



JÄTTEET HARVINAISTEN LUONNONVAROJEN LÄHTEENÄ

Ari Väisänen

8.5.2019



Sisältö

- Kriittisten materiaalien tuotanto
- Potentiaalisia raaka-ainelähteitä
- Raaka-aineiden talteenotto lietteestä
- 3D tulostetut metallisiepparit
- Metallien talteenotto elektroniikkajätteestä



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

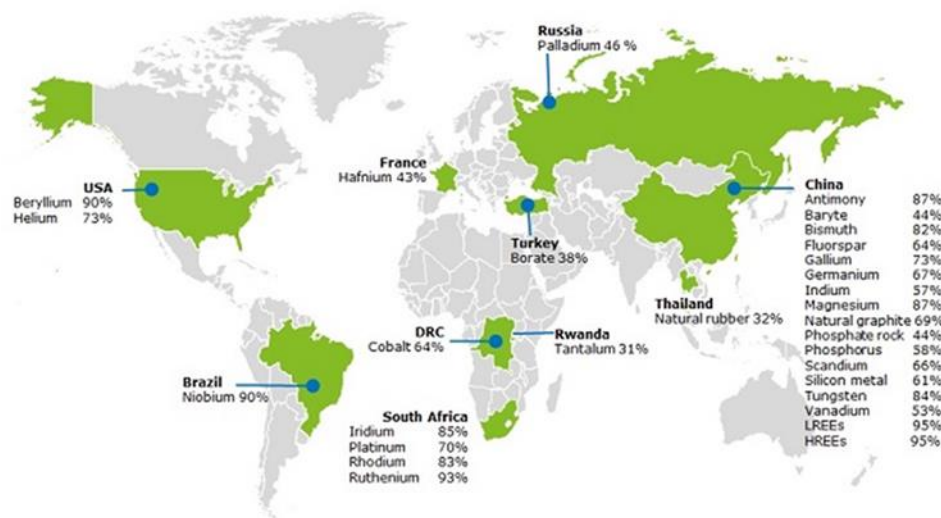
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Kriittisten materiaalien tuotanto

- Harvinaisten maametallien tuotanto 90%:sti Kiinan hallinnassa
- Palladiumin ja platinan tuotanto 85%:sti Etelä-Afrikassa ja Venäjällä



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

JRC:n raportin mukaan kierrätys ei vastaa kriittisten raaka-aineiden tarpeeseen EU:ssa

