LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

SÄHKÖPOTKULAUTOJEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Environmental Impacts of Electric Scooters

Työn tarkastaja: Professori, TkT, Ville Uusitalo
Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija, DI, Lauri Leppäkoski

Lappeenrannassa 15.12.2024
Tuike Hakala

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Tuike Hakala

Sähköpotkulautojen ympäristövaikutukset

Kandidaatintyö

2024

33 sivua ja 3 kuvaa

Työn tarkastaja: Professori, TkT, Ville Uusitalo
Työn ohjaaja: Nuorempi tutkija, DI, Lauri Leppäkoski

Hakusanat: sähköpotkulauta, ympäristövaikutukset, hiilidioksidipäästöt

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, mitä ympäristövaikutuksia sähköpotkulaudoilla on. Kirjallisuustyössä elinkaarenvaiheet käydään läpi raaka-aineiden hankinnasta lähtien loppukäsittelyyn asti ja kerrotaan, mitä ympäristövaikutuksia näillä elinkaaren vaiheilla on. Sähköpotkulaudan raaka-aineiden hankinta ja valmistus tuottavat suurimman osan sähköpotkulaudan hiilidioksidipäästöistä. Raaka-aineiden hankinnalla on lisäksi monia muita ympäristövaikutuksia, kuten kaivostoiminnasta aiheutuva biodiversiteetin väheneminen ja vesistöjen saastuminen. Lisäksi käyttövaiheessa sähköpotkulautojen siirtely pakettiautoilla tuottaa suuren osan sähköpotkulaudan hiilidioksidipäästöistä. Merkittävää on myös se, mitä liikkumistapaa sähköpotkulaudoilla korvataan. Suurin osa sähköpotkulaudoilla tehdyistä matkoista korvaavat vähähiilisempää liikkumistapaa, kuten joukkoliikennettä, pyöräilyä tai kävelyä.

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO 4
1 JOHDANTO 5
1.2 Menetelmät 6
2 SÄHKÖPOTKULAUDAN RAKENNE, OSAT JA NIIDEN MATERIAALIT 7
3 SÄHKÖPOTKULAUDAN ELINKAARI 9
3.1 Raaka-aineiden hankinta 9
3.1.1 Alumiini 9
3.1.2 Li-ion-akku 10
3.1.3 Sähkömoottori 11
3.1.4 Renkaat 13
3.1.5 Teräsosat 13
3.2 Valmistus 14
3.3 Kuljetus 14
3.4 Käyttövaihe 14
3.5 Loppukäsittely 15
4 SÄHKÖPOTKULAUTOJEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET 17
4.1 Raaka-aineiden hankinnan ympäristövaikutukset 17
4.2.1 Alumiini 17
4.2.2 Li-ion-akku 17
4.2.3 Sähkömoottori 19
4.2.4 Renkaat 19
4.2.5 Teräsosat 20
4.2 Valmistuksen ympäristövaikutukset 20
4.2.1 Voin li-ion-akkujen toimitusketju 21
4.3 Kuljetuksen ympäristövaikutukset 22
4.4 Käyttövaiheen ympäristövaikutukset 22
4.5 Loppukäsittelyn ympäristövaikutukset 23
5 JOHTOPÄÄTÖKSET 25
6 YHTEENVETO 27
LÄHTEET 28

SYMBOLILUETTELO

Yksiköt

CO_2-ekv.	Hiilidioksidiekvivalentti

Lyhenteet

Li-ion	Litiumioni
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development
RMAP	Responsible Minerals Assurance Process
UNITAR	United Nations Institute for Training and Research

1 JOHDANTO

Liikenne on merkittävä ilmastonmuutosta kiihdyttävien kasvihuonekaasujen lähde, koska se perustuu yhä pitkälti fossiilisiin polttoaineisiin, vaikka sähköautojen määrä onkin kasvanut. Liikenteestä syntyvät saasteet, kuten häkä, hiilivedyt, typen oksidit ja pienhiukkaset, voivat huonontaa paikallisesti ilmanlaatua ja ovat myös haitallisia terveydelle. Liikenteen päästöjä voidaan vähentää monipuolisilla ratkaisuilla ja eri sektorien yhteistyöllä. Tämä edellyttää vähähiilistä energiaa, ympäristöystävällisiä ja energiatehokkaita ajoneuvoja, kestävää liikenneinfrastruktuuria, sekä uusia tapoja liikkua. (Motiva.fi, 2024.)

Nykyisessä kaupunkiympäristössä sähköpotkulaudat ovat vallanneet katukuvaa ympäri maailmaa. Moni valitsee helpon ja suhteellisen nopean kulkuvälinevaihtoehdon kävelemisen sijaan. Yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen toiminta perustuu niiden vuokraamiseen älypuhelinsovelluksen avulla. (Kuukkanen, 2019.) Suomessa yleiskäytössä olevat sähköpotkulaudat ovat olleet käytössä vuoden 2018 alusta asti. (Eetti 2022). Tänne sähköpotkulautailmiö rantautui Ruotsista, jossa niitä oli tuolloin käytössä jo 2 000 kappaletta Tukholmassa, Malmössä ja Lundissa. (Kuukkanen, 2019). Nykyään sähköpotkulautoja löytyy Suomen eri kaupungeista kymmeniä tuhansia kappaleita ja niitä valmistavia yrityksiä on jo lukuisia. (Eetti.fi, 2022).

Vuonna 2023 merkittävimpiä Suomessa toimineita yhteiskäyttöisiä sähköpotkulautoja tarjoavia yrityksiä ovat Voi, Ryde, Tier, Lime, Bolt ja Bird. (Helenius 2023). Sähköpotkulautayrityksiä on Suomessa muitakin, mutta ne ovat käyttöasteen perusteella vähemmän merkittäviä. Vuonna 2023 sähköpotkulautojen määrä nelinkertaistui vuoteen 2020 verrattuna. Sähköpotkulautojen keskimääräinen käyttöaste kuitenkin laski edellisvuoteen nähden, eikä sähköpotkulautojen määrä enää vuonna 2023 kasvanut. Muutos oli merkittävä, sillä määrät olivat tuplaantuneet aiempina vuosina. (tieto.traficom 2024.)

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on kerätä tietoa Suomessa käytössä olevien yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen ympäristövaikutuksista mahdollisimman monipuolisesti. Ympäristövaikutuksia tutkitaan elinkaaren hiilidioksidipäästöjen kannalta, raaka-aineiden hankintaan liittyvän kaivostoiminnan eri ympäristövaikutusten kannalta, sekä materiaalien loppukäsittelyn aiheuttamien ympäristöön vaikuttavien tekijöiden kannalta. Raaka-aineiden kaivostoiminnan ja hankinnan aiheuttamia ympäristövaikutuksia on jokaisen raaka-aineen kohdalla omansa, ja näistä

ympäristövaikutuksista on tässä työssä käyty läpi ne, jotka saatavilla olevasta aineistosta on löydetty. Tämän kandidaatintyön tutkimuskysymykset ovat: 1) mitkä ovat sähköpotkulaudan elinkaaren vaiheet ja 2) mitä ympäristövaikutuksia sähköpotkulaudan eri elinkaaren vaiheilla on?

Tämän kandidaatintyön tutkimusmenetelmänä toimii kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään sähköpotkulaudan eri elinkaaren vaiheita ja niiden ympäristövaikutuksia. Tietoa saadaan sähköpotkulaudoista julkaistuista artikkeleista, sekä sähköpotkulaudan eri elinkaaren vaiheiden ympäristövaikutusten pohjalta tehdyistä tutkimuksista. Lisäksi tietoa sähköpotkulaudan komponenttien materiaaleista on saatu yritysten nettisivuilta. Työkaluna työssä on käytetty myös tekoälyä, jonka avulla kuva 1. on luotu.

Lähteinä työssä on käytetty vahvasti myös sähköpotkulautayritys Voin julkaisemia ympäristöraporttia (2022) ja kestävän kehityksen raporttia (2023), joiden perusteella on analysoitu Voin toimitusketjua ja sen läpinäkyvyyttä, sekä Voin vuotuisia kokonaispäästöjä ja yrityksen sähköpotkulautojen kierrätystä. (Voi 2022; Voi 2023). Lisäksi työssä kerrotaan osaltaan myös sähköpotkulautayritysten Limen, Dottin, Tierin ja Boltin ympäristövaikutuksia. Voi on raportoinut toiminnastaan laajasti ja tietoa yrityksestä on tarjolla suhteellisen paljon. Kaikki Suomessa toimivat yhteiskäyttöisiä sähköpotkulautoja tarjoavat yritykset eivät raportoi läpinäkyvästi omasta toiminnastaan tai omista ympäristövaikutuksistaan.

Suomessa aiempaa tutkimusta sähköpotkulautojen ympäristövaikutuksista on tehnyt Eettisen kaupan puolesta ry Eetti. Eetti teki selvityksen sähköpotkulautojen vastuullisuudesta vuonna 2022, jossa se tutkii viittä eri Suomessa toimivaa sähköpotkulautayritystä. Selvitykseen valitut sähköpotkulautayritykset ovat Voi, Tier, Dott, Lime ja Augment. (Eetti 2022.) Muualla tutkimusta sähköpotkulautojen ympäristövaikutuksista päästöjen kannalta on tehty Pohjois-Carolinan osavaltion yliopistossa Amerikassa. (Copeland et al. 2019). Zurichissa, Pohjois-Sveitsissä, on tehty tutkimus siitä, mitä liikkumistapaa sähköpotkulaudoilla korvataan. (Axhausen et al. 2022). Muun muassa kyseisiä tutkimuksia on käytetty työssä lähteinä.

2 SÄHKÖPOTKULAUDAN RAKENNE, OSAT JA NIIDEN MATERIAALIT

Sähköpotkulauta liikkuu sähkömoottorin avulla, joka on sijoitettu joko etu- tai takarenkaan vanteen sisään. Tällöin moottori on suojassa vedeltä ja lialta. Sähköpotkulaudoissa käytetään lähes poikkeuksetta harjattomia sähkömoottoreita, eli niin sanottuja napamoottoreita. Napamoottorissa moottorin ja renkaan välissä ei ole ketjullista voimansiirtoa, jolloin säästyy energiaa. (Projektiloota 2021.)

Moottori saa tarvitsemansa virran akusta, joka on asennettu ohjaustankoon tai astinlaudan sisälle. Sen, kuinka pitkälle sähköpotkulaudalla pääsee yhdellä latauksella, määrittelevät akun kapasiteetti ja sen kennojen määrä ja laatu. Useimmiten sähköpotkulaudoissa käytetään Li-ion-akkuja. Litiumioniakkujen nimi kertoo akun toimintatavasta ja ne sisältävätkin yleensä muutaman prosentin verran litiumia. (AkkukierrätysPb 2023.) Sähköpotkulautojen toimintasäde yhdellä latauksella vaihtelee hyvinkin paljon mallista riippuen, mutta on yleensä 10-30 kilometrin välillä. (Sähköpotkulaudat n.d.).

Akku on kytketty laudan ohjainyksikköön, jonka avulla laudan toimintoja ohjataan. Ohjainyksikkö on tavallisimmin sijoitettu astinlaudan sisälle. Kaikki laudan toiminnot, kuten kaasukahvan, valojen ja muiden sähköisten toimintojen säätely, kulkevat sen kautta. Potkulaudan nopeutta hallitaan ohjaustangossa olevilla kaasu- ja jarrukahvoilla. Ohjaustangosta löytyy myös LCD-näyttö, joka kertoo muun muassa akun sen hetkisen varaustilan. (Projektiloota 2021.)

Sähköisistä potkulaudoista täytyy löytyä myös heijastimet, etuvalo, sekä äänimerkinantolaite, sillä laudat luokitellaan kevyiksi sähköajoneuvoiksi. (Projektiloota 2021). Sähköpotkulaudan runko on useimmiten valmistettu alumiinista, joka soveltuu hyvin keveytensä ja kestävyytensä vuoksi tähän käyttötarkoitukseen. (Power n.d.). Muita sähköpotkulaudan valmistuksessa käytettäviä materiaaleja ovat teräs, kumi, silikoni ja muovi. (Eetti 2022).

Sähköpotkulaudoissa yleisimmin käytetyt rengastyypit ovat kiinteät tai ilmatäytteiset renkaat (Somerville 2023). Tärkeissä osissa, kuten ohjaustangossa, käytetään yleensä terästä. Muovia käytetään muun muassa lokasuojissa. (Levy n.d.).

Tässä työssä keskitytään sähköpotkulaudan tärkeimpiin komponentteihin ja materiaaleihin, joita ovat sähkömoottori, li-ion-akku, alumiinirunko, renkaat, sekä teräsosat. Nämä komponentit yhteensä

muodostavat 89 prosenttia ajoneuvon kokonaismassasta. (Copeland et al. 2019.) Sähköpotkulaudan tärkeimmät komponentit on esitelty kuvassa 1.

Kuva 1. Sähköpotkulaudan tärkeimmät komponentit (mukaillen: Projektiloota 2021). Kuva tehty tekoälyllä (Chatgpt 2024).

3 SÄHKÖPOTKULAUDAN ELINKAARI

Tässä luvussa tarkastellaan sähköpotkulaudan elinkaaren vaiheita. Sähköpotkulaudan elinkaaren vaiheisiin kuuluvat materiaalien hankinta, itse sähköpotkulaudan valmistus, kuljetus, varsinainen käyttövaihe, sekä käytöstä poistetun sähköpotkulaudan materiaalien mahdollinen kierrättäminen tai hävittäminen, eli loppukäsittely. (Copeland et al. 2019.)

Kuva 2. Sähköpotkulaudan elinkaaren vaiheet.

3.1 Raaka-aineiden hankinta

Sähköpotkulaudan elinkaaren ensimmäinen vaihe on raaka-aineiden hankinta. Tässä luvussa esitellään sähköpotkulaudan tärkeimpien komponenttien materiaalien raaka-aineet, sekä niiden ominaisuudet. Lisäksi kerrotaan, millaista on kyseisten raaka-aineiden jatkokäsittely. Tärkeimmät komponentit ja materiaalit ovat siis alumiinirunko, li-ion-akku, sähkömoottori, renkaat, sekä teräsosat.

3.1.1 Alumiini

Sähköpotkulaudan runko on tehty alumiinista. (Power n.d.). Alumiini on maankuoren kolmanneksi yleisin alkuaine ja sen tärkeimpiä ominaisuuksia ovat korroosionkestävyys, keveys ja huomattava

yleinen kestävyys suhteutettuna painoon. Kiina on suurin alumiinin tuottajamaa. (Aatuotanto n.d..) Bauksiitti on alumiinin raaka-aine ja alumiinin tuotanto alkaa bauksiitin louhinnasta. Bauksiitti sisältää 15–25% alumiinia. Jalostamolla alumiinioksidi erotellaan bauksiitista, jonka jälkeen sitä käytetään alumiinin primäärituotannossa. Elektrolyysin avulla alumiinioksidista saadaan alumiinimetallia. Elektrolyysi vaatii paljon sähköä, sillä kyseessä on energiaintensiivinen prosessi, joka tapahtuu suurissa tuotantolaitoksissa. (Hydro 2024.)

3.1.2 Li-ion-akku

Litiumioniakuissa on negatiivisesti varautunut anodi ja positiivisesti varautunut katodi, joiden välillä litiumionit liikkuvat. Akun nimi ei kerro sen raaka-ainesisällöstä, sillä tyypillisesti litiumioniakuissa on litiumin lisäksi grafiittia, alumiinia ja kuparia. Katodin koostumuksessa taas voivat vaihdella merkittävästi nikkelin, koboltin, raudan, fosfaatin ja mangaanin, sekä muiden materiaalien pitoisuudet. Litiumioniakkujen tärkeimmiksi mineraaleiksi voidaan kuitenkin luokitella litium, koboltti ja nikkeli. (AkkukierrätysPb 2023.) Tässä työssä keskitytään litiumioniakun kohdalla näihin kolmeen tärkeimpään raaka-aineeseen.

Litiumioniakkuja hyödynnetään sähköpotkulautojen lisäksi sekä sähköautoissa, että älypuhelimissa. Niitä käytetään myös tuuli- ja aurinkovoiman varastoimiseen. Voidaan siis sanoa, että litium on vihreän siirtymän kannalta tärkeä mineraali. Andien ylänköalueiden suola-aavikoilta löytyy suurin osa maailman litiumvarannoista. Lisäksi litiumia saadaan kallioperän esiintymistä, ja niistä merkittävimmät sijaitsevat Kiinassa ja Argentiinassa. Litiumin erottaminen suolaliuoksesta on kuitenkin huomattavasti edullisempaa kuin kallioperän louhiminen. (Kaikkonen 2022.)

Andeilla aavikon suojakuoren alta löytyvästä suolaliuoksesta uutetaan litiumia pumppaamalla litiumia sisältävä liuos haihdutusaltaisiin. Tämän jälkeen odotetaan auringon haihduttavan ylimääräisen veden pois altaista. Koko prosessin kestoaika on yli vuosi. (Kaikkonen 2022.) Lopuksi liuos johdetaan prosessiin, jossa litium erotetaan puhdistamalla liuos epäpuhtauksista. (Tukes n.d.).

Toinen li-ion-akkujen kannalta tärkeä mineraali on koboltti. Se on litiumin ja nikkelin lisäksi li-ion-akun katodin aktiivisen materiaalin tärkeä ainesosa, ja vaikuttaa esimerkiksi siihen, kuinka pitkälle sähköpotkulaudalla voi ajaa ja kuinka nopeasti sen akku latautuu. (Umicore n.d.a.) 97 prosenttia

maailman koboltista tuotetaan lähinnä Afrikassa, kuparin ja nikkelin sivutuotteena. Globaali koboltin tuotanto on erittäin riippuvainen Kongon demokraattisesta tasavallasta. (Yle 2023.)

Kongon demokraattinen tasavalta omistaa maailman suurimman kobolttiesiintymän, joka omaa yli 50 prosenttia maailmanlaajuisista esiintymistä. Kongon koboltin tuotanto kattaa 70 prosenttia globaalista koboltin tuotannosta. (Earth.org 2023.) Yleensä kobolttia louhitaan massatuotantona koneella, mutta myös pientuotantoa harjoitetaan. Tämä on herättänyt kansainvälistä keskustelua ja huolta louhintatöihin liittyvän lapsityövoiman, sekä vaarallisten työolojen vuoksi. (Samsung 2022, 4.)

Nikkeliä, viidenneksi yleisintä alkuainetta, esiintyy laajalti maankuoressa ja -ytimessä. (Umicore n.d.b). Indonesia on maailman suurin nikkelin tuottajamaa ja kattaa globaalista tuotannosta 51 prosenttia. Muita merkittäviä nikkelin tuottajia ovat Filippiinit, Venäjä, sekä Uusi-Kaledonia. (Mining-technology 2024.)

3.1.3 Sähkömoottori

Harjattoman sähkömoottorin valmistus alkaa oikeiden raaka-aineiden hankinnasta. Niistä valmistettuja sähkömoottorin komponentteja ovat muun muassa staattori, kiinteä komponentti, joka on vastuussa magneettikentän luomisesta roottorin kanssa, sekä roottori, joka on varustettu kestomagneetilla. Staattorin valmistus sisältää käämityksen ja kapseloinnin. Roottorin valmistusprosessi taas sisältää magneetin asettamisen, tasapainotuksen ja kokoonpanon. Muita harjattoman sähkömoottorin valmistuksen vaiheita ovat esimerkiksi kommutointi ja lopussa moottorin kotelointi. (X-team n.d..)

Sähköpotkulaudan sähkömoottorin käämityksessä käytetään kuparia hyvän johtavuuden ansiosta, joka on välttämätöntä moottorin toimivuuden kannalta. Harjattomissa moottoreissa käytetään vahvoja kestomagneetteja, jotka ovat tärkeitä moottoria ohjaavan magneettikentän luomisessa. (McMillan 2024.) Sähköpotkulautojen moottorin kestomagneetti on valmistettu harvinaisista maametalleista, joita ovat lantaani, dysprosium, sekä terbium. (Eetti.fi 2022.) Alumiinia ja terästä käytetään sähkömoottorissa antamaan lujuutta. (McMillan 2024).

