

Voiko tuhkan metallianalyysin tehdä sekunneissa suoraan kentällä?

Toni Pennanen, UEF

16.4.2026



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Miksi tulokset halutaan nopeasti

- **Ulkoiset analyysit ovat kalliita ja tulosten saaminen vie aikaa**
- **Tuhkan hyötykäyttöön mm. maarakennuksessa on raja-arvot raskasmetallien suhteen**
- **Nopea analyysi helpottaa tuhkien lajittelua ja ohjaamista oikeaan paikkaan**



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Pohjois-Savon liitto



**UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND**

SAVONIA

Näytteet

- **Kuopion Energian tuhkanäytteitä voimalaitokselta kesältä 2024 ja talvelta 2025**
- **Lentotuhkaa ja pohjatuhkaa**
- **Verrokkina voimalaitostuhkaa Vantaan jätteenpolttolaitokselta**



Kuva 1: kaksi karkeampaa pohjatuhkaa ja 2 hienoa lentotuhkaa



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

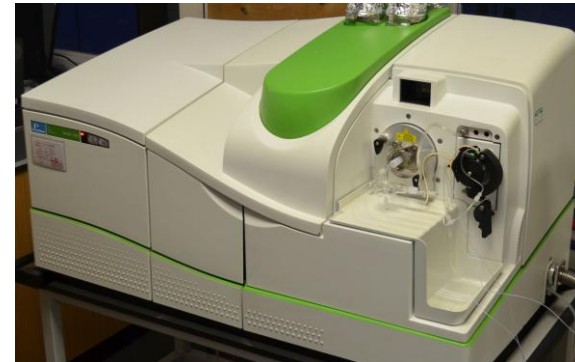
SAVONIA

Analyysit

- **XRF Point and click**
 - Perustuu röntgenfluoresenssiin
 - Kenttäkäyttöinen
 - Voidaan mitata kiinteitä ja märkiä näytteitä
 - Kevyet alkuaineet näkyvät huommin
 - Tulos nopeimmillaan sekunneissa
- **ICP Golden standard**
 - Kiinteät näytteet liuotettava happoon ja laimennettava
 - Metallit ionisoidaan ja tunnistetaan massa/varaussuhteesta
 - Korkean tarkkuuden laboratoriolaitte
 - Soveltuu parhaiten matalille pitoisuuksille



