

## Suomi kestäväan akkutuotannon ja kiertotalouden mallimaaksi

Liikenteen sähköistymisen akku- ja hybridisähköautojen muodossa odotetaan lisäävän litium-akkujen kysyntää voimakkaasti. Suomi on jo nyt Euroopan johtavia akkumetallien- ja kemikaalien toimittajia, joten suomalaisten toimijoiden (valtion ja kuntien virkamiehet, teollisuus, SITRA, Business Finland, tutkimuslaitokset ja yliopistot) tulisi olla aktiivisia Euroopan komission käynnistämässä akkuteollisuuden kehittämiseen tähtäävissä keskusteluissa, jotta teollisuuden tarvitsemien materiaalien jalostusarvosta jäisi mahdollisimman suuri osa Suomeen.

Euroopan komissio on huolissaan siitä, että litium-akkujen tuotanto on keskittynyt Kiinaan, Koreaan ja Japaniin sekä tämän keskittymisen riskeistä eurooppalaiselle auto- ja energiateollisuudelle. Komissio onkin vastikään peräänkuuluttanut yhteistyötä laajamittaisen eurooppalaisen litiumakkutuotannon käynnistämiseksi sisältäen koko arvoketjun raaka-aineista kiertotalouteen<sup>1</sup>. Lisäksi ruotsalainen Northvolt-yhtiö on ehdottanut pohjoismaista yhteistyötä Skellefteån alueelle suunnitellun suuren akkutehtaan raaka-ainehuollon turvaamiseksi<sup>2,3</sup>.

Akkuteollisuuden kasvua rajoittavat osaltaan kriittisten raaka-aineiden saatavuus ja niiden tuotannon ja jalostuksen keskittyminen harvojen toimijoiden käsiin. Etenkin kobolttin tuotannon keskittyminen Kongoon ja jalostuksen keskittyminen Kiinaan herättää huolta eurooppalaisten toimijoiden keskuudessa. Kasvanut kysyntä on nostanut etenkin litium ja kobolttin maailmanmarkkinahintoja voimakkaasti.

Suomen Akatemian Strategisen Tutkimuksen Neuvoston rahoittamassa CloseLoop-hankkeessa tehdyssä tutkimuksessa on tarkasteltu akkuteollisuuden mahdollisuuksia Suomessa. Aktiivisella teollisuuspolitiikalla ja alan toimijoiden tiiviillä yhteistyöllä voisi olla mahdollista houkuttaa akkuteollisuuden uusia investointeja Suomeen sekä tuottaa entistä korkeamman jalostusarvon tuotteita kotimaisista raaka-aineista. Suuren akkutehtaan investointi olisi miljardiluokkaa. Ympäristönäkökohtien huomioiminen ja kiertotalousperiaatteiden noudattaminen arvoketjun kaikissa osissa voisivat toimia keihäänkärkinä suomalaisen osaamisen markkinoinnissa.

Suomalaisissa metallurgisissa laitoksissa tuotetaan jo nyt nikkeliä, kobolttia ja kuparia. Itseasiassa Suomi on Euroopan suurin litiumakkumetallien tuottaja, Nornickel Harjavalta tuottaa vuodessa 50-60.000 tonnia nikkeliä ja Freeport Cobalt 11.000 tonnia kobolttia. Keliber Oy:n suunniteltu vuosituotanto on 1.700 tonnia Li (9000 t Li<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)<sup>4</sup>. Lisäksi Suomessa on luonnongrafiittiesiintymiä. Suomalaiset metallinjalostajat jalostavat nykyään akkuteollisuudelle puolivalmisteita (akkukemikaaleja), jotka menevät kuitenkin suurelta osin Kauko-Itään jatkojalostettavaksi<sup>5</sup>

Laajamittainen suurten akustojen tuotanto sähköauto- ja sähköverkkokäyttöihin ei ole mahdollista ilman kaivostoiminnan ja metallinjalostuksen laajennusta. Jotta suurten akkujärjestelmien käyttö olisi kokonaistaloudellista ja ympäristöstävällistä, pitää niihin soveltaa kiertotalouden periaatteita. Tämä edellyttää vastuullista kaivostoimintaa, ja mahdollisimman ympäristömyönteisten prosessien käyttöä kemikaalien ja akkujen valmistuksessa, kierrätettävyyden huomioimista akkujen rakennesuunnittelussa ja uusiokäyttömahdollisuuksien selvittämistä sekä tehokkaiden

<sup>1</sup> [http://europa.eu/rapid/press-release\\_STATEMENT-17-3861\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_STATEMENT-17-3861_en.htm)

<sup>2</sup> <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-08-14/northvolt-starts-biggest-fundraising-for-4-billion-battery-plan>

<sup>3</sup> Paolo Berruti, Northvolt, Nordic Battery Conference 2017, 3 November 2017, Kokkola.

<sup>4</sup> Hautojärvi, J., "Electric vehicles – new opportunities for Finnish metals production cluster", in International process metallurgy symposium in honour of professor Pekka Taskinen 7-8.11.2017.