Tässä kandidaatintyössä huomioidaan sähkömoottorin osalta kestomagneetin harvinaiset maametallit, jotka ovat keskeisessä osassa sähkömoottorin toimivuuden kannalta. Käydään läpi myös dysprosiumin tuotantoa. Muiden harvinaisten maametallien tuotantoa ei ole esitetty tiedon puutteen vuoksi. Kuitenkin voidaan olettaa, että harvinaisten maametallien tuotannon pääpiirteissä on edes joitain samoja vaiheita tai prosesseja, kuten uutto. Oletus perustuu siihen, että nykypäivänä merkittävin harvinaisten maametallien erotusmenetelmä perustuu neste-nesteuuttoon. (Leskelä 2023).

Lantaani on ominaisuuksiltaan hyvin reaktiivinen ja pehmeä metalli. Lantaania saadaan pääasiassa lantaanipitoisista malmeista, monatsiitista ja bastnasiitista. Lisäksi sitä löytyy allaniitista ja seriitistä, jotka ovat myös lantaania sisältäviä malmeja. Näiden malmien louhintaa harjoitetaan Kiinassa, Yhdysvalloissa, Venäjällä, Australiassa ja Intiassa. (Minerals Education Coalition 2024.)

Terbium on hopeanharmaa, muokattava ja pehmeä metalli. Tärkeimmät sitä sisältävät malmit ovat monatsiitti, bastnasiitti, sekä seriitti. (Lenntech n.d..) Terbiumin louhinnan ja tuotannon pääalue on Kiina. (MMTA 2016). Muita terbiumin kaivosalueita sijaitsee Yhdysvalloissa, Intiassa, Sri Lankassa, Brasiliassa ja Australiassa. (Lenntech n.d.).

Dysprosiumia käytetään raaka-aineena erilaisissa teknologian sovelluksissa. Dysprosiumia esiintyy sitä sisältävissä mineraaleissa, monatsiitissa ja ksenotiimissa. Tyypillisesti kaivostoimintaan kuuluu avolouhinta ja sitä harjoitetaan lähinnä Kiinassa. Kiinan osuus maailmanlaajuisesta dyprosiumin tuotannosta on 98 prosenttia. Muita dysprosiumvaroja omaavia maita ovat Brasilia, Intia ja Yhdysvallat. (Aschroft 2024.)

Harvinaisista maametalleista muun muassa dysprosiumia tuotetaan seuraavalla tavalla. Ensin louhittu malmi murskataan ja jauhetaan. Sen jälkeen saatua materiaalia vaahdotetaan. Vaahdotuksen tarkoituksena on harvinaisten maametallien väkevöinti. Tätä seuraa monimutkainen erotusprosessi, jossa dysprosium erotetaan muista aineista uuttamalla. Näin jalostettu dysprosium yhdistetään sitten erilaisiin välituotteisiin, kuten kestomagneetteihin, jonka jälkeen ne integroidaan lopputuotteeseen, kuten sähköpotkulaudan moottoriin. (Aschroft 2024.)

3.1.4 Renkaat

Renkaat valmistetaan synteettisestä kumista ja luonnonkumista, sekä noesta ja öljystä. Luonnonkumi ja synteettinen kumi kattavat renkaan kokonaismassasta 80 prosenttia ja loput materiaalit toimivat erilaisina vahvikkeina. Puolet renkaissa olevasta kumista on luonnonkumia. Sitä saadaan kumipuusta, jota viljellään muun muassa Malesiassa ja Indonesiassa. Noki antaa renkaalle mustan värin ja öljyä käytetään pehmittämään sekoitusta. Lisäksi tarvitaan vulkanointi- eli kovettumisaineita sekä monia suoja-aineita ja apukemikaaleja. Renkaan valmistus alkaa, kun kumin raaka-aineet sekoitetaan keskenään ja seosta kuumennetaan, jolloin lämpötila nousee 120 asteeseen. Sekoituksen koostumus vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Tämän jälkeen muodostetaan rengasaihioita kokoonpanokoneilla ja aihiot vulkanoidaan paistopuristimissa. Näin rengas saa lopullisen muotonsa. (Nokian Tyres n.d..)

3.1.5 Teräsosat

Lähes jokaisella teollisuuden alalla hyödynnetty teräs on laajassa käytössä myös kuluttajatuotteissa. (Valmistajat 2024). Sen tärkein ominaisuus on lujuus. (Teräsrakenneyhdistys n.d.). Teräs on hiilen ja raudan seos, joka sisältää alle kaksi prosenttia hiiltä. Mikäli hiiltä on seoksessa yli kaksi prosenttia, käytetään nimitystä valurauta. Teräksen erilaiset seosaineet määrittelevät teräksen ominaisuuksia, kuten korroosionkestävyyttä, sitkeyttä ja lujuutta. Tyypillisiä seosaineita ovat muun muassa koboltti, kupari, nikkeli ja kromi. (Valmistajat 2024.)

Teräksen valmistus alkaa raudan louhinnasta. Luonnossa yleisimmin rauta on raudan ja hiilen yhdistelmänä. Teräksen valmistusprosessissa osa tästä hiilestä on poistettava. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa raakamalmi murskataan ja tämän jälkeisessä jalostusprosessissa malmit lajitellaan, jotta löydetään parhaat rautalaadut. Lajiteltu ja valittu malmi ladataan sitten masuuniin ylhäältä päin ja alhaalta päin puhalletaan kuumaa ilmaa, jolloin käynnistyy reaktio, jossa epäpuhtaudet poistuvat ja puhdas rauta siirtyy uunin alaosaan. Sitten puhdas rauta siirretään pois uunista ja sitä kuumennetaan vielä entisestään, jolloin siihen lisätään muita seosaineita. Tämän prosessin jälkeen teräs muotoillaan jatkotuotantoa varten esimerkiksi levyiksi tai palkeiksi. (Levada 2022.)

3.2 Valmistus

Sähköpotkulaudan valmistamiseen kuuluu suunnittelu, kokoonpano ja laadunvalvonta. Jokainen vaihe on tärkeä, jotta varmistetaan potkulaudan turvallinen käyttö. (KIXIN 2024.) Eetti:n selvityksen mukaan Voin, Tierin, Dott:n, Limen ja Augment:n sähköpotkulaudat valmistetaan Kiinassa. (Eetti 2022).

3.3 Kuljetus

Kun sähköpotkulauta on valmistettu, se kuljetetaan kohdemaahan. Voi kertoo kestävän kehityksen raportissaan, että heidän sähköpotkulautansa kuljetetaan Kiinasta laivalla Eurooppaan. Sitten sähköpotkulaudat kuljetetaan rekoilla eri Euroopan maihin. (Voi 2023.)

3.4 Käyttövaihe

Kun sähköpotkulauta on kuljetettu kohdemaahan, alkaa potkulaudan varsinainen käyttövaihe. Voin vuonna 2021 käyttöön ottaman sähköpotkulauta-mallin rungon käyttöikä on 4,6 vuotta. Kyseisen mallin akun käyttöikä taas on 3,7 vuotta. Voin ensimmäisiin julkaisemiinsa sähköpotkulaitoihin verrattuna vuoden 2021 mallin elinikä on viisinkertainen. Tutkijoiden mukaan tähän on syynä parempi suunnittelu ja vaihdettavat osat. (Aamuset-kaupunkimedia 2022.)

Nykyisissä sähköpotkulaudoissa käytettyjen litiumioniakkujen käyttöikä on noin 2-3 vuotta. Käyttöikään vaikuttaa se, miten paljon sähköpotkulaudalla ajetaan ja altistuuko potkulauta kuinka suurille lämpötilaeroille. Molemmat vaikuttavat negatiivisesti akun käyttöikään. (Nordscoot 2023.) Voi kertoo siirtyneensä vuonna 2020 vaihdettaviin akkumuotoihin. Voin työntekijät siis käytännössä irrottavat vanhan akun sähköpotkulaudasta ja vaihtavat paikalle uuden, toimivamman akun. (Voi 2022, 11.) Sähköpotkulaudan akku täytyy vaihtaa noin 500 latauskerran välein. (Eetti 2022).

Voi kertoo päivittäisten toimintojensa olevan Suomessa 43-prosenttisesti sähköistynyt. Näitä päivittäisiä toimintoja ovat sähköpotkulautojen sijoittelu, siirtäminen ja kerääminen. Toimia tehdessään Voi hyödyntää siis 43-prosenttisesti sähköisiä kuljetusajoneuvoja. Yrityksen mukaan sähköpakettiautojen saatavuus on joissain paikoissa hankalaa, mikä vaikuttaa sähköistettyyn toimintaan. (Voi 2022, 6-9.) Voin työntekijät keräävät sähköpotkulautojaan myös öisin ladattaviksi. Aamulla ne viedään takaisin paikoilleen ladattuna ja valmiina käytettäviksi. Sähköpotkulautojen akut ladataan tavallisesta sähkövirrasta. (Åkman 2019).

3.5 Loppukäsittely

Tässä kappaleessa käsitellään elektroniikkajätteen kierrättämistä, sekä muiden sähköpotkulaudan materiaalien kierrättämistä yksinään. Kerrotaan myös, mitkä ovat kunkin materiaalin kierrätysmäärät globaalilla tasolla.

Elektroniikkajätteellä tarkoitetaan käytöstä poistettuja sähkölaitteita, kuten esimerkiksi sähköpotkulautaa. Esimerkiksi vuonna 2022, globaalisti vain 22,3 prosenttia kyseisenä vuonna syntyneestä elektroniikkajätteestä dokumentoitiin virallisesti kierrätetyksi. Sähköisten jätteiden lajittelu on monimutkainen prosessi, jossa on monia eri vaiheita. (Igini 2024.)

Alumiini säilyttää ominaisuutensa, vaikka sitä olisi kierrätetty kuinka monta kertaa. Alumiinin uudelleensulattaminen kuluttaa 95 prosenttia vähemmän energiaa, kuin primäärimetallin tuotantoon kuluu energiaa. (Hydro 2024b.) Alumiinia kierrätetään paljon ja tuotetusta alumiinista 75 prosenttia on vielä käytössä. (Stena Recycling n.d..)

Teräs on puolestaan maailmanlaajuisesti kierrätetyin materiaali. Valokaariuuniprosessi mahdollistaa teräksen uusiokäytön pelkästä kierrätysteräksestä. (Teräsrakenneyhdistys n.d..) Globaalisti terästä kierrätetään 60-prosenttisesti ja kierrätysteräs muodostaa 40 prosenttia koko teräksen tuotannosta. Vuosittain terästä kierrätetään globaalisti 1 085 miljoonaa tonnia. (The World Counts 2024.)

Litiumioniakuista kierrätetään maailmanlaajuisesti vain 5 prosenttia. Kierrättäminen on haasteellista, sillä litium on erittäin reaktiivista ja sitä on käsiteltävä varoen. Litiumioniakkujen kierrätysprosessi maksaa tällä hetkellä enemmän, kuin raaka-aineiden mahdolliset hankintakustannukset. Ensimmäiset kaupalliset litiumioniakut julkaistiin vuonna 1991, eikä kierrätysjärjestelmä ole ehtinyt kehittyä

vaaditulle tasolle. Kierrätys vaatii erikoistuneita kierrätyslaitoksia litiumin käsittelyä varten, eikä niitä löydy joka paikasta. Tämä hankaloittaa kierrättämistä. (Continental Battery Systems 2023.)

Sähköpotkulautojen akkuja olisi periaatteessa mahdollista myös korjata, mutta sitä vaikeuttaa vahingoittuneisiin litiumakkuihin liittyvä paloturvallisuusriski. Boltin edustajan mukaan yhtiön sähköpotkulautojen akkuja hävitetään yleisimmin niiden vahingoittumisen vuoksi. Suomessa paristo- ja akkukierrätystä hoitavan Rescer Oy:n mukaan heidän keräämistään akuista ja paristoista litiumpohjaisia ovat alle 10 prosenttia. Suomessa kyseisten akkujen käyttömäärät ovat siis vielä pieniä, joten niille ei ole vakiintuneita kierrätysprosesseja. (Colley 2022.)

Vaikka litiumioniakkujen kierrätysaste on tällä hetkellä vielä alhainen, on kierrätettyjen akkujen määrä kuitenkin kasvussa. Litiumioniakkujen kierrätys on haastavaa, varsinkin matalakobolttisten akkujen, mutta sen odotetaan tulevaisuudessa yleistyvän kierrätysteknologian parantuessa. (Celltech 2023).

Jäterenkaita puolestaan syntyy globaalisti vuosittain lähes 96,41 miljoonaa tonnia. On myös raportoitu, että lähes 63 prosenttia näistä jäterenkaista ei kierrätetä, vaan hävitetään kaatopaikoille. (Ahmad 2022.)

Kestävän kehityksen raportissaan Voi kertoo, että globaalisti 99 prosenttia yrityksen sähköpotkulautojen alumiinista otetaan talteen. Vastaavasti rauta- ja muut metallit otetaan talteen 98-prosenttisesti, kumi 100-prosenttisesti, akut 80–90-prosenttisesti ja moottorit 89-prosenttisesti. Muovin talteenotosta ei anneta tarkkaa tietoa. (Voi 2023, 25.) Voin uusin malli, joka tuli käyttöön vuonna 2022, on valmistettu 30-prosenttisesti kierrätetyistä materiaaleista. (Voi 2022, 6).

4 SÄHKÖPOTKULAUTOJEN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Sähköpotkulautojen ja muiden sähköistyneiden kulkuvälineiden toivotaan auttavan kaupunkien liikkumisesta syntyvää ilmastokuormaa. Positiivista sähköpotkulautailussa on sen autolla kulkemisen korvaaminen. (Eetti.fi 2022.) Sähköpotkulautoihin liittyy kuitenkin omat ympäristöhaasteensa, joita käsitellään tässä luvussa.

4.1 Raaka-aineiden hankinnan ympäristövaikutukset

Jokaisen komponentin raaka-aineilla on omat ympäristövaikutuksensa. Tässä kappaleessa keskitytään edellisessä luvussa mainituista raaka-aineista alumiinin, litiumioniakkujen osalta litiumin, koboltin ja nikkelin, sähkömoottorin osalta lantaanin, dyprosiumin ja terbiumin, teräksen, sekä renkaiden osalta luonnonkumin hankinnan ympäristövaikutuksiin. Käydään läpi, miten kunkin raaka-aineen hankinta ja mahdolliset jatkokäsittelyprosessit vaikuttavat ympäristöön.

4.2.1 Alumiini

Bauksiitin louhinta ja jalostus vaativat suuria määriä vettä ja koska monet kaivokset sijaitsevat alueilla, joilla kärsitään vesipulasta, se pahentaa tilannetta entisestään. Alumiinin tuotannosta syntynyttä punalietettä padotaan suurta maa-alaa vaativiin ulkovarastoihin. Padon murtuessa myrkyllinen punaliete leviää ympäristöön ja sillä on vakavia ekologisia vaikutuksia. (Ukgbc 2024.) Näin on tapahtunut esimerkiksi Unkarissa vuonna 2010, jolloin radioaktiivista, erittäin syövyttävää ja raskasmetalleja sisältävää lietettä pääsi valumaan ympäristöön. (Salminen 2010). Lisäksi kaivostoiminnasta johtuvat pölyt ja hiukkaset huonontavat hengitysilmaa ja voivat olla vaaraksi ihmisille ja eläimille. (Ukgbc 2024).

4.2.2 Li-ion-akku

Etelä-Amerikan Andien litiumin louhintaa harjoittavia kaivosyhtiöitä on syytetty aavikkoalueiden vähäisten vesivarojen tuhlaamisesta, sekä ympäristötuhoista. Tuotanto kuluttaa valtavia määriä vettä ja on synnyttänyt konflikteja alueella paikallisen väestön ja kaivosyhtiöiden välillä, alueellisen vesipulan pahentuessa. Kaivostoiminta vaikuttaa myös alueen eliölajeihin. Alueella elää kolme maailman kuudesta flamingolajista. Lisäksi siellä on kansainvälisesti tärkeitä lintualueita. Alueen flamingopopulaatio on kutistunut lähivuosina kaivostoiminnan, sekä ilmastonmuutoksen vuoksi. (Kaikkonen 2022.)

Maailmanlaajuisesti hälyttävintä luonnon monimuotoisuuden katoaminen on juuri Latinalaisessa Amerikassa. Myös kaivostoiminnasta syntyvät päästöt voivat aiheuttaa vakavia seuraamuksia alueen väestön terveydelle ja ylänköalueiden herkille ekosysteemeille. (Kaikkonen 2022.) Ympäristövaikutuksia aiheuttavat kaivostyömaiden radioaktiiviset materiaalit, sekä raskasmetallien sivutuotteet. (Samsung 2022, 4).

Kongon allas on alue Kongon demokraattisessa tasavallassa, jossa harjoitetaan koboltin louhintaa. Kyseisellä alueella kasvaa yksi maailman suurimmista sademetsistä, jota asiantuntijat pitävät kriittisenä toimijana ilmastonmuutoksen hillitsemisessä, sillä se toimii tärkeänä hiilinieluna. Metsää on kuitenkin hakattu laajalti kobolttikaivosten tieltä. Kaivostoiminnan vuoksi kobolttia joutuu vesistöihin ja maaperään. Kaivosten viereisen Tshangalale-järven kaloista on löydetty suuria pitoisuuksia kobolttia. Tätä kautta koboltti päätyy myös ihmisiin. (Earth.org 2023.)

Koboltti aiheuttaa mahdollisesti syöpää joutuessaan elimistöön ja on erittäin myrkyllistä vesieliöille. Vesistöön joutuessaan se voi aiheuttaa pitkäaikaisia haittavaikutuksia. (Chemichalsafety 2013.) Kongon kaivoksia ympäröi myös sumuinen ilma, joka on täynnä pölyä ja hiekkaa, ja se on myrkyllistä hengittää. (Earth.org 2023). Tutkijat Lubumbashin yliopistosta Kongon demokraattisessa tasavallassa, sekä Leuvenin ja Ghentin yliopistosta Belgiassa, ovat tehneet tutkimuksen liittyen synnynnäisten epämuodostumien yhteyteen vanhempien tekemään työhön Kongon kobolttikaivoksessa. Tehdyssä tutkimuksessa on havaittu, että synnynnäisten epämuodostumien riski kasvaa suuresti, mikäli toinen tai molemmat vanhemmista työskentelevät kobolttikaivoksessa. (The Lancet 2020.)

Esimerkiksi Indonesiassa nikkelinhankintayritysten kaivostoiminta on puolestaan vaikuttanut luontoon merkittävästi. Nikkelikaivosten lähellä on havaittu huomattavaa vesisaastetta, kun raskasmetallit ovat saastuttaneet vesistöä vahingoittaen vesieliöstöä. Kaivostoiminnan vuoksi myös metsiä on hakattu laajalti. Metsien häviämisellä on vaikutusta biologisen monimuotoisuuden

vaurioitumiseen ja eroosion vastaisen suojan heikkenemiseen. Lisäksi nikkelin louhimisen jälkeinen jatkokäsittely, kuten sulatus, on energiaintensiivinen prosessi, joka tuottaa suuria määriä kasvihuonekaasupäästöjä. (Ief 2023.)

4.2.3 Sähkömoottori

Kiina kattoi 70 prosenttia harvinaisten maametallien tuotannosta vuonna 2022. Harvinaisten maametallien tuotannon ympäristövaikutukset mielletään muiden mineraalien ja metallien tuotannon ympäristövaikutuksia suuremmiksi. Harvinaiset maametallit esiintyvät luonnossa hyvin pieninä pitoisuuksina, jonka vuoksi niiden talteenotto ja erottelu vaativat suuria määriä energiaa ja vettä. Ne myös tuottavat suuria määriä jätettä. (Feffer 2023.)

Bayan Obo on Sisä-Mongoliassa, Kiinassa, sijaitseva teollinen kaivoskaupunki, jonka alueella on maailman suurin harvinaisten maametallien esiintymä. Esimerkiksi vuonna 2019 Bayan Obo tuotti 45 prosenttia globaalista harvinaisten maametallien tuotannosta. Alueella vuosikymmeniä jatkunut teollinen toiminta on johtanut maaperän ja vesistöjen saastumiseen raskasmetalleilla, fluorilla ja arseenilla. Alueen pitkäaikainen kaivostoiminta on tuottanut valtavia määriä rikastusjätettä, joka sisältää raskasmetalleja, radioaktiivisia aineita, sekä myrkyllisiä kemiallisia alkuaineita. (Feffer 2023.)

