



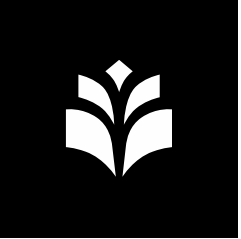
# **Puun pienpolton hiukkaspäästöjen mittaaminen - hiukkasmassapitoisuuden mittausmenetelmien vertailu**

**Finntesting-yhdistyksen Eurachem-Suomi 30-v. juhlaseminaari, 3.11.2022**

**Juho Louhisalmi**



# Taustaa



# Puun pienpolton päästöt



- Aiheuttaa päästöjä, jotka lämmittävät ilmastoa ja aiheuttavat terveyshaittoja
  - 37 % Suomen pienhiukkaspäästöistä (PM<sub>2,5</sub>)
  - 55 % Suomen mustahiili päästöistä (BC)
- Osuudet tulevat kasvamaan tulevaisuudessa, koska muiden sektoreiden päästöt laskevat (esim. liikenne, teollisuus) ja puun käytön ei odoteta vähentyvän lähitulevaisuudessa



# Päästöjen sääntely



- Rakennustuoteasetus (EU) N:o 305/2011
  - 2013 tulisijoille häikä (kiukaille noin 12500 mg/m<sup>3</sup>, varaaville takoilille noin 3700 mg/m<sup>3</sup>)
- Ekosuunnitteludirektiivi (2009/125/EC) voimaan vuoden 2022 alussa
  - Koskee mm. takkoja ja kamiinoita
  - Raja-arvot hiukkaspitoisuudelle (40 mg/m<sup>3</sup>), OGC:lle (120 mgC/m<sup>3</sup>), CO:lle (1500 mg/m<sup>3</sup>), NO<sub>x</sub> (200 mg/m<sup>3</sup>)
- Uutta sääntelyä: tuotestandardien uudistustyö käynnissä (mm. varaavat tulisijat, kamiinat ja saunan kiukaat)



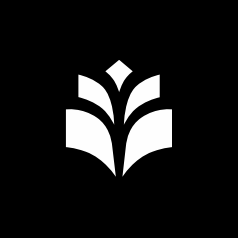
# Hiukkasista mitattavia ominaisuuksia



- Pitoisuus
  - Lukumäärä, massa, pinta-ala...
- Koko
  - Kokojakauma
    - Massa, lukumäärä
- Morfologia, tiheys, pintaominaisuudet
- Kemiallinen koostumus
  - OC, EC, metallit, alkuaineet, yhdisteet, PAH



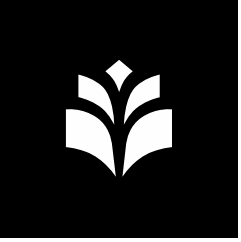
Kaikilla merkitys ilmasto/terveysvaikutuksiin, mutta "virallisessa" testeissä mitataan (lähitulevaisuudessakin) pelkästään massaa (PM)



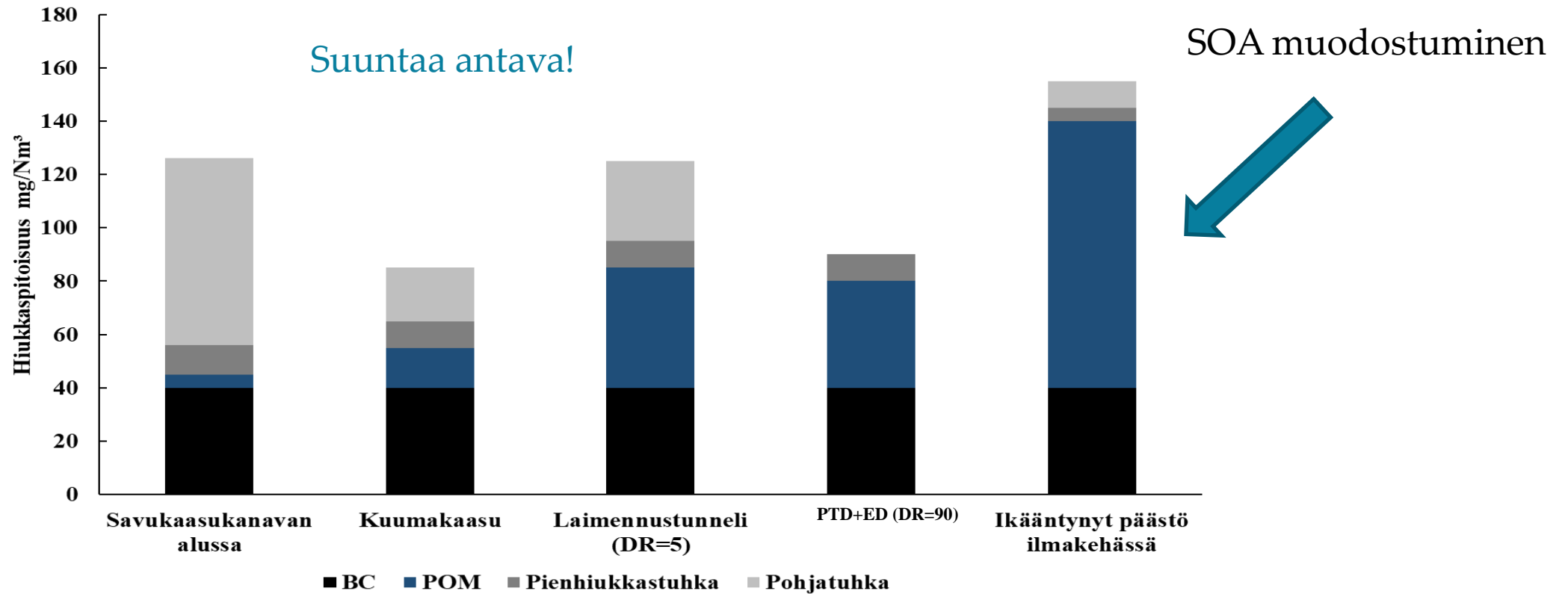
# Hiukkasmassa -pitoisuuden määrittäminen

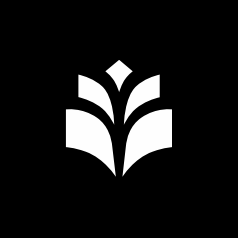


- Maailmalla ja EU:ssa käytössä useita erilaisia menetelmiä
  - Jaottelu laimentaviin ja ei laimentaviin menetelmiin
    - Laimentavassa menetelmässä koko savukaasuvirta tai osa savukaasuista laimennetaan ja näyte otetaan laimennetusta savukaasusta
    - Ei laimentavissa menetelmissä näyte otetaan suoraan savukaasusta
  - Haasteena: Menetelmät mittaavat eri asioita hiukkasista
    - "Virallisetkaan" tulokset eivät ole vertailukelpoisia
- Yhdeksi ratkaisuehdotukseksi on kehitetty EN-PME-menetelmä
  - Vertailumittauksia muiden käytössä olevien menetelmien kanssa on tehty ja käynnissä olevissa hankkeissa tehdään edelleen



# Hiukkaspäästön koostumuksia eri mittausmenetelmillä





# Tutkimuksen tavoitteet

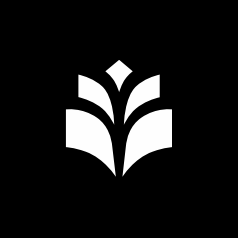


- Vertailla kahta erilaista hiukkasmassan mittaussmenetelmää
- Käytetyt menetelmät:
  - Huokoisen putken ja ejektorilaimentimen yhdistelmä (PTD+ED)
    - Laajasti tutkimuksissa käytetty laimentava menetelmä
  - EN-PME-menetelmä
    - Uusi yhteiseurooppalainen menetelmä





# Menetelmät



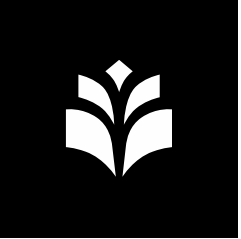
# Mittaukset



- Mittaukset tehtiin SIMO-pienpolttosimulaattorissa Kuopiossa
- Vertailumittauksissa käytettiin kolmea kiuasta ja kahta takkaa
- 20 polttokoetta, joista 14:ssä näytteet panoksista 1 ja 2 ja kuudessa pelkästään panoksesta 2
  - Yhteensä 34 näytteenottojaksoa



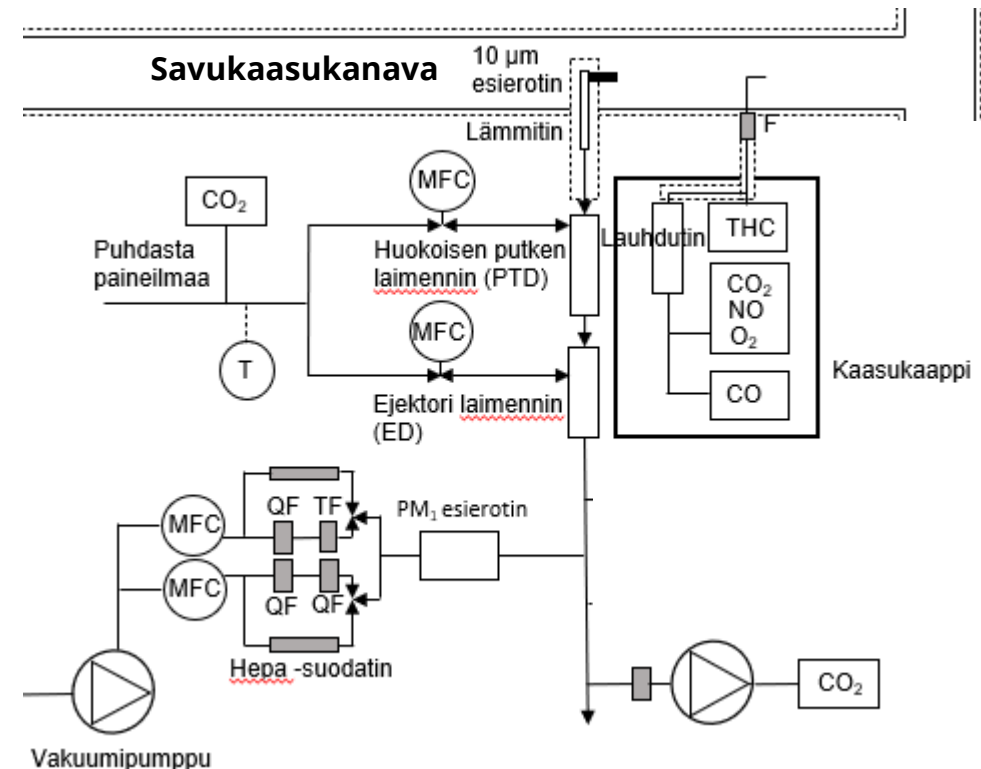
[Pienpolttosimulaattori \(SIMO\) – Fine Particle and Aerosol Technology Laboratory \(uef.fi\)](https://uef.fi)