<sup>5</sup> [http://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351\(17\)30044-2](http://www.cell.com/joule/fulltext/S2542-4351(17)30044-2)

kierrätysprosessien kehittämistä. Suomessa on jo nykyisellään merkittävä litiumakkumetallien ja -kemikaalien tuotantokeskittymä, jonka tuotteiden jalostusarvoa voidaan edelleen kasvattaa ja jonka pohjalle olisi mahdollista rakentaa ainutlaatuisia kierrätysprosesseja. Akkujen kiertotalous on yksi keskeisistä CloseLoop- projektin tutkimusaiheista.

## Toimenpide-ehdotukset

- Laaditaan teollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyönä kansallinen akku/energiavarastostrategia koko arvo- ja liiketoimintaketjussa hallituksen teollisuus- ja energiapolitiikan tueksi.
- Strategiatyön vetovastuu voidaan antaa Aalto yliopistolle, VTT:lle, Clic Innovation Oy:lle ja/tai Business Finlandille.
- Nostetaan kiertotalousperiaatteet em. strategian keihäänkärjeksi.
- Aktivoidaan kansalliset toimijat (virkamiehet, teollisuus, tutkimuslaitokset ja yliopistot) osallistumaan EU:n akkuteknologian tavoitteiden asetteluun ja kehityshankkeisiin.
- Selvitetään alan osaamis- ja koulutustarpeet koko arvoketjussa kaivostoiminnasta sovelluksiin ja kiertotalouteen.
- Vahvistetaan kotimaisia ja alueellisia arvoketjuja ja etsitään strategisia kumppanuuksia kriittisiksi havaittuihin kohtiin sekä kotimaassa että kansainvälisesti.
- Tuetaan kotimaisten akkumetalli- ja akkukemikaalivalmistajien yhteistyöhankkeita, jotka tähtäävät metallituotteiden jalostusasteen nostoon, esimerkiksi prekursorimateriaalien valmistamiseen tai akkumetallien kierrätykseen.
- Edistetään loppukäyttömärkinän kehittymistä tukemalla sähköiseen liikenteeseen ja älykkäisiin sähköverkkoihin liittyvää koetoimintaa ja tuotteiden käyttöönottoa vauhdittavia demonstraatiohankkeita.

### Kirjoittajat

Aalto yliopisto: Pertti Kauranen, Mari Lundström  
VTT: Päivi Kivikytö-Reponen  
Helsingin yliopisto: Minna Lammi

### Yhteystiedot

Aalto yliopisto: Projektipäällikkö TKT Pertti Kauranen [pertti.kauranen@aalto.fi](mailto:pertti.kauranen@aalto.fi)  
Puh. 050 4619088  
Professori Maarit Karppinen [maarit.karppinen@aalto.fi](mailto:maarit.karppinen@aalto.fi)  
Professori Mari Lundström [mari.lundstrom@aalto.fi](mailto:mari.lundstrom@aalto.fi)

VTT: Vice President Tarja Laitinen [tarja.laitinen@vtt.fi](mailto:tarja.laitinen@vtt.fi)  
Tiimipäällikkö Päivi Kivikytö-Reponen [paivi.kivikyto-reponen@vtt.fi](mailto:paivi.kivikyto-reponen@vtt.fi)  
Tiimipäällikkö Mikko Pihlatie [mikko.pihlatie@vtt.fi](mailto:mikko.pihlatie@vtt.fi)

## CloseLoop-projekti

Korkean jalostusarvon materiaalit suljetussa raaka-ainekierrossa (CloseLoop)

Hiilineutraaliin talouteen siirtyminen edellyttää raaka-aineiden kulutuksen pienentämistä koko yhteiskunnassa. Kiertotalouden mallien hyödyntäminen on yksi tapa siirryttäessä resurssien tarkempaan käyttöön. Nämä mallit ja uudet läpimurrot ovat erityisesti ICT-, energia-, liikenne- ja hyvinvointisektoreilla tarpeen, koska näiden alojen tulevaisuuden teknologiat pohjautuvat usein erittäin monimutkaisiin materiaaleihin.

Projektissa (CloseLoop) keskitytään korkean jalostusarvon teknologioiden materiaalikäyttöön ja niiden tekemiseen entistä tehokkaammiksi. Aalto-yliopiston, VTT:n ja Helsingin yliopiston Kuluttajatutkimuskeskuksen yhteisessä hankkeessa tutkitaan ratkaisukeskeisesti suljettujen materiaalikierrojen teknologioita, kiertotalouden uusia liiketoimintamalleja ja kuluttajien toimintaa muuttuvassa kiertotaloudessa. Haluamme tehdä korkean jalostusarvon teknologioiden kiertotalousosaamisesta yhden Suomen tulevaisuuden taloudellisista keihäänkärjistä. Tutkimushanke on osa Suomen akatemian ohjelmaa Ilmastoneutraali ja resurssiniukka Suomi. Hanketta rahoittaa [Strategisen tutkimuksen neuvosto](#) 3.6 miljoonalla eurolla vuosina 2016-19.

