivät tästä. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

Uudelleen sähköisen liikenteen tuleminen alkoi 2010- luvulla. GM kehitteli Chevrolet Volt:in ja samaan aikaan Nissanilla kehiteltiin ensimmäistä massatuotantosähköautoa edullisempaan hintaluokkaan. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

Tesla motors alkoi Elon Muskin johdolla valmistaa massatuotantoon sopivia sähköautoja. Tesla Roadster on urheiluauto, jossa käytetään litiumioniakkua. Sen suorituskyky 0-100km/h 3,7 sekunnissa on vielä tänäkin päivänä uskomatonta. Toimintamatka on 394 km, joten sekin saatiin aivan uusiin lukemiin. (Autotie [www-sivut 2021.](#))

Sähköautot yleistyvät kovaa vauhti ja valloittavat autotiemme vuosina 2025-2030. Koska polttomoottoreita ei voi saada riittävän puhtaiksi koskaan, on nykyinen suunta oikea. Ihmisten tietoisuus sähköautoilun mahdollisuuksista on kehittynyt aivan uudelle tasolle. (Autotie www-sivut 2021.)

## 4 SÄHKÖAUTOVALMISTAJIA MAAILMALTA

Suomen viisi myydyintä sähköautomallia vuoden 2021 alkupuoliskolla olivat Volkswagen ID.4, Tesla Model 3, Seat Mii Electric, Volkswagen ID.3 ja Volvo XC40. Skoda Enyaq oli kuudenneksi myydyin. (Latinki.fi Blogi 2021.)

Tästä voidaan päätellä, että maailman viisi suurinta sähköauton valmistajaa ovat Volkswagen, Tesla, Seat, Volvo ja Skoda. Ei saa myöskään unohtaa kiinalaisia valmistajia. Siellä on kuitenkin suuret markkinat johtuen ihmispaljoudesta.

### 4.1 Volkswagen

Volkswagen ID.4 sähköautossa on litiumioniakku. LG Energy Solution, Samsung SDI, Gotion High-Tech toimittavat Volkswagenin sähköautoihin akkuja. (Spectrum.ieee www-sivut 2021.)

## 4.2 Tesla

Teslan sähköautoissa on litiumioniakku. Akkutoimittajia ovat Contemporary Amperex Technology Co. (CATL), LG Energy Solution ja Panasonic. (Spectrum.ieee www-sivut 2021.)

## 4.3 Seat

Volkswagen osti vuonna 1986 51 % SEATin osakkeista ja kasvatti omistusosuutensa 75 %:iin vuoden loppuun mennessä. (Seatin www-sivut 2021.) Akut toimittaa Samsung, LG Energy Solution ja Gotion High-Tech. (Spectrum.ieee www-sivut 2021.)

## 4.4 Volvo

Akkuja toimittavat Contemporary Amperex Technology Co. (CATL), LG Energy Solution. (Spectrum.ieee www-sivut 2021.)

## 4.5 Skoda

Skodasta tuli osa Volkswagen konsernia vuonna 1991 (Skodan www-sivut 2021.), joten akut toimittavat Samsung, LG Energy Solution ja Gotion High-Tech. (Spectrum.ieee www-sivut 2021.)

Muita sähköautovalmistajia.

## 4.6 BMW

Valmistaa BMW iX ja BMW i3 sähköautoja. (BMW www-sivut 2021.)

BMW:lle akkuja toimittavat Northvolt, CATL ja Samsung SDI. (Electrive www-sivut 2021a.)

#### 4.7 Renault

Valmistaa Zoe E-Tech sähköautoa. (Renault [www-sivut 2021.](#))

Akkutoimittajat ovat kiinalainen Envision AESC ja ranskalainen Verkor. (Electrive [www-sivut 2021b.](#))

#### 4.8 Audi

Valmistaa e-tron mallistoa. (Audin [www-sivut 2021.](#))

Audi suunnittelee akun kokoamistehdasta Ingolstadtin lähelle omaa autotehdastaan. Akut autoihin toimittaa LG Chem. (Electrive [www-sivut 2021c.](#))

#### 4.9 Nissan

Valmistaa Leaf sähköautoja. Nissan tekee yhteistyötä Envision AESC:n kanssa. (Nissan [www-sivut 2021.](#))

#### 4.10 Daimler

Valmistaa Mercedes-Benz EQC mallia. (Daimler [www-sivut 2021b.](#)) Mercedes-Benz ostaa CATL:n kennoja. (Electrive [www-sivut 2021d.](#))

## 5 AKKUTEHTAAT JA TEHDASHANKKEET EUROOPASSA

### 5.1 Morrow Batteries, Agder, Norja

Start-upilla 2020 perustettu akkutehdas, joka suunnittelee tehdasta, jonka kapasiteetti on 32 GWh. Laitoksen rakentamisen olisi tarkoitus alkaa 2023. Yhtiön mukaan uusia työpaikkoja syntyy alueelle jopa 10 000. (En-former [www-sivut 2021.](#))

### 5.2 FREYR, Mo i Rana, Norja

On kehittänyt uuden ja halvan tavan valmistaa litiumionikenoja. Näiden tuotanto aloitetaan vuonna 2025 40 GWh kapasiteetilla. Sähkö tehtaalle saadaan tuuli- ja vesivoimana. (En-former [www-sivut 2021.](#))

### 5.3 Northvolt, Skellefteå, Ruotsi

Perustettu vuonna 2016, ja jo tänä päivänä siellä on yli 500 työntekijää. Keskittyy kestävästi tuotettuihin litiumioniakkuihin, joita toimittaa suurille yhtiöille, kuten Volkswagenille. Vuonna 2021 kapasiteetti on 40 GWh. (En-former [www-sivut 2021.](#))

