

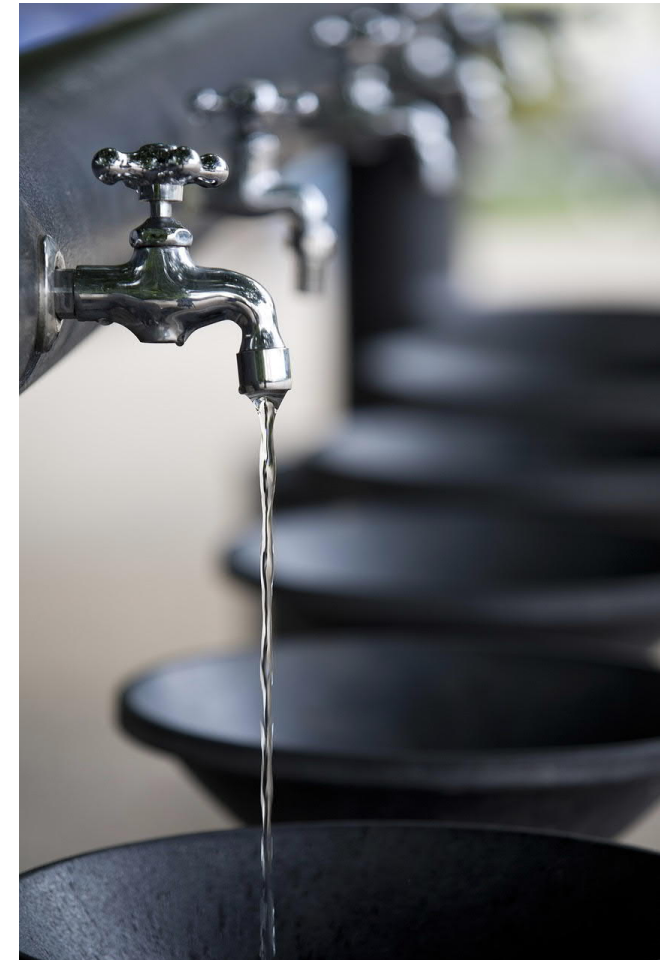
 Finnish Lakeland Forum 17.9.2024

3D-tulostettujen erotusmateriaalien käyttö arvoaineiden talteenottoon jätevesistä

Professori Eveliina Repo
LUT Erotustekniikka
eveliina.repo@lut.fi

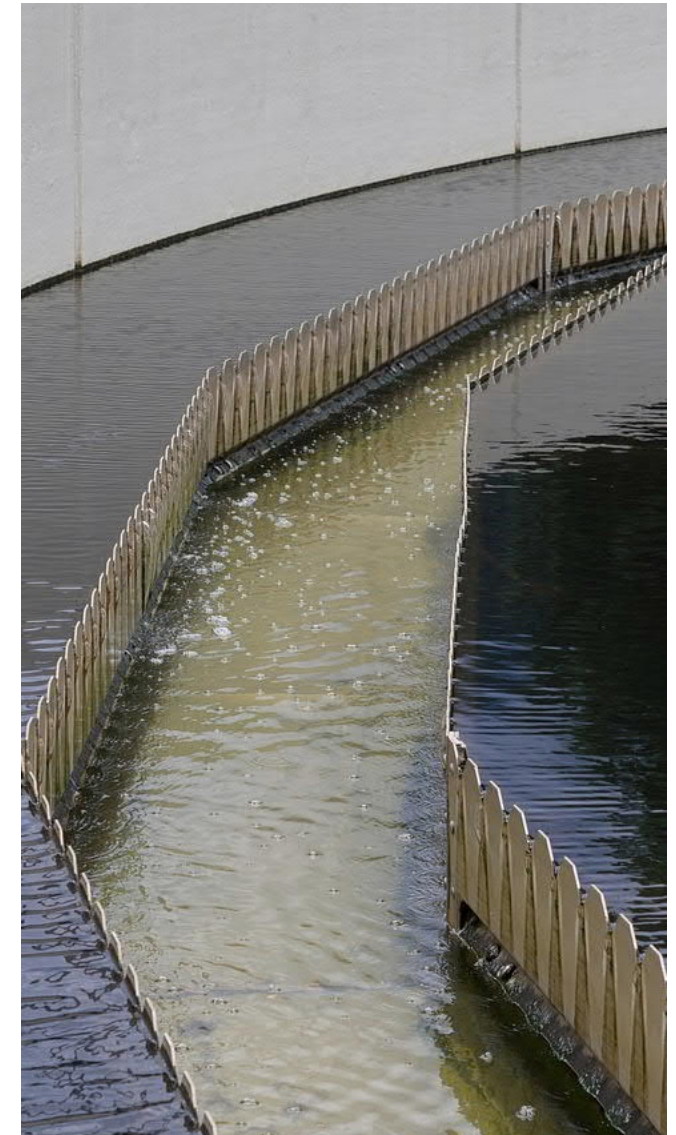
Jätevesi raaka-aineena

- » Vesipulasta kärsivissä maissa elää 2,3 miljardia ihmistä
- » Silti maailmassa syntyy vuosittain 380 miljardia m³ yhdyskuntajätevettä
- » Jätevesi voidaan nähdä ongelmana, mutta myös mahdollisuutena.
- » Jätevesi on arvokas ja kestävä veden, energian ja ravinteiden lähde.
- » Jätevedenpuhdistamot voivat tuottaa puhdasta vettä, ottaa ravinteita talteen ja vähentää hiilidioksidipäästöjä uusiutuvan energian tuotannon ja käytön avulla.

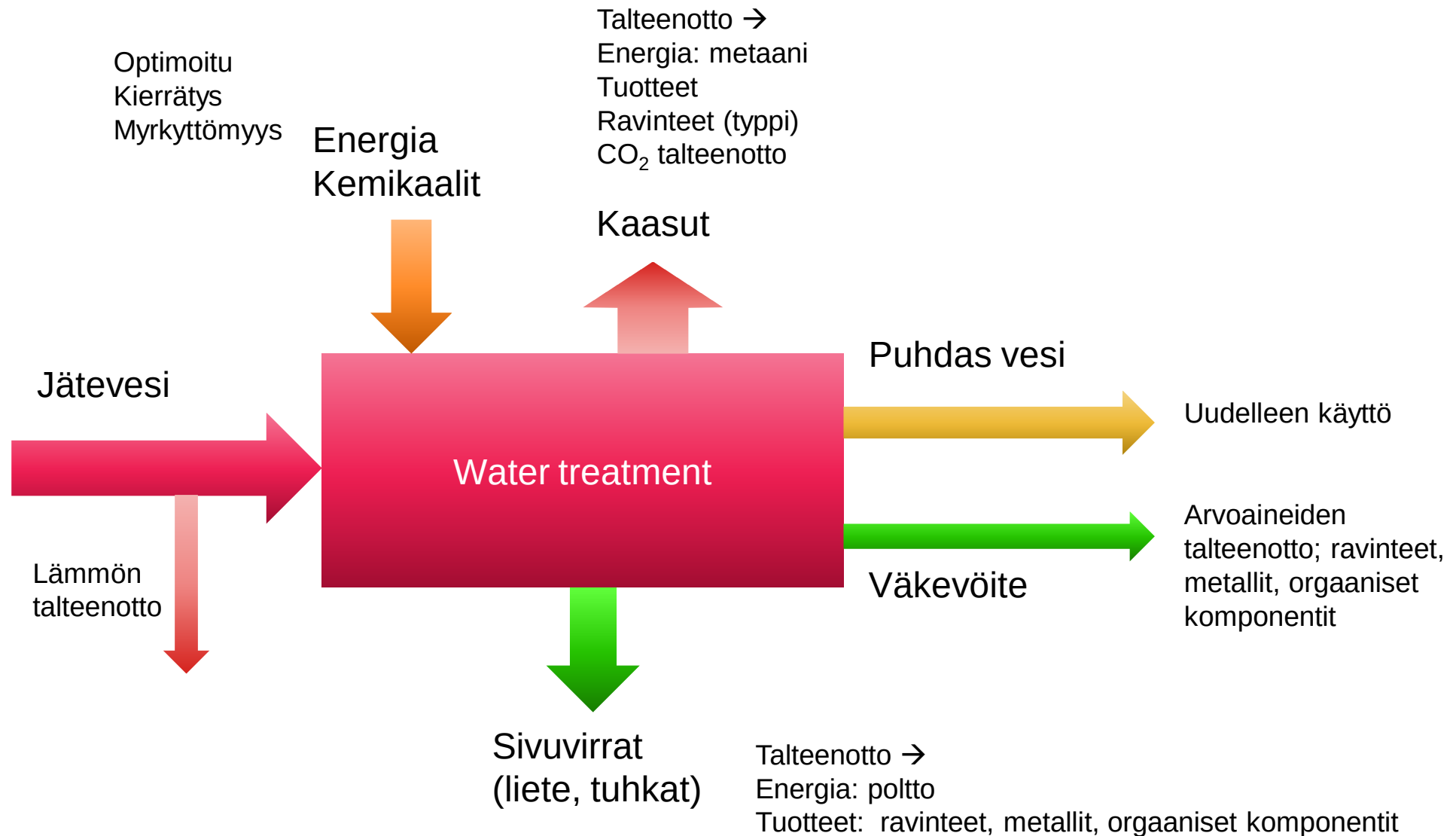


Jätevesi raaka-aineena

- » Tällä hetkellä yli 80 % kaikesta maailmassa tuotetusta jätevedestä päästetään ympäristöön ilman asianmukaista käsittelyä.
- » UN Water:n mukaan korkean tulotason maat käsittelevät keskimäärin noin 70 % tuottamastaan jätevedestä.
- » Ylemmän keskitulotason maissa vastaava luku on 38 % ja alemman keskitulotason maissa 28 %.
- » Alhaisen tulotason maissa vain 8 % tuotetusta jätevedestä käsitellään millään tavalla.



Optimoitu jäteveden käsittely



Jätevesien arvoaineet talteen

» Fosfori on yksi kriittisistä raaka-aineista

- Pelkästään kierrättämällä maailman kunnalliset jätevedet voisimme täyttää 22 % maailman fosforitarpeesta → lisäksi fosforia löytyy maatalouden, elintarviketeollisuuden, metsäteollisuuden ja kaivosteollisuuden jätevesistä

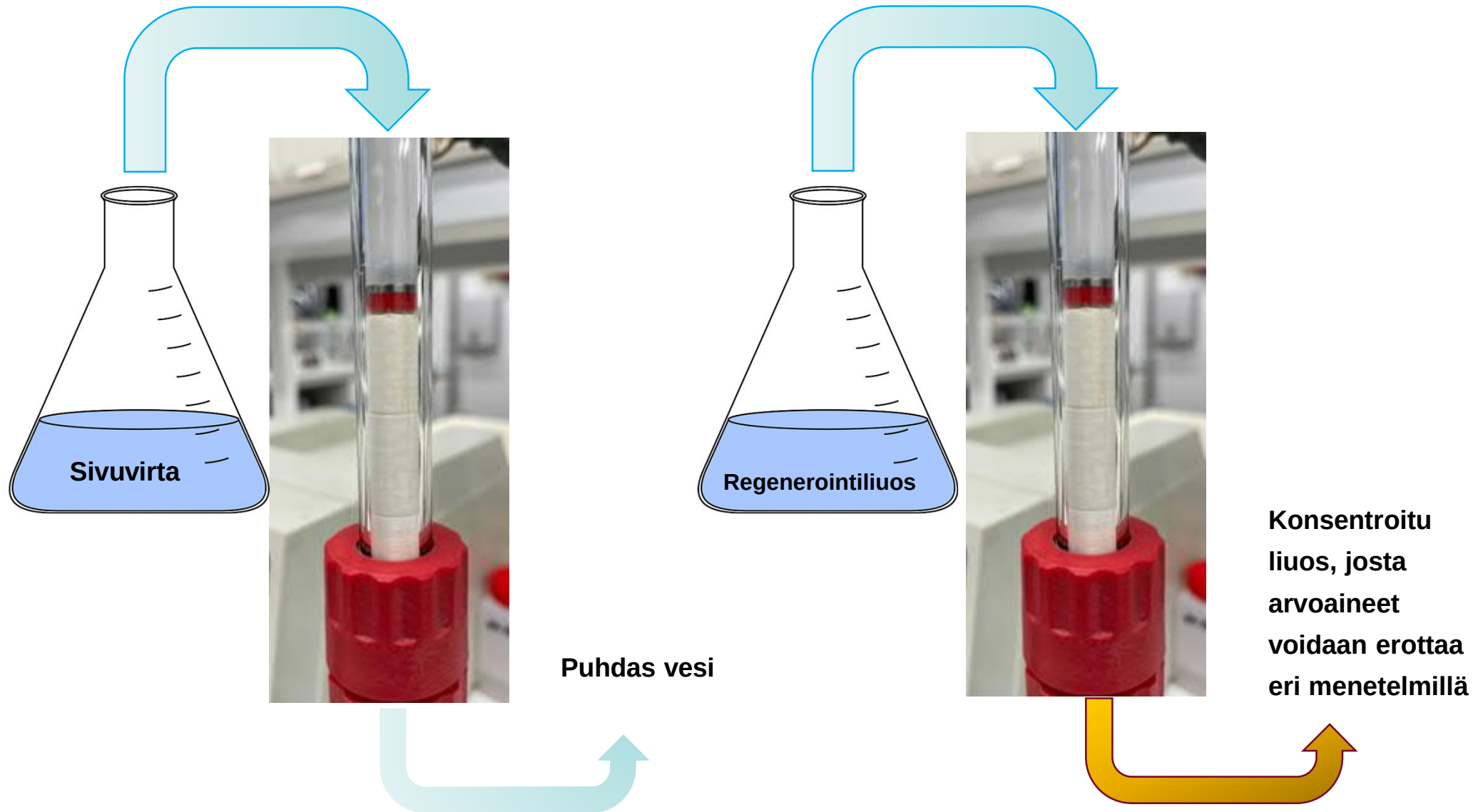
» Metalleista kriittisiä ovat mm. harvinaiset maametallit, koboltti ja platinaryhmän metallit