[www.closeloop.fi](http://www.closeloop.fi) <https://twitter.com/CloseLoopTeam> <https://www.facebook.com/CloseLoopTeam/>

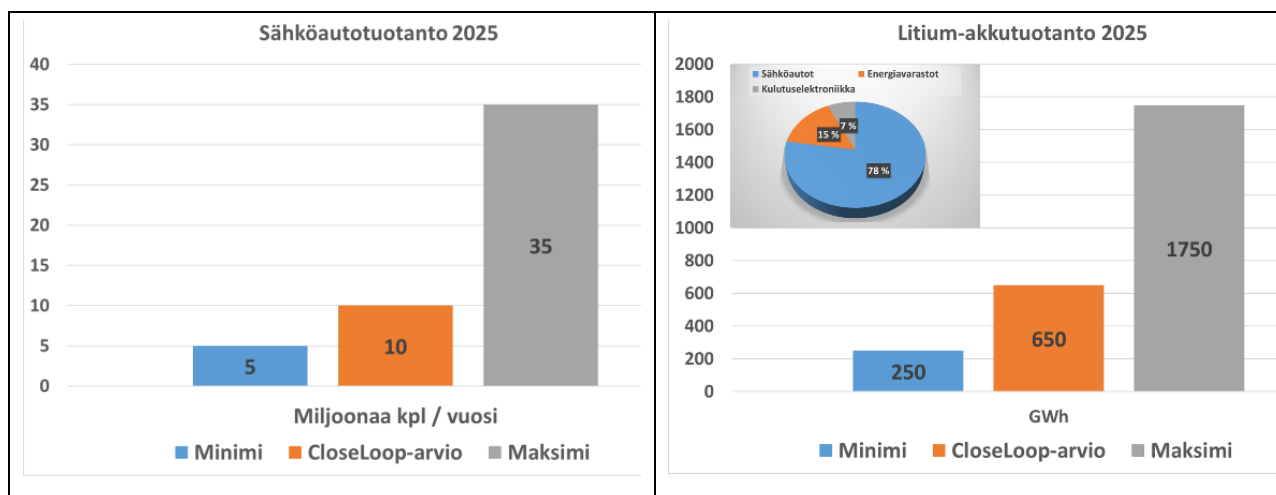
## Taustamuistio: Suomi litium-akkujen arvoketjuissa

### 1. Tausta

#### 1.1. Sähköautojen ja litium-akkujen markkinaennusteet

Akkujen tuotannon odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2020 ja viisinkertaistuvan vuoteen 2025 mennessä<sup>6,7</sup>. Vuoden 2025 arviot sähköautojen (täyssähköautot ja pistokehybridit) markkinaosuudesta vaihtelevat 5 ja 35 % välillä uusista autoista<sup>7</sup>. Jos tuolloin tuotetaan noin 100 miljoonaa autoa, vastaisi tämä 3-35 miljoonan sähköauton vuosituotantoa. CloseLoop-projektissa on arvioitu, että vuonna 2025 tuotettaisiin 10 miljoonaa sähköautoa, kuva 1 a. Jos sähköauton akuston keskimääräinen koko on 50 kWh, tarvittaisiin sähköautoihin 250 – 1750 GWh litium-akkuja vuodessa, mikä vastaisi 7 – 50 Teslan Gigafactoryn suuruisen akkutehtaan tuotantoa<sup>7,8</sup>.

Vaikka tuotantoon investoidaan voimakkaasti, on arvioitu, ettei akkujen tuotanto pysyisi autoteollisuuden kasvavan tarpeen vauhdissa. Myös kiinteät akkusähkövarastot uusiutuvan energian varastoinnissa ja älyverkkojen stabilointiin kasvattavat akkujen kysyntä. Sähköautojen lisäksi litium-akkuja tarvitaan kulutuselektronikassa (älypuhelimet, tabletit, tietokoneet, sähkötyökalut), uusiutuvan energian varastoinnissa ja älykkäiden sähköverkkojen stabiloinnissa. Kulutuselektronikan tarve tulee olemaan arviolta 50 GWh ja kiinteiden akkusovellusten 100 GWh vuodessa<sup>6,7</sup>. Nämä mukaan lukien CloseLoop-projektin kokonaisarvio litiumakkujen kysynnälle vuonna 2025 olisi 650 GWh, mikä vastaisi noin 20 gigatehdasta, Kuva 1 b.



Kuva 1. a) Sähköautojen ja b) litium-akkujen markkinaennusteita vuodelle 2025 vuodessa<sup>6,7</sup>.