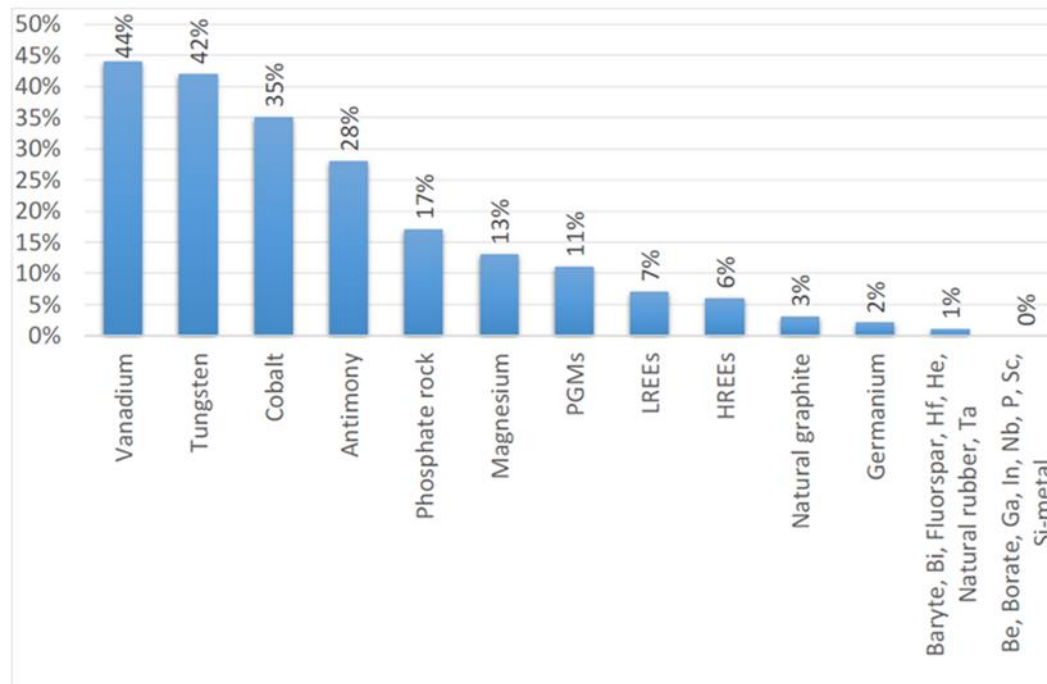


Figure 1. Current contribution of recycling to meet EU demand of CRMs: end-of-life recycling Input Rate (EOL-RIR). *Source:* JRC elaboration based on (Deloitte Sustainability, 2015) and (Deloitte Sustainability et al., 2017)).



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Rare earth metals (REMs)

Harvinaiset maametallit

Period	Group 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H 1.008																	He 4.003	
2	Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16	F 19	Ne 20.18	
3	Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95	
4	K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.67	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.39	Ga 69.72	Ge 72.59	As 74.92	Se 78.96	Br 79.9	Kr 83.8	
5	Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc (98)	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3	
6	Cs 132.9	Ba 137.3	La 138.9	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.9	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197	Hg 200.5	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209	Po (210)	At (210)	Rn (222)	
7	Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Rf (257)	Db (260)	Sg (263)	Bh (262)	Hs (265)	Mt (266)	Ds (271)	Rq (272)	Uub (285)	Uut (284)	Uuq (289)	Uup (288)	Uuh (292)	Uus 0	Uuo 0	
6				58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173	71 Lu 175		
7				90 Th 232	91 Pa (231)	92 U (238)	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (249)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)		

© Rare element resources



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

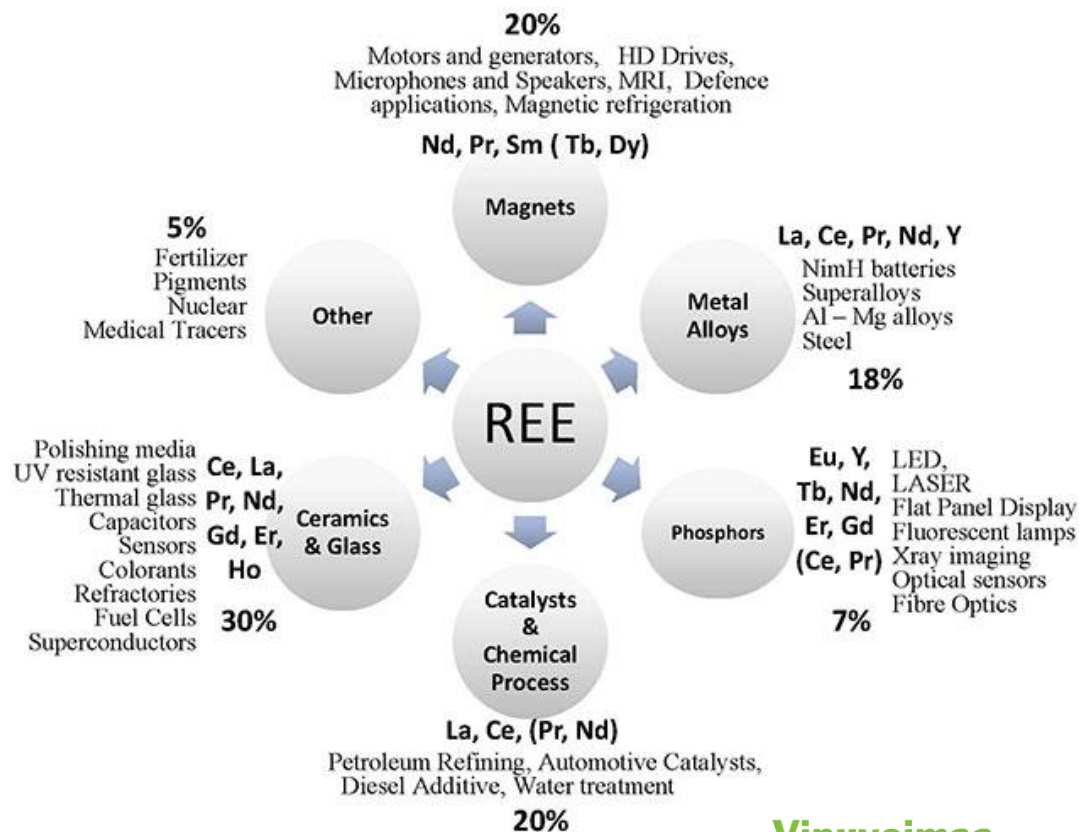
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Harvinaisten maametallien käyttö