Northvoltin kumppaneita ovat BMW GROUP ja Volkswagen. Volkswagenin sähköautotehdas sijaitsee Zwickaussa Saksassa. BMW:n suurin sähköautotehdas sijaitsee Dingolfingissa. (Kauppalehden [www-sivut2021.](#)) (Northvolt [www-sivut 2021.](#))

#### 5.4 Britishvolt, Northumberland, Englanti

Start-up yritys, joka suunnittelee tehtaan rakentamista Blythiin. Rakentaminen aloitettiin kesällä 2021 ja tarkoituksena on rakentaa litiumioniakkuja vuonna 2023. (En-former [www-sivut 2021.](#))

#### 5.5 Envision AESC, Sunderland, Englanti

Yhtiön mukaan kapasiteetti on 1,9 GWh. Tuotantoa aiotaan lisätä tulevien vuosien aikana. (En-former [www-sivut 2021.](#))

Nissan on Envision AESC:n kumppani. Nissanin Euroopan sähköautotehdas sijaitsee Sunderlandissa Englannissa. (News.cision [www-sivut 2021.](#)) (Futurecar [www-sivut 2021.](#))

#### 5.6 LG Chem, Breslau, Puola

Etelä-Korealainen yhtiö, jonka Euroopan päämaja sijaitsee Wroclavissa Lounaispuolassa. Kapasiteetti on tällä hetkellä 15 GWh, joka olisi tulevina vuosina tarkoitus nostaa 65 GWh:iin. LG:n akkuja käyttävät VW, Renault ja Hyundai. (En-former [www-sivut 2021.](#))

Renault aikoo yhdistää Douain, Maubeugen ja Ruitzin tehtaansa yhdeksi sähköautolaitokseksi, jolla on vähemmän kuluja. Tämä tehdas tunnetaan nimellä Renault ElectricCity. Nämä kolme laitosta sijaitsevat Pohjois-Ranskassa. Hyundai alkoi tuottaa Kona Electriä Nosovicessä Tsekeissä. (Electrek [www-sivut 2021.](#)) (Europe.autonews [www-sivut 2021.](#))

### 5.7 InoBat, Auto Bratislava, Slovakia

Gigatehdasta rakennetaan Bratislavaan ja tuotanto olisi tarkoitus aloittaa vuoden 2021 lopussa. 10 GWh tehtaan rakentaminen alkaa 2024. (En-former [www-sivut 2021.](#))

### 5.8 SK Innovation, Komárom, Unkari

Kapasiteetti on 7,5 GWh:a. Itäeurooppalainen maa on koti myös Daimlerille ja Audille, joten se sopii hyvin akkuspesialistille, kuten SK Innovationille. (En-former [www-sivut 2021.](#))

Sindelfingenissä, Bremenissä ja Rastatissa, Saksassa sijaitsevat Mercedes-Benz:in Euroopan sähköautotehtaat. (Daimler [www-sivut 2021a.](#))

Brysselissä sijaitsee Audin sähköautotehdas, jossa valmistetaan täyssähköautoa Audi e-tronia. (Audibrussels [www-sivut 2021.](#))

### 5.9 FAAM, Teverola, Italia

Suunnitelmana on kahden tehtaan rakennuskompleksi. Ensimmäisen osan rakentaminen alkoi vuoden 2021 ensimmäisessä neljänneksessä. Toisen osan olisi tarkoitus olla valmiina vuonna 2027. Aluksi laitosta käytetään tutkimukseen ja kehitykseen, kun myöhemmin tuotetaan litiumionikennoja. Kapasiteetti on 3 GWh. (En-former [www-sivut 2021.](#))

### 5.10 Samsung, Göd, Unkari

Vuonna 2018 yhtiö muutti entisen televisiotehtaan akkutehtaaksi. Tuotanto on jo käynnissä, mutta tarkoitus olisi nostaa kapasiteetti 3 GWh:sta 15 GWh:iin. (En-former [www-sivut 2021.](#))



### 5.11 PSA Group, Douvrin, Ranska

Opelin emoyhtiö on aloittanut kahden erillisen alueen samanaikaisen rakentamisen. Valmiiksi tultuaan molempien tehtaiden kapasiteetti tulee olemaan 24 GWh:a Tuotanto alkaa 2024. (En-former www-sivut 2021.)

## 6 TULEVAT AKKUMATERIAALITEHTAAT EUROOPASSA

### 6.1 BASF, Harjavalta, Suomi

Euroopan ensimmäinen akkumateriaalien tuotantolaitos. Materiaalituotanto koskisi alustavasti 400 000 sähköautoa vuosittain. Yhtiö toimittaa katodiaktiivisia materiaaleja maailman johtaville kennojen valmistajille. (BASF Harjavalta www-sivut 2021.)

BASF rakentaa Saksan Schwarzheideen akkumateriaalitehdasta, jonka olisi tarkoitus aloittaa toimintansa vuonna 2022. (Epressi www-sivut 2021.)

### 6.2 Targray

Targray on johtava akkumateriaalien toimittaja. Valmistaa ja toimittaa anodimateriaaleja, katodimateriaaleja, elektrolyyttiliuoksia, pakkausmateriaaleja sekä litiumionikennoja. (Targray www-sivut. 2021.)

### 6.3 Johnson Matthey Vaasa

Brittiläisen Johnson Mattheyn akkumateriaalitehdasinvestointi on merkittävä satojen miljoonien eurojen sijoitus. Vaasa sopi mainiosti kohteeksi, koska käytössä on uusiutuvaa energiaa ja raaka-aineita on saatavilla. Yhtiö tulee valistamaan eLNO:a, joka on heidän omaa energiatiheää, matalakoboltista katodiakkumateriaalia. (Ylen www-sivut 2021a.)