Vaikka sähkömoottori ei tuota hiilidioksidipäästöjä sähköpotkulaudan käyttövaiheen aikana, niitä syntyy moottorin valmistusprosessissa. Sähkömoottoreita valmistetaan isoissa tehtaissa, jotka tuottavat valmistusprosessin aikana ilmaan hiilidioksidipäästöjä. (Keating 2022.)

4.2.4 Renkaat

Metsien hävittäminen laajojen kumipuuviljelmien tieltä johtaa biodiversiteetin vähenemiseen. (Marktool 2022). Tätä on tapahtunut erityisesti Aasiassa ja Afrikassa. (Bollman et. al. 2024). Alkuperäisten kasvi- ja eläinlajien syrjäytyminen, maaperän eroosio ja kemiallisten torjunta-aineiden

ja lannoitteiden aiheuttama veden saastuminen ovat kaikki luonnonkumituotannon ympäristövaikutuksia. (Marktool 2024).

Kun raaka lateksi on kerätty kumipuista, se koaguloidaan, pestään ja kuivataan. Lateksin prosessoiminen lopullisten kumituotteiden valmistamiseksi vapauttaa kasvihuonekaasuja, jotka vahvistavat ilmastonmuutosta. Lisäksi muun muassa pesuvaiheessa käytetään suuria määriä vettä. Käsittelyn jälkeen kumi muovataan tai puristetaan osiin. Tämän prosessin energiantarve on huomattava ja se kasvattaa tuotteen kokonaishiilijalanjälkeä. (Marktool 2024.)

4.2.5 Teräsosat

Teräs- ja rautateollisuus tuottavat 11 prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, sillä hiilen käyttö on kyseisellä teollisuuden alalla hyvin merkittävää. Terässektori onkin maailman suurin teollinen hiilen kuluttaja ja 75 prosenttia siihen käytetystä energiasta tuotetaan hiilellä. Myös Suomessa teräksen tuotanto on merkittävä saastuttaja. Teräksen tuotantoprosessi aiheuttaa myös ilmansaasteita ja teräksen raaka-aineiden louhinta aiheuttaa metsäkatoa ja saastuttaa vesistöä. Lisäksi kaivostoiminnan harjoittaminen on aiheuttanut ihmisoikeusrikkomuksia. (Hiilivapaa Suomi n.d..)

4.2 Valmistuksen ympäristövaikutukset

Vuonna 2021 Voin kokonaispäästöt olivat 27 437 tonnia CO_2 -ekv. Kokonaispäästöt vuonna 2022 olivat 11 237 tonnia CO_2 -ekv. Vuoden 2022 päästöjen väheneminen edellisestä vuodesta selittyy sillä, ettei Voi tuottanut uusia ajoneuvoja vuonna 2022. Voi kertoo, että sähköpotkulautojen valmistus kattoi 50 prosenttia kokonaispäästöistä vuonna 2022, eli noin 5 618,5 tonnia CO_2 -ekv.. (Voi 2023, 11–18.)

Sähköpotkulautojen raaka-aineiden hankinta ja valmistus tuottavat suurimman osan sähköpotkulaudan hiilidioksidipäästöistä. (Eetti 2022). Pohjois-Carolinan yliopistossa tehdyn tutkimuksen mukaan sähköpotkulaudan materiaalien hankinta sekä valmistus kattavat 50 prosenttia sähköpotkulaudan hiilidioksidipäästöistä. (Copeland et al. 2019). Sähköpotkulaudan akun tuotannon

on laskettu muodostavan noin 20 g CO_2-ekv. ja sähköpotkulaudan rungon ja renkaiden osuuden on arvioitu olevan 184 g CO_2-ekv. (Cyclecure Team 2022).

4.2.1 Voin li-ion-akkujen toimitusketju

Voi avaa ympäristöhuoliaan akkuihinsa liittyen vuoden 2022 ympäristöraportissa. Raportin mukaan heidän suurin huolenaiheensa litiumioniakkujen ympärillä liittyy niiden riippuvaisuuteen riskialttiisiin mineraaleihin, kuten kobolttiin. Voi kertoo hankkivansa akkunsa LG:ltä ja Samsungilta, jotka molemmat noudattavat mineraalienhallintajärjestelmiä OECD:n (Organisation for Economic Co-Operation and Development) mukaisesti. (Voi 2022, 8; OECD n.d..) OECD on Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö. (Euroopan komissio 2024). OECD:n mukainen toiminta pitää sisällään tarkastuksia ja riskien arviointia, sekä parannussuunnitelmia liittyen mineraalien louhintaan, kuten sulattamoiden ja jalostamoiden toimitusketjuun. (Voi 2022, 8.)

Samsung kertoo julkaisemassaan raportissa (2022) heidän toimitusketjunsa mineraaleista, joita he käyttävät litiumioniakkutuotannossaan, koboltista ja litiumista seuraavaa. Samsungin toimitusketjussa koboltin sulattamoita on 35, joista suurin osa sijaitsee Kiinassa. Litiumin toimitusketjun sulattamoita on 16 ja niistä viisi sijaitsee Kiinassa, neljä Australiassa ja muut ympäri maailmaa. (Samsung 2022, 30–31.)

Samsung kertoo raportissaan, että heidän toimittajansa työskentelevän vain sulattamoiden kanssa, jotka ovat RMAP-sertifioituja (Responsible Minerals Assurance Process). (Samsung 2022, 5). RMAP auttaa yrityksiä varmistamaan, että niiden toimitusketjuissa käytetyt mineraalit hankitaan vastuullisesti. RMAP keskittyy erityisesti pullonkaulaan, eli kohtaan, joissa on vain vähän toimijoita metallien globaalissa toimitusketjussa. Prosessi hyödyntää riippumattomien kolmansien osapuolten arviointeja sulattojen ja jalostamoiden hallintajärjestelmistä sekä hankintakäytännöistä varmistaakseen, että RMAP-standardit toteutuvat. (RMI 2024).

LG julkaisi raportin (2023), jossa yritys kertoo toimittajiensa mineraalien hankinnasta ja toimintatavoista toimitusketjussaan. LG kertoo olevansa tietoinen koboltin vastuulliseen hankintaan liittyvistä haasteista. Selvää koboltin louhintamaata ei raportissa anneta. Toisin kuin Samsung, LG ei

raportissaan erikseen mainitse vaativansa koboltin toimittajiltaan RMAP-sertifiointia. Raportissa ei ole mainintaa litiumista. (LG 2023, 1-5.)

4.3 Kuljetuksen ympäristövaikutukset

Kuten Voi kertoo kestävän kehityksen raportissaan, heidän sähköpotkulautansa kuljetetaan Kiinasta laivalla Eurooppaan. Sitten sähköpotkulaudat kuljetetaan rekoilla eri Euroopan maihin. (Voi 2023.) Laivaliikenne on suuri ilmansaasteiden aiheuttaja. Merenkulun hiilidioksidipäästöt ovat 1 000 Mt CO_2 vuodessa, joka tarkoittaa 3 prosenttia koko maailman vuotuisista hiilidioksidipäästöistä. (T&E n.d..) Rekat käyttävät Suomessa yleisimmin, 97-prosenttisesti, käyttövoimanaan dieseliä ja 2 prosenttia rekoista kulkee bensiinillä. Alle prosentti rekoista käyttää vaihtoehtoisia käyttövoimia, kuten ladattavia hybridejä, täyssähkö kuorma-autoja, kaasu kuorma-autoja, sekä vety- ja etanoli kuorma-autoja. (Tieto.traficom 2023.)

4.4 Käyttövaiheen ympäristövaikutukset

Päivittäisiä toimia tehdessään Voin työntekijät hyödyntävät 43-prosenttisesti sähköisiä kuljetusajoneuvoja. Loput 57 prosenttia ajoneuvoista kulkevat polttoaineilla, joiden käyttö aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. (Voi 2022, 6-9.) Kun sähköpotkulautayritykset tekevät päivittäisiä toimiaan, kuten keräävät sähköpotkulautoja ja siirtelevät niitä muun muassa pakettiautoilla, on sen laskettu muodostavan jopa 43 prosenttia sähköpotkulautojen hiilidioksidipäästöistä. (Cyclecure team 2022).