Kuva 2:
Kannettava XRF laite



Kuva 3: ICP-MS laite



Euroopan unionin
osarahoittama

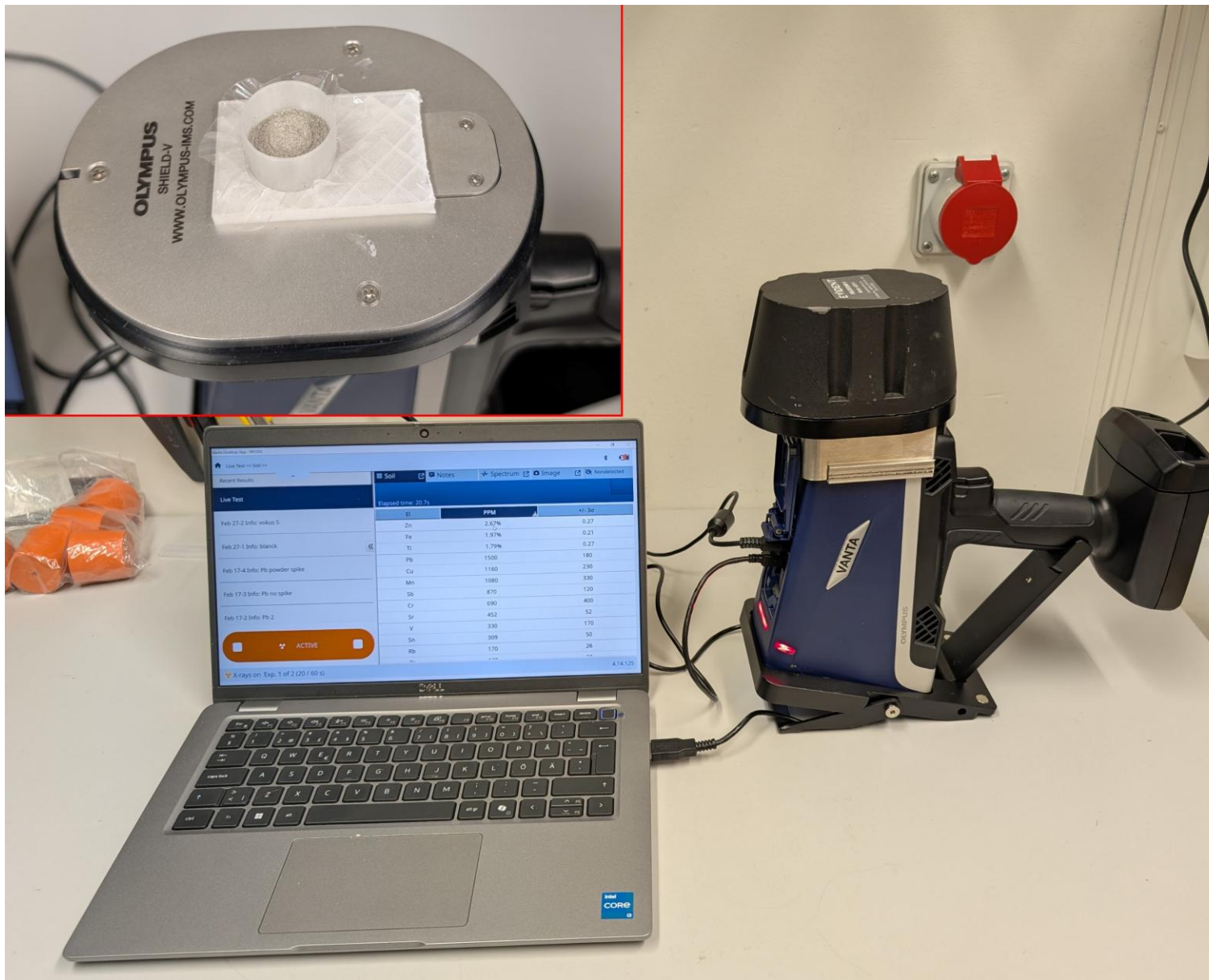


Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA



Kuva 4: Kannettava XRF laboratorioissa, liitettyinä tietokoneeseen. Analysoitavaa tuhkaa 3D-tulostetussa telineessä.



Euroopan unionin
osarahoittama



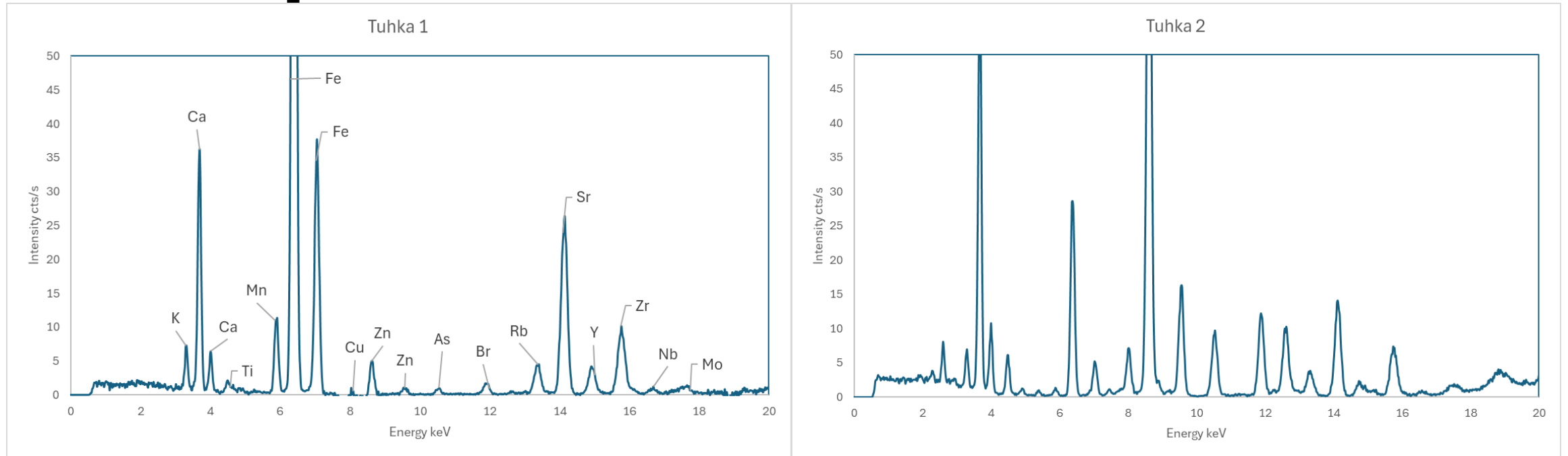
Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

XRF spektrit



Kuva 5: XRF-spektrejä. Jokainen piikki on alkuaineelle tyypillinen ja sen mitä korkeampi se on sitä suurempi pitoisuus



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Tuloksia

- Puutuhkasta oli tunnistettavissa 21 alkuainetta
 - Ca,Cr,Mn,Fe,Ni,Cu,Zn,As,Sr,Mo,Cd,Pb,P,S,K,V,Rb,Y,Zr,Ti,Se
- Jätetuhkasta oli tunnistettavissa 24 alkuainetta
 - Ti,V,Cr,Mn,Fe,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se,Rb,Sr,Zr,Nb,Mo,Ag,Cd,Sn,Sb,Hg,Pb,Bi,Th
- Kahdeksan näytteen ICP-MS ja XRF mittausten Absoluuttisen erotuksen keskiarvo
 - Lyijy 6,4 ppm
 - Cadmium 3,4 ppm
 - Arseeni 13,7 ppm



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Voiko tuhkan metallianalyysin tehdä sekunneissa suoraan kentällä?

- Kyllä, tunnistamiseen (mitä siellä on), mutta tarkka määrittäminen (kuinka paljon tarkalleen) on vielä haastavaa ja vaatii lisätutkimusta
 - Arseeni ja lyijy on vaikea erottaa toisistaan, koska piikit ovat päällekkäin
- XRF on "tiedustelija": Se karsii puhtaan tuhkan jatkoon ja hälyttää poikkeamista välittömästi.
- ICP on "varmistus": Sitä käytetään virallisiin dokumentteihin ja silloin, kun tarvitaan äärimmäistä tarkkuutta matalille pitoisuuksille.



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA