

## Väitöstiedote

**Väitös 20.11.2020**

# Li-ioni- ja nikkelimetallihydridiakkujen hydrometallurginen käsittely

**Väitöskirjan nimi** Complexities of Hydrometallurgical Recycling of Spent NiMH and Li-ion Batteries

**Väitöskirjan sisältö** Ladattavien akkujen rooli maailman sähköistymisessä on kasvamassa, ja jo valtaosa määrä laitteita toimii erilaisia akkuteknologioita hyödyntäen. Kuluttajatuotteissa litium-ion ja nikkelimetallihydridiakut ovat yleisimmin käytetyt akut, ja sisältävät molemmat läjäpäin arvokkaita alkuaineita aina tutuista koboltista, nikkelistä ja litiumista (Li-ioniakut) harvinaisiin maametalleihin, kuten lantaaniin ja ceriumiin (NiMH-akut). Vaikka osittain akkujen metallit jo kiertävätkin, on kierrätyksessä puutteita johtuen tiettyjen alkuaineiden kierrätyksen haastavuudesta. Näiden alkuaineiden kierrätykseen kannattaa panostaa, sillä niiden saattaminen tuotteeksi on ollut pitkä ja kallis matka. Koska kierrätys on sellaisenaan iso tutkimuksenala, tässä väitöstyössä keskityttiin kierrätysprosessivaiheisiin jotka läheisesti liittyvät raaka-aineiden hydrometallurgiseen prosessointiin.

Tässä väitöstyössä tutkittiin erilaisin liuotus- ja saostusmenetelmin akkujen kierrätykseen liittyviä ilmiöitä. Metallien liukenemista tutkittiin sekä teollisesti kierrätetystä akkujätteestä että myös hyvin kontrolloiduin kokein puhtailla raaka-aineilla. Heterogeenisyyden ja epäpuhtauksien aiheuttamiin haasteisiin kiinnitettiin huomiota. Lisäksi tutkittiin, voisiko niin sanottuja epäpuhtauksia hyödyntää liuotusprosessissa tuottamalla ymmärrystä näiden vesikemiasta ja interaktiosta raaka-aineen kanssa. Tutkimustulosten perusteella Li-ioniakkujen aktiivimateriaalien liukenemista katalysoi rauta kuparin läsnäollessa, ja liuotus onnistui lähes huoneen lämpötilassa ilman tyypillisesti käytettyä vetyperoksidiliisää. NiMH-akkujen kohdalla löydettiin uusia huomioita epäpuhtauksista, joita voi siirtyä vesiliuokseen. Väitöstutkimukset tukevat ymmärrystä siitä, miten akkujen hydrometallurgista kierrätystutkimusta tulisi lähestyä, ja parantavat ymmärrystä ilmiöistä, joita akkujen hydrometallurgisessa kierrätyksessä voi tapahtua.

**Väitöskirjan ala** Hydrometallurgia

**Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot** Diplomi-insinööri Antti Porvali  
antti.porvali@vtt.fi

**Väitöksen ajankohta** 20.11.2020 klo 12

**Paikka** Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, Aluminium-sali, Vuorimiehentie 2, Espoo

**Vastaväittäjä(t)** Emeritusprofessori Markku Leskelä, Helsingin yliopisto, Suomi

**Valvoja** Apulaisprofessori Mari Lundström, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu

**Väitöskirjan verkko-osoite** <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51>

**Avainsanat** Litiumioniakut, nikkelimetallihydridiakut, kierrätys, liuotus, talteenotto, harvinaiset maametallit, epäpuhtaudet

Press release

Defence on 20 Nov. 2020

# Hydrometallurgical Recycling of Lithium-ion and Nickel-metal Hydride Batteries

**Title of the doctoral thesis** Complexities of Hydrometallurgical Recycling of Spent NiMH and Li-ion Batteries

**Content of the doctoral thesis** Secondary batteries have a significant role in electrification of the world. Already, billions of devices utilize batteries in a multitude of different applications. In products used by consumers, the most common rechargeable batteries are Li-ion and nickel metal hydride (NiMH) batteries which contain a high quantity of nickel, cobalt and lithium (Li-ion batteries) as well as rare earth elements such as lanthanum and cerium (NiMH). Although the metals in batteries are already somewhat being recirculated and recycled, there still exists challenges in achieving sustainable leaching and recovery processes for some of the valuable metals in these waste fractions. It is worthwhile to investigate the recycling of these metals, as the materials within the batteries have been hugely refined along the way from the Earth to a battery of a phone in energy intensive processes.

In this dissertation the phenomena associated with leaching and precipitation of elements from raw materials composed of recycled, mass-processed batteries was investigated. Phenomena associated with perceived impurities in leaching were observed. Dissolution of elements were investigated both with impure, mass-processed raw material stream as well as with synthetic reagents. One of the more significant result in this thesis was that the dissolved Fe will act as a catalyst for the cathode active material and Cu dissolution, allowing their extraction at low temperature without any hydrogen peroxide. In the case of NiMH batteries, new discoveries were made related to possible impurities originating from the batteries. All in all, these investigations help improve understanding of leaching and recovery of metals from these waste fractions, and how important it is to consider the influence of history of the raw material.

**Field of the doctoral thesis** Hydrometallurgy

**Doctoral candidate and contact information** M.Sc. (Tech.) Antti Porvali  
antti.porvali@vtt.fi

**Defence date and time** 20 November 2020 at 12

**Place of defence** Aalto University School of Chemical Engineering, Lecture hall Aluminium, Vuorimiehentie 2, Espoo

**Opponent(s)** Professor Emeritus Markku Leskelä, University of Helsinki, Finland

**Custos** Assistant Professor Mari Lundström, Aalto University School of Chemical Engineering

**Link to electronic thesis** <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51>

**Keywords** Lithium-ion batteries, Nickel-metal hydride batteries, recycling, leaching, recovery, rare earth elements, impurities