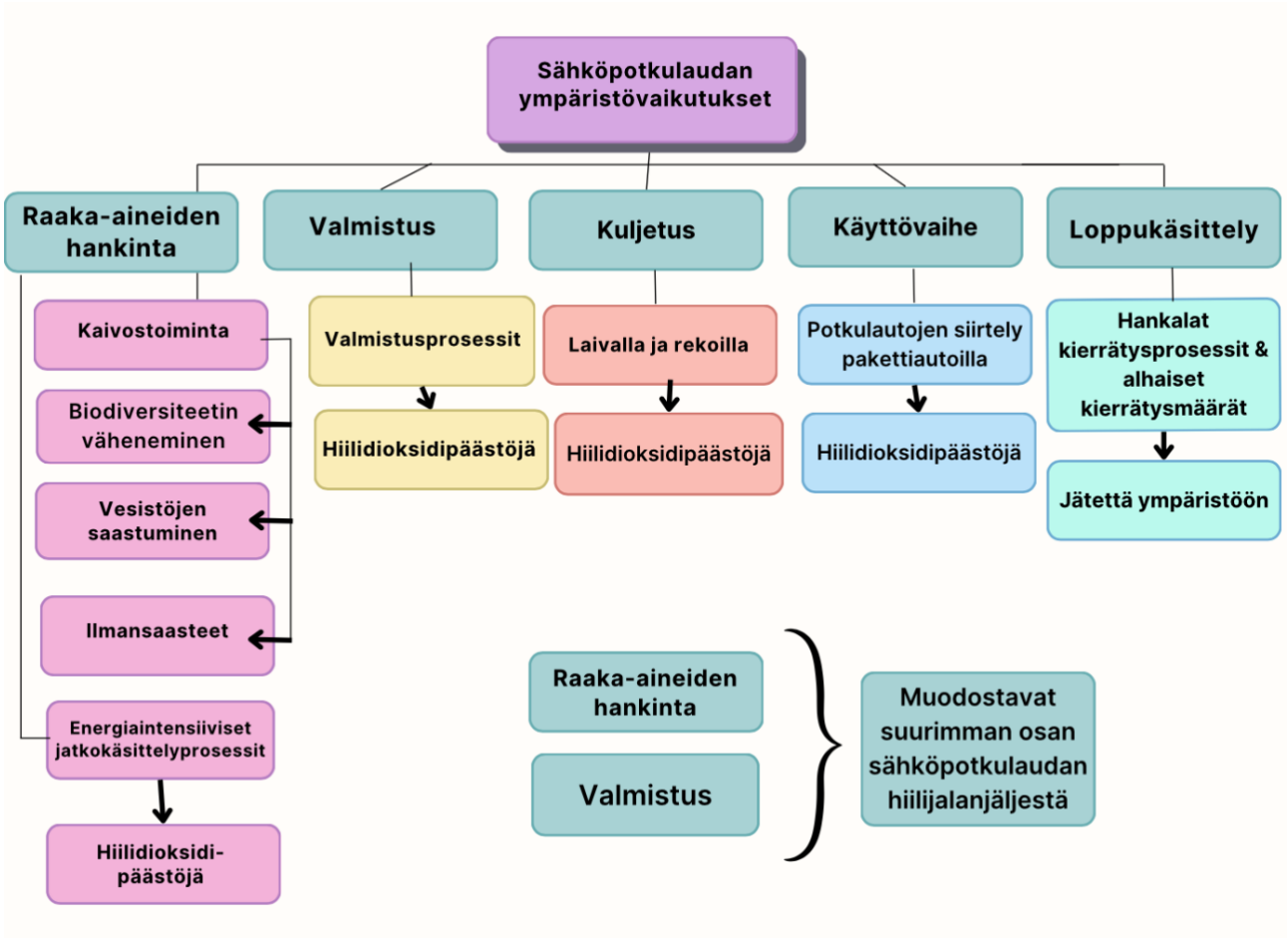
Sähköpotkulautojen akkujen latauksessa käytetään täysin uusiutuvaa energiaa ainakin potkulautayritysten Limen, Dottin ja Tierin osalta. (Eetti 2022). Voi puolestaan kertoo ympäristöraportissaan (2022), käyttävänsä Suomessa 75-prosenttisesti uusiutuvaa energiaa. Lisäksi Voi kertoo, että yrityksen potkulautojen CO_2-ekv.-päästöt ajettua kilometriä kohden vuonna 2021 olivat 29 gCO_2-ekv./km, koko elinkaari huomioiden. (Voi 2022, 6-9).

Sähköpotkulaudan käytön voidaan sanoa olevan ympäristön kannalta kannattavaa vain, jos sillä korvataan muuten autolla kuljettua matkaa. Suomessa Voin matkoista 15 prosenttia, Tierin matkoista talvella 12 prosenttia ja kesällä 17 prosenttia, ja Limen globaalin arvion mukaan 25 prosenttia korvaavat yksityisautolla tai taksilla kuljettuja matkoja. Suurin osa sähköpotkulaudoilla tehdyistä matkoista korvaavat vähähiilisempää tapaa liikkua, kuten joukkoliikennettä, pyöräilyä tai kävelyä. (Eetti 2022.)

Zurichissa, Pohjois-Sveitsissä, tehdyn tutkimuksen mukaan vain 13 prosenttia yhteiskäyttöisillä sähköpotkulaudoilla tehdyistä matkoista korvaavat yksityisautoilua. (Axhausen et al. 2022). Vernen, Liikenteen tutkimuskeskuksen, tekemän tutkimuksen mukaan sähköpotkulaudoilla korvataan pääasiassa joukkoliikennettä, pyöräilyä ja kävelemistä. Tutkimuksessa käytettiin dataa Suomesta, Ruotsista ja Norjasta. (Utriainen 2020.)

4.5 Loppukäsittelyn ympäristövaikutukset

Elektroniikkajätteen lajittelun ongelmana on se, että kierrätysprosessin monimutkaisuus ja kustannukset mahdollistavat valtavia määriä sähköisen jätteen virheellistä käsittelyä. YK:n elimen UNITAR:n (United Nations Institute for Training and Research) arvion mukaan sähköisen jätteen huonon käsittelyn määrä johtaa noin 58 000 kilon elohopeaa ja 45 miljoonaa kiloa bromattuja palonestoaineita sisältävää muovia vuodessa ympäristöön. Arvion mukaan kaikki maanosat ovat jäljessä elektroniikkajätteen kierrätyksen suhteen. Euroopassa, joka on suurin elektronisen jätteen tuottaja, on kuitenkin kaikkein korkein kierrätysaste: 42,8 prosenttia. (Igini 2024.)



Kuva 3. Sähköpotkulaudan ympäristövaikutukset.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Sähköpotkulaudan raaka-aineiden hankintaprosessi on monivaiheinen ja jokainen raaka-aine aiheuttaa oman paineensa ympäristöön. Kirjallisuustyössä selvisi, että usean sähköpotkulaudan raaka-aineen louhinta aiheuttaa biodiversiteetin vähenemistä, saastuttaa vesistöä ja pilaa maaperää, sekä ilmaa, vahingoittaen ekosysteemejä. Raaka-aineiden jatkokäsittelyyn kuuluu prosesseja, jotka ovat hyvin energiaintensiivisiä ja aiheuttavat suuria määriä kasvihuonekaasupäästöjä. Sähköpotkulaudan raaka-aineiden hankinta ja tuotanto tuottavat suurimman osan sähköpotkulaudan hiilidioksidipäästöistä. Nämä asiat tuovat esille sen, kuinka tärkeää olisi kierrättää sähköpotkulautojen materiaaleja ja raaka-aineita, sillä niitä kierrättämällä sähköpotkulautojen ympäristövaikutuksia olisi huomattavasti vähemmän.

Työssä käy ilmi, että ainakin suurin osa Suomessa käytössä olevista sähköpotkulaudoista valmistetaan Kiinassa ja kuljetetaan sieltä laivoilla Eurooppaan. Sitten ne jatko kuljetetaan rekoilla eri maihin. Koska laivaliikenne on globaalisti merkittävä päästölähde ja rekat kulkevat Suomessa pääasiassa dieselillä, aiheutuu niistä päästöjä, jotka kasvattavat sähköpotkulaudan ilmastokuormaa. Myös käyttövaiheessa sähköpotkulautoja kuljetetaan pakettiautoilla paikasta toiseen. Tämä aiheuttaa merkittävän osan sähköpotkulautojen hiilidioksidipäästöistä.

Sähköpotkulaudan käyttövaihetta pidentää osaltaan vaihdettavat akkumuodot, jotka muun muassa Voi on ottanut käyttöön. Näin voidaan hyödyntää rungon pidempiaikainen käyttö, vaikka akku olisikin käyttökelvoton.

Vaikka monen sähköpotkulaudoissa hyödynnettyjen materiaalien kierrättämisprosessit ovat vakiintuneempia, kuten esimerkiksi alumiinin ja teräksen, on kuitenkin elektroniikkajätteen kierrättäminen vielä alkeellisella tasolla. Tämän vuoksi olisi tärkeää, että sähköpotkulaudat purettaisiin osiin niiden loppukäsittelyssä ja eri komponentit kierrätettäisiin niille kuuluvissa, omissa kategorioissaan. Li-ion-akkujen kierrättäminen puolestaan on tällä hetkellä melko haasteellista ja kallista, mutta ei mahdotonta. Näille akuille ei ole vielä vakiintunutta kierrätysprosessia, mutta akkujen kierrätysmäärien odotetaan kuitenkin kasvavan tulevaisuudessa uuden kierrätysteknologian avulla.

Sähköpotkulautojen ympäristökuormaan vaikuttaa myös se, mitä liikkumismuotoa niillä korvataan. Suurin osa sähköpotkulaudoilla tehdyistä matkoista korvaavat vähähiilisempää tapaa liikkua, kuten joukkoliikennettä, pyöräilyä tai kävelyä. Kuluttajan olisi hyvä keskittyä siihen, mitä liikkumismuotoa sähköpotkulaudoilla korvataan. Ympäristön kannalta olisi kannattavaa korvata sähköpotkulaudoilla yksityisautoilua.

Sähköpotkulautojen määrä ei kasvanut Suomessa vuonna 2023. On hyvä asia sähköpotkulautojen ympäristökuormaa miettien, ettei joka vuosi tuoteta uusia sähköpotkulautoja. Tämä ei ole luultavasti välttämätöntäkään, sillä sähköpotkulautojen käyttöaste laski vuonna 2023. Esimerkiksi Voi ei tuottanut uusia sähköpotkulautoja vuonna 2022, ja sen vuoksi yrityksen kyseisen vuoden kokonaispäästöt puolittuivat.

Sähköpotkulautayritys Voin li-ion-akkujen tuotantoketjua tarkastelemalla huomataan, että yritys kertoo läpinäkyvästi akkujen toimittajistaan, Samsungista ja LG:stä. Toimittajayritykset noudattavat mineraalienhallintajärjestelmiä OECD:n mukaisesti. Kuitenkin kyseisten yritysten raportteja tulkitessa huomataan, että niistä molemmat eivät edellytä raaka-aineiden toimittajiltaan RMAP-sertifikaattia, tai edes raportoi toiminnastaan läpinäkyvästi. Kuluttajan on hyvä olla tietoinen käyttämiensä tuotteiden hankinta- ja tuotantotavoista, sekä siitä, mistä tuotteen raaka-aineet on saatu. Siksi yritysten olisi tärkeää kertoa toiminnastaan avoimesti ja selkeästi.

Voi kertoo ottavansa merkittävän määrän sähköpotkulautojensa materiaaleista talteen. Kuitenkin uusin malli on valmistettu vain kolmekymmentäprosenttisesti kierrätetyistä materiaaleista. Tämä voi kertoa siitä, ettei tuotantoketjussa ole vielä vakiintunutta kierrätysprosessia kierrätysmateriaaleille. Tässä olisi kehittämisen varaa.