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Potentiaalisia raaka-ainelähteitä

- Teollisuuden prosessi- ja jätevedet
- Lietteet, saostumat ja tuhkat
- Akut
- Jätevesiliete
- Sähkö- ja elektroniikkaromu



Fosfori kriittinen raaka-aine

- Euroopan komissio on listannut fosforin yhdeksi kriittisistä raaka-aineista
- Listauksessa on kiinnitetty huomiota raaka-aineiden korvattavuuteen, saatavuuteen ja taloudellisiin riskeihin
- EU on täysin riippuvainen tuontifosforista (92%)
- EU pyrkii aktiivisesti tukemaan fosforin talteenottoon liittyvää kehitystyötä ja projekteja

https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_fi



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Potentiaalisia fosforin lähteitä

- EU – Potentiaaliset jätemateriaalit:
 - lanta
 - jätevedet ja liete
 - eläinten sivutuotteet (luut yms.)
 - ruoka ja muu (vihreä) jäte (kompostoituna tai tuhkana)

<http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=13639&no=26>



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

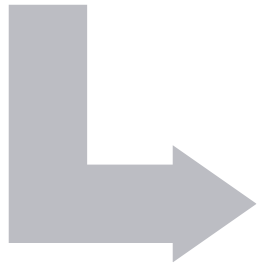


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Raaka-aineiden talteenotto lietteestä

Poltto

- Energia talteen
- Liette turvallisemmaksi



Liuotus

- Spesifisyys
- Miedot olosuhteet

JYU



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Talteenotto liuoksesta

Poltto

Liuotus

Talteenotto liuoksesta

- Fosfori
- Palladium ja Harvinaiset maametallit

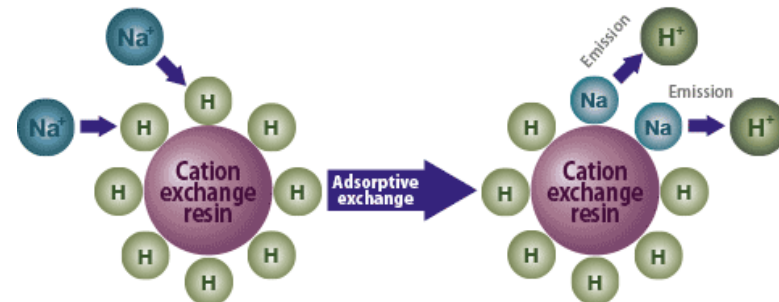


Figure 2 Ion exchange resins

Kuvat: www.astom-corp.jp, chemskills.com



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

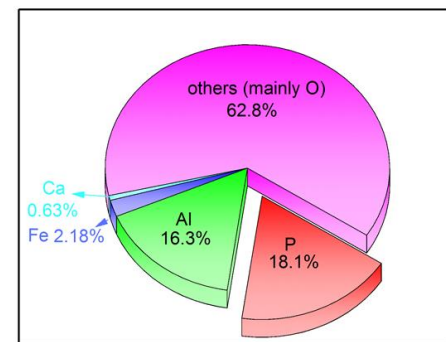


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Fosforin talteenotto prosessi



R. Budhathoki, A. Väisänen, Particle size based recovery of phosphorus from combined peat and wood fly ash for forest fertilization, *Fuel Processing Technology*, 146 (2016) 85-89.