# Huokoisen putken ja ejektorilaimentimen yhdistelmä (PTD+ED)



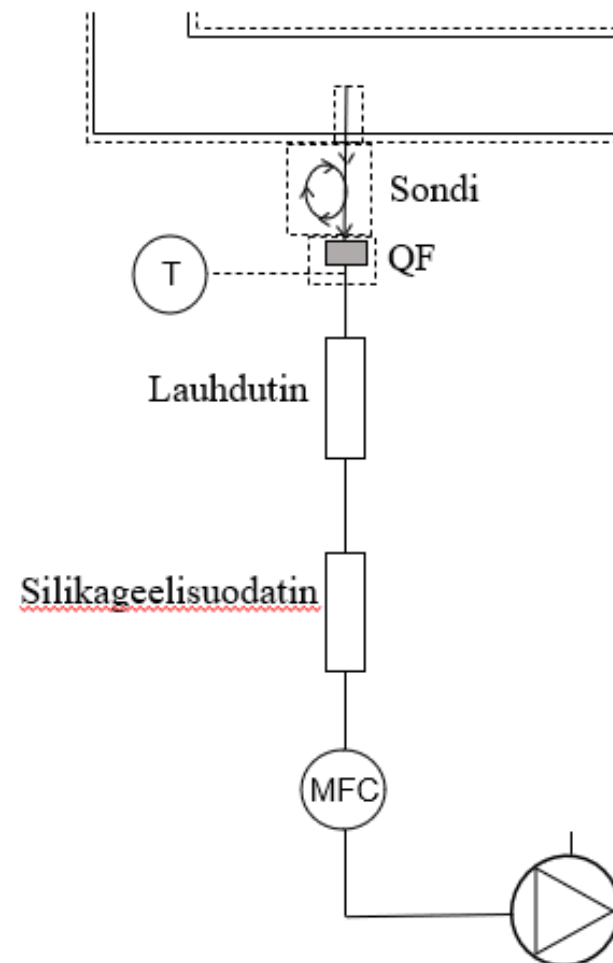
- 2 vaiheinen laimennus
  - Laimennuskerroin (DR) 90
- Hiukkaskoko: PM1
- Suodatinkeräys huoneenlämpöisestä laimennetusta savukaasusta
  - Myös orgaaniset yhdisteet kerääntyvät suodattimelle
- Pienet häviöt





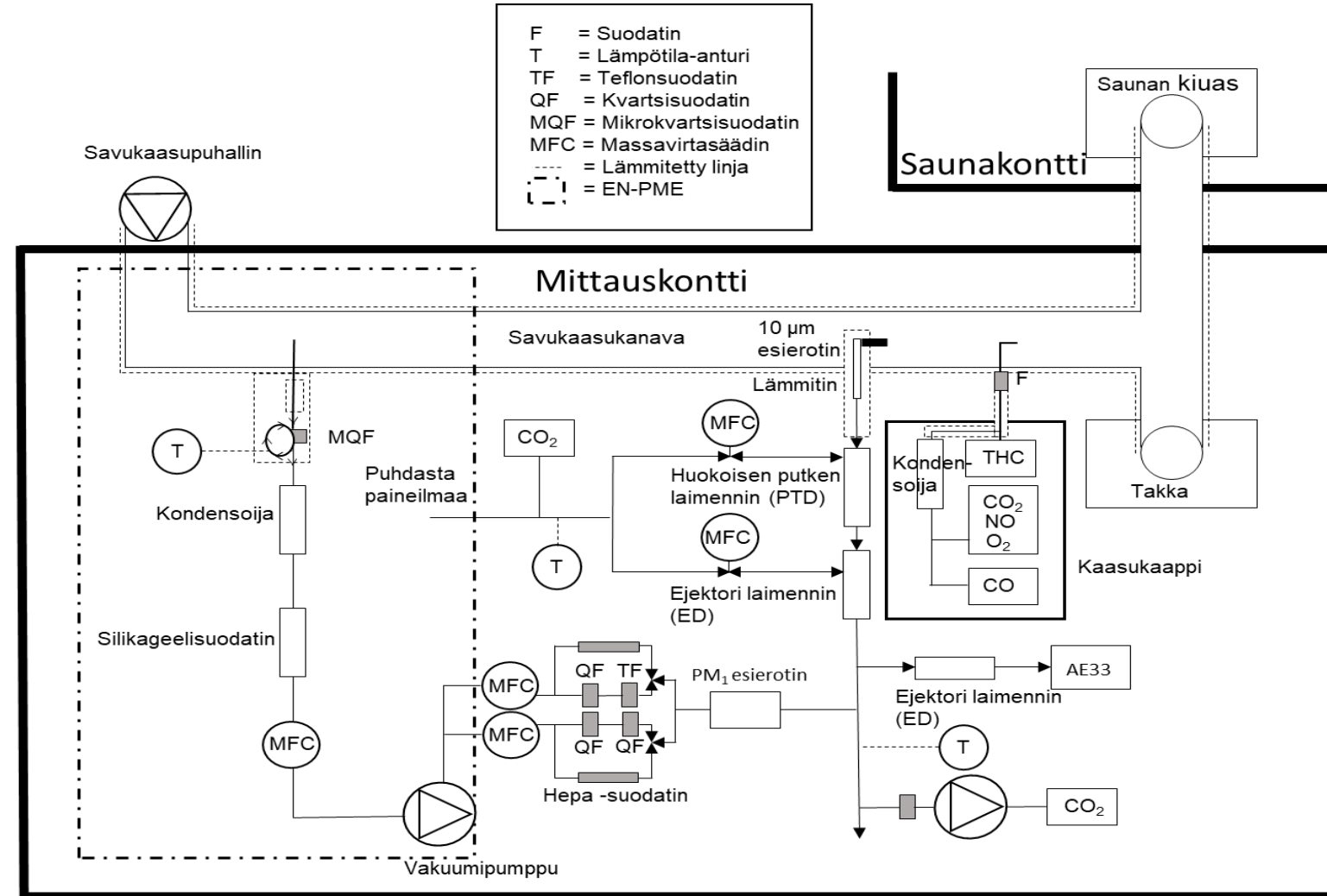
# EN-PME-menetelmä

- Suoraan kuumasta savukaasusta
- Ei tarkkaa kokoerottelua
- Näyte lämmitettyjä linjoja pitkin lämmitetylle suodattimelle (180 °C)
- Näytteeseen vain vähän orgaanisia yhdisteitä
- Häviötä linjoihin
- Suodattimien esi- ja jälkikäsittely uunissa (200 °C ja 180 °C)





# Mittausjärjestelmä



Tutkimuksessa mitattiin monipuolisesti eri hiukkasparametrejä



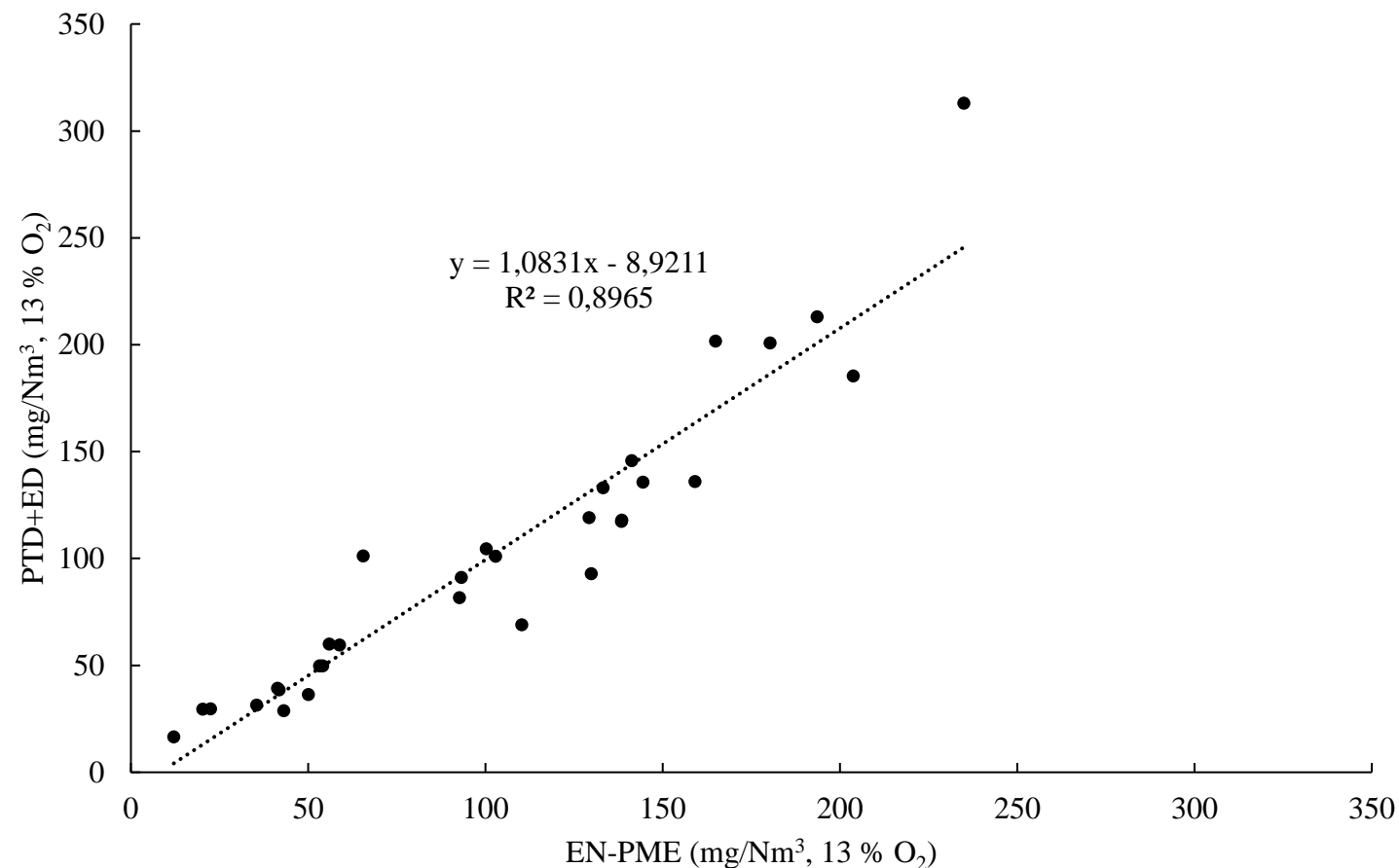
# Tulokset ja tulosten tarkastelu

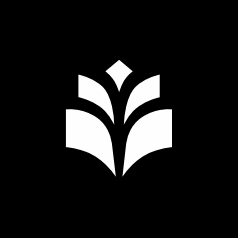


# Hiukkasmassa -pitoisuudet



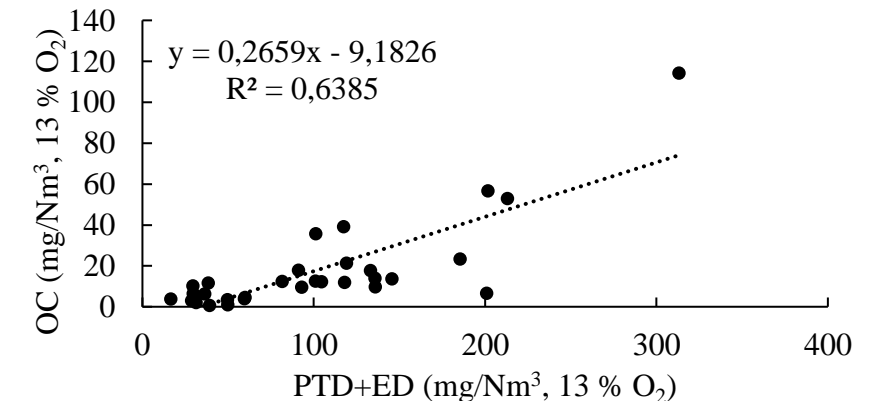