### 6.4 Suomen Malmijalostus

Valtion omistama Suomen Malmijalostus suunnittelee avaavansa Suomeen kaksi akkumateriaalitehdasta. Tehtaat valmistaisivat litiumioniakuissa tarvittavia aineita. Sijoituspaikoiksi valikoituivat Kotka ja Hamina. (Ylen www-sivut 2021d.)

## 7 SÄHKÖAUTON MATERIAALIVIRTOJEN LIIKKUMINEN

### 7.1 Suurimmat litiumioniakkujen valmistajat

Tesla, Panasonic, LG, Samsung SDI, Contemporary Amperex Technology Co., Limited (CATL), BYD ja Grepow. (Grepow www-sivut 2021.)

Tämän hetken akkujen viisi päätyyppiä ovat litiumionipohjaisia. Niiden valmistamiseen tarvittavat aineet ovat koboltti, nikkeli, mangaani, litium, grafiitti ja pii. (Matmatch www-sivut 2021.)

Koboltti toimii katodina

Nikkeli toimii katodina

Mangaani toimii katodina

Grafiitti toimii anodina

Pii toimii anodina grafiitin kanssa tehostaen toimintaa

(Matmatch [www-sivut 2021.](#))

1. Litium koboltti oksidi (LCO)
2. Litium nikkeli mangaani koboltti oksidi (NMC)
3. Litium nikkeli koboltti alumiini (NCA)
4. Litium rauta fosfaatti (LFP)
5. Litium mangaani oksidi (LMO)

Mistä näitä aineita sitten kaivetaan?

Yli 70 % maailman koboltista tuotetaan Kongossa. (Cfr [www-sivut 2021.](#))

Nikkeliä saadaan Australiasta, Kanadasta, Filippiineiltä, Indonesiasta ja Kolumbiasta. (Mining [www-sivut 2021a.](#))

Mangaanikaivoksia on Etelä-Afrikassa, Australiassa, Kiinassa. Neljänneksi suurin on Gabon ja viidenneksi jää Brasilia. (nsenergybusiness [www-sivut 2021.](#))

Länsi-Australiassa on maailman viisi suurinta litiumkaivosta, joiden yhdistetyt varannot ovat 475 miljoonaa tonnia. (Mining technology [www-sivut 2021a.](#))

Kuten kuvasta kaksi huomaamme, on Suomessakin halua päästä akkumateriaalimarkkinoille. Suomessa on akku-unelma, joka haluaa pystyttää moniportaisen jalostusketjun. Tähän asti akkumineraaleja Suomessa on jalostettu ulkomaisin voimin. Tulee varmasti yllätyksenä, että Suomi on maailmassa toiseksi suurin koboltin jalostaja. (Ylen-[www-sivut2021c.](#))

AKTIIVISET KAIVOKSET	KAIVOSPROJEKTIT
<p><b>1. KEVITSA BOLIDEN</b> NIKKELI, KOBOLTTI, KUPARI, PGE</p> <p><b>2. SOTKAMO TERRAFAME</b> NIKKELI, KOBOLTTI, SINKKI JA KUPARI</p> <p><b>3. KYLYLAHTI, POLVIJÄRVI BOLIDEN</b> KOBOLTTI, NIKKELI JA KUPARI</p>	<p><b>4. SAKATTI, SODANKYLÄ ANGLO AMERICAN</b> NIKKELI, KOBOLTTI, KUPARI, PGE</p> <p><b>5. RAJAPALOT, YLITORNIO MAWSON</b> KOBOLTTI, KULTA</p> <p><b>6. SUHANKO, RANUA ARCTIC PLATINIUM</b> NIKKELI, KOBOLTTI, KUPARI, PGE</p> <p><b>7. JUOMASUO, KUUSAMO LATITUDE 66 COBALT</b> KOBOLTTI, KULTA</p> <p><b>8. LÄNTTÄ, KAUSTINEN KELIBER</b> LITIUM</p> <p><b>9. HAUTALAMPI, OUTOKUMPU FINNCOBALT</b> KOBOLTTI, NIKKELI, KUPARI</p>
<p>PITKÄLLE EDENNYT <b>MALMINETSINTÄ-PROJEKTI</b></p>	
<p><b>10. AITOLAMPI, HEINÄVESI BEOWULF MINING</b> GRAFIITTI</p>	

Kuva 2 (Ylen www-sivut 2021.)

## 7.2 Koboltti

Saadaan Euroopassa pääosin Suomesta. Suomessa on meneillään monta kaivosprojektiä takaamaan Euroopan kasvava akkumateriaalitarve. Suomi on ainoa maa Euroopan Unionissa, joka tuottaa kobolttia kotimaisesta malmista. (Investingnews www-sivut 2021a.)

## 7.3 Litium

Löytyy Euroopassa Saksasta, Tšekistä, Serbiasta, Espanjasta, Portugalista, Itävallasta ja Suomesta. (Investingnews www-sivut 2021b.)

#### 7.4 Nikkeli

Tuotetaan Suomessa kahdella Bolidenin kaivoksella ja Terrafamen kaivoksella Sotkamossa.

#### 7.5 Mangaani

Euroopassa löytyy Ukrainasta, sen ollessa maailman kahdeksanneksi suurin mangaanin tuottaja. (Investingnews www-sivut 2021c.)

#### 7.6 Grafiitti

Saadaan Itävallasta, Tšekistä, Suomesta, Saksasta, Norjasta ja Ruotsista. (Investingnews www-sivut 2021d.)

Targray, Tsekki → eurooppalaisille akkuvalmistajille

Johnson Matthey, Vaasa → eurooppalaisille akkuvalmistajille

Suomen Malmijalostus, Kotka ja Hamina → eurooppalaisille akkuvalmistajille

BASF, Harjavalta → eurooppalaisille akkuvalmistajille

Targrey, Tsekki → eurooppalaisille akkuvalmistajille

BASF, Schwarzheide → eurooppalaisille akkuvalmistajille

Northvolt, Skellefteå, Ruotsi → BMW GROUP, Dingolfing Saksa ja Volkswagen, Zwickau Saksa

Envision AESC, Sunderland, Englanti → Nissan, Sunderland Englanti

LG Chem, Breslau, Puola → Renault ElectriCity, Pohjois-Ranska ja Hyundai, Kona Electri Nosovice, Tsekki ja Volkswagen, Zwickau Saksa

SK Innovation, Komárom, Unkari → Daimler, Sindelfing, Bremen ja Rastatt, Saksa ja Audi, Bryssel

CATL, Erfurt, Saksa → Volvo, Ghent, Belgia (Media.volvocars www-sivut 2021.) (Electrive www-sivut 2021e.)

CATL, Erfurt, Saksa → Tesla, Berlin-Brandenburg, Saksa (Tesla www-sivut 2021.)

Verkor, Grenoble, Ranska → Renault ElectriCity, Pohjois-Ranska

LG Chem, Breslau, Puola → Audi, Bryssel, Belgia



Kuva 3 Euroopan kartta (Ontheworldmap www-sivut 2021.)

Punaiset ovat akkuvalmistajia.

Keltaiset ovat tulevia akkumateriaalitehtaita.

Vihreät ovat sähköautovalmistajia.

Euroopan kartta näyttää meille, miltä tulevaisuuden sähköistynyt autoteollisuus näyttää. Markkinat ovat pääosin Keski-Euroopassa, Iso-Britanniassa ja Suomessa.

## 8 SÄHKÖAUTON AKKUJEN KIERRÄTYS

Fortum on kehittänyt uuden kierrätysteknologian, joka mahdollistaa litiumin talteenoton. Tämä parantaa sähköautoilun kestävyyttä. Lisäksi se auttaa vastaamaan akkumateriaalien kasvavaan kysyntään. Litium on yksi arvokkaimmista litiumioniakkujen raaka-aineista. Ajoneuvot sähköistyvät ja se lisää niiden akuissa tarvittavien arvokkaiden materiaalien kysyntää. Näitä aineita ovat litium, nikkeli, koboltti ja mangaani. (Fortum [www-sivut](#) 2021.)

Vaikka sähköautot näyttelevät suurta osaa päästöjen vähentämisessä, ne myös luovat uuden potentiaalisen ympäristöpommin akuillaan. Arvioiden mukaan yli 12 miljoonaa tonnia litiumioniakkua ”eläköityy” vuoteen 2030 mennessä. (The Guardian [www-sivut](#) 2021.)

Henkilökohtaisen hiilijalanjäljen pienentämisestä johtuva sähköautovallankumous muuttaa autoteollisuutta radikaalisti. Sähköauton akku painaa 250 kg ja on tilavuudeltaan puoli kuutiometriä. Yhteistuloksena olisi 250 000 tonnia ja puoli miljoonaa kuutiometriä käsittelemätöntä jätettä. (Nature [www-sivut](#) 2021.)

## 8.1 Näin kierrätys etenee

Kun auto saapuu kierrätettäväksi, ensimmäiseksi irti otetaan korkeajänniteakusto. Seuraavaksi kierrätyspisteessä arvioidaan akun kunto. Näin siksi, että ensisijainen tavoite on pidentää akun käyttöaika. Ajoneuvokäyttöön kelpaamaton akku menee osaksi energiavarastoa – jossa varastoidaan aurinko- tai tuulivoimalla tuotettua energiaa myöhempää käyttöä varten. (Teknavi [www-sivut 2021.](#))

Kierrätykseen lähtevät akut, jotka eivät ole käyttökelpoisia energiavarastoon. Kierrätyksessä akut puretaan moduuleiksi, jotka tehdään yksi kerrallaan jännitteettömiksi. Tämän jälkeen moduulien sisältä otetaan irti akkumateriaaleja sisältävät kennot. Moduulien rungot ovat alumiinia ja ne toimitetaan eteenpäin sellaisenaan. Kennot menevät murskaukseen. (Teknavi [www-sivut 2021.](#))

Murskauksen jälkeen materiaalit jaotellaan aktiivimateriaaleihin ja muihin materiaaleihin. Aktiivimateriaalia kutsutaan myös mustaksi massaksi. Tämä massa sisältää akkujen valmistuksessa tarvittavia arvokkaita aineita, joiden saaminen uusiokäyttöön vaatii tarkkaa erottelua. Tämän jälkeen nikkeli, koboltti, mangaani ja litium saadaan talteen. Nykyprosesseilla saadaan kiertoon 80 prosenttia materiaaleista. (Teknavi [www-sivut 2021.](#))

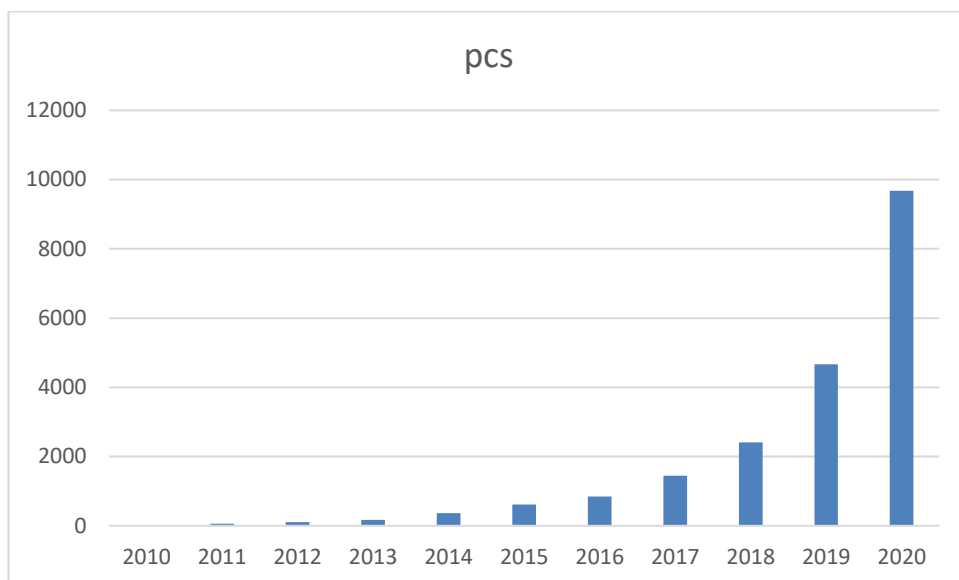
## 9 SÄHKÖAUTOJEN MÄÄRIÄ

Suomessa oli vuonna 2021 10 520 täyssähköautoa, ladattavia bensiinihybridejä oli 47 353 ja ladattavia dieselhybridejä 3296. (Moottori [www-sivut 2021.](#))

Suomessa kierrätetään vuosittain 75 000 autoa. (Autoalan tiedotuskeskus 2021a.)



Suomessa kierrätettiin sähköautojen akkuja vuosina 2015–2018 vain 52 kappaletta. Lähivuosina akkujen kierrätys muuttuu suuresti, kun sähköautojen määrä kasvaa. (Ylen www-sivut 2021a.)



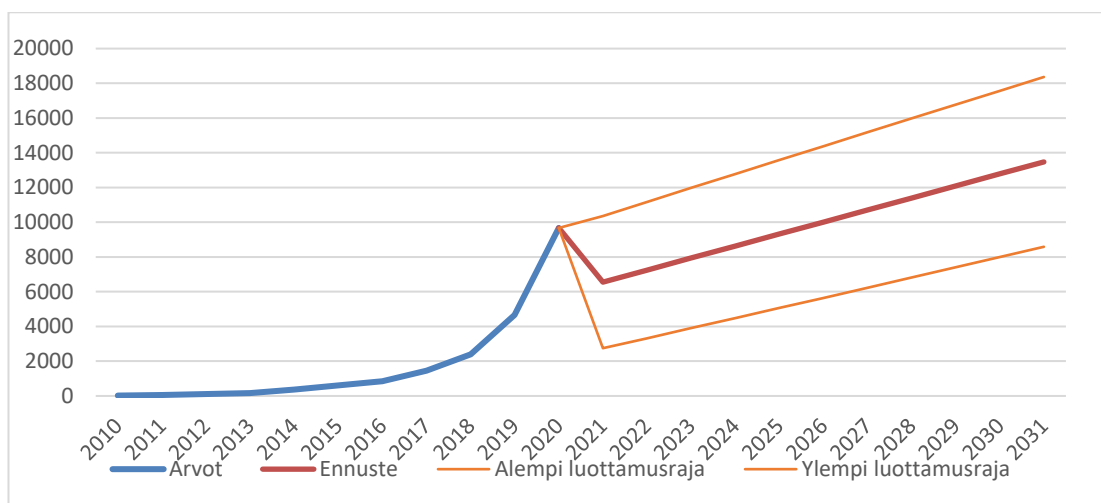
Kuva 6 (Sähköautojen määrän nousu)

Kuten kuvaajasta seitsemän huomaamme, sähköautojen määrä on kasvanut tasaisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Alla olevista ennustavista kuvaajista huomaamme kasvun jatkuvan. (Aut.fi www-sivut 2021.b)

Aikajana	Arvot	Ennuste	Alempi luottamusraja	Ylempi luottamusraja
2010	23			
2011	56			
2012	109			
2013	169			
2014	360			
2015	614			
2016	844			
2017	1449			
2018	2404			
2019	4661			
2020	9673	9673	9673,00	9673,00
2021		6553,8611	2749,65	10358,07

2022	7245,936	3323,72	11168,15
2023	7938,0109	3900,34	11975,69
2024	8630,0858	4479,28	12780,89
2025	9322,1608	5060,37	13583,95
2026	10014,236	5643,44	14385,03
2027	10706,311	6228,33	15184,29
2028	11398,386	6814,92	15981,85
2029	12090,46	7403,08	16777,84
2030	12782,535	7992,72	17572,35
2031	13474,61	8583,74	18365,48

Kuva 7 (Sähköautojen määrän ennuste)



Kuva 8 (Sähköautojen määrän ennuste)

## 10 SÄHKÖAUTOILUN VAIKUTUKSET

Sähköauton valmistuksen päästöt ovat kaksinkertaiset verrattuna polttomoottoriautoon. Riippuu sähkön tuotantotavasta, kuinka ekologista ajaminen sitten on. Pelkäämään sähköauton ostaminen ei siis välttämättä riitä. Päästötön tulevaisuus on oikeastaan vain hyvä ajatus. (Suomen uutiset www-sivut 2021.)

Esimerkiksi Polestarin sähköautomallin valmistus tuottaa päästöjä 24 hiilidioksiditonnia. Bensiinikäyttöisen Volvo XC 40 valmistus tuottaa päästöjä 14 hiilidioksiditonnia.