Työssä tuotti hankaluuksia valita, minkä tyyppisiin ympäristövaikutuksiin keskityttiin. Työssä sähköpotkulaudan ympäristövaikutuksia on esitelty laajasti ilman selkeää ja konkreettista rajausta. Sähköpotkulaudan ympäristövaikutuksia on lukuisia ja työstä olisi saatu selkeämpi rajaamalla aihe tarkemmin jonkin tietyn ympäristövaikutuskategorian ympärille. Työ antaa kuitenkin laajan kuvan sähköpotkulaudan ympäristövaikutuksista ja samalla pohjan mahdolliselle jatkotutkimukselle sähköpotkulautojen ympäristövaikutuksiin liittyen.

6 YHTEENVETO

Liikenne on merkittävä ilmastonmuutosta kiihdyttävien kasvihuonekaasujen lähde. Liikenteen päästöjä voidaan vähentää monipuolisilla ratkaisuilla. Tämä edellyttää muun muassa ympäristöystävällisiä ja energiatehokkaita ajoneuvoja, sekä uusia tapoja liikkua. Tällainen uusi liikkumistapa on esimerkiksi sähköpotkulauta.

Tässä työssä tarkasteltiin yhteiskäyttöisten sähköpotkulautojen elinkaarenvaiheita, minkä jälkeen siirryttiin tutkimaan kyseisten elinkaarenvaiheiden ympäristövaikutuksia. Raaka-aineiden hankinta -vaiheessa kaivostoiminnasta aiheutuu vesistöjen saastumista ja maaperän pilaantumista, sekä biodiversiteetin vähenemistä. Sähköpotkulaudan elinkaaren vaiheista eniten hiilidioksidipäästöjä aiheuttavat sähköpotkulaudan raaka-aineiden hankinta ja valmistus, sekä käyttövaiheessa sähköpotkulautojen siirtely paikasta toiseen pakettiautoilla.

Suurin osa sähköpotkulaudoilla tehdyistä matkoista korvaavat vähähiilisempää tapaa liikkua, kuten joukkoliikennettä, pyöräilyä tai kävelyä. Jotta sähköpotkulaudat vähentäisivät liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä, olisi niillä korvattava henkilöautoilua.

LÄHTEET

Aamuset-kaupunkimedia. 2022. Raportti: nykyisten sähköpotkulautojen käyttöikä viisi kertaa aikaisempia malleja pidempi. [verkkosivu]. [viitattu: 20.11.2024]. Saatavilla: https://aamuset.fi/artikkeli/5842264

Aatuotanto. N.d.. Kevyt mutta kestävä metalli jolla on hyvä sähkönjohtokyky Alumiini. [verkkosivu]. [viitattu: 6.11.2024]. Saatavilla: https://www.aatuotanto.fi/alumiini/

AkkukierrätysPb. 2023. Litiumioniakkujen harvinaiset metallit halutaan kiertoon, mutta osa akuista on vailla kierrätysratkaisuja – miten EU:n tiukentuvien kierrätysvaatimusten käy? [verkkosivu]. [viitattu: 10.10.2024]. Saatavissa: https://akkukierratyspb.fi/litiumioniakkujen-harvinaiset-metallit-halutaan-kiertoon-mutta-osa-akuista-on-vailla-kierratysratkaisuja-miten-eun-tiukentuvien-kierratysvaatimusten-kay/

Aschroft, Sean. 2024. Mining Digital: Focus on: Dysprosium, a Critical Rare Earth Mineral. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://miningdigital.com/supply-chain-management/focus-on-dysprosium-a-critical-rare-earth-mineral

Axhausen, Kay W. Martin, Henry. Reck, Daniel J. 2022. Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility, Transportation Research Part D: Transport and Environment. [viitattu: 21.11.2024]. Volume 102, 103134.

Ahmad, Ayaz. Ahmad, Waqas. Nasir Amin, Muhammad. 2022. A worldwide development in the accumulation of waste tires and its utilization in concrete as a sustainable construction material: A review, Case Studies in Construction Materials. [viitattu: 21.11.2024]. Volume 17, ISSN 2214-5095.

Beckingham, Barbara A. Bollman, Michael. Brander, Susanne M. 2024. Where the Rubber Meets the Road: Emerging environmental impacts of tire wear particles and their chemical cocktails. Science of The Total Environment. US Environmental Protection Agency. United States of America. 28 s. [viitattu: 21.11.2024]. Volume 927, 171153, ISSN 0048-9697.

Bureaveritas. N.d.. Ympäristösertifioinnit. [verkkosivu]. [viitattu: 5.10.2024]. Saatavilla: https://www.bureauveritas.fi/palvelumme/sertifiointi/ymparisto?gad_source=1&gbraid=0AAAAAD--6bQvPIgyYxl-fWyOxi9RkP0t1&gclid=CjwKCAjwx4O4BhAnEiwA42SbVBS43Gt8c6BNihKE7smQE8el1vnLD_WR-Bj4aWjxWh3oV77FqWhQ-BoCqb8QAvD_BwE

Celltech. 2023. Kierrätys. [verkkosivu]. [viitattu: 12.12.2024]. Saatavilla: https://celltech.fi/meista/kyvykkyytemme/kierratys/

Chatgpt. 2024. Tee piirros sähköpotkulaudasta. [tekoäly]. [viitattu: 16.11.2024]. Saatavilla: https://chatgpt.com

Chemicalsafety. 2013. KOBOLTTI(II)KLORIDI. [verkkodokumentti]. [viitattu: 14.12.2024]. Saatavilla: https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=fi&p_card_id=0783&p_version=2

Colley Mariam. 2022. Sähköpotkulaudat yleistyvät, mutta mitä tehdä käytöstä poistuville akuille? [verkkosivu]. [viitattu 30.9.2024]. Saatavissa: https://www.360journalismia.fi/sahkopotkulaudat-yleistyvat-mutta-mita-tehda-kaytosta-poistuville-akuille/

Continental Battery Systems. 2023. Can Lithium Batteries Be Recycled? [verkkosivu]. [viitattu: 20.11.2024]. Saatavilla: https://www.continentalbattery.com/blog/can-lithium-batteries-be-recycled

Copeland, Brenna. Hollingsworth, Joseph. Johnson, Jeremiah. 2019. Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. North Carolina State University, Department of Civil, Construction, and Environmental Engineering. United States of America. 10 s. [viitattu: 12.11.2024].

Cyclecure Team. 2022. Cyclecure: How e-scooters impact the environment. [verkkosivu]. [viitattu: 23.11.2024]. Saatavilla: https://www.cyclecure.co/en/blog/how-e-scooters-impact-the-environment

Earth.org. 2023. The Environmental Impacts of Cobalt Mining in Congo. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://earth.org/cobalt-mining-in-congo/

Eetti. 2022. Sähköpotkulautojen vastuullisuusselvitys: viherpesua ja ihmisoikeusriskejä. [verkkosivu]. [viitattu: 23.5.2024]. Saatavissa: https://eetti.fi/sisallot/sahkopotkulautojen-vastuullisuusselvitys-viherpesua-ja-ihmisoikeusriskeja/

Euroopan komissio. 2024. Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö. [verkkosivu]. [viitattu: 23.11.2024]. Saatavilla: https://agriculture.ec.europa.eu/international/international-cooperation/international-organisations/oecd_fi

Feffer, John. 2023. Mapping the Impact and Conflicts of Rare-Earth Elements. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://ips-dc.org/mapping-the-impact-and-conflicts-of-rare-earth-elements/

Helenius, Aarne. 2023. Sähköpotkulautojen hintavertailu 2023. [verkkosivu]. [viitattu: 8.10.2024]. Saatavissa: https://www.vertaaensin.fi/sahko/artikkelit/sahkopotkulauta

Hiilivapaa Suomi. N.d.. 6 faktaa teräksestä. [verkkosivu]. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://hiilivapaasuomi.fi/8-faktaa-teraksesta/#fn7

Hydro. 2024a. Alumiinin elinkaari. [verkkosivu]. Päivitetty: 15.5.2024. [viitattu: 6.11.2024]. Saatavilla: https://www.hydro.com/fi/global/aluminium/tietoja-alumiinista/alumiinin-elinkaari/

Hydro. 2024b. Alumiinin kierrätys. [verkkosivu]. Päitivetty 15.5.2024. [viitattu: 22.11.2024]. Saatavilla: https://www.hydro.com/fi/global/aluminium/tietoja-alumiinista/alumiinin-kierratys/

Ief. 2024. Nickel – a mineral with a challenging role in clean tech. [verkkosivu]. [viitattu: 12.11.2024]. Saatavilla: https://www.ief.org/news/nickel-a-mineral-with-a-challenging-role-in-clean-tech

Igini, Martina. 2024. Earth.org: E-Waste Recycling Rates Remain Dangerously Low as Demand for Electronic Devices Booms, UN Report Reveals. [verkkosivu]. [viitattu: 23.11.2024]. Saatavilla: https://earth.org/e-waste-recycling-rates-remain-dangerously-low-as-demand-for-electronic-devices-booms-un-report-reveals/

Samsung. 2022. Samsung electronics' responsible minerals report. [verkkodokumentti]. [viitattu: 10.10.2024]. Saatavissa: https://image-us.samsung.com/SamsungUS/home/pdf/062822/rm_report_2022_en_F.pdf

Kaikkonen, Viliina. 2022. Maailman suurimmat litiumesiintymät sijaitsevat Etelä-Amerikassa – onko vihreän siirtymän vauhdittama litium-buumi tuottajamaille siunaus vai kirous ? [verkkosivu]. [viitattu: 10.11.2024]. Saatavilla: https://ulkopolitist.fi/2022/12/12/maailman-suurimmat-litiumesiintymat-sijaitsevat-etela-amerikassa-onko-vihrean-siirtyman-vauhdittama-litium-buumi-tuottajamaille-siunaus-vai-kirous/

Keating, Bob. 2022. Fisher & Paykel Technologies: Is the production of electric motors bad for the environment? [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://www.fisherpaykeltechnologies.com/knowledge-hub/is-the-production-of-electric-motors-bad-for-the-environment-2

KIXIN. 2024. Production Process of Foldable Two-Wheel Electric Scooters for Adults. [verkkosivu]. [viitattu: 14.12.2024]. Saatavilla: https://www.szkixin.com/blog/production-process-of-foldable-two-wheel-electric-scooters-for-adults.html

Kuukkanen, Tatu. 2019. Yle: Kohutut sähköpotkulaudat tulivat nyt Ruotsista Suomeen – eivätkä ne jää ainoiksi: huhtikuussa pääset laudalla myös idästä Kallioon vaikka terassille. [verkkodokumentti]. [viitattu 13.2.2024]. Saatavissa: https://yle.fi/a/3-10696404

LG. 2023. LG Electronics Conflict Minerals Due Diligence Report. [verkkodokumentti]. [viitattu: 11.10.2024]. Saatavissa: https://www.lg.com/content/dam/lge/global/sustainability/pdf/LG-Electronics-Conflict-Minerals-Due-Diligence-Report-2022(2023).pdf

Lenntech. N.d.. Terbium – Tb. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://www.lenntech.com/periodic/elements/tb.htm

Leskelä, Markku. 2023. Kemia-lehti: Maaperässämme muhii haluttuja harvinaisia maametalleja. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://kemia-lehti.fi/maaperassamme-muhii-haluttuja-harvinaisia-maametalleja/

Levada, Filipp. 2022. Levstal Group: Rakenneteräksen valmistus: hyödyt, vaiheet, sovellukset. [verkkosivu]. Päivitetty: 12.4.2022. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://levstal.com/fi/blog/rakenneteraksen-valmistus-hyodyt-vaiheet-sovellukset/

Levy. N.d.. Understanding the Materials Used in Electric Scooters: A Comprehensive Guide. [verkkosivu]. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://www.levyelectric.com/resources/understanding-the-materials-used-in-electric-scooters%3A-a-comprehensive-guide

Marktool. 2024. Hear from Custom Rubber and Urethane Experts. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://www.marktool.com/the-environmental-impact-of-rubber-manufacturing/

McMillan, Eliezer. 2024. Made-in-China: A Comprehensive Guide to Sourcing and Understanding Electric Scooter Motors. [verkkosivu]. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://insights.made-in-china.com/A-Comprehensive-Guide-to-Sourcing-and-Understanding-Electric-Scooter-Motors_NGYThjtJOEIw.html

Voi. 2022. Towards circular mobility, Environmental report June 2022 Voi. [verkkodokumentti]. [viitattu: 8.10.2024]. Saatavissa: https://media.graphassets.com/tUT86hafRKqKatbEcyMv

Voi. 2023. Sustainability Report December 2023. [verkkodokumentti] [viitattu: 11.10.2024]. Saatavissa: https://media.graphassets.com/qn4kF9SYQCGRm5GQJrxD

Voi. N.d.. Environmental Policy. [verkkodokumentti]. [viitattu: 5.10.2024]. Saatavissa: https://media.graphassets.com/SznuW82dReSnfbk4NcO5

Minerals Education Coalition. 2024. Lanthanum. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://mineralseducationcoalition.org/elements/lanthanum/

Mining-technology. 2024. [verkkosivu]. Päivitetty: 23.8.2024. [viitattu: 12.11.2024]. Saatavilla: https://www.mining-technology.com/data-insights/nickel-in-indonesia/

Mustankorkea. N.d.. Sähköpotkulauta, potkulauta. [verkkosivu]. [viitattu: 1.10.2024]. Saatavissa: https://www.mustankorkea.fi/jate/sahkopotkulauta-potkulauta/

MMTA. 2016. Tb – Terbium. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://mmta.co.uk/metals/tb/

Motiva. 2024. Kestävä liikenne ja liikkuminen. [verkkosivu]. Päivitetty: 15.10.2024. [viitattu: 30.10.2024]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen

Nokian Tyres. N.d.. Renkaan tuotantoprosessi. [verkkosivu]. [viitattu: 11.17.2024]. Saatavilla: https://www.nokianrenkaat.fi/innovatiivisuus/rengastietoa/renkaan-tuotantoprosessi/#7eb6f262

Nordscoot. 2023. Kuinka kauan sähköpotkulaudan akku kestää? [verkkosivu]. [viitattu: 30.9.2024]. Saatavissa: https://nordscoot.com/fi/kuinka-kauan-sahkopotkulaudat-kestavat/

OECD. N.d.. Who we are. [verkkosivu]. [viitattu: 12.12.2024]. Saatavilla: https://www.oecd.org/en/about.html

Power. N.d.. Sähköpotkulaudat. [verkkosivu]. [viitattu: 8.10.2024]. Saatavissa: https://www.power.fi/c/3522/piha-ja-vapaa-aika/sahkopotkulaudat-ja-tarvikkeet/sahkopotkulaudat/

Projektiloota. 2021. Miten sähköpotkulauta toimii? Laudan tekniikka ja osat. [verkkosivu]. [viitattu: 24.9.2024]. Saatavissa: https://projektiloota.fi/2021/10/16/miten-sahkopotkulauta-toimii-laudan-tekniikka-ja-osat/

RMI. 2024. RMAP Assessment Introduction. [verkkosivu]. [viitattu 10.10.2024]. Saatavissa: https://www.responsiblemineralsinitiative.org/responsible-minerals-assurance-process/

Rouhiainen, Niko. 2024. Aikaa 2 kuukautta – Kymmenille tuhansille sähköpotkulaudoille uusi vakuutuspakko, paino ja nopeus ratkaisevat. [verkkosivu]. [viitattu: 19.9.2024]. Saatavissa: https://www.kauppalehti.fi/uutiset/aikaa-2-kuukautta-kymmenille-tuhansille-sahkopotkulaudoille-uusi-vakuutuspakko-paino-ja-nopeus-ratkaisevat/3e3e5faf-4676-4b0c-9eff-cbce517d4311

Salminen, Juho. 2010. Suomen kuvalehti: Päivän kuva: Unkarin punaliete saavutti Tonavan. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://suomenkuvalehti.fi/ulkomaat/paivan-kuva-unkarin-punaliete-saavutti-tonavan/

Somerville, Paul. 2023. Rider Guide: Electric Scooter Tires. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://riderguide.com/guides/electric-scooter-tires/

Stat. 2024. Kotimaisella sähköntuotannolla katetiin 98% Suomen sähkön tarpeesta vuonna 2023. [verkkosivu]. [viitattu: 11.10.2024]. Saatavissa: https://stat.fi/julkaisu/cln2zc9wg8fgb0cut7vm9hil8

Stena Recycling. N.d.. Alumiinin loputon kierto. [verkkosivu]. [viitattu: 22.11.2024]. Saatavilla: https://www.stenarecycling.com/fi/uutiset-tietoa-kierratyksesta/tietoa-kierratyksesta/tietoa-kierratyksesta/alumiinin-loputon-kierto/

Sähköpotkulaudat. 2024. Moottorit. [verkkosivu]. [viitattu: 21.10.2024]. Saatavilla: https://sahkopotkulaudat.fi/tuote-osasto/varaosat/sahkoosat/moottorit/?srsltid=AfmBOoqDhx53qR8boZ-k6KEHoqmUUh8KMHcmtzqa9ZLoTlyyIzLPhO6c

Sähköpotkulaudat. N.d.. Sopivan sähköpotkulaudan valinta. [verkkosivu. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://sahkopotkulaudat.fi/tietoa/sopivan-sahkopotkulaudan-valinta/

The Lancet. 2020. Metal mining in birth defects: a case study in Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(20)30059-0/fulltext

Teräsrakenneyhdistys. N.d.a. Teräs materiaalina. [verkkosivu]. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/

The World Counts. 2024. Tonnes of steel recycled. [verkkosivu]. [viitattu: 22.11.2024]. Saatavilla: https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/mining/advantages-of-recycling-steel

Tieto.traficom. 2022. Yhteiskäyttöisten sähköpotkulautapalveluiden tarjonta, kysyntä ja markkinatilanne. [verkkosivu]. Päivitetty: 19.9.2024. [viitattu: 19.9.2024]. Saatavissa:

https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/yhteiskayttoisten-sahkopotkulautapalveluiden-tarjonta-kysynta-ja-markkinatilanne

Tieto.traficom. 2023. Liikennekäytössä olevat kuorma-autot – käyttövoimat ja päästöt. [verkkosivu]. Päivitetty 30.10.2024. [viitattu: 20.11.2024]. Saatavilla: https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennekaytossa-olevat-kuorma-autot-kayttovoimat-ja-paastot

T&E. N.d.. Ships. [verkkosivu]. [viitattu: 20.11.2024]. Saatavilla: https://www.transportenvironment.org/topics/ships

Tukes. N.d.. Litiumioniakkujen elinkaari. [verkkosivu]. [viitattu: 10.11.2024]. Saatavilla: https://tukes.fi/litiumioniakkujen-elinkaari#60e62b89

Ukgbc. 2024. Aluminium. [verkkosivu]. [viitattu: 17.11.2024]. Saatavilla: https://ukgbc.org/our-work/topics/embodied-ecological-impacts/aluminium/

Umicore. N.d.a. Koboltti. [verkkosivu]. [viitattu: 10.11.2024]. Saatavilla: https://www.umicore.fi/fi/sivustomme/metallit/koboltti/

Umicore. N.d.b. Nikkeli. [verkkosivu]. [viitattu: 10.11.2024]. Saatavilla: https://www.umicore.fi/fi/sivustomme/metallit/nikkeli/

Utriainen, Roni. 2020. Verne. Tampereen yliopisto. Vertailu sähköpotkulautojen käytöstä ja lainsäädännöstä Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa. [verkkodokumentti]. [viitattu: 22.11.2024]. Saatavilla: https://research.tuni.fi/uploads/2020/10/e59febe6-utriainen_sahkopotkulauta.pdf

Valmistajat. 2024. Teräkset. [verkkosivu]. [viitattu: 19.11.2024]. Saatavilla: https://valmistajat.fi/materiaalit/metallit/terakset

X-team. N.d.. [verkkosivu]. [viitattu: 21.11.2024]. Saatavilla: https://www.x-teamrc.com/x-team-brushless-motor-manufacturing-process/

Yle. 2023. Koboltin perässä. [verkkosivu]. [viitattu: 10.11.2024]. Saatavilla: https://yle.fi/a/74-20042973

Åkman, Erika. 2019. Ilta-Sanomat: Sähköpotkulaudat tulevat käyttöön tänään Helsingissä – ja ne voi jättää melkein minne tahansa. [verkkodokumentti]. [viitattu: 20.11.2024]. Saatavilla: https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000006038969.html