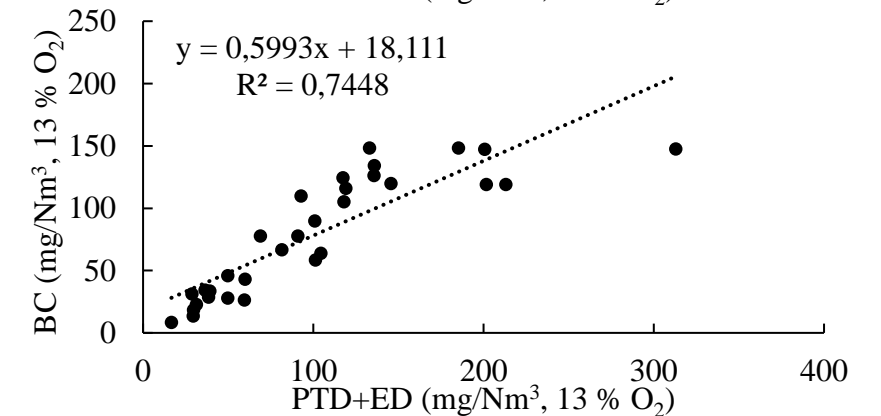
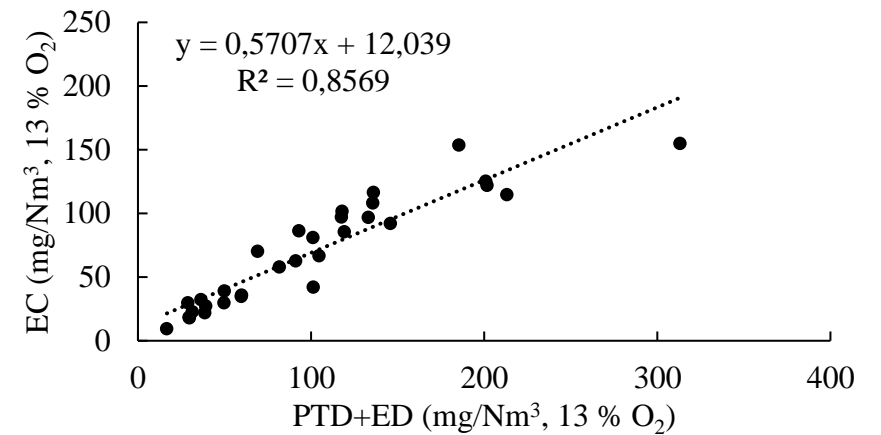
- 31 vertailupistettä
- EN-PME 12–235 mg/Nm<sup>3</sup> (13 % O<sub>2</sub>)
- PTD+ED 17–313 mg/Nm<sup>3</sup> (13 % O<sub>2</sub>)



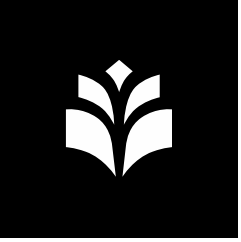


# PTD+ED näytteiden koostumuksia

- Alkuainehiilen (EC) pitoisuus oli OC/EC-analyysin mukaan  $71 \pm 15 \%$
- Mustan hiilen (BC) pitoisuus etalometrin mukaan  $79 \pm 21 \%$
- Orgaanisen hiilen (OC) pitoisuus oli  $15 \pm 10 \%$
- Loppu todennäköisesti pienhiukkastuhkaa
  - Karkea pohjatuhka erotellaan pois



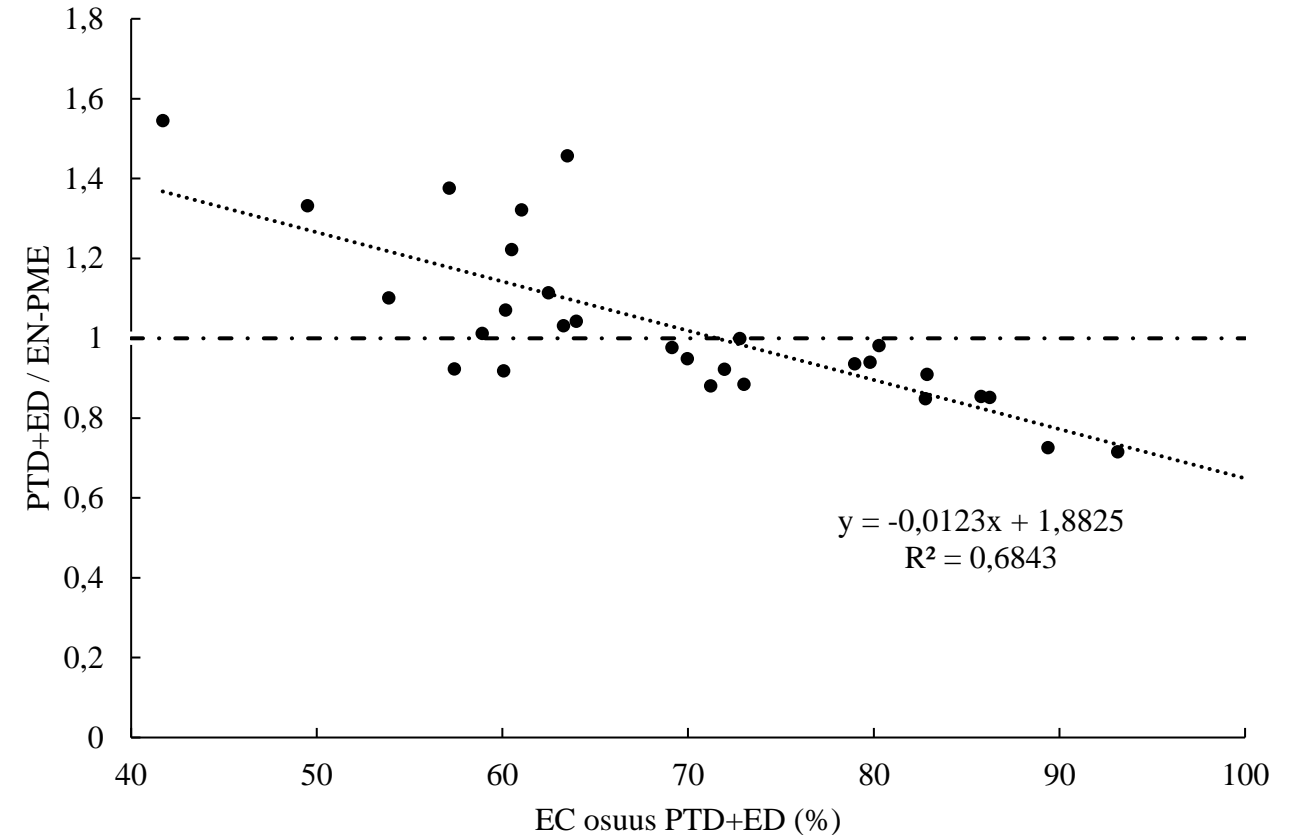




# Vertailua:PTD+ED ja EN-PME suhde vaihteli välillä 0,65-1,55



- Kun paljon orgaanista laimennettu näyte antaa korkeampia pitoisuuksia
  - OC näkyy tuloksissa
- Kun vähän orgaanisia, laimennettu antaa matalampia pitoisuuksia
  - Karkeat hiukkaset näkyvät tuloksissa
- EM asiat kompensoivat toisiaan

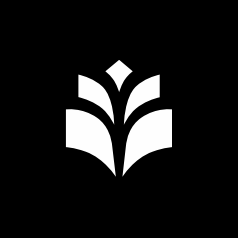




# Yhteenveto



- Eri menetelmillä määritettyjen hiukkasmassapitoisuuksien välillä oli paljon hajontaa
- Menetelmät mittaavat eri hiukkasfraktioita
- EN-PME-menetelmä aliarvioi päästöt, joissa on paljon orgaanisia yhdisteitä
- Lisäksi EN-PME:ssä on mukana karkeita hiukkasia, jotka aiheuttavat hajontaa, eikä kyseisillä hiukkasilla ole ilmaston tai terveyden kannalta suurta merkitystä
- **PTD+ED-menetelmällä voidaan luotettavasti määrittää hiukkasmassapitoisuudet tutkimuksessa käytetyiltä päästötasoilta**



# Lähteet



- Direktiivi 2009/125/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. Euroopan unionin virallinen lehti 31.10.2009. Viitattu 12.3.2021. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:fi:PDF>
- Huttunen, R. 2017, -01-23-last update, Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>
- Papadogeorgou, G.; Kioumourtzoglou, M.A.; Braun, D.; Zanobetti, A. 2019. Low Levels of Air Pollution and Health: Effect Estimates, Methodological Challenges, and Future Directions. *Curr. Environ. Health Rep.*, 6, 105–115.
- Savolahti, M., Karvosenoja, N., Soimakallio, S., Kupiainen, K., Tissari, J. & Paunu, V. 2019, "Near-term climate impacts of Finnish residential wood combustion", *Energy Policy*, vol. 133, pp. 110837.



# Kiitos!

**Juho Louhisalmi**

*Projektitutkija  
Itä-Suomen yliopisto  
Ympäristö- ja biotieteiden laitos  
Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio,  
FINE  
Juho.louhisalmi@uef.fi*



UNIVERSITY OF  
EASTERN FINLAND