- Suurempia pitoisuuksia etenkin metalli- ja kaivosteollisuuden sivuvirroissa, mutta myös metsäteollisuuden ja kunnallisissa jätevesissä
- Käsittelyn yhteydessä metallit siirtyvät usein lietteeseen ja sitä kautta jäävät hyödyntämättä (ellei erotella lietteestä tai lietteen polton tuhista)
- Miljoonan asukkaan kaupungin vuosittain tuottamassa lietteessä on jopa 13 miljoonan dollarin arvosta metalleja, mukaan lukien 2,6 miljoonan dollarin arvosta kultaa ja hopeaa (Arizonan yliopiston tutkimus)
- Metsäteollisuuden tuhkat sisältävät enemmän harvinaisia maametalleja verrattuna keskimääräiseen raakamalmien pitoisuuteen

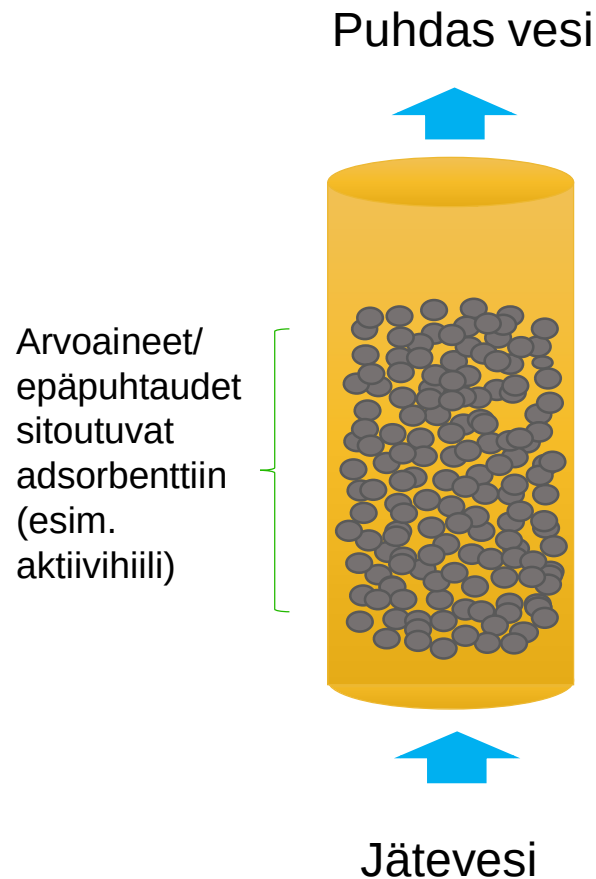
» Merivesien suolanpoiston väkevöitteet (brines) sisältävät perussuolojen lisäksi mm. litiumia, booria ja indiumia



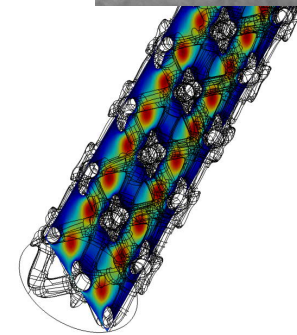
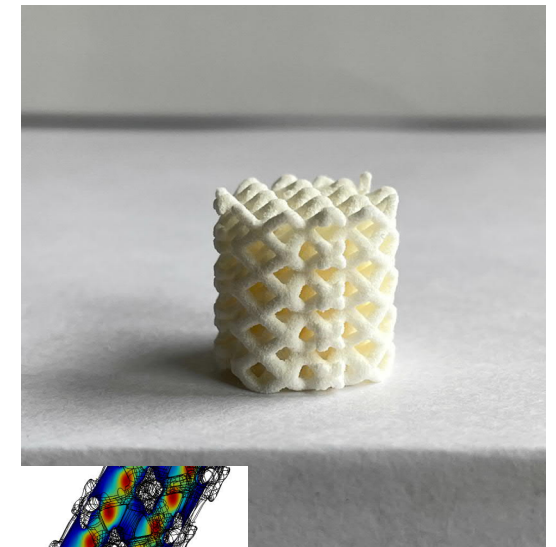
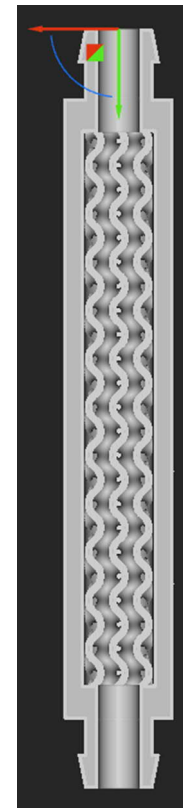
Yhden kännykän valmistamiseen tarvitaan 10-15 kg raakamalmia tai 90 kg lietettä



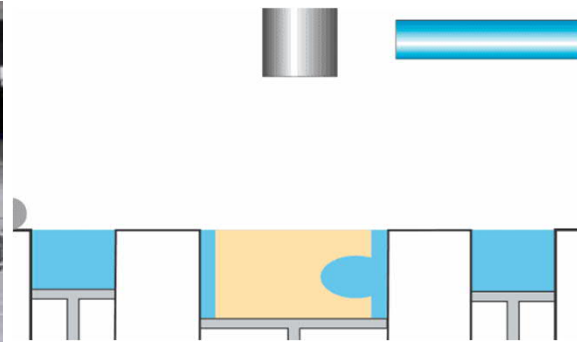
Mihin 3D-tulostusta tarvitaan?



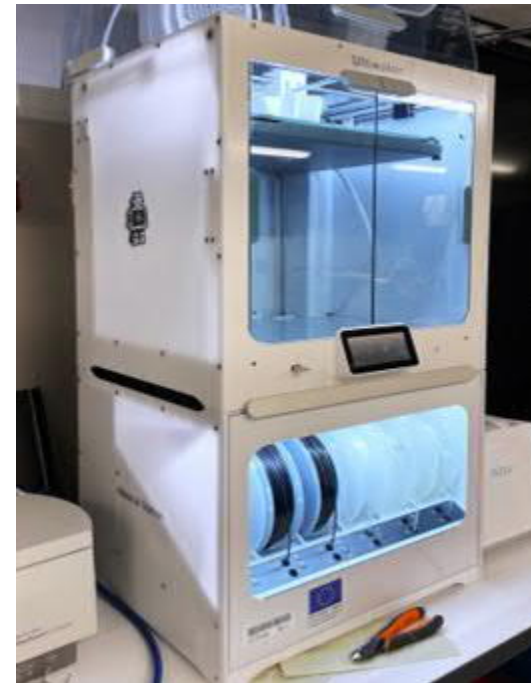
- Huokoisuus ja geometria voidaan optimoida
- Nestekanavat ja reiät voidaan kohdistaa nesteen virtaukseen, kun turbulenssi vähenee, painehäviö pienenee ja pumppaamiseen tarvitaan vähemmän energiaa.
- Tällaisia rakenteita on mahdollista valmistaa vain 3D-tulostuksella (lisävä valmistus).



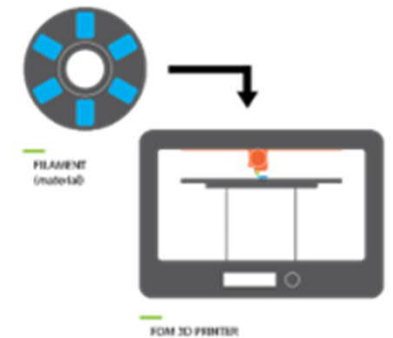
Esimerkkejä tulostusmenetelmistä



The printing polymer can be mixed with ion exchange resin, activated carbon or other adsorption material to obtain a 3-dimensional porous filter structure that binds metals, anions, or organic substances.



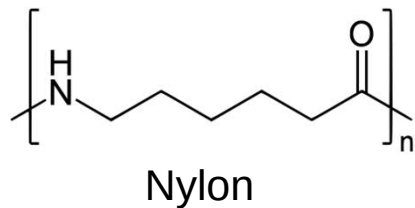
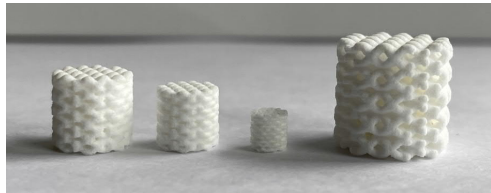
The filament can be made from the polymer and active material, or the printed structure can be coated with suitable functionalities.



TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Kullan talteenotto

Tulostetaan nylonista
SLS-tulostimella



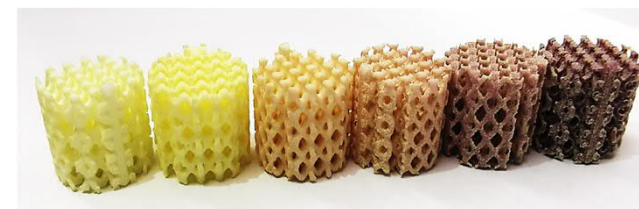
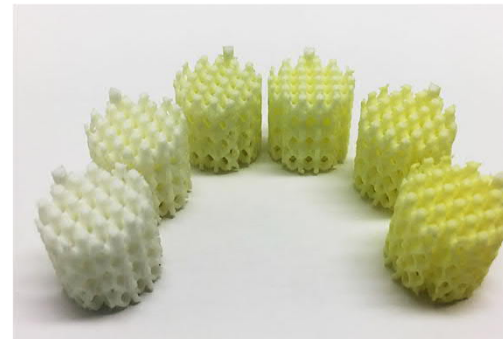
Testiliuos (pH 3)

Co 2.9 ppm
Au 7.3 ppm
La 36 ppm
Pt 6.7 ppm
Pd 6.0 ppm

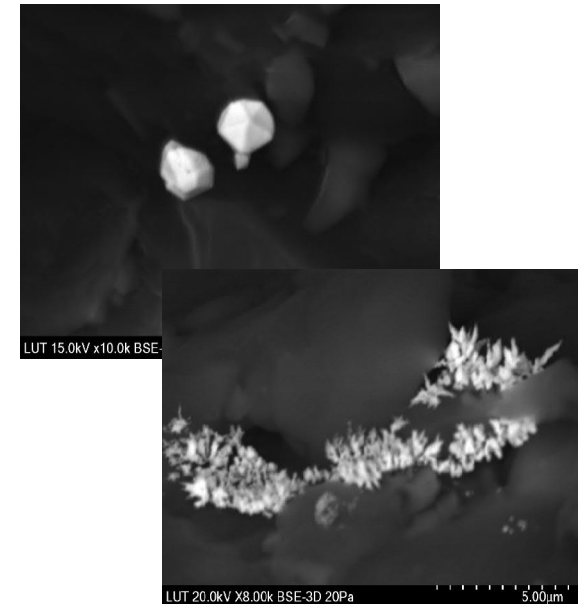


Adsorption jälkeen

Co 2.9 ppm
Au 0.2 ppm
La 36 ppm
Pt 6.5 ppm
Pd 5.7 ppm



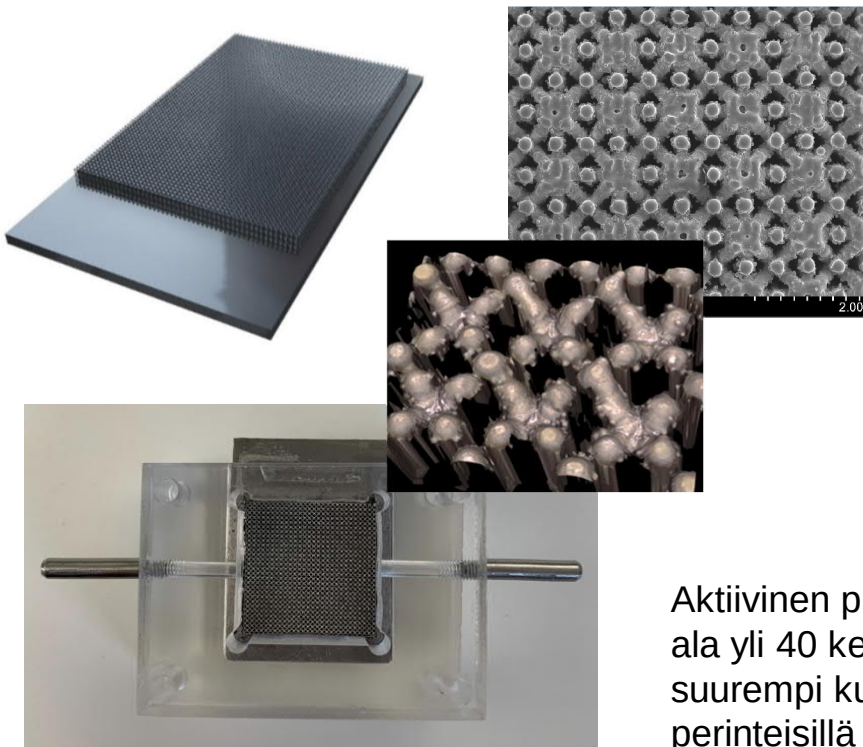
Kulta saadaan selektiivisesti talteen
– väri muuttuu ajan kanssa



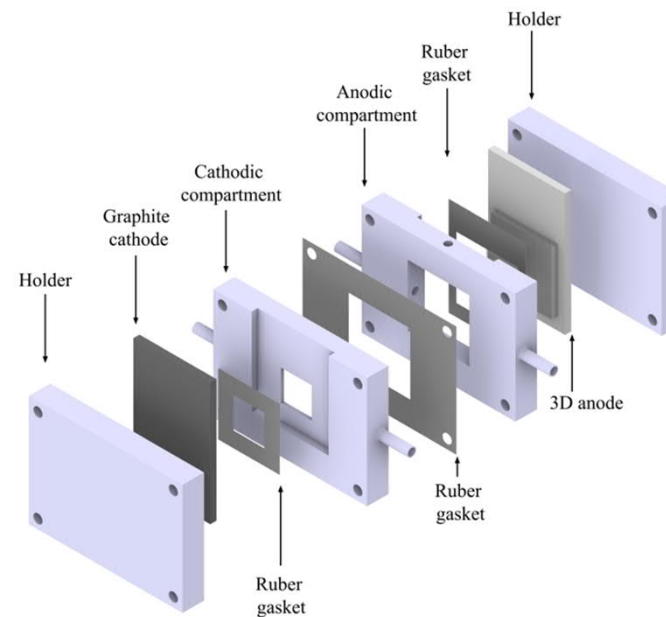
Kultaa voidaan havaita SEM-
kuvissa adsorbenttien pinnalla

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Kullan talteenotto – sähkökemiallisessa kennossa 3D-tulostettujen elektrodien avulla



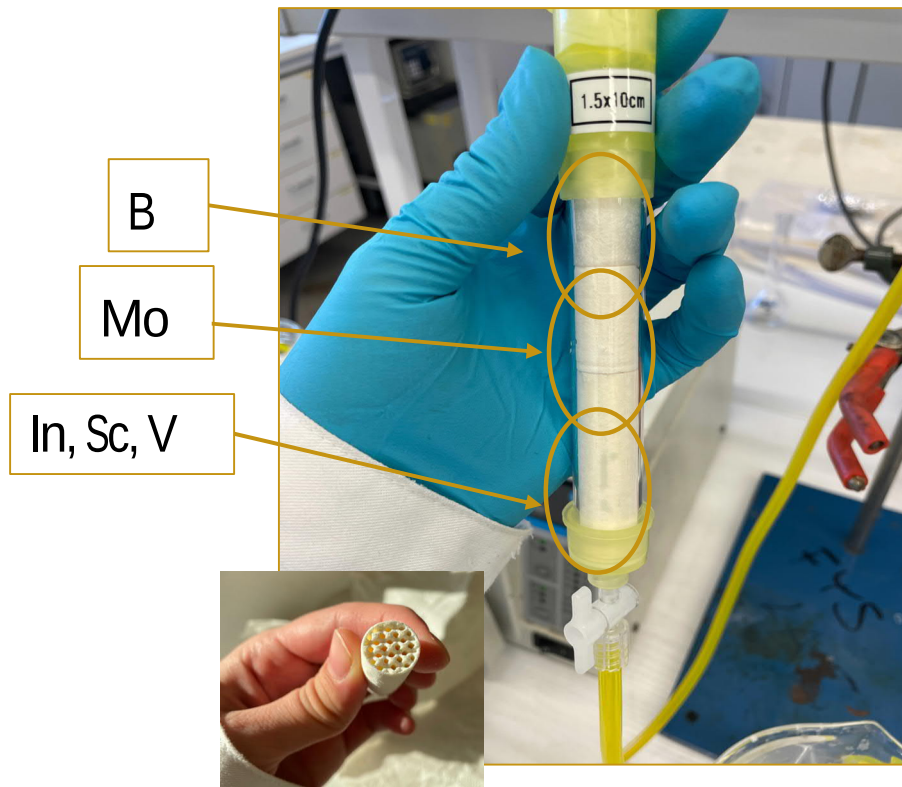
Aktiivinen pinta-ala yli 40 kertaa suurempi kuin perinteisillä elektrodeilla



Mahdollisuudet vihreän vedyn ja ammoniakin tuotannossa!

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Arvokomponentteja talteen suolanpoiston väkevöitteestä (seawater brine)

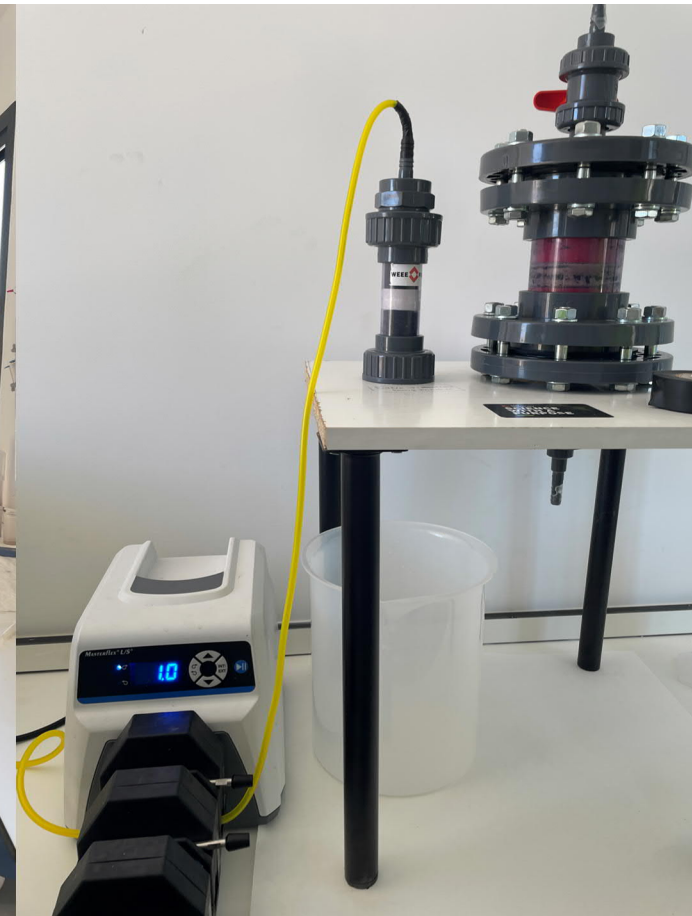


- Jokainen adsorptiomoduuli sitoo selektiivisesti eri arvoaineita, jolloin ne saadaan konsentroitua
- Kohteena boori, molybdeeni, indium, skandium ja vanadiini
- Väkevöite esikäsitellään useilla eri menetelmillä ennen talteenottovaihetta
- Osa EU:n rahoittamaa Sea4value -hanketta

	Väkevöite (mg/L)	Talteen otettu liuos (mg/L)
Na	43923,75	125,34
K	4868,80	11,73
Mg	663,13	206,94
Ca	314,07	34,55
Li	2,87	0,11
In	11,57	91,05
Rb	0,97	0,00
V	0,99	6,77
Ga	0,00	0,03
Sc	0,76	5,90
Mo	5,20	26,80

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

”Moving lab” demolaitos oikeille suolanpoiston sivuvirroille



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 869703

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Yhteistyö



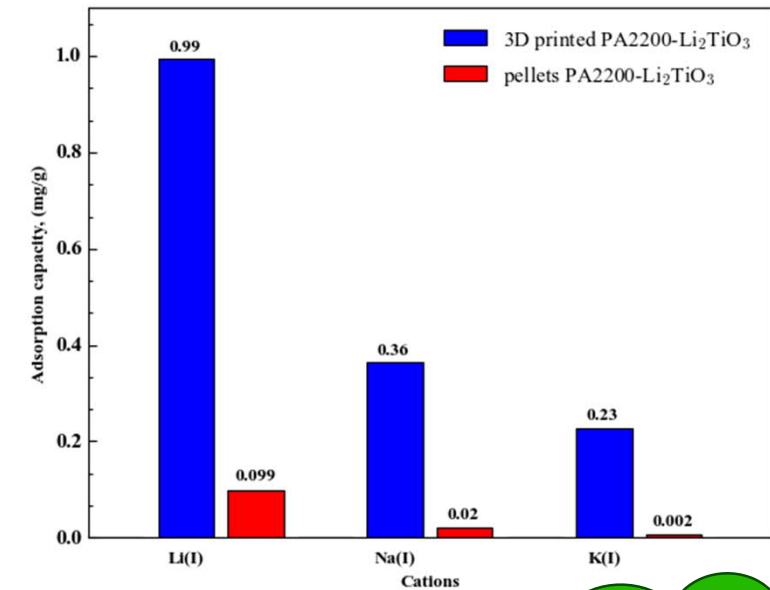
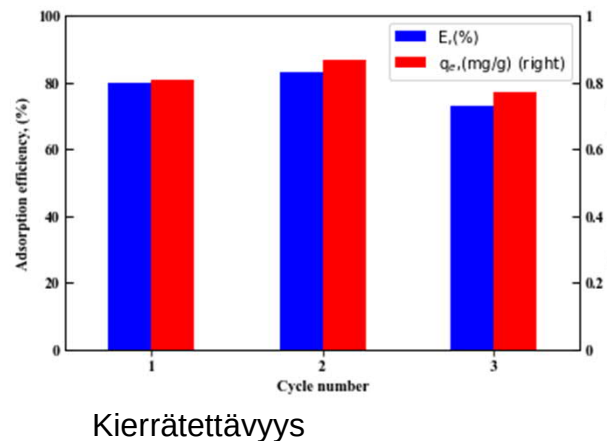
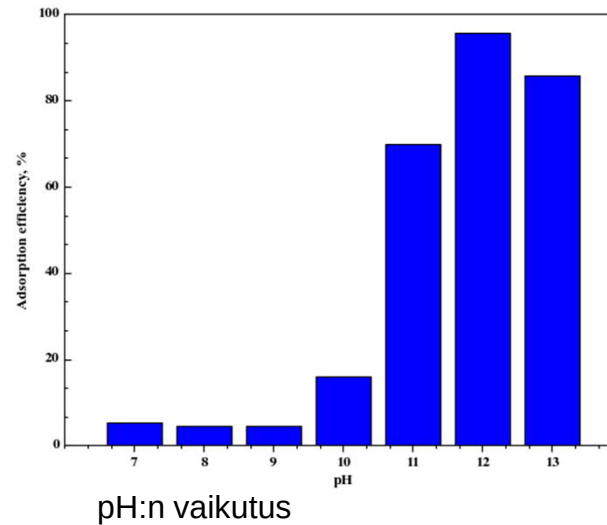
<https://www.weeefiner.fi/>

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Litium talteen akkumateriaaliksi



Nylon ja Li_2TiO_3 (LTO)
komposiitti

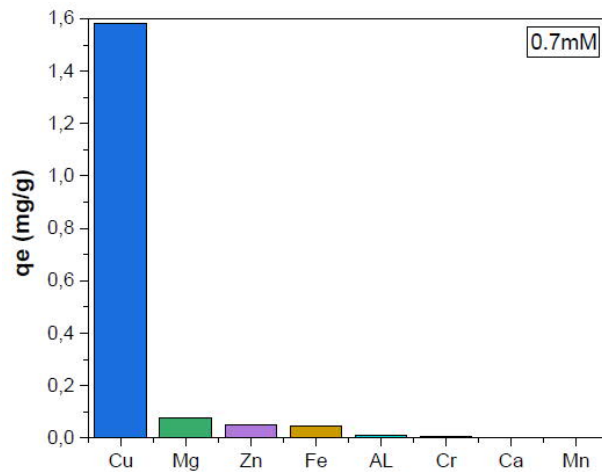
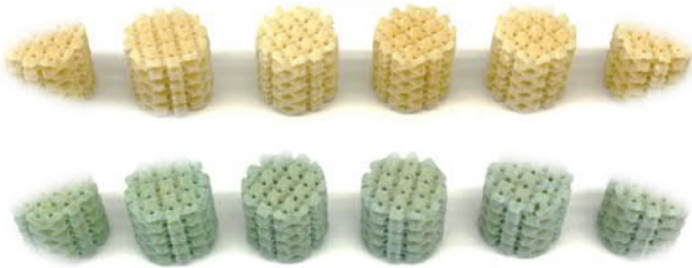


Selektiivisyys

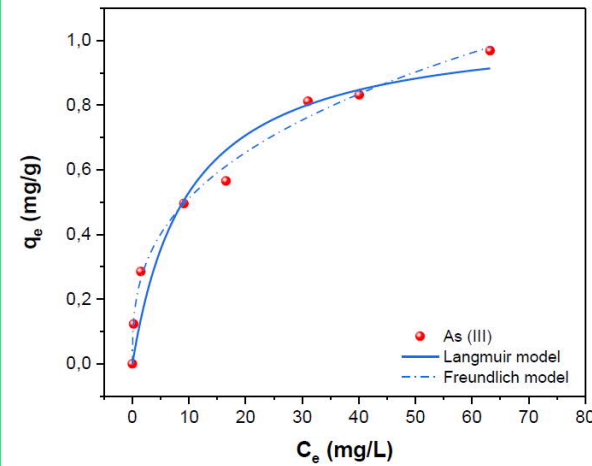
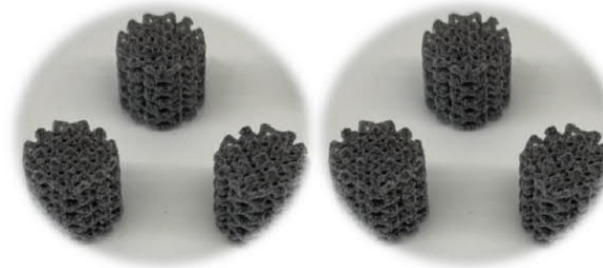
Vuonna 2029
tarvitaan enemmän
litiumia kuin tuotettiin
2015-2022 yhteensä

TUTKIMUSESIMERKKEJÄ

Kuparin selektiivinen talteenotto ja arseenin poisto teollisuusvesistä (Osa BF:n rahoittamaa 5R-refinery hanketta)



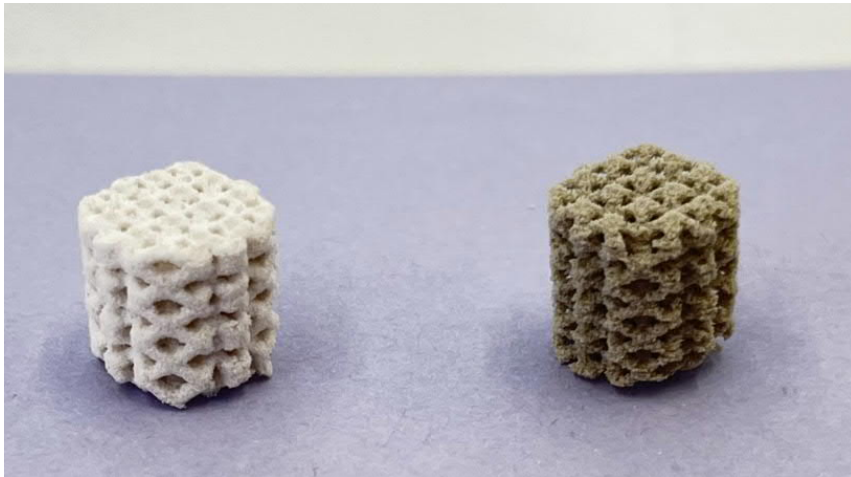
- Sitovat selektiivisesti kuparia pH:ssa 1,5
- Kapasiteetti 5 mg/g



- Kapasiteetit 1,0 ja 1,1 mg/g As(III) ja As(V)
- Pystytään käyttämään uudelleen

TUTKIMUSESIMERKKKEJÄ

Metallien ja ravinteiden talteenotto teollisuuden jätevesistä

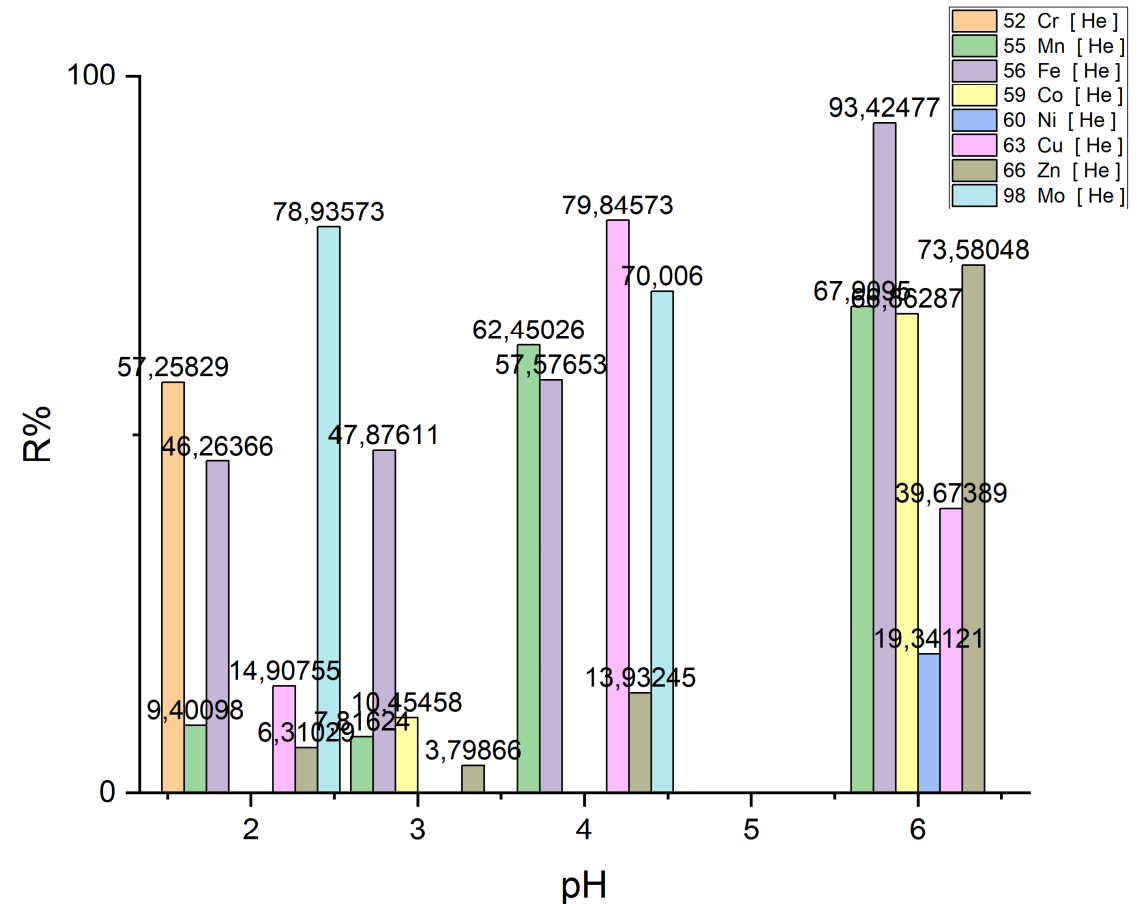


Teollisuusvesistä biokaasua ja arvokomponentteja -VESITAR

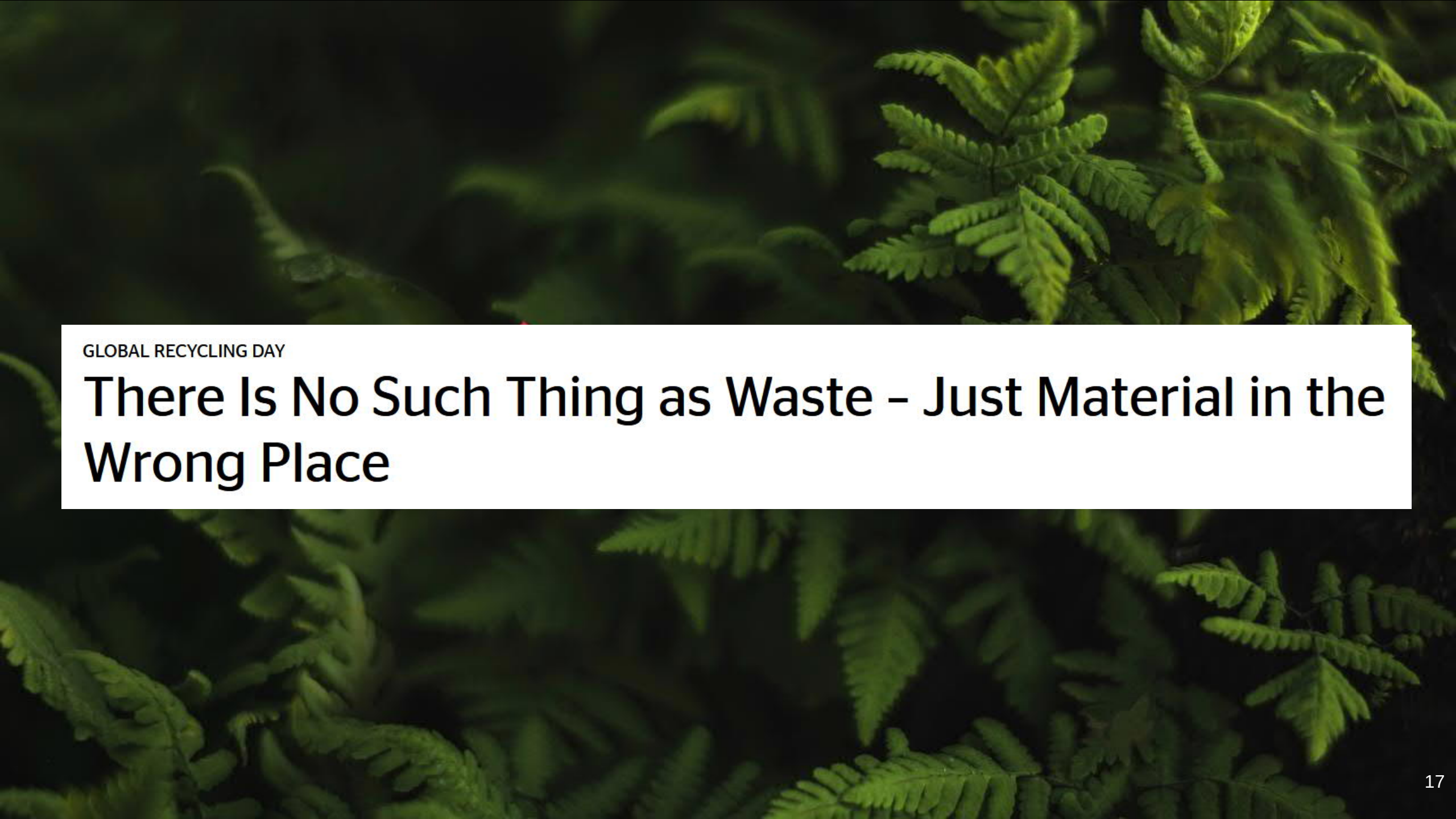
<https://www.lut.fi/fi/projektit/vesitar-teollisuusvesista-biokaasua-ja-arvokomponentteja>



**Euroopan unionin
osarahoittama**

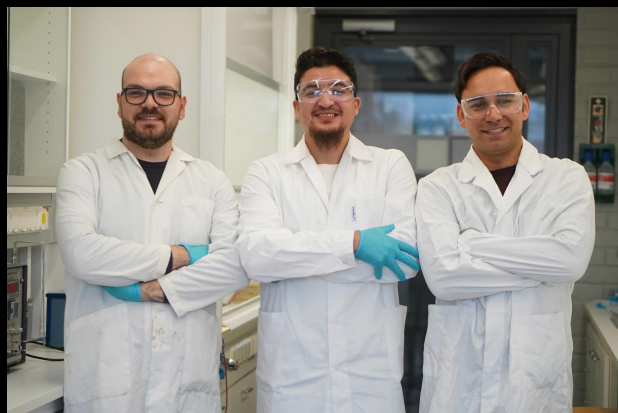
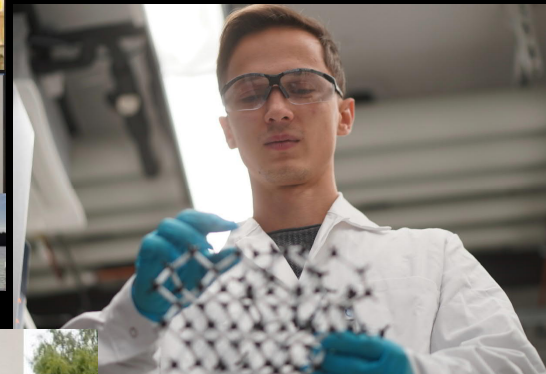
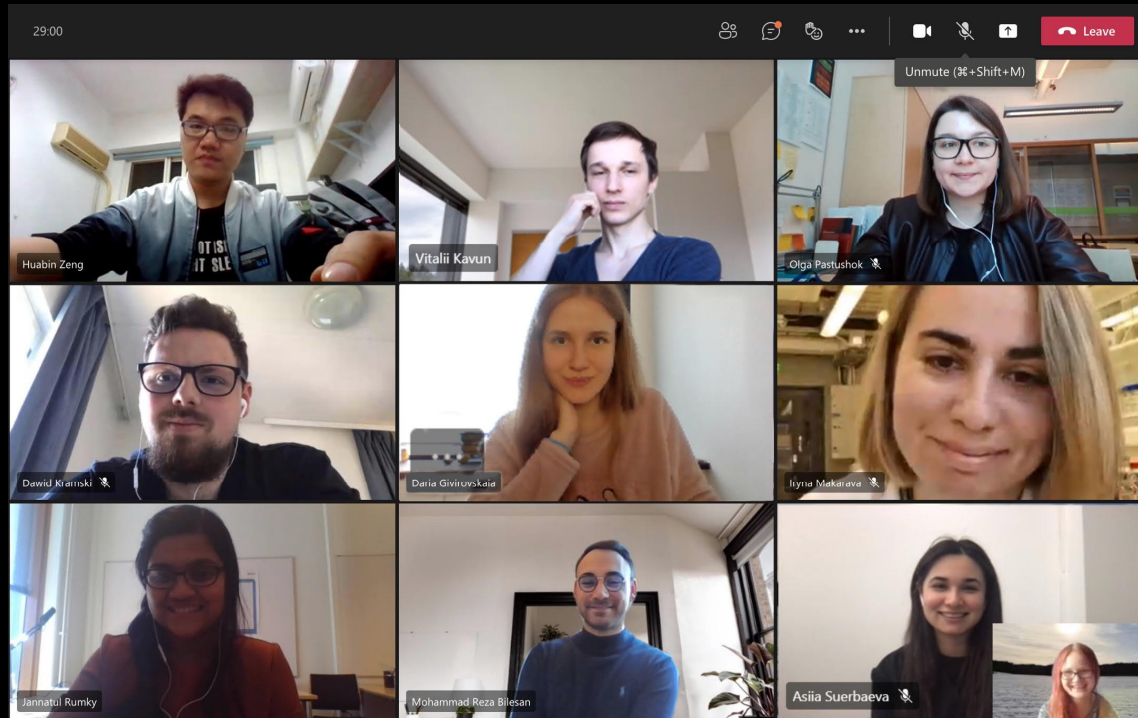


Bentoniittipohjaisen 3D-adsorbentin tehokkuus metallien talteenottoon kaivosteollisuuden sivuvirrasta



GLOBAL RECYCLING DAY

There Is No Such Thing as Waste – Just Material in the Wrong Place



KIITOS!