

# IS

3 | 2024

ILMANSUOJELU

**HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTON JA HYÖTYKÄYTÖN** merkitys Suomen ilmastotavoitteille ja taloudelle s. 4

**HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTTO** – olennainen osa Vantaan Energian päästötöntä energiantuotantoa s. 9

Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä -hanke selvittää: Miten saavutetaan **KESTÄVÄ ENERGIAJÄRJESTELMÄ?** s. 12

**ILMASTOASIAANTUNTIJAN ERIKOISTUMISKOULUTUS** vastaa työelämän tarpeisiin s. 14

**ILMANLAATUMITTAUSTEN LAADUNVARMISTUS** on eurooppalaista yhteistyötä s. 16



4

Hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö ovat merkittäviä päästövähennykeinoja. VTT selvitti niiden talous- ja ilmastopotentialia Suomessa.



16

Ilmanlaadun mittaamista säätelevät tarkat säädökset. Suomessa vertailulaboratorio varmistaa mittausten laadun, mutta tekee myös eurooppalaista yhteistyötä.



KUVA: KARRI SAARNIO / AHUOKATTU

20

ISY:n opintomatalla Utön saarella kuultiin monipuolisista mittaus- ja tutkimusmenetelmistä sekä saaren historiasta.



KUVA: LAURI LAAKSO / AHUOKATTU

## SISÄLLYS 3 | 2024

- 4 **HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTON JA HYÖTYKÄYTÖN** merkitys Suomen ilmastotavoitteille ja taloudelle
- 9 **HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTTO** – olennainen osa Vantaan Energian päästötöntä energiantuotantoa
- 12 **Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä** -hanke selvittää: Miten saavutetaan **KESTÄVÄ ENERGIAJÄRJESTELMÄ?**
- 14 **ILMASTOASiantuntijan ERIKOISTUMISKOULUTUS** vastaa työelämän tarpeisiin
- 16 **ILMANLAATUMITTAUSTEN LAADUNVARMISTUS** on eurooppalaista yhteistyötä
- 20 **TAPAHTUU: ISY OPINTOMATKALLA** Utön saarella
- 24 **OPINNÄYTETYÖ:** Kaupunkien lämpösaarekeilmiö ja ilmansaasteet
- 28 **VALOKEILASSA:** Topi Rönkkö
- 30 **TAPAHTUU: ISY:N ILMANSUOJELUPÄIVIÄ** vietettiin Lappeenrannassa kauniissa kesäsäässä

KUVA: VANTAAN ENERGIA



9

Vantaa Energian tulevaisuuden näkyvässä energiantuotanto on hiilinegatiivista. Keskeiset työkalut ovat jätteiden parempi energiahyödyntäminen ja talteenotetun hiilidioksidin uusiokäyttö.

## Pääkirjoitus

# Maratoni, jolla sprintti olisi tarpeen

Parhailtaan kokemamme poikkeuksellisen lämmin syksy on jotain, mitä ilmastotieteilijät ovat odottaneet jo pitkään. Tavallisen suomalaisen voi olla vaikea yhdistää lahjana saatuja kauniita päiviä ilmastomuutoksen todellisuuteen, jossa aurinkoisen mielen lisäksi syntyy myös ympäröivän luontomme elinehtoja muokkaavia voimia.

Runsaiden hakkuiden aiheuttama haaste Suomen metsien hiilensidontakyvylle on saamassa rinnalleen uuden uhan, kun lämpimät kesäkaudet parantavat vieraslajien ja tuholaisien elinoloja. Innokkaiden vieraslajien valloitusaiheet mahdollistuvat, kun lämpimän syksyn aikana onkin yhtäkkiä mahdollista tuottaa ratkaisevasti enemmän munia ja siemeniä seuraavan vuoden kiusaksi. Metsien – ja niiden hiilinielun – suojeleminen etelästä tulevalta tuhon aiheuttajilta tulee olemaan haastavaa.

Ilmaston lämpenemisen rajaaminen tavoiteprosentteihin on liukumassa ihmiskunnan sormien välistä. Yllättävät olosuhteet keikuttavat taloutta ja haastavat vihreän siirtymän ja ilmastouhkiin varautumisen rahoittamista samalla, kun uusien teknologioiden käyttöönotolla olisi kova kiire. Vaikka työtä tehdään pitkäjänteisesti, pieni sprintti ei olisi pahitteeksi.

Tässä lehdessä kerrommekin aluksi erään uuden menetelmän, eli hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön, tulevaisuudennäkymistä Suomessa. Tuoreen selvityksen mukaan hiilidioksidin hyötykäyttö saattaisi vähentää päästöjä jopa 2,5 miljoonaa CO<sub>2</sub> tonnia vuodessa. Lisäksi vaikutukset tuotannon tuomana arvona ja työpaikkoina olisivat merkittävät. Tällainen menestyksekkäs kehitys vaatisi kuitenkin mittavia investointeja ja runsaasti vähäpäästöistä sähköä.

Toisessa artikkelissa jatkamme aiheesta kertomalla, miten Vantaan Energia on jo ottanut suunnitelmiinsa kunnianhimoiset tavoitteet hiilidioksidipäästöjen hyötykäytöstä ja kierrätysasteen nostamisesta. Jatkokehittäminen vaatii kuitenkin selkeitä poliittisia linjauksia ja eri alojen tiivistä yhteistyötä.

Seuraavaksi luomme katsauksen Suomessa alkaneeseen REPower-CEST -hankkeeseen, jonka keskeinen tavoite on selvittää, kuinka olisi mahdollista saavuttaa kestävä ja puhdas energiajärjestelmä.

Ilmastoalan koulutusta on vihreän siirtymän myötä lisätty ja koulutustarve kasvaa koko ajan. Neljännessä artikkelissa esittelemme ilmastoasiantuntijuutta edistävän koulutusohjelman Helsingin yliopistosta. Koulutus kokoaa yhteen eri alojen asiantuntijoita, jotka kokevat ilmasto-osaamisen lisäämisen ajankohtaiseksi urallaan.

Lehden keskivaiheilla perehdyimme suomalaisen vertailulaboratorion työhön ilmanlaatumittausten laadun varmistajana. Artikkelissa kerrotaan myös Eurooppalaisesta yhteistyöstä laadunvarmistuksen saralla.

ISY:n vuosittain myöntämän opinnäytetyöstipendin saajat kirjoittavat opinnäytteestään artikkelin Ilmansuojeluun. Tällä kertaa pääsemme lukemaan kaupunkien lämpösaarekeilmiön ja ilmansaasteiden vuorovaikutuksesta.

Lehden lopulla raportoimme ISY:n kahdesta kesätapahtumasta: opintomatkaista ja Ilmansuojelupäivistä. Opintomatkalaiset suuntasivat kesäkuussa kotimaan kohteeseen Utön saarelle, ja Ilmansuojelupäiviä vietettiin elokuussa 49. kertaa, joten ensi vuonna onkin ilmansuojelupäivien 50. juhlavuosi!

*Toivotaan lämpimän syksyn tuovan myös hyviä uutisia!*

**TYTTI RINTANEN**

Päätoimittaja



ILMANSUOJELU-  
YHDISTYS ry.

## ILMANSUOJELU-LEHTI

Ilmansuojeluyhdistys ry:n jäsenlehti  
Magazine of the Finnish Air  
Pollution Prevention Society  
Medlemstidning av Luftvårdsföreningen rf.

Lehti ilmestyy neljä kertaa vuodessa.

### Päätoimittaja / Redaktör

Tytti Rintanen  
ilmansuojelulehti@isy.fi

### Toimituskunta / Redaktionsråd

Suvi Haaparanta, Helsingin kaupunki  
Petteri Haveri, Energiategollisuus ry  
Niina Kuittinen, VTT Oy  
Katrianne Lehtipalo, Helsingin yliopisto  
Hanna Pitkänen, Vantaan energia  
Karri Saarnio, Ilmatieteen laitos  
Laura Sokka, Suomen ympäristökeskus  
Antti Tohka, Metropolia AMK  
Jari Viinanen, Vantaan kaupunki  
Outi Väkevä, HSY

### Taitto / Ombrytning

Tytti Rintanen

### Kannen kuva / Omslagsbild

Katarzyna Kos / Unsplash / Al-muokattu

### Paino / Tryckeri

Scanseri Oy

### ISSN-L 1239-8950

ISSN 1239-8950 (Painettu)

ISSN 2323-1211 (Verkkójulkaisu)

Lehti on luettavissa korkeakoulujen kirjastoissa sekä suurimmissa kaupunginkirjastoissa / Tidningen finns till påseende i högskolornas bibliotek samt i de största stadsbiblioteken

### Ilmoitukset / Annonser

Ilmoitushinnat normaali tai yritysjäsen / Annonpris vanligt eller för medlemmar:  
1/1 sivu 420 € tai 350 €  
1/2 sivu 320 € tai 270 €  
1/3 sivu 250 € tai 210 €

Kestoilmottajille lisäksi 20 % alennus  
Fortgående annons ger 20 % rabatt

### Tilaukset / Beställningar

Myös yksittäisnumeroiden tilaukset ja osoitteenmuutokset / Beställning av enskilda nummer och adressförändringarna:

Ilmansuojeluyhdistys ry  
Sihteeri Hanne Hartikainen  
PL 136,  
00251 Helsinki  
Puh. 045 1335989  
sihteeri@isy.fi





KUVA: MARTIN ADAMS / UNSPLASH

# HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTON JA HYÖTYKÄYTÖN merkitys Suomen ilmastotavoitteille ja taloudelle

Hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö on merkittävä päästövähennyskeino irtauduttaessa fossiilisista raaka-aineista. Keväällä 2024 VTT selvitti hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön talous- ja ilmastopotentiaalia Suomessa keskittyen erityisesti suomalaisten bioperäisten hiilidioksidipäästöjen hyödyntämiseen (Mäkikouri ym. 2024). Tavoitteena oli koostaa teknistaloudellista tietoa yritysten ja päättäjien tueksi koskien tarvittavien toimenpiteiden mittakaavaa, kustannuksia ja edellytyksiä. Työn tilasivat VTT:ltä Teknologiateollisuus ry, Energiateollisuus ry, Kemianteollisuus ry ja Metsäteollisuus ry yhdessä, otsikolla ”Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentiaalista”.

**Sampo Mäkikouri**, erikoistutkija, VTT  
**Juha Lehtonen**, tutkimusprofessori, VTT  
**Lauri Kujanpää**, tutkimustiimin päällikkö, VTT  
**Niko Heikkinen**, tutkija, VTT

**P**ääministeri Petteri Orpon hallitus on ohjelmassaan (Valtioneuvosto 2023, s. 143) päättänyt ”selvittää ja ottaa käyttöön ohjauskeinot, joilla varmistetaan suurten teollisten lähteiden ilmakehään päätyvien hiilidioksidipäästöjen loppuminen 2030-luvun puoliväliin mennessä”. Ohjelmassa tunnistetaan Suomen voimavaroina bioperäisen hiilidioksidin lähteet sekä vähäpäästöinen energiantuotanto, ja samalla tunnistetaan hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön tai varastoinnin tarvitsevan kannustimia investointien edistämiseksi. Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin mahdollisuuksia VTT on hiljattain selvittänyt Suomen Ilmastopaneelille (Kujanpää ym. 2023). Nyt oli aika päivittää kuva hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön osalta.

Hiilidioksidin talteenotosta ja hyötykäytöstä puhuttaessa käytetään usein englanninkielistä lyhennettä CCU (Carbon Capture and Utilisation). Tämä hiilidioksidin hyötykäyttö erilaisiksi tuotteiksi, kuten polttoaineiksi ja kemikaaleiksi, vaatii hiilidioksidin lisäksi paljon vähäpäästöistä energiaa, mutta toisaalta CCU:n avulla voidaan korvata fossiilisista raaka-aineista valmistettuja tuotteita. Tällainen teollisuuden uudistuminen luo uusia kestävämpiä liiketoimintamahdollisuuksia. Ilmastovaikutusten lisäksi tässä selvityksessä keskityttiin hiilidioksidin hyötykäytön liiketoimintamahdollisuuksiin, markkinoihin ja ohjauskeinoihin. Merkittäviä hiilidioksidin hyötykäytön tuoteryhmiä, joihin selvityksessä pureuduttiin, olivat polttoaineet, muovit ja kemikaalit, sekä rakennustuotteet.