Sähköauton päästöt johtuvat pitkälti akkujen valmistuksesta. Niihin liittyy merkittäviä ympäristövaikutuksia. (Suomen uutiset [www-sivut 2021.](#))

Ajatellaan auton elinkaareksi 200 000 kilometriä. Kyseinen Volvo tuottaa tänä aikana 41 hiilidioksiditonnin päästöt ja sähköauto menee tänä aikana ekologisuudessa edelle, mutta se siis, kuten edellä mainittiin, riippuu täysin sähkön tuotantotavasta. (Suomen uutiset [www-sivut 2021.](#))

Tuulivoimalla ladattu sähköauto menee bensiinivolvon ohi 50 000 kilometrin kohdalla. Euroopassa käytetään paljon uusiutuvaa energiaa sähkön tuotannossa, joten sähköautolla ajaminen on päästöttömämpää, kuin muualla maailmassa. Polestarin mukaan eurooppalaista sähköä käyttämällä kokonaispäästöt alittavat bensiiniauton 80 000 kilometrin kohdalla, mutta yleismaailmallista sähköä käyttämällä alitus tulee vasta 110 000 kilometrin kohdalla. (Suomen uutiset [www-sivut 2021.](#))

Kun siis 200 000 ajokilometrin jälkeen sähköauto romutetaan ja kierrätetään, se on aiheuttanut viisi tonnia vähemmän hiilidioksidipäästöjä. Akkumetallien kierrätystä kehitetään koko ajan, jotta ne voitaisiin käyttää uudelleen. (Tieteen kuvalehden [www-sivut 2021.](#))

Sähköauton valmistus on siis epäekologista ja se riippuu akusta. Litiumioniakku sisältää kuparia, kobolttia ja nikkeliä, jotka vielä täytyy sekoittaa tiettyjen sähköominaisuuksien aikaansaamiseksi. (Tieteen kuvalehden [www-sivut 2021.](#))

Esimerkiksi toisen elektrodin, katodin valmistaminen vaatii paljon energiaa. Prosessissa nikkeliä, mangaania ja kobolttia paistetaan 12 tuntia 1000 asteen lämpötilassa, jotta niistä saadaan ainekset, joista katodi tehdään. Tätä tapaa kutsutaan kalsinoinniksi eli pyrometallurgiaksi. (Tieteen kuvalehden [www-sivut 2021.](#))

Ehkä syytä huoleen ei olekaan. Viikoittain julkaistaan uutisia uusista keksinnöistä. Tulevatko nämä ratkaisemaan nykyakkujen ongelmat? Hyvänä esimerkkinä nanotimanttiakku, jonka toimivuus on tosin todistettu vasta konseptitasolla. Akun kemia perustuisi pelkästään hiilen eri muotoihin. Se lataisi itsensä ja kestäisi tuhansia vuosia. (Vttresearch [www-sivut 2021.](#)) (Tekniikan maailma [www-sivut 2021.](#))

Raju akkumateriaalien kysynnän kasvu lisää ihmisoikeusloukkauksia ja ympäristön tuhoa. 60 % koboltista tulee Kongon demokraattisesta tasavallasta. Kaivoksissa työkennellään vaarallisissa oloissa ja lapsityövoiman käyttö on yleistä. Koboltin kaivaminen on myös yhdistetty korruptioon. (Eetti www-sivut 2021.)

Puolet litiumtuotannosta tulee Argentiinasta ja Chilestä. Se tuo työpaikkoja, mutta litiumin tuotanto kuluttaa valtavia määriä vettä alueilla, jotka ovat jo valmiiksi kuivia. Louhinta-alueilla asuu myös alkuperäiskansat voivat jäädä paitsi litiumin tuomista rikauksista. (Eetti www-sivut 2021.)

Kiinassa kaivetaan grafiittia, jonka kaivuu on saastuttanut juomavesiä ja peittänyt kyliä tummaan pölyyn. (Eetti www-sivut 2021.)

## 11 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä otettiin selvää sähköautoista, niiden historiasta ja käytetyistä akkutyypeistä. Myös valmistukseen tarkoitettujen materiaalien virtoja tutkittiin. Akkujen kierrätystyötä selvitettiin ja sähköautoilun vaikutuksiin kiinnitettiin huomiota. Tietoa oli helppo saada, sillä internet on kyseisestä aiheesta sitä täynnä.

Mahdollisesti tärkein havainto oli se, kuinka lapsenkengissä sähköautoilun materiaalien liikkumisen selvitys vielä on. Akkumateriaalitehtaita on vasta tulossa Eurooppaan, joten niiden materiaalivirtojen selvitystyötä on tällä hetkellä hyvin vaikea tehdä.

Työtä tehdessä havaittiin, kuinka nopeasti eri autovalmistajat ovat ilmoittaneet siirtävänsä pelkästään täyssähköautojen valmistamiseen. Se, että akkujen ja niiden materiaalien kierrätys ei vielä ole täydellistä, on huono asia tulevaisuuden ja planeetan kannalta. Tästä huomattiin, että akkujen kierrätys tulee olemaan tulevaisuudessa tärkeä teollisuuden ala.

## LÄHTEET

Audin www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.audi.fi/fi/web/fi/models.html>

Audibrussels www-sivut 2021. Viitattu 19.10.2021. <https://www.audibrussels.be/brussels/web/en/production.html>

Autoalan tiedotuskeskus www-sivut 2021a. Viitattu 4.10.2021. [https://www.aut.fi/ymparisto/auton\\_kierratys](https://www.aut.fi/ymparisto/auton_kierratys)

Autoalan tiedotuskeskus www-sivut 2021b. Viitattu 19.10.2021. [https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys)  
Autotie www-sivut 2021. Viitattu 20-9.2021. <https://www.autotie.fi/tien-sivusta/sahkoautoileva-motoristi/sahkoautoilun-historiaa>

BASF Harjavalta www-sivut 2021. Viitattu 27.9.2021. <https://www.basf.com/fi/en/who-we-are/Locations/harjavalta.html>

BMW www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.bmw.fi/fi/aiheet/tuotteet-tarjoukset/s%C3%A4hk%C3%B6autot/s%C3%A4hk%C3%B6autot.html#s%C3%A4hk%C3%B6autot>

Daimler www-sivut 2021a. Viitattu 19.10.2021. <https://www.daimler.com/innovation/case/connectivity/eq-locations.html>

Daimler www-sivut 2021b. Viitattu 26.10.2021. <https://www.daimler.com/products/passenger-cars/mercedes-benz/eqc.html>

Eetti www-sivut 2021. Viitattu 11.10.2021. <https://eetti.fi/2019/01/08/sahkoautot-pe-lastavat-maailman-vai-pelastavatko/>

Electrek www-sivut 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://electrek.co/2020/03/02/hyundai-starts-producing-kona-electric-at-czech-plant-helping-triple-its-evs-for-europe/>

Electrive www-sivut 2021a. Viitattu 26.10.2021. <https://www.electrive.com/2020/07/16/northvolt-becomes-3rd-battery-cell-supplier-to-bmw/>

Electrive www-sivut 2021b. Viitattu 26.10.2021. <https://www.electrive.com/2021/06/28/renault-confirms-battery-deals-with-aesc-and-verkor/>

Electrive www-sivut 2021c. Viitattu 26.10.2021. <https://www.electrive.com/2020/03/26/audi-reportedly-considers-battery-assembly-in-germany/>

Electrive www-sivut 2021d. Viitattu 26.10.2021. <https://www.electrive.com/2021/07/28/daimler-hungry-for-more-catl-batteries/>

Electrive www-sivut 2021e. Viitattu 26.10.2021. <https://www.electrive.com/2019/10/19/catl-starts-building-battery-plant-in-germany/>

En-former www-sivut 2021. Viitattu 22.9.2021. <https://www.en-former.com/en/europes-battery-industry-is-booming/>

Ergafrica www-sivut 2021. Viitattu 25.10.2021. <https://www.ergafrica.com/cobalt-copper-division/metalkol-rtr/>

Europe.autonews www-sivut 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://europe.autonews.com/automakers/renault-targets-lower-production-costs-french-electric-car-hub>

Epressi www-sivut 2021. Viitattu 27.10.2021. <https://www.epressi.com/tiedotteet/talous/basfn-akkumateriaalitehdashankkeet-euroopassa-etenevat-suunnitelmien-mukaisesti.html>

Fastmarkets www-sivut 2021. Viitattu 27.9.2021. <https://www.fastmarkets.com/Images/1150/99287/EU-auto-facts-1200x628px.png>

Fortum www-sivut 2021. Viitattu 4.10.2021. <https://www.fortum.fi/media/2020/11/fortumin-uusi-kierratusteknologia-mahdollistaa-litiumin-talteenoton-ja-parantaa-sahkoautoilun-kestavyytta>

Futurecar www-sivut 2021. Viitattu 18.10.2021. [https://www.futurecar.com/4785/Nissans-Battery-Partner-Envision-AESC-to-Build-a-New-\\$460-Million-EV-Battery-Factory-in-Japan](https://www.futurecar.com/4785/Nissans-Battery-Partner-Envision-AESC-to-Build-a-New-$460-Million-EV-Battery-Factory-in-Japan)

Google Maps 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://www.google.fi/maps/@49.5,22,3z?hl=fi>

Grepow www-sivut 2021. Viitattu 25.10.2021. <https://www.grepow.com/blog/top-lithium-battery-manufacturers-in-the-world/>

Icsin blogi 2021. Viitattu 25.10.2021. <https://icsin.org/blogs/2021/08/27/chinese-mining-in-the-drc-from-sicomines-to-global-cobalt-monopoly/>

Industrial-union www-sivut 2021. Viitattu 20.10.2021. [http://www.industrialunion.org/sites/default/files/resize/uploads/images/Global-Worker/2020-2/chain\\_47520260-5-650x488.png](http://www.industrialunion.org/sites/default/files/resize/uploads/images/Global-Worker/2020-2/chain_47520260-5-650x488.png)

Investingnews www-sivut 2021a. Viitattu 28.10.2021. <https://investing-news.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/cobalt-investing/europes-cobalt-supply-chain/>

Investingnews www-sivut 2021b. Viitattu 28.10.2021. <https://investing-news.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/lithium-investing/europes-lithium-supply-chain/>

Investingnews www-sivut 2021c. Viitattu 28.10.2021. <https://investing-news.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/manganese-investing/top-manganese-producing-countries/>

Investingnews www-sivut 2021d. Viitattu 28.10.2021. <https://investing-news.com/daily/resource-investing/battery-metals-investing/graphite-investing/europes-graphite-supply-chain/>

Iseekplant blogi 2021. Viitattu 25.10.2021. <https://blog.iseekplant.com.au/blog/biggest-lithium-mines-in-the-world>

Latinki.fi Blogi 2021. Viitattu 21.9.2021. <https://latinkiin.fi/blogs/blogi/myydyimmat-sahkoautot-suomessa-2021>

Liikenne ja viestintäministeriö www-sivut 2021. Viitattu 4.10.2021. <https://www.lvm.fi/-/ennuste-tieliikenteen-paastot-laskevat-hieman-ennakoitua-nopeammin-syyna-sahkoautojen-yleistyminen-1509917>

Matmatch www-sivut 2021. Viitattu 12.10.2021. <https://matmatch.com/blog/what-materials-are-behind-the-ev-battery-revolution/>

Media.volvocars www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/276170/volvo-cars-to-triple-electric-production-capacity-in-ghent-after-strong-year-of-electrified-car-sale>

Mining www-sivut 2021a. Viitattu 12.10.2021. <https://www.mining.com/featured-article/ranked-worlds-top-ten-biggest-nickel-mines/>

Mining www-sivut 2021b. Viitattu 25.10.2021. <https://www.mining.com/wp-content/uploads/2021/04/EV-battery-metals-supply-chain-2020.jpg>

Mining technology www-sivut 2021. Viitattu 12.10.2021. <https://www.mining-technology.com/features/top-ten-biggest-lithium-mines/>

Moottori www-sivut 2021. Viitattu 1.11.2021. <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/suomen-teilla-jo-yli-10-000-sahkoautoa/>

Motiva www-sivut 2021. Viitattu 20.9.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/kes-tava\\_liikenne\\_ja\\_liikkuminen/nain\\_liikut\\_viisaasti/valitse\\_auto\\_viisaasti/ajoneuvo-tekniikka/akut](https://www.motiva.fi/ratkaisut/kes-tava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvo-tekniikka/akut)

Nature www-sivut 2021. Viitattu 4.10.2021. <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1682-5>

News.cision www-sivut 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://news.cision.com/fi/nissan-nordic-europe/r/nissan-juhlia-500-000--leaf-tayssahkoautoa,c3191744>

Nissan www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.nissan.co.uk/range/electric-cars.html>

Northvoltin www-sivut 2021. Viitattu 18.10.2021. <https://northvolt.com/>.

nsenergybusiness www-sivut 2021. Viitattu 12.10.2021. <https://www.nsenergybusiness.com/features/manganese-producing-countries/>

Ontheworldmap www-sivut 2021. Viitattu 1.11.2021. <https://ontheworldmap.com/europe/europe-map-max.jpg>

Renault www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.renault.co.uk/electric-vehicles/zoe.html>

Sitran www-sivut raportti 2021a. Viitattu 27.9.2021. <https://www.sitra.fi/uutiset/uusi-raportti-vahvistaa-tiukat-ilmastotavoitteet-voidaan-saavuttaa-niin-etta-talous-samalla-kasvaa/>

Sitran www-sivut 2021b. Viitattu 28.9.2021. <https://www.sitra.fi/artikkelit/kiertotalous-on-avain-luontokadon-pysayttamiseen/>

Spectrum.ieee www-sivut. Viitattu 21.9.2021. <https://spectrum.ieee.org/the-top-10-ev-battery-makers>

Suomen uutisen www-sivut 2021. Viitattu 11.10.2021. <https://www.suomenuutiset.fi/sahkoauton-valmistuksen-paastot-lahes-kaksinkertaiset-polttomoottoriautoon-kayton-ekologisuus-riippuu-sahkon-tuotantotavasta/>

Teknavi www-sivut 2021a. Viitattu 4.10.2021. <https://teknavi.fi/autot/uutinen-autot/nain-sahkoautojen-akkuja-kierratetaan-hyotykayttoon-saadaan-jo-80-prosenttia/>

Teknavi www-sivut 2021b. Viitattu 4.10.2021. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR4nSHjheMzRqsCgK9GNP0hUJAX1nOU-jqQsA&usqp=CAU>

Tekniikan maailma www-sivut 2021. Viitattu 11.10.2021. <https://tekniikanmaailma.fi/tuhoutumaton-akku-joka-kesta-lataa-itse-itsensa-ja-kesta-tuhansia-vuosia-kuulostaa-uskomattomalta-mutta-tallinen-timanttiakku-on-nyt-kehitteilla/?shared=1091671-b1606de3-500>



Tesla www-sivut 2021. Viitattu 26.10.2021. <https://www.tesla.com/giga-berlin>

The Guardian www-sivut. Viitattu 4.10.2021. <https://www.theguardian.com/environment/2021/aug/20/electric-car-batteries-what-happens-to-them>

Tieteen kuvalehden www-sivut 2021. Viitattu 11.10.2021. <https://tieku.fi/liikenne/autot/sahkoauto-ilmastokisaan-takarivista>

Tilastokeskus www-sivut 2021. Viitattu 4.10.2021. <https://www.stat.fi/til/mkan/>

Vttresearch www-sivut 2021. Viitattu 11.10.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/syyta-optimismiin-sahkoautojen-akkujen-tulevaisuus-vasta-alussa>

Ylen www-sivut 2021a. Viitattu 27.9.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11901937>

Ylen www-sivut 2021b. Viitattu 12.10.2021. [https://images.cdn.yle.fi/image/upload/f\\_auto,fl\\_progressive/q\\_88/w\\_2333,h\\_2333,c\\_crop,x\\_0,y\\_0/w\\_1400,h\\_1400,c\\_fit/v1581076768/39-6400605e3d3237818bd.jpg](https://images.cdn.yle.fi/image/upload/f_auto,fl_progressive/q_88/w_2333,h_2333,c_crop,x_0,y_0/w_1400,h_1400,c_fit/v1581076768/39-6400605e3d3237818bd.jpg)

Ylen www-sivut 2021c. Viitattu 12.10.2021. <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2020/02/10/suomi-haluaa-akkuvalmistuksen-suurvallaksi-hypesta-pitaisi-ottaa-puolet-pois>

Ylen www-sivut 2021d. Viitattu 19.10.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-11985309>

Ympäristöministeriön www-sivut 2021. Viitattu 28.10.2021. <https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>