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Jalometallien ja harvinaisten maametallien talteenotto

- Palladiumia on jätevesilietteessä sekä erityisesti elektroniikkajätteessä
- Harvinaisia maametalleja lietteessä, energiantuotannon tuhkissa sekä elektroniikkajätteessä
- Metallit saadaan talteen
 - neste-neste –uutolla
 - ioninvaihdolla
 - metallisieppareilla



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Metallisiepparit



- Tarkkaan määritellyn kemiallisen rakenteen avulla kykenevät sieppaamaan halutun metalli-ionin.
- Palladiumille 95% talteenottoaste lietteestä
- Palladium voidaan pestä materiaalista pois



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

3D tulostetut metallisiepparit

- Tehokas metallien talteenotto

Au Fe Zn Pb U Hg Sn Sc Pd Pt REEs

- Hyvä selektiivisyys
- Tehokas pienten pitoisuuksien talteenotossa
- Talteenottoaste jopa 95 – 100%
- Suodatinyksiköt voidaan yhdistää
- Orgaanisille yhdisteille omat materiaalit



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Metallien talteenotto elektroniikkajätteestä

Alkuaine	Pitoisuus mg/kg
Alumiini	27000 ± 600
Hopea	1200 ± 400
Kromi	3300 ± 100
Kulta	460 ± 20
Kupari	310000 ± 2000
Lyijy	4700 ± 300
Nikkeli	8200 ± 300
Palladium	93 ± 1
Platina	24 ± 2
Rauta	66000 ± 5000
Sinkki	15000 ± 500
Tina	16000 ± 2000

- Pirilevyissä kulta on arvokkain metalli
- Kuparia on yleensä noin 16-20%
- Palladium ja hopea tuovat lisäarvoa talteenotto-prosessiin



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

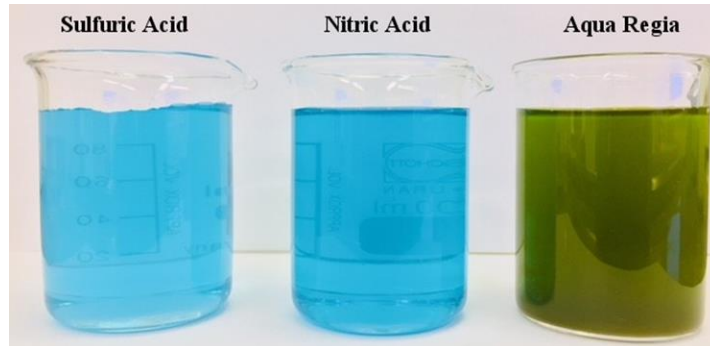
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Metallien liuotus

- Kupari saadaan liuotettua tehokkaasti rikkihapolla
- Hopean ja palladiumin liuotus onnistuu typpihappoa sisältävillä liuoksilla
- Kulta saadaan liukenemaan kuningasvedellä tai tioureaa sisältävillä liuoksilla



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

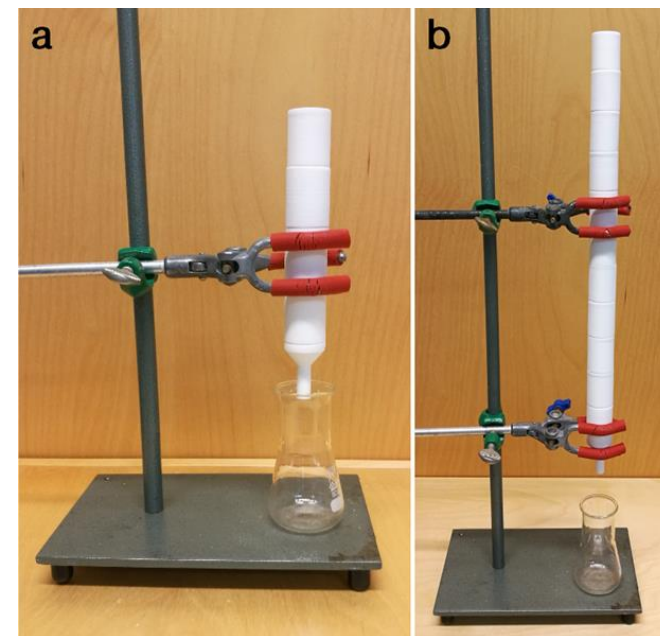
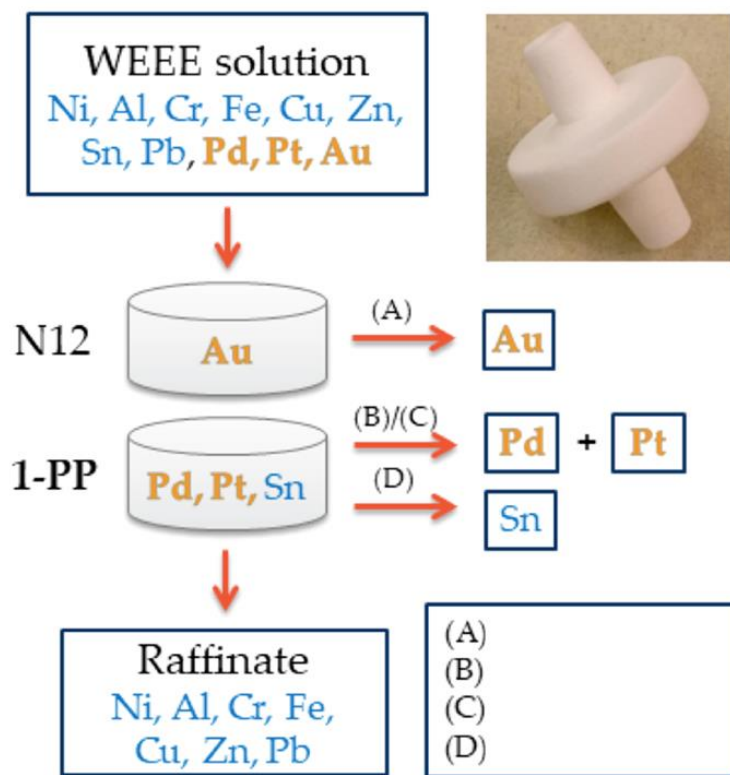
3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Metallien poisto kuningasvedestä



Kullan talteenotto 3D siepparilla



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

3 May 2019

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Aihepiirin julkaisuja

1. Lahtinen, E., Hänninen, M.M., Kinnunen, K., Tuononen, H.M., Väisänen, A., Rissanen, K. and Haukka, M., Porous 3D printed scavenger filters for selective recovery of precious metals from electronic waste, *Advanced Sustainable Systems*, 2018, 1-5.
2. Budhathoki, R., Väisänen, A. and Lahtinen, M., Selective recovery of phosphorus as AlPO_4 from silicon-free CFB-derived fly ash leachate, *Hydrometallurgy*, 2018, **178**, 30-36.
3. Lahtinen, E., Kivijärvi, L., Rajendhraprasad, T., Väisänen, A., Rissanen, K. and Haukka, M., Selective recovery of gold from electronic waste using 3D-printed scavenger, *ACS Omega*, 2017, **2**, 7299-7304.



KESKI-SUOMEN LIITTO

Regional Council of Central Finland

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto