

## Väitöstiedote

**Väitös 09.10.2020**

# Syanidivapaan kullan liuotusprosessin kehitys

<b>Väitöskirjan nimi</b>	Development of chloride-based processing of free-milling and refractory gold ores and concentrates
<b>Väitöskirjan sisältö</b>	<p>Syanidiliuotus on hallinnut kullan hydrometallurgista talteenotto jo yli sadan vuoden ajan, huolimatta syanidin myrkyllisyydestä ja vaikeasti liukenevien lähtömateriaalien lisääntymisestä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on ollut kehittää vaihtoehtoinen syanidivapaa prosessi kullan liuottamiseksi sekä helposti käsiteltävistä että refraktorisista kultamalmeista ja -rikasteista.</p> <p>Vallitsevan käsityksen mukaan kullan liuottamiseen kloridiliuoksella vaadittaisiin korkeaa kloridipitoisuutta, korkeaa painetta ja lämpötilaa ja/tai voimakasta hapetusta (esim. kloorikaasu). Saatujen tulosten perusteella kulta voidaan kuitenkin liuottaa meriveden kloridipitoisuudella (noin 20 g/L), ja jopa tätä alhaisemmalla kloridipitoisuudella kupari(II) ja/tai rauta(III) läsnä ollessa. Jotta menetelmä toimisi, kulta tulee ottaa samanaikaisesti talteen liuotuksen aikana esim. aktiivihieleen, jotta kultaa ei hävitä takaisin lähtömateriaaliin kultakloridikompleksien heikon stabiilisuuden takia. Tutkimuksessa havaittiin myös että hyvin alhainen hapetinpitoisuus - 1.5 g/L rauta(III)pitoisuus ja 56 mg/L kupari(II)pitoisuus - riittivät liuottamaan kultaa, kun kloridipitoisuus oli 100 g/L. Tämä oli mahdollista, vaikka kupari ja rauta liukenivat itse lähtömateriaalista kokeen aikana, eikä niitä varsinaisesti lisätty kemikaaleina liuotukseen. Nämä tulokset muuttavat käsitystä kullan kloridiliuotuksen olosuhteista. Tulokset myös mahdollistavat aivan uudenlaisen kullan kloridiprosessin kehityksen.</p> <p>Aiemmin tutkimusta Aalto-yliopistossa aiheen parissa ovat tehneet Tohtorit Sipi Seisko ja Heini Elomaa. Tohtori Sipi Seisko on tutkinut väitöskirjassaan kullan kloridiliuotuksen mekanismia, kun taas Tohtori Heini Elomaa on väitöskirjassaan tutkinut erilaisten hydrometallurgisten kullan liuotusprosessien ympäristövaikutuksia.</p>
<b>Väitöskirjan ala</b>	
<b>Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot</b>	Diplomi-insinööri Riina Ahtiainen riina.ahtiainen@aalto.fi
<b>Väitöksen ajankohta</b>	9.10.2020 klo 15:00
<b>Paikka</b>	Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu, Kemian tekniikan ja metallurgian laitos, Sali Aluminium, Vuorimiehentie 2, Espoo
<b>Vastaväittäjä(t)</b>	Professori David Dreisinger, The University of British Columbia, Kanada
<b>Valvoja</b>	Apulaisprofessori Mari Lundström, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu
<b>Väitöskirjan verkko-osoite</b>	<a href="https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51">https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51</a>
<b>Avainsanat</b>	kulta, syanidivapaa liuotus, kloridiliuotus, merivesi, talteenotto hiilen, takaisinpelkistymien, kestäväkehitys, prosessimallinnus

Press release

Defence on 09 October 2020

## Cyanide-free gold leaching process development

**Title of the doctoral thesis** Development of chloride-based processing of free-milling and refractory gold ores and concentrates

**Content of the doctoral thesis** Cyanide leaching has been dominated gold hydrometallurgical recovery over 100 years despite of toxicity of cyanide and more complex raw materials. The aim of this investigation has been developed cyanide-free process option to recover gold free-milling and refractory gold ores and concentrates.

State-of-art knowledge, high chloride concentration, high pressure and temperature and/or strong oxidation (e.g., chlorine gas) is needed to dissolve gold by chloride leaching. Based on the results of this thesis, gold can be dissolved even with as low chloride concentration as in sea water 20 g/L, or even lower. This is enabled by simultaneous gold recovery by e.g., activated carbon, to avoiding gold losses back to the raw material due to relatively unstable nature of gold-chloride complex. The research revealed also that very low concentration of oxidant - iron(III) concentration 1.5 g/L and copper(II) concentration 56 mg/L - were enough to dissolve gold at chloride concentration of 100 g/L. This, although no chemical addition was conducted, but iron(III) and copper(II) dissolved from raw material itself during the test. These results provide notable incremental understanding of gold chloride leaching conditions. Additionally, the results create totally new horizons for the development of cyanide-free gold chloride processing.

Earlier, Doctor Sipi Seisko and Doctor Heini Elomaa conducted their doctoral research in the same research field. Doctor Sipi Seisko investigated mechanism of gold chloride leaching in his doctoral thesis whereas Doctor Heini Elomaa investigated the environmental impacts of various hydrometallurgical gold processes.

### Field of the doctoral thesis

**Doctoral candidate and contact information** M.Sc. (Tech.) Riina Ahtiainen  
riina.ahtiainen@aalto.fi

**Defence date and time** 09 October 2020 at 3 pm

**Place of defence** Aalto University School of Chemical Engineering, Department of Chemical and Metallurgical Engineering, lecture hall Aluminum, Vuorimiehentie 2, Espoo

**Opponent(s)** Professor David Dreisinger, The University of British Columbia, Canada

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

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

**Keywords** gold, cyanide-free leaching, chloride leaching, sea water, carbon-in-chloride-leaching, preg-robbing, sustainable, process modeling