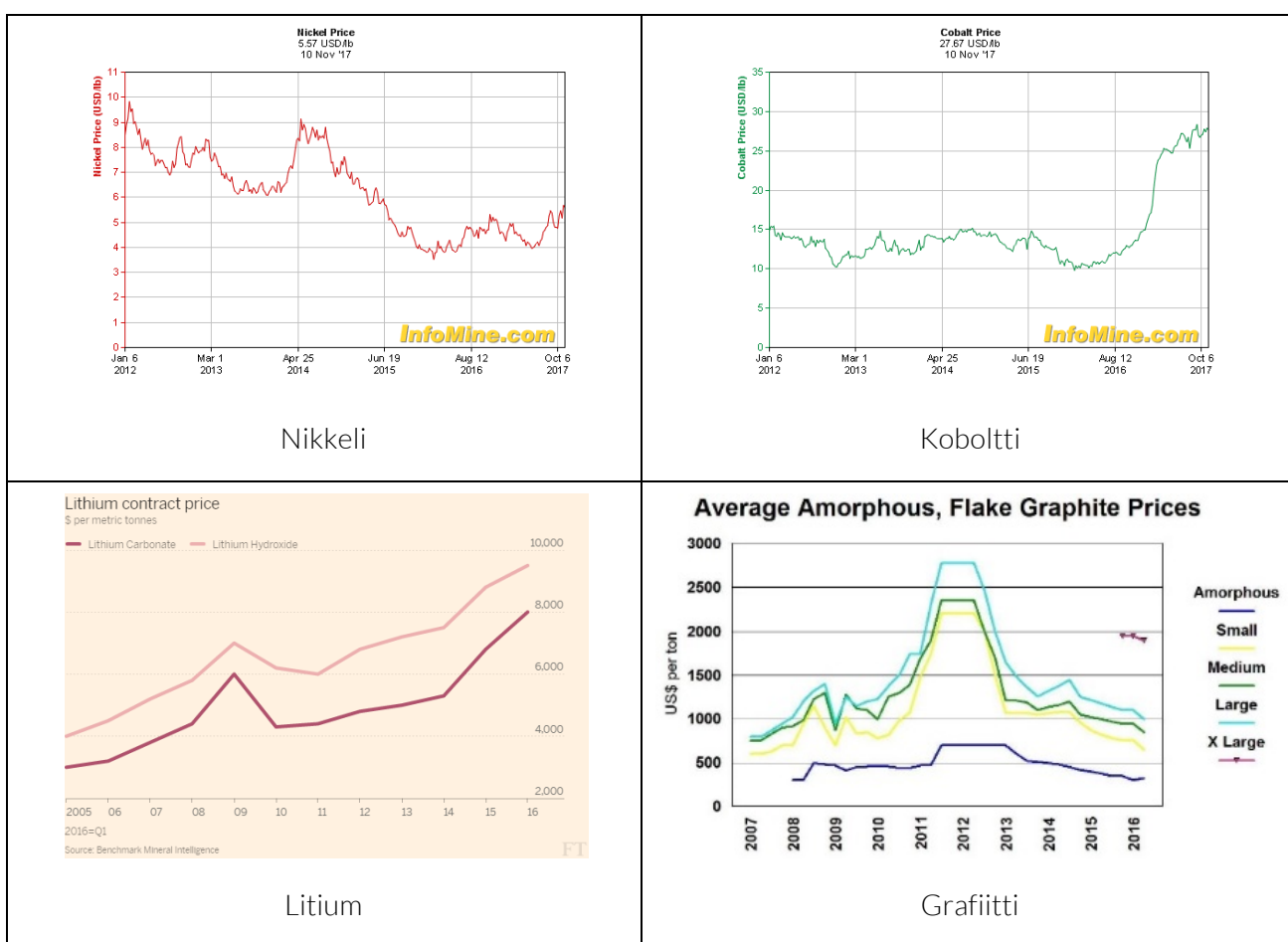
<sup>6</sup> <http://closeloop.fi/wp-content/uploads/2017/05/Li-raw-materials-20170517.pdf>

<sup>7</sup> <http://closeloop.fi/wp-content/uploads/2017/10/Raw-Materials-for-Li-ion-and-Redox-Flow-Batteries.pdf>

<sup>8</sup> [https://www.tesla.com/fi\\_FI/gigafactory?redirect=no](https://www.tesla.com/fi_FI/gigafactory?redirect=no)

## 1.2. Akkujen raaka-ainetarpeet ja niiden hintakehitys

Keskimääräisen sähköauton akustoon tarvitaan nykyteknologialla (NMC: nikkeli-mangaani-koboltti-katodi ja grafiittianodi)<sup>9</sup> 8 kg litiumia, 10 kg nikkeliä, mangaani ja kobolttia kutakin sekä 50 kg grafiittia. 10 miljoonan sähköauton tarve olisi 80.000 tonnia litiumia, 100.000 tonnia nikkeliä, mangaania ja kobolttia sekä 500.000 tonnia grafiittia, mikä merkitsisi globaalín litium-tuotantotarpeen kolminkertaistumista sekä koboltti- ja grafiittitarpeen kaksinkertaistumista. Ennusteiden mukaan litium- ja grafiittituotantoa voidaan lisätä riittävän nopeasti, jos autoteollisuus on valmis investoimaan tuotantoketjuun ajoissa. Kobolttituotannon lisääminen on huomattavasti vaikeampaa, koska kobolttia tuotetaan pääasiassa kupari- ja nikkelituotannon sivutuotteena ja kaivostuotanto on keskittynyt poliittisesti epävakaiseen Kongoon<sup>7</sup>. Lyhyellä tähtäyksellä kaikista raaka-aineista voi tulla tilapäisesti pulaa, mikä näkyy etenkin kobolttin ja litiumin hintakehityksessä, kuva 2.



Kuva 2. Nikkelin, kobolttin, litiumin ja grafiitin hintakehitys<sup>10,11,12</sup>. Kobolttin ja litiumin hinnat ovat nousseet kasvaneen kysynnän takia.

<sup>9</sup> <https://electrek.co/2016/11/01/breakdown-raw-materials-tesla-batteries-possible-bottleneck/>

<sup>10</sup> <http://www.infomine.com/investment/metal-prices/>

<sup>11</sup> <https://www.energyandcapital.com/articles/lithium-outlook-2017/5455>

<sup>12</sup> <http://www.playstocks.net/index.php/play-home-articles/graphite-graphene>

## Kiinan rooli litium-akku- ja sähköautoteollisuudessa

Kiinalla on merkittävä asema sähköautojen markkinoilla sekä niiden ja litium-akkujen tuotannossa. Lisäksi Kiina hallitsee useiden akkumateriaalien ja niiden jalostuksen markkinoita. Vaikka Kiinalla on merkittävät varannot vain luonnongrafiitin osalta, on se aktiivisesti sijoittanut kaivostoimintaan maailmalla, mm. kobolttikaivoksiin Kongossa ja litiumkaivoksiin Australiassa. Yksi maailman suurimmista litium-akkujen tuottajista, kiinalainen CATL, on sijoittanut Valmet Automotiveen ja Kiinan suurin koboltin jalostaja China Molybdenum yritti ostaa enemmistön Freeport Coboltin Kokkolan jalostamosta keväällä 2017. Kiinan hallitseva markkina-asema etenkin koboltin ja grafiitin arvoketjuissa herättää huolta mm. Euroopan Unionissa. Kiinan roolia on esitetty Taulukossa 1.

**Taulukko 1. Kiinan asema sähköautojen ja litium-akkujen arvoketjussa<sup>13,14,15</sup>.**

Tuote / palvelu	Kiinan osuus maailmanmarkkinoista
Sähköautot	45%
Sähköbussit	yli 90 %
Litium-akut	50 %
Anodimateriaalit	75 %
Katodimateriaalit	63 %
Elektrolyyttiliuokset	75 %
Erotinkalvot	45 %
Litiumin (kaivos)tuotanto	7 %
Nikkelin tuotanto	4 %
Koboltin tuotanto	6 %
Mangaanin tuotanto	19 %
Kuparin tuotanto	9 %
Alumiinin tuotanto	54 %
Luonnongrafiitin tuotanto	65 %
Koboltin jalostus	50 %

### 1.3. Akkutuotannon ympäristökysymykset ja akkujen kierrätys

60 % maailman koboltin tuotannosta on poliittisesti epävakassa Kongossa. Amnestyn arvion mukaan 20 % tästä tuotannosta on osin laitonta pientuotantoa, jossa käytetään myös lapsityövoimaa<sup>16</sup>. Unicefin arvion mukaan koboltin pientuotannossa työskentelee 40.000 lasta. Matkapuhelimien ja tietokoneiden tuottajat eivät ole raportoineet kattavasti käyttämänsä koboltin alkuperää. Sähköautoteollisuuden ympäristöimagolle tuotantoketjujen läpinäkyvyydellä on suurempi merkitys<sup>17</sup>.

<sup>13</sup> <https://cleantechnica.com/2017/09/20/china-75-electrolyte-solution-market-75-anode-materials-market-key-lithium-ion-battery-components/>

<sup>14</sup> <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/>

<sup>15</sup> <http://www.ev-volumes.com/news/global-plug-in-sales-for-2016/>

<sup>16</sup> <https://www.amnesty.org/en/documents/afr62/3183/2016/en/>

<sup>17</sup> <https://www.reuters.com/article/us-autos-minerals/automakers-pledge-ethical-minerals-sourcing-for-electric-cars-idUSKBN1DT1SK?il=0>

Litiumin tuotannosta puolet tulee Chilen ja Argentiinan rajaseutujen suolajärvistä. Litiumpitoisen veden pumppaamisen ja veden haihduttamisen pelätään vaarantavan paikalliset pohjavesivarat<sup>18</sup>. Kiinassa grafiittikaivokset ovat aiheuttaneet laajoja ympäristöhaittoja<sup>19</sup>. Suomessa sekä Talvivaaran kaivoksella<sup>20</sup> että Harjavallan nikkelitehtaalla<sup>21</sup> on ollut haitallisia ympäristövaikutuksia suola- ja metallipäästöinä paikallisiin vesistöihin.

Elektroniikkakäytöstä poistettujen akkujen kierrätys ei ole saavuttanut EU:n asettamaa 45 %:n tavoitetta, vaikka kierrätysakkujen metallipitoisuudet olisivat huomattavasti korkeammat kuin kaivoksissa louhittavien malmien<sup>22</sup>. Nykyisissä kierrätysprosesseissa saadaan nikkeli, koboltti ja kupari talteen, mutta litiumin kierrätys ei ole vielä taloudellisesti kannattavaa.

Hylättyjen litium-akkujen kierrätyspotentiaali olisi arviolta 25 miljardia kappaletta<sup>22</sup>, ja niissä olisi kobolttia joitakin satoja tonneja eli usean vuoden globaalin kobolttituotannon verran.

#### 1.4. Akkujen kehitystrendejä

Litium-akku tai litium-ioniakku on yleisnimitys usealle eri akkutyypille, joille yhteistä on se, että litiumionit kuljettavat varausta akun positiivisen (=katodi) ja negatiivisen (=anodi) navan välillä<sup>6</sup>. Yleisimmin käytetty anodimateriaali on grafiitti. Elektroniikkatuotteissa on käytetty katodimateriaalina litiumkobolttioksidia (LCO), joka on kuitenkin kallis ja käyttöturvallisuuden kannalta kriittinen suuremmissa sovelluksissa. Autoteollisuudessa on käytetty sekaoksia litium-nikkeli-mangaani-koboltti (NMC), litium-mangaani (LMO) ja litium-nikkeli-koboltti-alumiini (NCA) sekä alhaisemman suorituskyvyn litium-rautafosfaattia (LPF). Vaihtoehtoisena anodimateriaalina on käytetty litium-titanaattia (LTO), joka soveltuu suurta tehoa ja pitkää käyttöikää vaativiin sovelluksiin muttei suurta kapasiteettia vaativiin täyssähköautoihin. Sähköautoteollisuus on siirtymässä LPF- ja LMO-katodeista kobolttipitoisiin NMC- ja NCA-katodeihin, jotka ovat suorituskykyisempiä täyssähköautoissa. Toisaalta pyrkimyksenä on kasvattaa nikkelipitoisuutta NMC-katodeissa mangaanin ja kobolttin kustannuksella (nykyään 33 % Ni, tulevaisuudessa 60-80 % Ni). Akun suorituskykyä pyritään parantamaan seostamalla piitä anodimateriaaliin ja nostamalla katodin jännitettä. Keskipitkällä aikavälillä nykyiset orgaanisiin liuottimiin perustuvat, paloherkät elektrolyytit pyritään korvaamaan keraamisilla elektrolyyteillä. Esim. Toyota aikoo tuoda täyssähköautot markkinoille vasta, kun keraamielektrolyyttiin perustuvat ratkaisut ovat riittävän pitkällä.

<sup>18</sup> <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/tossed-aside-in-the-lithium-rush/>

<sup>19</sup> <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/graphite-mining-pollution-in-china/>

<sup>20</sup> [http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnettomuudet/2012/k2wFN7MMJ/Y2012-03\\_Tutkintaselostus.pdf](http://www.turvallisuustutkinta.fi/material/attachments/otkes/tutkintaselostukset/fi/muutonnettomuudet/2012/k2wFN7MMJ/Y2012-03_Tutkintaselostus.pdf)

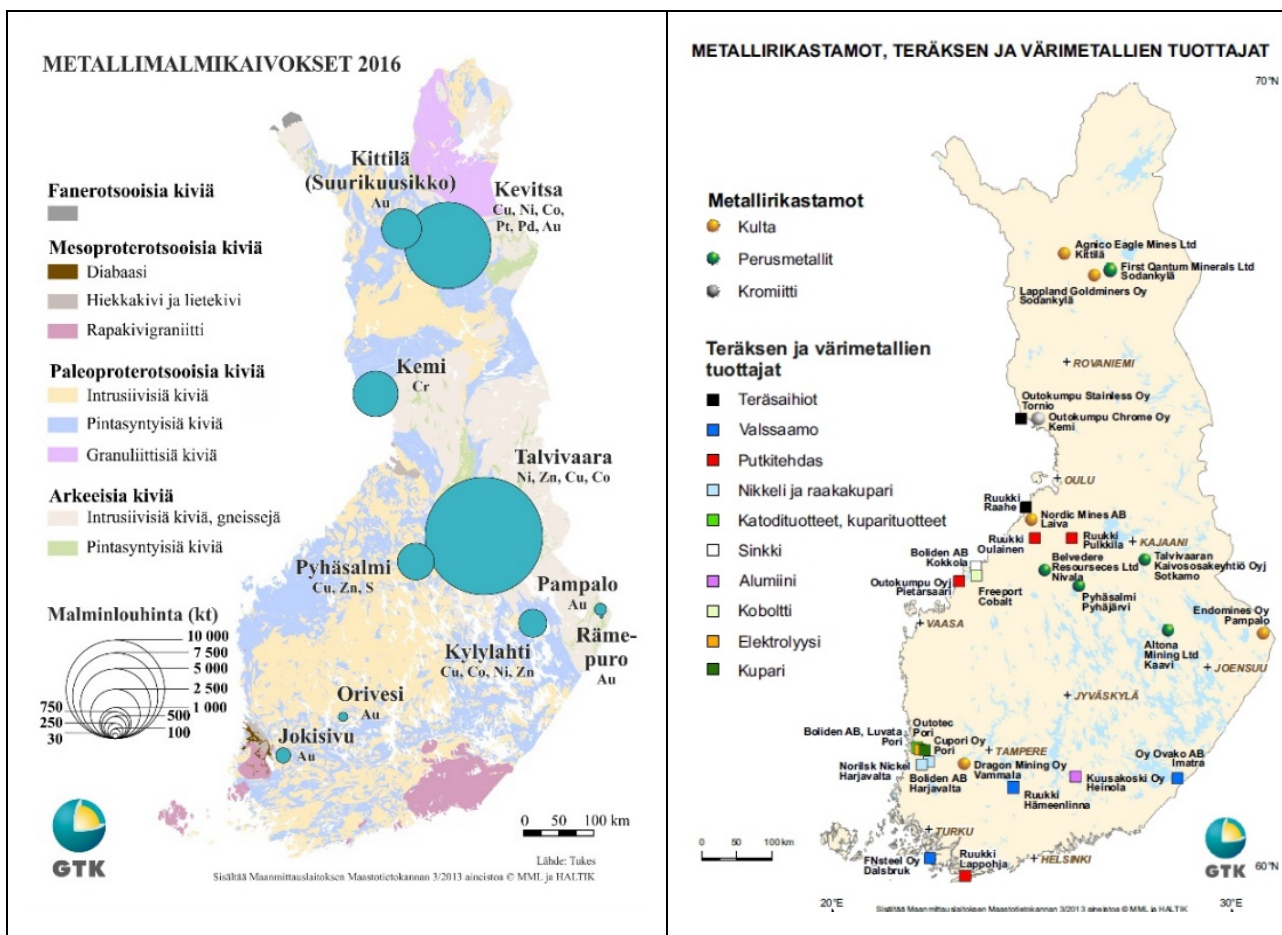
<sup>21</sup> [http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kokemaenjoen-nikkelipaasto;jsessionid=138C6B207A83D390FF3746BBD6638812?p\\_p.id=122\\_INSTANCE\\_aluevalinta&p\\_p.lifecycle=0&p\\_p.state=normal&p\\_p.mode=view&r.p.564233524.resetCur=true&r.p.564233524.categoryId=14406#.Wi5BE3lx2Uk](http://www.ely-keskus.fi/web/ely/kokemaenjoen-nikkelipaasto;jsessionid=138C6B207A83D390FF3746BBD6638812?p_p.id=122_INSTANCE_aluevalinta&p_p.lifecycle=0&p_p.state=normal&p_p.mode=view&r.p.564233524.resetCur=true&r.p.564233524.categoryId=14406#.Wi5BE3lx2Uk)

<sup>22</sup> [http://closeloop.fi/wp-content/uploads/2017/10/ReKokkola2017\\_Lundstr%C3%B6m.pdf](http://closeloop.fi/wp-content/uploads/2017/10/ReKokkola2017_Lundstr%C3%B6m.pdf)

## 2. Litium-akut ja Suomi

### 2.1. Akkumetallien tuotanto ja jalostus Suomessa

Suomi tuottaa merkittäviä määriä kuparia, nikkeliä ja kobolttia. Lisäksi maaperässä olevan litiumin ja luonnongrafiitin (=suomugrafiitti) hyödyntämistä selvitetään. Kuvassa 3 a on esitetty Suomen kaivosten tuotantoa ja kuvassa 3 b metallinjalostusta<sup>23,24</sup>. Taulukkoon 2 on koottu akkumateriaalien käyttö litium-akuissa sekä verrattu Suomen tuotantoa globaaliin tuotantoon. Akkuteollisuuden kannalta kriittiset raaka-aineet ovat koboltti, litium ja suomugrafiitti, koska näiden tuotannosta merkittävä osuus (20-50 %) kuuluu akkujen valmistukseen. Suomessa on merkittävä osuus maailman nikkelin (4 %) ja koboltin (11 %) jalostuksesta. Suomessa toimivista yrityksistä Freeport Cobalt ja Nornickel tuottavat akkukemikaaleja (=puolivalmisteita) akkumateriaalivalmistajille. Keliber ja Terrafame suunnittelevat akkukemikaalituotannon käynnistämistä.



Kuva 3. a) Suomen metallimalmikaivokset ja b) värimetallien tuottajat<sup>23</sup>

<sup>23</sup> [www.gtk.fi](http://www.gtk.fi)

<sup>24</sup> <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/metallimalmikaivokset/>



Taulukko 2. Akkumateriaalien merkitys Suomelle ja Suomen osuus globaalissa tuotannossa<sup>6,14,23,24</sup>. (kT: 1000 tonnia, M€: miljoonaa Euroa).

	Nikkeli	Koboltti	Kupari	Litium	Suomu- grafiitti	Man- gaani	Alu- miini
Käyttö litium- akussa	Katodi	Katodi	Virran- kerääjä- folio	Katodi, elektro- lyytti	Anodi	Katodi	Virran- kerääjä- folio
Globaali Tuotanto	2.250 kT	108 kT	20.000 kT	32 kT	375 kT	16.000 kT	57.600 kT
Akkuteollisuuden osuus kulutuksesta	3 %	42 %	< 1 %	35 %	22 %	1 %	< 1 %
Jalostus Suomessa	85 kT	12 kT	145 kT				
Suomen osuus tuotannosta	4 %	11 %	0,1 %				
Arvio Suomen varannoista	453 kT	33 kT	932 kT	13-17 kT	14 kT		
Suomen kaivokset	Kevitsa  Talvivaara  Kylahti	Kevitsa  Talvivaara  Kylahti	Kevitsa  Talvivaara  Pyhäsalmi  Kylahti	Kaustinen	Kiihtelys- vaara		
Jalostajat / hyödyntäjät	Nornickel  Boliden  Terrafame  Mondo Minerals	Freeport Cobalt  Norilsk Nickel	Boliden  Luvata  Cupori  Aurubis  Norilsk Nickel	Keliber	Fenno- scandian Resources		
Jalostusarvo Suomessa (2015)	100 M€	297 M€	208 M€				

## 2.2. Akkujen tuotanto ja käyttö

Akkutuotannossa on useita vaiheita alkaen elektrodien pinnoituksesta, yksittäisten kennojen, moduulien ja kokonaisten järjestelmien kokoonpanoon. Varkauteen vuonna 2010 perustettu European Batteries -akkutehdas, johon investoitiin arviolta 70 miljoonaa €, pyrki tekemään nämä kaikki tuotantovaiheet. Tehdas ajautui kolmessa vuodessa konkurssiin eikä tehtaan uusi venäläinen omistaja ole vielä saanut tuotantoa uudelleen käyntiin<sup>25</sup>. Tehdashankkeessa luotiin kuitenkin merkittävää akkujen tuotanto- ja sovellusosaamista Suomeen.

<sup>25</sup> <http://www.tekniikkatalous.fi/ttpaiva/varkauden-akkutehdas-yrittää- uudelleen-6242847>

Euroopan akkutehtaat ovat nykyään lähinnä aasialaisia kennoja käyttäviä moduulien ja järjestelmien suunnittelu- ja kokoonpanoyksiköitä. Esim. korealaiset SK Innovation ja Samsung ovat käynnistämässä moduulien kokoonpanoa Unkarissa ja Puolassa eurooppalaisen autoteollisuuden tarpeisiin. Suomessa Valmet Automotive on käynnistämässä akkumoduulien piensarjatuotantoa käyttäen kiinalaisen omistajansa CATL:n kennoja. Alkuvaiheen tuotantotavoitteeksi on ilmoitettu 1000 akkumoduulia vuodessa<sup>26</sup>.

Akkuja sähköisissä ja hybridivoimalinjoissa käyttäviä suomalaisyrityksiä ovat mm. Valmet Automotive, ABB, Wärtsilä, Visedo ja Linkker. Useat työkaluvalmistajat kehittävät täyssähköisiä koneita. Kalmar ja Avant ovat jo julkistaneet akkukäyttöisiä tuotteita. Fortum ja Wärtsilä tähyävät energiavarastoja hyödyntävillä hybridivoimaloilla etenkin Intian uusiutuvan energian markkinoille. Green Energy Finland on ilmoittanut kehittävänsä sähköautokäytöstä poistettujen akkujen uusiokäyttöä kiinteissä akkusovelluksissa.

### 2.3. Litium-akkuteollisuuden mahdollisuudet ja riskit Suomelle

Suomessa on jo merkittävää litiumakkukemikaalien tuotantoa (Freeport, Nornickel). Litium- ja grafiittimineraalien louhintaa selvitetään ja Terrafame suunnittelee nikkelin ja koboltin jatkojalostusta akkuteollisuuden tarpeisiin. Metallinjalostuksen arvo on luokkaa 500 M€ vuositasolla, Taulukko 2.

Vaasa sekä Kotkan ja Haminan alue ovat haitelleet suurimittaista akkutuotantoa alueelleen. Yhdysvaltalaisen Teslan 35 GWh Gigafactory-akkutehtaan investointikustannukseksi on ilmoitettu 5 M\$ ja ruotsalaisen Northvoltin 32 GWh tehtaan 4 M\$<sup>8,2</sup>. Teslan Gigafactoryn odotetaan työllistävän 6000 työntekijää, kun se on täydessä tuotannossa<sup>4,5</sup>. Tämän kokoluokan tehdas tarvitsisi nykyteknologialla toteutettuna 5.000 – 6.000 tonnia litiumia sekä 6.000 – 7.000 tonnia nikkeliä ja kobolttia vuodessa eli kaiken Keliberin tuottaman litiumin ja lähes kaiken Freeportin tuottaman koboltin. Tehtaan vuosituotannon arvo ennustetulla 100 \$/kWh hinnalla olisi 3,2 – 3,5 miljardia \$.

Northvolt on ehdottanut pohjoismaista yhteistyötä Skellefteån akkutehtaan raaka-ainetarpeen tyydyttämäksi<sup>3</sup>. Suomen näkökulmasta arvoketjun puuttuva lenkki on katodimateriaalien (esim. NMC) valmistus, joka nykyisin tehdään Kauko-Idässä mutta jota Northvolt haittelee Eurooppaan. Nornickel onkin jo sopinut nikkeli- ja kobolttipuolivalmistajien toimittamisesta saksalaiselle BASF:lle<sup>27</sup>.

Ottaen huomioon Kiinan määrätietoisesti harjoittaman teollisuuspolitiikan ja sen saavuttaman keskeisen aseman akkuteollisuudessa, merkittävää kiinalaista toimijaa voitaisiin pitää vähäriskisimpänä yhteistyökumppanina Suomeen haitelluissa akkutehdasinvestoinneissa. Mahdollisen tehtaan raaka-ainehuolto pitää joka tapauksessa olla varmistettu pitkäaikaisin sopimuksin.

<sup>26</sup> <https://yle.fi/uutiset/3-9604824>

<sup>27</sup> <https://www.basf.com/en/company/news-and-media/news-releases/2017/06/p-17-262.html>