## Kannattaako hiilidioksidin hyötykäyttö?

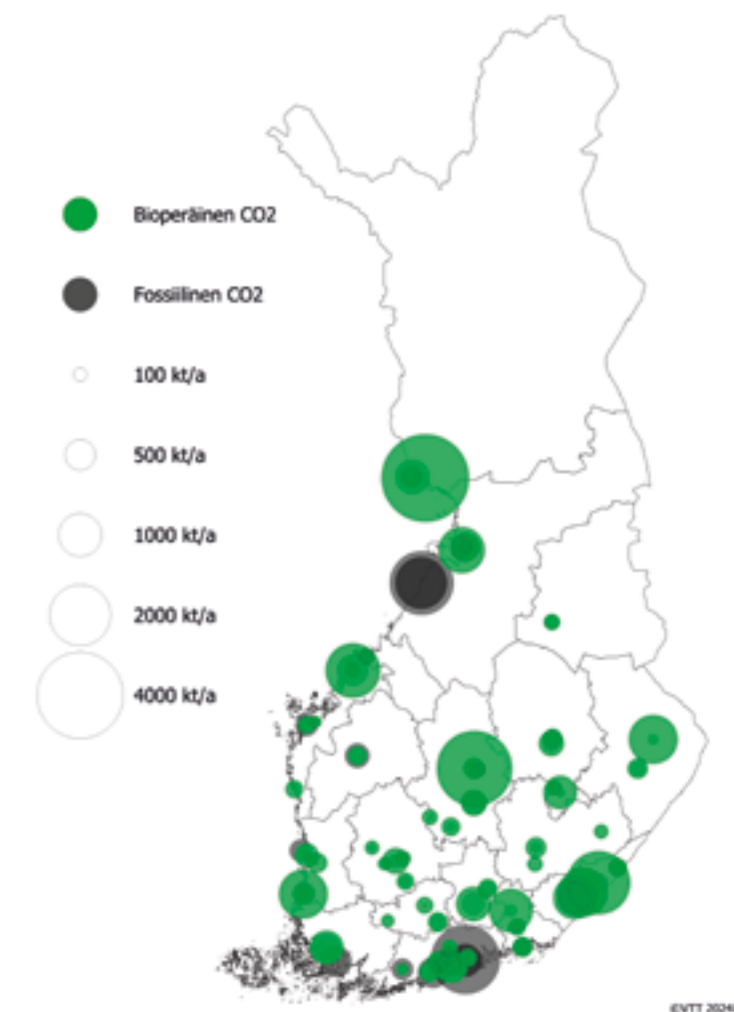
Selvityksen tekemisen aikana käytiin mielenkiintoista keskustelua eri teollisuudenaloja edustavien tilaajien ja tutkijoiden välillä. Yksi olennaisimpia peruskysymyksiä, joihin halusimme saada konkretiaa, oli ”kannattaako hiilidioksidin hyötykäyttö – ja miksi?” Yrityksen taloudellisen kannattavuuden lisäksi olennaisia näkökulmia olivat ympäristövaikutukset, investointien suuruus, työllisyys, teknologian kypsyyt, uudet innovaatiomahdollisuudet, markkinoiden koko, hiilidioksidin saatavuus ja vallitseva regulaatio.

Suomen valttikortteja hiilidioksidin hyötykäytön ilmastovaikutusten näkökulmasta ovat bioperäinen hiilidioksidi ja vähäpäästöinen energia. Laajan metsäteollisuuden ansiosta Suomella on Euroopassa erityisluontoinen asema maana, josta bioperäistä hiilidioksidia on saatavilla ympäri vuoden suurista pistemäisistä lähteistä, joista se on energiatehokasta ottaa talteen. Teollisuuden yli 0,1 miljoonaa tonnia/vuosi -kokoluokan hiilidioksidipäästölähteistä syntyy noin 30,1 miljoonaa tonnia/vuosi bioperäistä ja noin 15,2 miljoonaa tonnia/vuosi fossiilista hiilidioksidia. Näiden maantieteellinen jakauma on esitetty kuvassa 1. Jätteenpoltosta fossiilista ja bioperäistä hiilidioksidia syntyy sekaisin noin 1,4 Mt/vuosi.

Hiilidioksidin hyötykäytössä tarvitaan toiseksi raaka-aineeksi useimmiten vetyä, jota valmistettaisiin päästöttömästi

uusiutuvalla sähköllä, jolloin kyse on vihreästä vedystä. Suomessa sähköntuotannon hiilidioksidipäästöt ovat jo valmiiksi alhaiset, keskimäärin noin 70 gCO<sub>2</sub>/kWh (vuosien 2020–2022 keskiarvo, Tilastokeskus 2024), mikä on keskeinen edellytys päästövähennyksille hiilidioksidin hyötykäytön avulla. Vastaava vuosien 2020–2022 vuosien keskiarvo EU-tasolla oli noin 240 gCO<sub>2</sub>/kWh (EEA 2023). Positiivisille ilmastovai- kutuksille on siis Suomessa hyvät edellytykset, mutta hiilidioksidin hyötykäyttö vaatii myös investointeja puhtaaseen energiantuotantoon, erityisesti tuulisähköön sekä vihreän vedyn tuotantoon tuulisähköllä. Hiljattaisten selvitysten mukaan esimerkiksi Pohjanmaan rannikolla on erittäin korkea potentiaali sekä tuulisähköön että vihreän vedyn tuotantoon (Kiviranta ym. 2023).

Markkina- ja regulaatiokatsauksemme mukaan hiilidioksidista valmistetuille tuotteille tulee Euroopassa kysyntää matkalla kohti hiilineutraaliutta. Keskeisimmiksi tuoteryhmiksi tunnistettiin erilaiset sähköpoltoaineet lento- ja



**Kuva 1. Hiilidioksidin pistemäiset päästölähteet Suomessa. Merkittyinä ovat 100 kt/a eli 0,1 miljoonaa tonnia/vuosi suurimmat päästölähteet.**





Kuva 2. Hiilidioksidia hyödyntäen voidaan valmistaa muun muassa polttoaineita, muoveja, kemikaaleja ja rakennustuotteita. Rakennuksiin käytettävät muovit ja eristeet voivat varastoida hiilidioksidia vuosikymmeniksi, mineraaliset tuotteet jopa pysyvästi.

meriliikenteeseen sekä raskaaseen tieliikenteeseen, sekä lisäksi kemikaalit ja polymeerit, sekä rakennustuotteet. Hiilidioksidin hyötykäyttö on EU:ssa tunnustettu keskeiseksi ilmastomuutoksen hillintäkeinoiksi. Regulaatiota on EU:ssa kehitetty pääasiassa liikennepolttoaineiden osalta. Muiden tuotteiden osalta se on vasta kehittymässä. Globaalien markkinoiden suuruus hiilidioksidista valmistetuille tuotteille arvioidaan vuoteen 2050 mennessä olevan yhteensä peräti 1000–3400 miljardia USA:n dollaria vuodessa. Fossiilista raaka-aineista valmistamiseen verrattuna monien hiilidioksidista valmistettujen tuotteiden tuotantokustannukset ovat selvästi suurempia. On kuitenkin korkea aika maksaa fossiilisia raaka-aineita käyttämällä syntynyt päästovelkamme takaisin, joten tarvitsemme riittävät kannustimet ja sääntelyä, joka mahdollistaa uudet markkinat ja kilpailukykyisen hintatason.

Teollisuuden uudistamiseen hiilidioksidia hyödyntäväksi tarvitaan myös suuria investointeja sekä teknologiakehitystä. Joidenkin hiilidioksidin hyötykäyttöratkaisujen, kuten synteettisen metaanin valmistuksen, osalta kaupallisia hankkeita valmistellaan jo. Kuitenkin useiden muiden hyödyntämismuotojen, kuten lentopolttoaineiden, valmistamisen osalta vaaditaan vielä merkittävää kehitystyötä ennen teknologian kaupallista kypsyyttä. Tämä tarjoaa suomalaisille toimijoille uusia innovaatiomahdollisuuksia sekä tilaisuuden teknologiavientiin. Hiilidioksidin hyötykäyttö voi tuoda lukuisia uusia työpaikkoja ja se on yksi syy investoida juuri Suomessa tapahtuvaan hyötykäyttöön.

### Mitä hiilidioksidin hyötykäyttö tarkoittaisi Suomelle?

Suomen osalta hiilidioksidin hyötykäytön vaikutusten arvioimiseksi luotiin skenaario hiilidioksidin hyötykäyttömäärille tuotekategoriokohtain vuosille 2030, 2035 ja 2040. Keskeisiä oletuksia olivat, että pääosa hiilidioksidin hyötykäytöstä perustuisi bioperäiseen hiilidioksidiin, jota hyödynnettäisiin vuoteen 2040 mennessä 8 miljoonaa tonnia vuodessa. Vuonna 2040 suurin osa hiilidioksidista päätyisi erityisesti lentolaivojen ja meriliikenteen sähköpolttoaineisiin, kotimaiseen kulutukseen ja lisäksi EU-markkinoille. Skenaariossa hiilidioksidia hyödyntäviä rakennustuotteita oletetaan käytettävän laajamittaisemmin vasta vuoden 2040 jälkeen. Hyötykäyttötuotteita syntyisi yhteensä noin 2–3 miljoonaa tonnia vuodessa keskeisissä tuotekategorioiden (taulukko 1).

Merkittävimpänä tuotantomääränä mainittakoon 1,0 miljoonaa tonnia/vuosi lentopolttoainetta, josta 0,8 miljoonaa tonnia/vuosi meni EU-markkinoille. Tämä kattaisi 20 % arvioidusta EU:n lentoliikenteen sähköpolttoainetarpeesta. Tämä skenaario kuvaa yhtä mahdollista kehityspolkuja hiilidioksidin hyötykäytön osalta ja sen tarkoitus on antaa suuruusluokka-arvioita investointien, tuotannon arvon ja työllisyysvaikutusten osalta. Skenaario on altis monille muuttujille ja pitää sisällään useita oletuksia, joista voi lukea tarkemmin itse selvityksestä.

Ilmastovaikutuksia arvioitiin oletamalla hiilidioksidin hyötykäyttötuotteiden korvaavan fossiilisia verokkituotteita. Vaikka skenaariossa suuri osa tuotteista menisikin vientiin, olisi kotimaassakin tapahtuva hiilidioksidin päästövähennys

Tuotteet	2030	2035	2040
<b>Polttoaineet</b>			
E-lentopolttoaine	0	0,1	1
E-metanoli	0,05	0,2	0,6
Tieliikenne, dieselmoottorit	0,05	0,1	0,2
Tieliikenne, Otto-moottorit	0,05	0,1	0,1
<b>Kemikaalit ja materiaalit</b>			
Polymeerit	0	0,05	0,2
Epäorgaaniset täyteaineet	0,1	0,2	0,4
Betonituotteet ja kiviainekset	0,02	0,06	0,24

Taulukko 1. Tuoteryhmäkohtaiset hiilidioksidin hyötykäyttötuotteiden tuotantomäärät skenaariossa vuosille 2030–2040 (miljoonaa tonnia/vuosi).



Kuva 3. Tuoteryhmäkohtainen hiilidioksidipäästövähennys Suomessa, miljoonaa CO<sub>2</sub>-tonnia vuodessa. Päästövähennyksiä tapahtuisi myös Suomen ulkopuolella vientituotteiden osalta.



Kuva 4. Uusiutuvan sähkön tarve vihreää vetyä käyttävissä hiilidioksidin hyötykäyttölaitoksissa.



Kuva 5. Kumulatiiviset investoinnit hiilidioksidin hyötykäyttölaitoksiin tuoteryhmittäin.



Kuva 6. Hiilidioksidin hyötykäyttöön perustuvan vuosituotannon arvo tuoteryhmittäin. Oletetut tuotehinnat per tonni tuotetta: e-lentopolttoaine 4000 €, e-metanoli 1700 €, e-diesel (tieliikenne) 3000 €, e-bensiini (tieliikenne) 2500 €, polymeerit 4500 €, epäorgaaniset täyteaineet 300 €, kiviainekset ja betonituotteet 30 €.

huomattava – noin 2,5 miljoonaa CO<sub>2</sub>-tonnia vuodessa (kuva 3). Suomessa päästövähennyksiä tulisi tässä skenaariossa eniten eri sähköpolttoaineiden korvaushyödyistä. Vuoteen 2040 mennessä hiilidioksidia voisi kuitenkin sitoutua vuosikymmeniksi pitkäikäisiin polymeerituotteisiin, noin 0,2 miljoonaa tonnia vuodessa, ja lisäksi Suomessa valmistettuihin rakennustuotteisiin pysyvästi toiset noin 0,2 miljoonaa tonnia vuodessa.

Hiilidioksidin hyötykäyttö vihreää vetyä hyödyntäen tarkoittaisi, että uusiutuvaa sähköä tarvittaisiin Suomeen noin 50 TWh lisää. Määrää voi verrata Suomen koko sähköntuotantoon vuonna 2023: 78 TWh (Energiateollisuus ry 2024). Tarvittavasta lisäsähköstä valtaosa, noin 45 TWh, menisi sähköpolttoaineiden valmistukseen. Skenaarion mukainen sähköntarpeen kasvu on esitetty kuvassa 4.

Hiilidioksidin hyötykäyttölaitoksiin tarvittavat investoinnit on esitetty kuvassa 5. Vuoteen 2040 mennessä investointeja

tulisi yhteensä erittäin merkittävät noin 11 miljardia euroa. Hiilivety-polttoaineiden investoinnit hallitsevat kuvaa, mutta näissä laitoksissa voidaan tuottaa eri jakeina useita eri polttoaineita. Investoinnit pitävät sisällään tarvittavan vedyntuotannon, mutta eivät uutta sähköntuotantoa.

Tuotannon arvoksi tulisi puolestaan yhteensä noin 7 miljardia euroa vuodessa. Suurin osa vuoden 2040 tuotannon arvosta muodostuisi e-lentopolttoaineista, e-metanolistä ja polymeereistä.

Arvokkaiden tuotteiden valmistaminen vaatii investointien lisäksi useita muita tekijöitä, joihin liittyy merkittäviä kuluja, kuten energia- ja työvoimakustannuksia. Toisaalta hiilidioksidin hyötykäyttölaitoksille voisi työllistyä pysyvästi arviolta 1100 henkilöä. Lisäksi välillisten työllisyysvaikutusten voidaan arvioida olevan moninkertaiset tuotantolaitosten henkilöstömäärään verrattuna.



### Tähän selvitykseen perustuen keskeisimmät elokuussa 2024 antamamme politiikan suositukset ovat:

- **Korkea jalostusaste ja pysyvät varastot:** Hiilidioksidin hyötykäytössä tulisi panostaa korkean jalostusasteen tuotteisiin sekä pysyviä tai pitkäaikaisia hiilidioksidivarastoja luoviin tuotteisiin.
- **Puhdas sähkö ja vihreä vety – tuotanto ja siirto:** Puhdas sähkö ja vihreä vety ovat edellytyksiä hiilidioksidin korkean arvon jatkojalostukselle, joten investoinnit näihin liittyvään tuotantoon ja infrastruktuuriin olisi turvattava hiilidioksidin hyötykäyttöhankkeiden lisäksi.
- **Suuret investoinnit ja juoksevat kulut:** Sähkön- ja vedyntuotannon lisäksi hiilidioksidin talteenotto, kuljetus ja hyötykäyttö vaativat kokonaisuudessaan miljardien eurojen investoinnit. Investointien lisäksi toiminnan juoksevat kulut on katettava hiilidioksidin hyötykäyttötutteen myyntikatteilla tai toimivilla hiilenpoistomarkkinoilla.

- **EU-politiikkaan vaikuttaminen Suomelle suotuisan hiilenpoistomarkkinan luomiseksi:** Markkinat kaipaavat ennakoitavuutta, ja bioperäisen hiilidioksidin hyötykäytöltä ja varastoinnilta puuttuu vielä vakaa taloudellinen kannustin.
- **Valtion esimerkillä myös yksityistä rahoitusta:** Toistaiseksi yksityistä rahoitusta on kyetty saamaan hiilidioksidin poistoon merkittävässä mittakaavassa vain maissa, joissa on valtioveltoista taloudellista kannustinpolitiikkaa talteenottoon ja varastointiin.
- **Edellytettävä perusteellisia tapauskohtaisia tarkasteluita:** Hiilidioksidin hyötykäyttöhankkeiden kannattavuus talous-, ilmasto-, ympäristö- ja työllisyysnäkökulmista on tapauskohtaisia ja hankkeiden vaikutusten perusteellista arviointia kannattaa edellyttää ja tukea.
- **Tahtotila ja yhteiskunnan hyväksyntä:** Yhteiskunnan eri toimijat on otettava mukaan valmisteluun varhaisessa vaiheessa hiilidioksidin hyötykäyttöhankkeita suunniteltaessa erilaisten vaikutusten huomioimiseksi, avoimen keskustelun luomiseksi ja yhteiskunnan edun varmistamiseksi.

### Suosituksien päätöksentekijöille

Selvityksen mukaisen skenaarion toteutuessa hiilidioksidin hyötykäyttö tarkoittaisi Suomelle merkittäviä päästövähennyksiä, noin 2,5 miljoonaa CO<sub>2</sub>-tonnia vuodessa, noin 7 miljardin euron arvoista vuosituotantoa ja yli tuhatta työpaikkaa suorana työllisyysvaikutuksena. Se kuitenkin vaatisi intensiivisimpien investointien aikaan noin 11 miljardin euron investointeja ja lisäksi 50 TWh vuodessa vähäpäästöistä sähköä. Lisäksi skenaarion toteutuminen edellyttää teknologioiden kaupallistumista sekä riittäviä kannustimia ja ohjausta markkinoiden muodostumiseksi hiilidioksidipohjaisille tuotteille. ■

### Lisätietoa:

#### VTT:n tutkimusryhmän projektiraportti:

[https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/VTT%20projektiraportti\\_Selvitys%20hiilidioksidin%20talteenoton%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6n%20potentiaalista.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/VTT%20projektiraportti_Selvitys%20hiilidioksidin%20talteenoton%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6n%20potentiaalista.pdf)

#### Yhteydenotot artikkeliin liittyen:

[sampo.makikouri@vtt.fi](mailto:sampo.makikouri@vtt.fi)

### Lähteet:

- EEA. 2023. Greenhouse gas emission intensity of electricity generation. 25.10.2023. Saatavilla: [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-14#tab-chart\\_7](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-14#tab-chart_7) (Viitattu 8.8.2024)
- Energiateollisuus ry. 2024. Energiavuosi 2023 – Sähkö. 11.1.2024, päivitetty 30.1.2024. Saatavilla: [https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023\\_paivitetty.pdf](https://energia.fi/wp-content/uploads/2024/01/Sahkovuosi-2023_paivitetty.pdf) (Viitattu 8.8.2024)
- Kiviranta, K., Hopsu, J., Kanto, T., Saarikoski, A., Kärki, J., & Lehtonen, J. (2023). Pre-study on transition to hydrogen economy, specifically in Northern Ostrobothnia: Final report. VTT Technical Research Centre of Finland. VTT Customer Report No. VTT-CR-00246-23. Saatavilla: [https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/79816694/Pre\\_study\\_on\\_transition\\_to\\_hydrogen\\_economy\\_specifically\\_in\\_Northern\\_Ostrobothnia.pdf](https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/79816694/Pre_study_on_transition_to_hydrogen_economy_specifically_in_Northern_Ostrobothnia.pdf) (Viitattu 15.8.2024)
- Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S., Arasto, A. 2023. Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 5/2023. 57 s. Saatavilla:

[ilmastopaneelin-raportti-5-2023-tekniologisten-hiilinielujen-mahdollisuudet-ja-niiden-edistaminen-suomessa.pdf](#) (Viitattu 8.8.2024)

Mäkikouri, S., Kujanpää, L., Lehtonen, J., Heikkinen, N., Linjala, O., Jutila, E., Koponen, K., Reinikainen, M. 2024. Projektiraportti: Selvitys hiilidioksidin talteenoton ja hyötykäytön kansallisesta ilmasto- ja talouspotentiaalista. Teknologiateollisuus ry, Energiateollisuus ry, Kemianteollisuus ry, Metsäteollisuus ry. [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/VTT%20projektiraportti\\_Selvitys%20hiilidioksidin%20talteenoton%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6n%20potentiaalista.pdf](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/VTT%20projektiraportti_Selvitys%20hiilidioksidin%20talteenoton%20ja%20hy%C3%B6tyk%C3%A4yt%C3%B6n%20potentiaalista.pdf)

Tilastokeskus. 2024. Energia ja päästöt -taulukot (Excel, xlsx). 25.6.2024. Saatavilla: [https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset\\_julkaisut/energia2023/html/suom0011.htm](https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2023/html/suom0011.htm) (Viitattu 8.8.2024)

Valtioneuvosto. 2023. Vahva ja välittävä Suomi – Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma. Valtioneuvoston julkaisu 2023:58. 20.6.2023. 246 s. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-763-8> (Viitattu 8.8.2024)



KUVA: VANTAAN ENERGIA

Vantaan Energian jätevoimala.

# HIILIDIOKSIDIN TALTEENOTTO

## – olennainen osa Vantaan Energian päästötöntä energiantuotantoa

Hiilidioksidin talteenotto mahdollistaa päästövähennykset aloilla, joilla päästöt ovat väistämättömiä. Vantaan Energian tulevaisuuden näkymänä on kasvattaa materiaalien kierrätysastetta niin, että ainoastaan aidosti kierrätyskelvoton jäte päätyy energianhyödyntämiseen. Tähän liittyvä toinen tavoite on estää energiahyödyntämisessä syntyvien hiilidioksidipäästöjen vapautuminen ilmakehään.

Hanna Pitkänen, Vantaan Energia, Kehityspäällikkö



Vantaan Energia on yksi Suomen suurimmista kaukunkienergiayhtiöistä, joka tuottaa ja jakelee lämpöä ja sähköä sekä tarjoaa kiertotalous- ja energiategohokkuusratkaisuja. Yritys ratkaisee aikamme suurimpia haasteita varmistamalla, että energia ja rajalliset resurssit kiertävät mahdollisimman fiksusti. Tavoitteena on hiilinegatiivinen energiantuotanto, mikä tarkoittaa sitä, että tuotettu energia on täysin päästötöntä. Tavoitteeseen liittyen yrityksellä on käynnissä useita kehityshankkeita.

### Kierrätysasteen kasvattaminen tärkeässä osassa

Yhtiön tavoite hiilineutraaliin energiantuotantoon on pitkälti sidottu jätteen energiahyödyntämisen laitoskeskittymään, jossa on jätevoimala ja sen laajennusosa. Jätevoimalassa käsitellään Uudenmaan alueen sekajätteet, eli ne jätteet, joita ei kierrätetä erilliskeräyksen kautta. Tämä pitää siis sisällään ne kotitalouksien jätteet, jotka päätyvät sekajäteastiaan. Kaupan ja teollisuuden sekajäte taas hyödynnetään energiaksi jätevoimalan laajennusosassa. Jäte käsitellään polttaen energiaksi, joka jaetaan lämpönä kaukolämpöverkon kautta lämmittämään vantaalaisia koteja. Näin jäte saadaan hävitettyä turvallisesti kaatopaikkauksen sijaan ja siihen sitoutunut energia hyödynnettyä kotien lämmityksessä.

Sen lisäksi, että jätteen energiahyödyntämisessä muodostuu lämpöä, polton seurauksena myös jätteeseen sitoutunut hiili pääsee vapautumaan. Käytännössä hiili vapautuu jätevoimalan savukaasujen mukana hiilidioksidina ilmakehään. Tarkoitus on estää jatkossa näiden hiilidioksidipäästöjen pääsy ilmakehään.

Jotta jätevoimalan päästöt saadaan leikattua, on ensimmäinen askel kiertotalouden periaatteiden mukaisesti kierrätysasteen nostaminen ja kierrätyksen lisääminen. Tavoitteena on saada arvokkaita materiaaleja nykyistä enemmän hyötykäyttöön. Kun jätettä kierrätetään ja siinä olevat materiaalit hyötykäytetään, vähenevät myös hiilidioksidipäästöt. Näin jätteeseen sitoutunut hiili pysyy kiinteissä materiaaleissa sen sijaan, että se kuumentamisen yhteydessä vapautuisi hiilidioksidina ilmakehään.

Vantaan Energialla on kierrätykseen liittyen suunnitella hanke, jossa sekajätettä esikäsitellään laitosmaisesti tavoitteena kierrätysasteen kasvattaminen. Kierrätystoimien jälkeen jäljelle jää kierrätyskelvotonta jätettä, jolle ei vielä tällä hetkellä ole kaatopaikan lisäksi muita vaihtoehtoja kuin energiahyödyntäminen. Tästä kierrätyskelvottomasta jätteestä tehdään energiaa ja polton yhteydessä vapautuva hiilidioksidi kaapataan talteen. Hiilidioksidin talteenotto on näin viimeinen askel jätteen kiertotalousketjussa.

### Talteenotettua hiilidioksidia voidaan varastoida tai uusiokäyttää

Hiilidioksidi otetaan erilleen savukaasusta ennen kuin se ehtii matkata savupiipun kautta ilmakehään. Käytännössä tämä tarkoittaa hiilidioksidin talteenottolaitoksen rakentamista olemassa olevan laitoksen yhteyteen. Talteenotettua hiilidioksidia voidaan käsitellä joko kaasumaisena tai paineistaa se nesteeksi. Haluttu olomuoto riippuu siitä, mitä hiilidioksidille tehdään seuraavaksi.

Kun hiilidioksidin vapautuminen ilmakehään on estetty, sille on käytännössä kaksi vaihtoehtoa, jotka ovat jatkojalostus CCU (Carbon Capture and Utilization) tai varastointi CCS (Carbon Capture and Storage). Vaihtoehdot eroavat teknisesti toisistaan ja Vantaan Energia on tutkinut näistä molempia.

Hiilidioksidin jatkojalostuksella tarkoitetaan uuden tuotteen valmistamista, yleensä vihreän vedyn kanssa. Hiilidioksidi ja vety yhdistetään toisiinsa ja näin saadaan aikaan esimerkiksi synteettistä kaasua, jolla voidaan korvata muun muassa liikenteen polttoaineita. Vetyä ja hiilidioksidia yhdistämällä voidaan myös tuottaa nestemäisiä aineita, kuten alkoholeja tai olefiineja. Näitä voidaan taas käyttää esimerkiksi muovin valmistuksen raaka-aineena korvaamaan fossiilista öljyä.

Talteenotettua hiilidioksidia jatkojalostamalla saadaan siis aikaan raaka-aineita, joilla voidaan korvata nykyistä fossiilisten raaka-aineiden käyttöä. Tämä vähentää edelleen päästöjä myös muilla toimialoilla. Menetelmä mahdollistaa monenlaisten tuotteiden valmistuksen - onhan hiili kaiken orgaanisen perusrakennuspalikka. Näissä tuotteissa talteenotettu hiilidioksidi toimii ikään kuin kierrätyshiilenä, jolla korvataan fossiilisen hiilen käyttöä.

Toinen vaihtoehto talteenotetulle hiilidioksidille on varastoida se pysyvään varastoon, josta se ei enää pääse vapautumaan ilmakehään. Varastointi voidaan tehdä maan tai merenpohjan alle. Varastoinnin avulla mahdollistetaan hiilidioksidin poistaminen ilmakehästä tai estetään sen pääsy ilmakehään.

### Hiilidioksidin talteenotolla jätteenkäsittely kestävämmäksi

Hiilidioksidin talteenotto mahdollistaa päästöjen leikkaamisen erityisesti niillä aloilla, joilla se ei muilla keinoin onnistu. Kierrätyskelvottoman ja vaarallisen jätteen käsittely on tästä hyvä esimerkki. Vaikka kierrätysratkaisut kehittyvät, jäljelle jää materiaalia, jota ei saada kiertämään. Kierrätyskelvottoman ja vaarallisen jätteen osalta energiahyödyntäminen on parempi vaihtoehto kuin kaatopaikka, missä hiili vapautuisi hallitsemattomasti ilmakehään ajan saatossa. Hiilidioksidin talteenotto mahdollistaa kestävämmän ja hiilineutraalin jätteenkäsittelyn.

Sekajätteessä on sekä biopohjaista että fossiilipohjaista jätettä. Biopohjainen jäte tarkoittaa muun muassa ruokajätteitä, pahvia ja puuta. Fossiilipohjainen jäte taas on muun muassa muovia, lasia ja metallia. Kun jäte polttamisen seurauksena hajoaa ja siitä vapautuu hiilidioksidia, on myös hiilidioksidi saman jaon mukaisesti joko biopohjaista tai fossiilista hiilidioksidia. Vantaan Energian tarkoituksena on ottaa talteen kaikki hiilidioksidi, sillä ilmastovaikutuksiltaan eri lähteistä syntynyt hiilidioksidi on samanarvoista.

### Epävarmuutta lainsäädännön ja infrastruktuurin alueilla

Toimijoiden näkökulmasta hiilidioksidin talteenottoon liittyy vielä monia haasteita ja epävarmuuksia. Vaikka teknologia kehittyi koko ajan, on se vielä hyvin kallista. Suurten tuotantolaitosten osalta investoinnit ovat merkittäviä, kun myös hiilidioksidilähteet ovat suuria. Toisaalta onnistuessaan myös päästövähennykset ovat merkittäviä.

Lainsäädännöllä on suuri vaikutus hiilidioksidin talteenottohankkeisiin. Yhtenä teimana on biopohjaisen ja fossiilisen hiilidioksidin kohtelu, mikä määrittää lopulta hiilidioksidin käyttökohteen. Mikäli poliittinen ohjaus suosii jatkojalostustuotteissa biopohjaista hiilidioksidia, on fossiilinen hiilidioksidi luonnollista ohjata varastoon. Energiayhtiön näkökulmasta on myös merkittävää, että käyttökohteet mahdollistavat päästöttömän lämmön määrittämisen.

Lainsäädännön asettamat raamit määrittelevät hiilidioksidin



KUVA: VANTAAN ENERGIA

Vantaan Energian jätevoimala.

talteenottohankkeita, muun muassa talteenotetun hiilidioksidin käyttökohteiden kautta. Suuren mittaluokan hiilidioksidin talteenotto ja jatkokäyttö ovat verrattain tuoreita aiheita myös lainsäädännön alalla ja siksi myös lakien hankkeille asettamat raamit päivittyvät. Hankkeiden suunnittelu ja rakentaminen vie aikaa, minkä takia lainsäädännöllisten raamien ripeä kehittyminen on kynnyskysymys ilmastotavoitteisiin pääsemisessä.

Hiilidioksidin talteenottoon liittyy itse talteenoton lisäksi puhdistusta ja mahdollista paineistusta. Kokoluokaltaan laitokset ovat suuria, mikä saattaa aiheutua haasteeksi jo aiemmin rakennetussa ympäristössä. Talteenoton tulee tapahtua hiilidioksidilähteen läheisyydessä, sillä savukaasua on hankala kuljettaa pitkiä matkoja. Käytännössä kuljettaminen tarkoittaisi suurten savupiippujen jatkamista käsittelypaikalle saakka. Myös hiilidioksidin jatkojalostukseen liittyvät laitokset vaativat suhteellisen paljon tilaa.

Hiilidioksidin talteenotto suuressa mittakaavassa vaatii siihen liittyvän infrastruktuurin kehittämistä. Talteenoteteknologiaan liittyvät investoinnit ovat kokoluokassaan suuria, mutta ne eivät vielä mahdollista talteenotetun hiilidioksidin liikkumista laitosalueelta eteenpäin. Vielä puuttuvan infrastruktuurin rakentaminen vaatii merkittäviä investointeja ja aikaa. Hiilidioksidin talteenoton ja jatkokäytön kehittyminen vaatii yritysten ja päättäjien välistä yhteistyötä, sillä suuriin investointeihin liittyvät riskit ovat merkittäviä yksittäisille yrityksille.

Suuren kokoluokan talteenottolaitokset ja infrastruktuuri tarkoittavat merkittävien investointien lisäksi useita vuosia

suunnittelua ja rakentamista, mahdollisia luvitusprosesseja unohtamatta. Tämän vuoksi niin lainsäädännön kehitys kuin toimijoiden välinen yhteistyökin ovat tärkeitä. Lainsäädäntö lopulta määrittelee hankkeet, sillä käyttökohteet, eli varastointi tai jatkojalostus, määräytyy lakien perusteella.

### Tarvitaan yhteistyötä ja tahtoa onnistua

Vantaan Energian tavoitteena on poistaa oman jätevoimalansa toiminnasta syntyvät hiilidioksidipäästöt kokonaisuudessaan – niin biopohjaisen kuin fossiilisen hiilidioksidin osalta. Vuositasolla hiilidioksidipäästöt vähenisivät tämän ansiosta noin 600 000 tCO<sub>2</sub>. Määrän hahmottamista helpottamaan vertaus pääkaupunkiseudun henkilöautojen liikennepäästöihin, jotka olivat vuonna 2023 noin 590 000 tCO<sub>2</sub> (HSY).

Hiilidioksidin talteenotto mahdollistaa suuret päästöleikkaukset toimialoilla, joilla päästöt ovat luonteeltaan väistämättömiä. Suuren mittaluokan talteenotto vaatii kalliita ja toteutukseltaan aikaa vieviä ratkaisuja. Lisäksi hankkeiden suunnitteluun vaikuttaa vielä tällä hetkellä moni epävarmuustekijä. Onnistuminen tarvittavan ketjun rakentamisessa vaatii alojen rajat ylittävää yhteistyötä ja selkeitä poliittisia linjanvetoja. ■

### Lähteet:

HSY, Liikenteen päästöt pääkaupunkiseudulla, viitattu 16.8.2024. <https://www.hsy.fi/ymparistotieto/avoindata/avoindata---sivut/liikenteen-paastot-paakaupunkiseudulla/>



# Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä -hanke selvittää:

## MITEN SAAVUTETAAN KESTÄVÄ ENERGIAJÄRJESTELMÄ?

Vuoden alussa käynnistyi Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä (REPower-CEST) -hanke, jossa tuotetaan ja koostetaan tarvittavaa tietoa siirtymisestä puhtaaseen energiajärjestelmään Suomessa. Samalla laaditaan tiekarttaehdotus siirtymän toteuttamiseksi kestävästi ja oikeudenmukaisesti.

Sampo Soimakallio, kehittämisspäällikkö, Suomen ympäristökeskus  
Laura Sokka, johtava tutkija, Suomen ympäristökeskus

**P**uhtaan energiajärjestelmän siirtymä -hanketta vetää Suomen ympäristökeskus (Syke) ja muut tutkimusosapuolet ovat Geologian tutkimuskeskus GTK ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Hanke on osa EU:n Suomelle joulukuussa 2023 myöntämää noin 14 miljoonan REPowerEU-rahoitusta, joka taas kuuluu EU:n RFF-rahoitusvälineisiin ja jonka tavoitteena on irtautua Venäjältä tuotavasta fossiilisesta energiasta sekä edistää ilmastonmuutoksen hillintää. Hanke käynnistyi vuoden alussa ja kestää kesäkuuhun 2026 asti.

Tavoitteisiin pääsemiseksi pyritään luomaan kokonaisvaltainen näkemys fossiilisia polttoaineita korvaavan ja puhdasta siirtymää edistävän, kestävänsä energian murroksen ratkaisukeinoista, vaikutuksista, toteuttamisen haasteista ja mahdollisuuksista. Hankkeessa tuotetaan tietoa, työkaluja ja palvelukonsepteja, joita tarvitaan puhtaan energian siirtymän ympäristöllisten, taloudellisten ja sosiaalisten haasteiden ja riskien analysointiin, hallintoiintiin ja ratkomiseen. Lisäksi hankkeessa tuotetaan tiekartta puhtaan energian kestävänsä ja oikeudenmukaisen siirtymän toteuttamiseksi Suomessa vuoteen 2035 mennessä.

KUVA: ROOSA KOMOKALLIO / SYKE



Osahankkeiden vetäjät Tiina Koljonen (VTT), Mari Kivinen (GTK) ja Sampo Soimakallio (koko hankkeen vetäjä, Syke) tutkijatyöpajassa Otaniemessä viime toukokuussa. Työpajaan osallistui suurin osa hankkeen yli sadasta tutkijasta.

### Viisi näkökulmaa

Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä -hanke keskittyy kestävänsä energiantuotannon kysymyksiin viiden eri näkökulman kautta: energiajärjestelmä ja teknologiat; ympäristövaikutusten arviointi; energiasiirtymän raaka-aineet; talous ja työllisyys; sekä energiaturvallisuus ja oikeudenmukaisuus. Hankkeen lopputuloksena tuotettava tiekartta nivoo yhteen nämä näkökulmat.

Energiajärjestelmää ja -teknologioita tarkastellaan erilaisen skenaarioiden avulla, joissa tunnistetaan edellytyksiä kestävänsä energiajärjestelmälle sekä näihin liittyviä epävarmuuksia. Tarkasteltavia aiheita ovat muun muassa sähkö- ja kaasuverkon kehittäminen, maalämmön tuotantopotentiaali ja sen rooli lämmityssektorilla, teknologiset hiilinielut sekä fossiilittoman kaukolämmön tuotanto ja jakelu.

Puhtaan energiajärjestelmän siirtymään liittyy erilaisia ilmasto-, luonto- ja muita ympäristövaikutuksia, joiden arvioimiseksi hankkeessa luodaan aiempaa parempaa ja käyttökelpoisempaa tietopohjaa päätöksenteon tueksi. Hankkeessa pyritään esimerkiksi tunnistamaan, mitkä ympäristövaikutukset ovat puhtaan energiajärjestelmän teknologioiden kannalta tärkeimpiä, mitkä tekijät niihin vaikuttavat, miten ympäristövaikutuksia voidaan parhaiten arvioida sekä millä keinoin haitallisia vaikutuksia voidaan hallita ja minimoida.

**Tarkasteltavia aiheita ovat sähkö- ja kaasuverkon kehittäminen, maalämmön tuotantopotentiaali ja sen rooli lämmityssektorilla, teknologiset hiilinielut sekä fossiilittoman kaukolämmön tuotanto ja jakelu.**

Puhtaan energiajärjestelmän siirtymän toteuttamiseksi tarvitaan erilaisia raaka-aineita, joista osa on kriittisiä. Hankkeessa tarkastellaan energiasiirtymän kannalta kriittisten raaka-aineiden arvoketjuja ja saatavuutta Suomessa ja EU-alueella. Tähtäimessä ovat muun muassa kansallisen

KUVA: ROOSA KOMOKALLIO / SYKE



Hankkeen tutkijoita kerääntyneenä kuulemaan hankkeen sisällöstä.

malminetsinnän konsepti ja konseptin testaus Pohjois-Suomessa sekä kaivannaisjätealueiden raaka-ainepotentiaalin ja alueellisten hydrogeologian arviointi. Lisäksi kehitetään potentiaalisten raaka-aineiden tunnistamisen automatisointia mineraaliprosessoinnissa.

Energiainvestoinneilla ja ohjaukskeinoilla puhtaan energiajärjestelmän siirtymän toteuttamiseksi on erilaisia vaikutuksia alue- ja kansantalouteen. Näiden vaikutusten arviointi edellyttää tietopohjan parantamista. Hankkeessa kehitetäänkin mallia energiainvestointien alueellisten investointien talous- ja työvaikutusten arviointiin (tuotanto, arvonlisä, työllisyys ja verokertymät). Lisäksi arvioidaan puhtaan siirtymän ulkoiskustannuksia.

Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä nostaa esille myös erilaisia energiaturvallisuuden ja sosiaaliseen oikeudenmukaisuuteen liittyviä kysymyksiä. Hankkeessa pyritään muodostamaan kuva energiasiirtymän laajemmasta toimintaympäristöstä turvallisuus- ja oikeudenmukaisuusnäkökulmista. Lisäksi tuotetaan arvioita energiasiirtymään liittyvän julkisen ohjauksen vaikutuksista turvallisuuteen ja oikeudenmukaisuuteen. Tämän tuloksena saadaan ajantasainen näkemys siitä, mitä elementtejä uudenlaisen puhtaan energiajärjestelmän energiaturvallisuus käsittää sekä mitä oikeudenmukaisuusulottuvuuksia eri teknologioihin liittyy.

### Tiekartta ja tulosten viestintä

Puhtaan energian siirtymän strateginen tiekartta laaditaan systemaattisen prosessin tuloksena, johon osallistetaan sidosryhmiä, ja jossa hyödynnetään laajasti hankkeessa tuotettua tietoa. Tiekartta vetää yhteen erilaiset kestävyysnäkökulmat, indikaattorit, lähestymistavat, tarvittavat ohjaukskeinit ja keskeiset tietotarpeet puhtaan energian siirtymän toteuttamiseksi.

Luonnonvarojen tutkimuskeskuksella (Luke) on samanaikaisesti meneillään oma EU:n REPower-rahoituksella

toteutettava hankkeensa. REPower-CEST -hanke tuottaa myös yhdessä Luken REPower-hankkeen kanssa kohdenne-tun energia- ja ilmastopolitiikan skenaariot ja niiden vaikutusten arvioinnit keskipitkälle aikavälille, sekä ilmastotavoitteet täyttävät vaihtoehtoiset skenaariot pitkälle aikavälille. Tämä työ palvelee Petteri Orpon hallituksen energia- ja ilmastostrategiatyötä, ilmastolain mukaista keskipitkän aikavälin ilmastopoliittista suunnitelmaa (KAISU) ja eduskunnalle vuonna 2025 jätettävää pitkän aikavälin ilmastosuunnitelmaa.

**Tiekartta vetää yhteen erilaiset kestävyysnäkökulmat, indikaattorit, lähestymistavat, tarvittavat ohjaukskeinit ja keskeiset tietotarpeet.**

Pyrkimyksenä on tuottaa paitsi tutkimuksellisesti tärkeää tietoa, myös vastata käytännön tasolla energia-alan kansallisten toimijoiden tiedontarpeisiin. Osallistuvien organisaatioiden edustajien lisäksi hankkeen ohjausryhmässä ovat edustajat ympäristöministeriöstä, työ- ja elinkeinoministeriöstä, maa- ja metsätalousministeriöstä, liikenne- ja viestintäministeriöstä, valtiovarainministeriöstä sekä Strategisen tutkimuksen neuvoston energiaohjelmista. Prosessissa on myös tarkoituksena kuunnella laajasti eri tahojen näkemyksiä sekä jakaa eri kanavissa tietoa hankkeesta käynnissä olevasta tutkimuksesta. Tarkoituksena on järjestää kaikille avoimia webinaareja, joissa esitellään hankkeen tuloksia tai tehtävään tutkimukseen kiinteästi liittyviä aiheita. ■

**Seuraa hankkeen etenemistä ja tietoa järjestettävistä tapahtumista osoitteessa:**

<https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/REPower>





KUVA: SHUTTERSTOCK

# Uusi ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutus vastaa työelämän tarpeisiin

Ilmastonmuutos, sen torjunta ja vaikutuksiin sopeutuminen koskettavat kaikkia toimialoja. Samalla luonnon monimuotoisuuden huomioiminen ja kiertotalouteen siirtyminen edellyttävät uudenlaista osaamista. Uusi ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutus on Helsingin yliopiston tarjoama koulutusohjelma, joka tarjoaa tarvittavat tiedot ja taidot monialaiseen ilmastotyöhön. Ohjelma pyrkii vastaamaan työelämän kasvaneeseen ilmasto-osaamisen tarpeeseen.

**Tiina Nygård**, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos  
**Kenneth Peltokangas**, tutkijatohtori, Helsingin yliopisto  
**Laura Riuttanen**, yliopistonlehtori, Helsingin yliopisto

Ensimmäinen kaksivuotinen Ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutus käynnistyi 42 opiskelijan joukolla maaliskuussa 2024. Koulutusohjelma tuo konkreettisesti yhteen asiantuntijat, yritykset sekä julkisen sektorin toimijat yli toimialarajojen. Se antaa hyvät edellytykset työelämäyhteistyölle ja verkostoitumiselle koulutuksen aikana ja myös sen jälkeen.

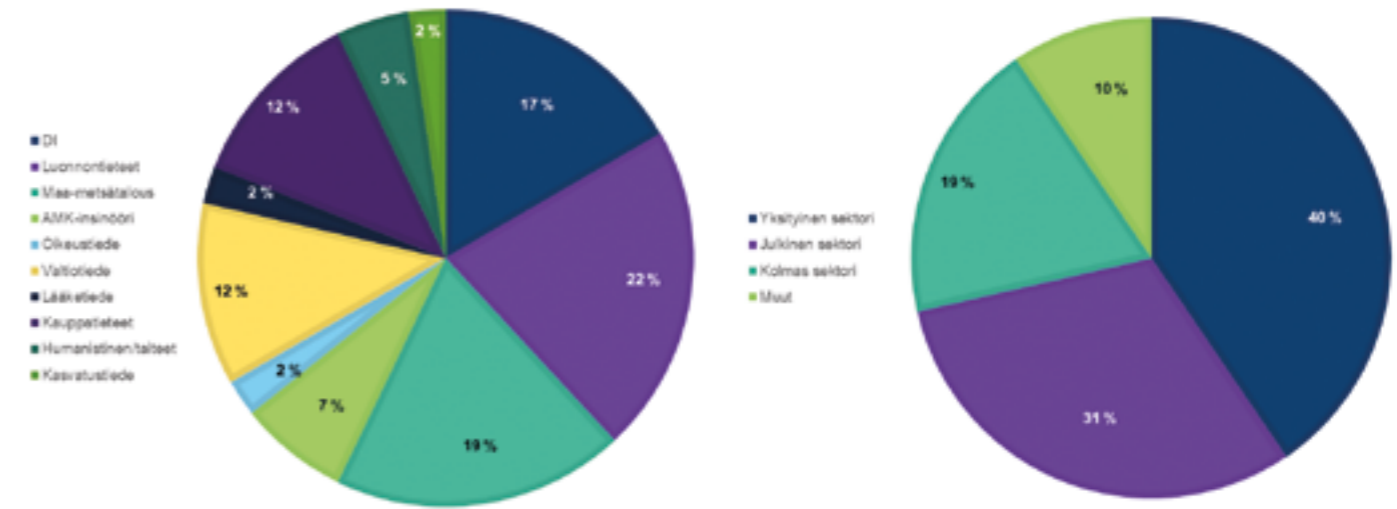
”Mukana on opiskelijoita monipuolisesti eri työelämän sektoreilta”, iloitsee koulutusohjelman johtaja **Laura Riuttanen** Helsingin yliopistosta.

Opetus on kehitetty yhteistyössä Helsingin yliopiston, Itä-Suomen yliopiston, Ilmatieteen laitoksen, Climate University -verkoston ja Climate Leadership Coalition:in kanssa. Kyseessä ei ole kertaluontoinen kokeilu, vaan koulutusohjelmaa on tarkoitus tarjota ja kehittää myös tulevaisuudessa. Ilmastotiedon ja -osaajien tarve ei ole katoamassa mihinkään – päinvastoin sen ennakoitaan kasvavan entisestään.

Ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutus on laajuudeltaan 60 opintopistettä. Ensimmäisellä kurssilla opiskelijat

hankkivat vankat pohjatiedot ilmastonmuutoksesta luonnontieteellisenä ilmiönä. Myöhemmillä kursseilla paneudutaan tarkemmin ilmastonmuutoksen hillinnän sekä sopeutumistoimien luonnontieteellisiin, taloudellisiin ja oikeudellisiin näkökulmiin. Lisäksi opiskelijat sisällyttävät opintoihinsa valinnaisia kursseja yhteistyökorkeakoulujen tarjonnasta. Koulutuksen tavoitteena on antaa opiskelijoille vahva tieteellinen pohja, jonka avulla he voivat pohtia ilmastonmuutoksen vaikutuksia, riskejä ja mahdollisuuksia oman toimialansa ja organisaationsa näkökulmasta. Koulutusohjelman lopuksi laaditaan omaan toimialaan kohdistuva lopputyö.

Koulutus tarjoaa ajankohtaisen kattauksen jatkuvasti päivittyvästä ilmastotiedosta. Opetuksessa tartutaan myös mediassa esillä oleviin ajankohtaisiin ilmastoteemoihin yhdessä opiskelijoiden kanssa. Kaikkea ei anneta opiskelijoille valmiiksi pureskeltuna, sillä ilmastoasiantuntijaksi kasvamiseen kuuluu olennaisena osana kyky hankkia, arvioida ja tuottaa tietoa itse. Opetuksen sisältöjen kokoaminen on ensisijaisesti vastuuopettaja **Kenneth Peltokankaan** (Helsingin yliopisto) ja **Tiina Nygårdin** (Ilmatieteen laitos) harteilla, mutta opetuksen valmistelussa ja toteutuksessa hyödynnetään monipuolisesti Suomen parhaita asiantuntijoita ilmastomuutoksen laajalta kentältä.



Opiskelijoiden opintotausta (vasen) ja työskentelysektori (oikea).

Suuri osa opiskelusta toteutetaan itsenäisenä etäopiskeluna, mutta opiskelijat työskentelevät myös keskenään vertaisryhmissä ja kokoontuvat ajoittain kasvotusten. Ensimmäinen kokoontuminen järjestettiin Hyytiälän metsäasemalla maaliskuussa. Hyytiälässä opiskelijat pääsivät tutustumaan metsäaseman toimintaan ja siihen, miten ilmastotietoa tuotetaan erilaisiin käyttötarkoituksiin. Opiskelijoille oli tärkeää nähdä, mistä ilmastotieto on peräisin. Monet olivat hyvin vaikuttuneita näkemästään ja siitä, miten kokonaisvaltaisesti mittausasemalla kerätään ilmastotietoa.

Tunnelma ensimmäisellä kokoontumisella oli opiskelijoiden keskuudessa positiivinen ja koulutusohjelma oli käynnistynyt heidän näkökulmastaan hyvin:

”Tämä on juuri sitä, mitä nyt tarvitaan: laajempaa ilmasto-osaamista eri toimialoille ja tiiviimpää yhteistyötä toimialojen ilmasto-osaajien kesken”, kiteytti ajatuksensa koulutusohjelman opiskelija **Helmi Uusitalo**.

Monialaisuutta siis arvostetaan laajasti myös opiskelijoiden

keskuudessa. Myös koulutusohjelman toteuttamista on saanut jo kiitosta:

”Tässä on koottu tosi laaja asiakokonaisuus kahden vuoden pakettiin. Tämä on tehty meille opiskelijoille helpoksi”, toteaa koulutusohjelman opiskelija **Mikko Viitaila**.

Ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutuksen toteutuksesta vastaava työryhmä kokee tekevänsä vaikuttavaa työtä ja vastaavalla osaamisella olisi varmasti kysyntää myös maailmalla.

”Kouluttamalla 42 laaja-alaisesti ilmastoasioita ymmärtävää asiantuntijaa, joista monet jo nyt tekevät ilmastoasioiden parissa töitä organisaatioissaan, voimme todella konkreettisesti edistää ilmastotoimia Suomessa ja laajemminkin”, **Laura Riuttanen** sanoo. ■

**Katso lisätietoja koulutusohjelmasta:**

<https://www.helsinki.fi/ilmastoasiantuntijan-erko>

KUVA: VELI-MATTI KERMINEN



Ensimmäinen kokoontuminen Hyytiälän metsäasemalla maaliskuussa 2024.

**Seuraava haku ilmastoasiantuntijan erikoistumiskoulutukseen on syksyllä 2025 ja koulutus alkaa tammikuussa 2026.**



# ILMANLAATUMITTAUSTEN LAADUNVARMISTUS on eurooppalaista yhteistyötä

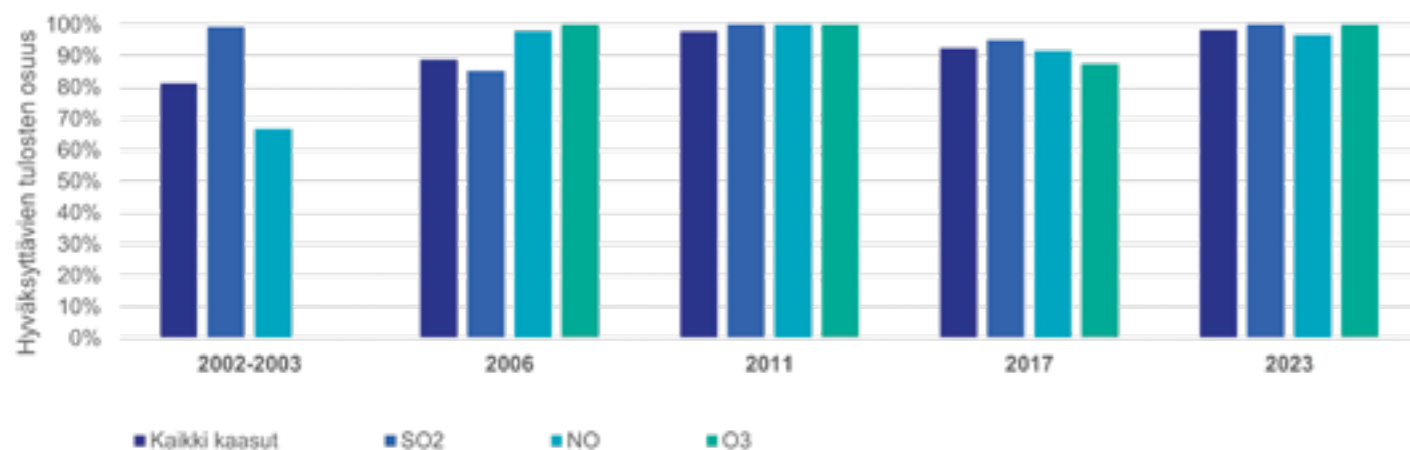
EU-direktiiveissä mainitut eurooppalaiset standardit sekä kansalliset säädökset määrittelevät tarkasti, miten ilmanlaadun seurantamittauksia tulee tehdä. Suomessa ilmanlaadun mittausverkot vastaavat alueillaan tehtävästä ilmanlaadun seurannasta ja sen laadunvarmistuksesta. Lisäksi ilmanlaadun kansallinen vertailulaboratorio varmistaa, että suomalaiset ilmanlaatumittaukset täyttävät niille asetetut vaatimukset. Ilmanlaadun lainsäädäntö on parhaillaan päivityksessä, ja sen myötä myös laadunvarmistukselle tulee uusia vaatimuksia.

Karri Saarnio, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos  
Katriina Kyllönen, erikoistutkija, laatupäällikkö, Ilmatieteen laitos

**S**uomessa ilmanlaatua mitataan laadukkaasti ja vaatimukset huomioiden. Suomen ilmanlaatu on kansainvälisesti vertailtuna varsin hyvä, joskin meilläkin on edelleen monia ilmanlaatuhaasteita, kuten jokakeväinen katupölykausi, kesäajan otsoniepisoitit ja puun pienpolton päästöt talvikaudella. Maailman terveysjärjestön (WHO) terveysperusteiset ohjeet ylittyvät Suomessa laajoilla alueilla sekä kaupungeissa että tausta-alueilla (Anttila, 2022). Myös EU on kiristämässä lainsäädäntöään (Anttila ja Kyllönen, 2023), ja muun muassa uudet tiukemmat ilmanlaadun raja-arvot odotetaan julkaistavan loppuvuonna 2024. EU:ssa onkin laadittu saasteettomuusvisio vuodelle 2050, ja

sen tavoitteena on vähentää muun muassa ilmansaasteiden pitoisuudet tasolle, jota ei enää pidetä haitallisena terveydelle ja luonnon ekosysteemeille ja joka kunnioittaa maapallon resurssien rajoja.

Ilmanlaadun mittauksilla on suuri merkitys, sillä ilmanlaatuasetuksen normien, kuten raja-arvojen, tavoitearvojen sekä tiedotus- ja varoituskynnysten ylittymistä arvioidaan mitausten perusteella. Raja-arvojen ylittyessä tai ollessa vaarassa ylittyä kunnan on laadittava ja toimeenpantava ilmansuojelusuunnitelma ja tarvittaessa harkinnan mukaan lyhyen aikavälin toimintasuunnitelma, joilla raja-arvojen ylittyminen estetään säädetyssä määräajassa. Otsonin tavoitearvoihin



Mittausverkkojen tulosten kehitys vertailulaboratorion järjestämissä kaasumaisten ilmansaasteiden vertailumittauksissa 2002–2023.



Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen järjestämä hiukkasvertailu Italian Isprassa 2022.

ja pitkän ajan tavoitteisiin pyritään ensisijaisesti valtakunnallinen ja kansainvälinen toimin, koska paikallisten toimien vaikuttavuus otsonipitoisuuksiin on vähäinen. Ilmanlaadun mittaukset ovat keskeisessä asemassa myös tiedotettaessa paikallisesta ilmanlaatuilanteesta. Ilmanlaatu-tietojen on oltava yleisesti saatavilla, ja raja- ja tavoitearvojen sekä tiedotus- ja varoituskynnysten ylityksistä on tiedotettava väestölle aktiivisesti.

## Mittaaja vastaa mitaustuloksestaan

Suomessa ilmanlaadun seuranta tehdään noin 30 mittausverkon toimesta noin sadalla mittausasemalla. Mittausverkot vastaavat omien mitaustulostensa oikeellisuudesta. Seurannassa noudatetaan EU:n lainsäädännössä mainittuja vertailumenetelmiä, jotka perustuvat eurooppalaisiin EN-standardeihin, tai niin sanottuja ekvivalenttimenetelmiä. EN-standardit on laadittu CEN:in (Comité Européen de Normalisation) työryhmissä ja vahvistettu Euroopan laajuisesti. Niissä on määritelty, miten ilman eri epäpuhtauskomponentteja tulee mitata ja miten niiden laatua tulee varmentaa. Suomessa toimii SFS Suomen Standardien alainen ilmanlaadun standardoinnin seurantarayhmä, joka osallistuu eurooppalaiseen standardointityöhön. Tässä ryhmässä on edustajia muun muassa mittausverkoista, kansallisesta vertailulaboratoriosta ja yrityksistä, ja siihen voivat liittyä alalla toimivat asiantuntijat. Seurantarayhmän jäsenenä on myös mahdollisuus tulla nimetyksi CEN:in työryhmiin, joissa EN-standardeja laaditaan ja päivitetään eurooppalaisena yhteistyönä.

EN-standardit kuvaavat muun muassa mittalaitteelle asetet-

tuja teknisiä vaatimuksia sekä mittausaineiston laatuvaatimuksia, joiden täyttämistä on vastuussa mittausverkko. Lisäksi EN-standardit kuvaavat useita laadunvarmistustoimia, joita mittausverkon pitää noudattaa. Näitä ovat esimerkiksi säännölliset ja jäljitettävät kalibroinnit, ajoittaiset tarkistukset sekä muut huoltotoimet. Kansallisesti EN-standardien mitausohjeet ja -vaatimukset on koottu yksiin kansiin Ilmanlaadun mittausohjeessa, joka on parhaillaan päivityksen alla.

Direktiivipäivityksen myötä ilmanlaadun lakisäätöeseen seurantaan odotetaan lisättävän uusia ilmansaasteita, kuten musta hiili, ultrapienet hiukkaset ja niiden kokojakauma sekä ammoniakki. Näille epäpuhtauksille ei ole vielä voimassa sitovia vertailumenetelmiä, mutta niillekin on määritetty mitausten ajallisen kattavuuden vaatimus. Jää nähtäväksi, tuleeko näillekin ilmansaasteille omia laatuvelvoitteita, mutta toistaiseksi niiden mittaamisessa suositellaan käytettävän kansainvälisten mitausohjelmien, kuten ACTRIS:in, ohjeita, joissa kuvataan laadunvarmistustoimia.

## Vertailulaboratorio varmistaa mitausten laatua

Kussakin EU-maassa toimii oma kansallinen ilmanlaadun vertailulaboratorio. Vertailulaboratorion keskeinen tehtävä on varmistaa alueellaan tehtävän ilmanlaadun seurannan toimivuus. Vertailulaboratorion tulee tarkistaa ilmanlaatu-arvioiteihin liittyvien mitausten laatuja järjestelmät tarvittaessa ja vähintään joka viides vuosi, eli käytännössä ilmanlaatumittauksia suorittavien organisaatioiden laatuja järjestelmät auditoidaan vertailulaboratorion toimesta. Suomessa tämä on käytännössä tapahtunut mittausverkoille järjestettyjen





Hiukkasmittalaitteiden ekvivalenttisuuden osoittamisen mittaus Hämeenlinnanväylän varrella keväällä 2023.

kaasuvertailujen yhteydessä, joissa vertailulaboratorio kiertää asemalta toiselle tuottaen NO-, SO<sub>2</sub>- ja O<sub>3</sub>-vertailupitoisuuksia, jotka mittausverkko määrittää mittausaseman omilla laitteilla. Viimeisin auditointi- ja vertailukierros tehtiin vuonna 2023, ja hankkeen tulokset raportoidaan syksyn 2024 aikana.

Vertailulaboratorio varmistaa myös hiukkasmittausten mittauslaatua jatkuvatoimisesti. Hiukkaspitoisuuksille määritellyssä vertailumenetelmässä hiukkasia kerätään vuorokauden ajan suodattimille, jotka punnitaan laboratoriossa. Vertailumenetelmä ei siis sovellu ajantasaiseen tiedottamiseen hiukkaspitoisuuksista. Sen sijaan ulkoilmassa olevien hiukkaspitoisuuksien seurannassa käytetään erilaisia jatkuvatoimisia hiukkasmittareita, jotka tuottavat erittäin tärkeää ajantasaista tietoa hiukkaspitoisuuksista ja niissä tapahtuvista muutoksista.

Kansallisesti tulee kuitenkin osoittaa, että käytössä olevat jatkuvatoimiset hiukkasten mittausmenetelmät tuottavat yhdenmukaisia mittaus tuloksia vertailumenetelmän kanssa. Tätä varten vertailulaboratorio määrittää määrääjain mitta-laitteille merkki- ja tyyppikohtaisia kalibrointikertoimia, joita tulee käyttää raportoitaessa jatkuvatoimisten hiukkasmittareiden tuloksia. Euroopan komissio on laatinut ohjeistuksen kalibrointikertoimien määrittämiseksi: tarvitaan vähintään vuoden mittaiset vertailumittaukset vähintään kahdella mittauspaikalla, joiden tulee edustaa erilaisia hiukkasympäristöjä. Lisäksi täten määritettyjen kalibrointikertoimien toimivuutta täytyy varmentaa jatkuvasti eri puolilla Suomea.

Vertailulaboratorio suorittaa varmennusta tekemällä niin sanottuja ongoing-vertailumittauksia, joiden suorituspaikka vaihtelee vuodesta toiseen.

Osoittaakseen oman pätevyytensä vertailulaboratorion tulee osallistua joka kolmas vuosi komission yhteisen tutkimuskeskuksen järjestämiin unionin laajuisiin laadunvarmistusohjelmiin. Viimeisimmissä vertailuissa Suomen kansallisen vertailulaboratorion tulokset olivat parasta ykkösluokkaa (Barbiere ym., 2022; Tarricone ym., 2023), mikä osoittaa lisäksi, että suomalaisia ilmanlaadun mittaus tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina muiden maiden mittaus tulosten kanssa.

#### Suomessa ilmanlaatua mitataan korkealaatuisesti

Juuri päättyneissä ympäristöministeriön ja Ilmatieteen laitoksen rahoittamissa vertailulaboratorion KAUDI- ja PM-EKVI-hankkeissa on varmistettu kaasumaisten ilma- saasteiden (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>) sekä hiukkasten (PM<sub>10</sub> ja PM<sub>2,5</sub>) laatua. KAUDI-hankkeessa suoritettiin edellä mainittujen ilma- saasteiden mittausten auditoinnit sekä kaasumaisten epäpuhtauksien vertailumittaus, kun taas PM-EKVI-hankkeessa määritettiin hiukkasmittauksissa käytetyille mittalaitteille kalibrointikertoimet.

KAUDI-hankkeeseen osallistui 17 ilmanlaadun mittaus- verkkoa. Osassa mittausverkoista mittausten suoritus tai mittausten laadunvarmistus tapahtuu useampaa verkkoa operoivan toimijan toimesta. Tämän vuoksi tässä hankkeessa ei auditoitu erikseen aivan kaikkia noin 30 mittausverkkoa.

Vertailulaboratorio vieraili kunkin mittausverkon yhdellä, kahdella tai kolmella mittausasemalla, jotka oli valittu edustamaan kyseisen verkon tai useampaa verkkoa operoivan toimijan mittauksia. Vierailun aikana mittaukset auditointiin mittaajaa haastatellen ja dokumentteja katselmoiden, ja samalla varmistettiin, toimitaanko vertailumenetelmien vaatimusten mukaisesti. Auditointitulokset raportoitiin kullekin osallistujalle jälkikäteen.

Auditointien perusteella mittausverkkojen laadunvarmistus- ja laadunvalvontajärjestelmät ovat pääosin erittäin hyvää tasoa. Kehitysehdotuksia annettiin erityisesti tekniseen toimintaan liittyen. Lisäksi mittausten edustavuuteen kiinnitettiin huomiota. Vertailumittauksessa mittausjärjestelmiin

**Vierailun aikana mittaukset auditointiin mittaajaa haastatellen ja dokumentteja katselmoiden, ja samalla varmistettiin, toimitaanko vertailumenetelmien vaatimusten mukaisesti. Tulokset olivat pääosin erittäin hyvää tasoa. Kehitysehdotuksia annettiin etenkin tekniseen toimintaan liittyen.**

syötettiin vertailukaasua mittausasemalla ja mittausverkko raportoi tulokset vertailulaboratoriolle, joka kokoaa tulokset hankkeen loppuraporttiin. Vertailumittausten osalta tulokset olivat erinomaisia: 98 % tuloksista oli selvästi hyväksyttävien kriteerien sisällä.

PM-EKVI-hankkeessa testattiin kymmentä erilaista hiukkasmittalaitetta vertailumenetelmänä toimivaa suodatin-keruu- ja punnitusmenetelmää vastaan. Testit suoritettiin vuosien 2022 ja 2023 aikana Helsingin Kallion kaupunkitausta-aseman sekä Vantaan Kaivokselassa sijaitsevan Hämeenlinnanväylän mittausaseman vieressä. Yhteensä vuoden kestäneiden mittausten perusteella hiukkasmittalaitteiden suorituskykyä arvioitiin ja laitteille määritettiin merkki- ja tyyppikohtaiset kalibrointikertoimet, joita tulee käyttää raportoitaessa raja-arvoa valtavia mittaus tuloksia. Hanke suoritettiin yhteistyössä Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY:n, mittalaittevalmistajien ja laite-edustajien sekä Viron kansallisen ilmanlaadun vertailulaboratorion kanssa. Hankkeen tulokset, sisältäen määritetyt kalibrointikertoimet, julkaistaan syksyn 2024 aikana.

Kaiken kaikkiaan hankkeiden perusteella Suomessa mitataan ilmanlaatua korkeatasoisesti, ja mittausverkot ovat kehittäneet mittausverkkojaan ja -järjestelmiään aktiivisesti. Myös uusiin lakisääteisiin mittausvaatimuksiin on Suomessa hyvää kokemusta vuosikymmenien ajalta. Kokemus ja osaaminen ovatkin ensiarvoisen tärkeitä, sillä ilmanlaadun parantumisessa ja pitoisuuksien laskiessa laadunvarmistuksen merkitys kasvaa entisestään, sillä pieniä pitoisuuksia mitattaessa epävarmuustekijät kasvavat. ■

**Vertailulaboratorion raportit löytyvät Ilmatieteen laitoksen verkkosivuilta osoitteesta:**

[www.ilmatieteenlaitos.fi/raportit-ja-lomakkeet/](http://www.ilmatieteenlaitos.fi/raportit-ja-lomakkeet/)

#### Lähteet:

- Anttila P. (2022). WHO julkaisi uudet ilmanlaadun ohjeavot – Suomessa ne ylittyvät laajoilla alueilla. *Ilmansuojelu-lehti*, 01/2022.
- Anttila P. ja Kyllönen, K. (2023). EU:n ilmanlaatudirektiivin uudistus – Mitä uutta Suomelle? *Ilmansuojelu-lehti*, 01/2023.
- Barbiere M., Lagler F., Tarricone C., Borowiak A., PROFICIENCY TESTING SCHEME, Measurements

of inorganic gaseous pollutants (SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO and NO<sub>2</sub>) in filtered ambient air (28-31 March 2022, Ispra-Italy), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/56985, JRC130902.

Tarricone C., Barbiere M., Lagler F., Putaud J.P., Borowiak A. Proficiency testing scheme field measurements of PM<sub>10</sub>/PM<sub>2.5</sub> 13/01-23/02/2022, Ispra - Italy, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi:10.2760/13358, JRC131737.



## TAPAHTUU

Tapahtuu-osiossa kerromme ISY:n järjestämistä tapahtumista, seminaareista sekä retkistä. Lisätietoa: isy.fi



KUVA: LAURI LAAKSO

Opintomatkalaiset meriaseman rannassa. Oikealla olevassa vuokopissa mitataan meren- ja ilmakehän välistä hiilidioksidinvaihtoa sekä merialusten ilmapäästöjä noin 500 metrin päässä Utön ohittavalta laivaväylältä.

# ISY Opintomatalla UTÖN SAARELLA

Kesäkuun ensimmäisellä viikolla 6.–7.6.24 Ilmansuojeluyhdistys järjesti opintomatkan Utön saarelle tutustumaan Ilmatieteen laitoksen siellä tekemään tutkimukseen. Pääsin osallistumaan tuolle matkalle yhdessä yhdentoista muun opintomatkaileijan kanssa.

Laura Sokka, johtava tutkija, Suomen ympäristökeskus

Utö on Saaristomeren uloimpia saaria. Sen eteläpuolelta ulottuu aava meri Gotlantiin asti ja länsipuolella taas sijaitsee Ahvenanmaan saaristo. Utön tutkimusasema on ollut olemassa jo pitkään: Säähavainnot Utössä aloitettiin vuonna 1881, merihavainnot vuonna 1900 ja ilmanlaatumittaukset vuonna 1980. Utössä pyritään tekemään kokonaisvaltaista tutkimusta ja saamaan sen avulla kattava näkemys meren ja ilmakehän alaosan tilasta.

### Pitkä aurinkoinen merimatka

Lähdimme matkaan Espoon Leppävaarasta torstai-aiamuna klo 9. Yksi meistä matkustajista oli Ilmansuojeluyhdistyksen ensimmäinen puheenjohtaja Matti Hakala. Matkalla oli mukana myös muun muassa ympäristöministeriössä aikanaan toiminut, nyt jo eläköitynyt Jaakko Ojala. Bussi suuntasi Nauvoon, jossa vietimme hetken ennen yhteysaluksen

lähtöä klo 13.30 Nauvon Pärnaisista kohti Utöta. Tuota väliä liikennöi Utöseen säännöllisesti Finnferriesin lautta Ms Utö. Matkalla se pysähtyy myös Berghamniin, Nötön, Aspön ja Jurmon saarille. Yhteys kestääkin sääolosuhteista riippuen 4–5 tuntia. Lautalla söimme erinomaisen lounaan, ja pääsimme myös nauttimaan kannella aurinkoisesta säästä.

Viimein klo 18 saavuimme kauniille Utön saarelle, josta suuntasimme majoituspaikkaamme Havshotel Utöseen. Hotelli on perustettu Utön linnakkeen kasarmiin, josta ennen olivat armeijan käytössä. Varuskunta lakkautettiin vuoden 2006 alussa, jolloin myös rakennuskanta siirtyi pois valtion omistuksesta. Ulkoapäin saattoi hyvin kuvitella hotellirakennuksen toimineen aiemmin kasarmina, mutta sisätiloista se oli muutettu todella viihtyisäksi hotelliksi. Vaikka varsinainen varuskuntatoiminta saarella on lakkautettu, osa saaresta on edelleen suljettua sotilasaluetta, jolla liikkumista on turvallisuussyistä rajoitettu.

## Opastuksessaan Laakso esitteli meille laajasti eri tutkimuslaitteita ja kertoi niillä tehdyistä tutkimuksista.

### Saarella mitataan laaja-alaisesti

Perjantai-aiamuna lähdimme Ilmatieteen laitoksen (IL) Lauri Laakson johdolla tutustumaan IL:n tutkimusasemiin saarella. Laakso on vastannut Ilmatieteen laitoksen Utön tutkimuksista jo vuodesta 2011. Hän toimii myös merellisten observatorioiden ja havaintomenetelmien ryhmäpäällikkönä IL:ssä sekä ympäristöfysiikan professorina eteläafrikkalaisessa North-West yliopistossa. Kuten Laakson esittelyssä saimme kuulla, tutkimus Utössä on todella laaja-alaista. Siellä mitataan esimerkiksi ilmakehän pienhiukkasia, kasvihuonekaasujen pitoisuuksia, alailmakehän virtauksia sekä merellisen sään ominaisuuksia, kuten tuulta, lämpötilaa ja näkyvyyttä. Lisäksi saarella tutkitaan meriekosysteemin dynamiikkaa, elektromagneettisten signaalien kulkua, tutkien toimintaa, meren fysikaalisia, biologisia ja kemiallisia ominaisuuksia sekä niiden muutoksia.

Opastuksessaan Laakso esitteli meille laajasti eri tutkimuslaitteita ja kertoi niillä tehdyistä tutkimuksista. Yksi keskeinen tehtävä Utöllä on ollut kerätä pitkiä mittausarvoja kasvihuonekaasujen pitoisuuksista ja muutoksista, sekä kaasujenvaihdosta ilmakehän ja merenpinnan välillä. Utö pienenä saarena vailla autoliikennettä tai teollisuutta ei ole päästölähte, joten se antaa hyvän käsityksen taustapitoisuuksista ja toimii siten erinomaisena vertailukohtana muille mittausille. Yksi ICOS:n (Integrated Carbon Observation System) kolmestatoista Suomen mittausasemasta sijaitseekin Utössä. ICOS on hajautettu eurooppalainen tutkimusasemien, mitalaitteiden, mittausaineiston ja tutkijoiden verkosto kasvihuonekaasujen pitoisuuksien, vapautumisen ja sitoutumisen seuraamiseksi. Kyseisellä asemalla mitataan ilmakehän CO<sub>2</sub>, CO- ja CH<sub>4</sub>-pitoisuuksia sekä 3D-mallinetaan lisäksi tuulta ja mitataan auringonsäteilyn osia.

## Esimerkiksi havainto laivaliikenteessä käytettyyn nesteytettyyn maakaasuun eli LNG:n liittyvistä metaanipäästöistä tietyn tyyppisissä moottoreissa tehtiin Utössä.

Retkeläisiä tutustumassa hotellin vieressä sijaitsevaan ICOS:n mastoon. Mastossa mitataan kasvihuonekaasuja, hiilimonoksidia, vesihöyryä ja lämpötilaa sekä tehdään AIS:iin (Automatic Identification System) liittyvät signaalinkulkuhavainnot. AIS on laivojen ja alusten tunnistamiseen sekä niiden sijainnin määrittämiseen käytettävä järjestelmä. Oikealla olevan rakennuksen katolla näkyvällä laitteella tehdään eri aallonpituuksien auringonsäteilymittauksia.

KUVA: MARIANNE SANTALA



Utön ilmanlaatuasemalla käytettävä CPC (Condensation Particle Counter), jolla mitataan pienhiukkasten lukumäärää.

KUVA: MARIANNE SANTALA







Toinen ilmanlaatuaseman mittauskonteista, jossa näkyvät muun muassa: Vallitsevan sään anturi, jonka pohjalta kuulemme radion merisään kertovan "Sää rannikkoasemilla tänään....Utö, näkyvyys 50 km...". Lisäksi kuvassa sunphotometri, joka mittaa auringosta tulevaa säteilyä eri aallonpituuksilla ja joka toimii satelliittimittauksen referenssinä. Kolmantena kuvassa näkyy HALO-lidar, joka tuottaa 3D tuulikentän Utön yläpuolella ja ympärillä. Kuvan kontissa sijaitsevat myös radioaktiivisuusmittauslaitteet.

Saarella on myös toinen ilmakehän tutkimusasema, jolla tehdään meteorologisia havaintoja, mitataan aerosoleja ja hiivenkaasuja (trace gases) sekä tehdään lidar-mittauksia. Nämä mittaukset kuuluvat yhteiseurooppalaiseen ACTRIS-verkoston. Koska pitoisuudet Utössä ovat niin matalia, siellä on tehty myös havaintoja poikkeamista. Esimerkiksi julkisuudessa keskusteltu havainto laivaliikenteessä käytettyyn nesteytettyyn maakaasuun eli LNG:n liittyvistä metaanipäästöistä tietyn tyyppisissä moottoreissa tehtiin Utössä. Myös Nord Stream -putken räjäytys havaittiin Utössä. Metaanipilven kulkiessa saaren yli asemalla mitattiin selkeä piikki metaanipitoisuuksissa.

Laakso kertoi myös monista Utössä käynnissä olleista tai olevista tutkimushankkeista. Saarella tehdään yhteistyötä myös muiden organisaatioiden kanssa, ja yhtenä tutkimuskumppanina saarella toimii työnantajani Suomen ympäristökeskus (Syke). Syken tutkimus saarella keskittyy pääasiassa meriekosysteemin toimintaan ja meren biogeokemiaan. Saaren läheisyyteen asennetuilla vedenalaisilla mittauslaitteilla tutkitaan esimerkiksi leväkukintojen muodostumista sääteleviä tekijöitä. Lisäksi IL:llä on ollut käynnissä esimerkiksi Wärtsilän kanssa tutkimusyhteistyötä rikkidirektiivin ja LNG:n vaikutuksista polton päästöihin. Saaren strategisesta sijainnista johtuen yhteistyö myös Puolustusvoimien kanssa on tiivistä.

#### Utöllä on rikas historia

Vierailun loppuksi pääsimme vielä opastetulle kierrokselle tutustumaan Utön saaren historiaan. Saarta meille esitteli Utössä matkailuyrittäjänä toimiva Hanna Kovanen, joka kertoi muun muassa Utön majakan historiasta, saaren linnoituksesta Venäjän vallan aikana, ja sen roolista Suomen itsenäistymisen jälkeen. Kuulimme myös utöläisten pitkästä

historiasta luotseina ja luotsauksen ympärille rakentuneesta muusta asutuksesta ja kylästä. Saimme myös kiivetä majakkaan. Sen sisällä oleva, vuonna 1841 rakennettu majakkakirkko, on Suomen ensimmäinen.

Perjantai-iltapäivänä, erinomaisen lounaan jälkeen, lähdimme taksiveneellä takaisin Nauvoon. Koska käytimme taksiveneettä, matka meni paljon tulomatkaa nopeammin ja kesti vain pari tuntia. Nauvossa nousimme linja-autoon, jolla matkustimme takaisin Leppävaaraan.

**Saimme myös kiivetä majakkaan. Sen sisällä oleva, vuonna 1841 rakennettu majakkakirkko, on Suomen ensimmäinen.**

Matka oli todella mielenkiintoinen ja antoisa, ja saarella tehtävään tutkimukseen oli hienoa tutustua. Itseni kaltaisille niin sanotuille pöytälaatikkotutkijoille matka toi myös hyvin näkyviin konkreettista kokeellista tutkimusta, joka usein toimii myös meidän työmme pohjana. Oma työni keskittyy etenkin elinkaariarviointiin (LCA) ja vierailu antoi kuvaa siitä, miten LCA:n vaikutusarvioinnissa käytettyjen kertoimien pohjana olevaa tutkimusta oikeasti tehdään. ■

**Kiitos ISY:lle ja IL:lle matkan järjestämisestä!**



# GRIMM EDM 280

## HUIPPUTARKKUUDEN UUSI STANDARDI

#### Tekniset tiedot

Detection principle	Light scattering at single particles with diode laser: detection volume aerodynamically focused (ISO 21501-1), no border zone error
Measured mass fractions	TSP, PM10, PM4, PM2.5, PM1, PMcoarse
Particle size range	0,178 µm < Do < 29,4 µm (Do = optical latex equivalent diameter)
Size channels	72, channel boundaries equidistant, 32 channels per decade
Mass concentration	0 ... 12,000 µg/m³ for PM10 0 ... 5,100 µg/m³ for PM2.5 (with 10 % coincidence error for Arizona Dust A1 ultrafine)
Detection limit	0,1 µg/m³ for PM10

Ota yhteyttä

Maahantuoja  
Ekonia Oy

+358 50 522 7757  
www.ekonia.fi



**ekonia**



# KAUPUNKIEN LÄMPÖSAAREKEILMIÖ JA ILMANSAASTEET

Kaupungistuminen muuttaa ympäristöä ja kaupunki-ilmastoa, sekä kasvattaa terveydelle haitallisten ilmansaasteiden pitoisuuksia. Ilmastonmuutoksen on todettu vaikuttavan lämpötilan lisäksi myös ilmansaasteiden määrään ja pysyvyyteen sekä epäsuorasti lämpösaarekeilmiöön. Kirjallisuuskatsaukseni tarkoitus oli etsiä yhteyksiä lämpösaarekeilmiön voimakkuuden ja ilmansaastepitoisuuksien välillä.

Anniina Kaukoranta, maisteriopiskelija, Helsingin yliopisto

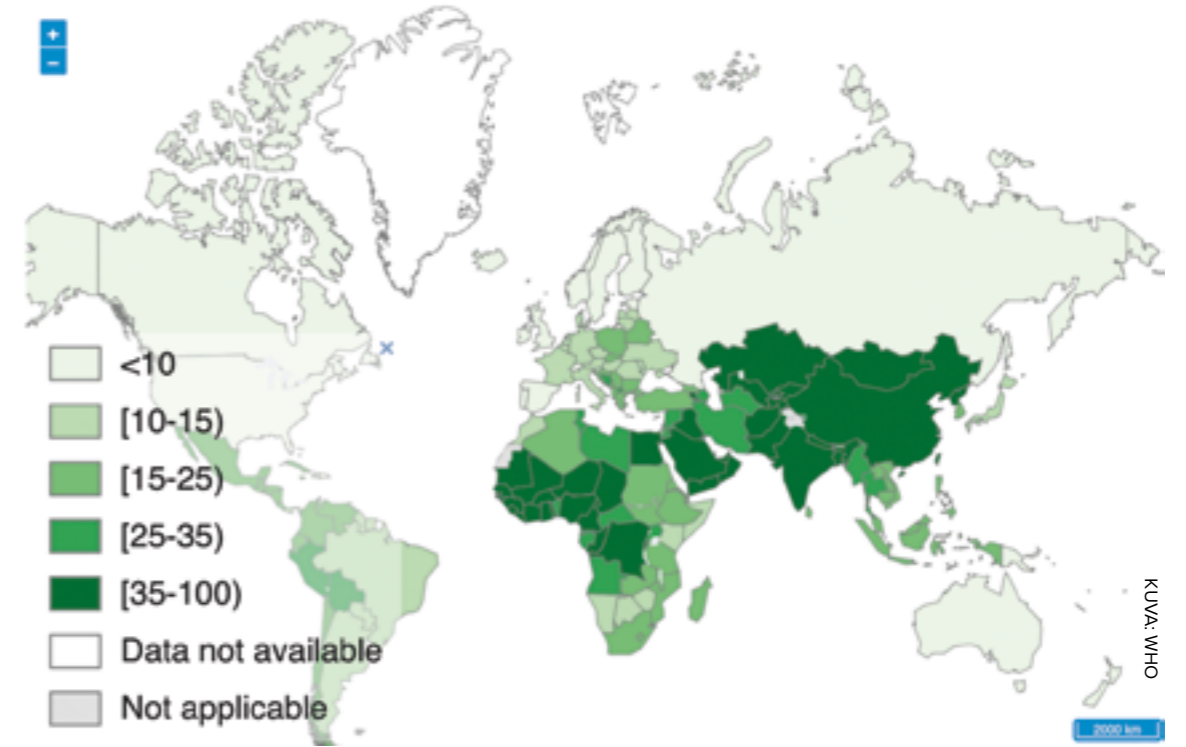
**L**ämpösaarekeilmiöllä tarkoitetaan kaupungin alueella olevaa ja kaupungin ominaisuuksista johtuvaa korkeampaa lämpötilaa, joka aiheutuu esimerkiksi läpäisemättömistä tai tummista pinnoista. Läpäisemättömät pinnat estävät veden luontaisen kiertokulun, ja tummat sekä pystysuorat seinämät vaikuttavat lämmön imeytymiseen kaupunkialueen rakenteisiin. Lämpösaarekeilmiön voimakkuuteen vaikuttavat myös vallitseva säätila, alueen ilmasto, suuret vesialueet kaupungin lähellä sekä vuodenajat. Lämpösaarekeilmiö on voimakkaimmillaan öisin, kun rakennuksiin imeytynyt lämpö vapautuu sekä talvisin lämmityksestä karkaavan hukkalämmön takia.

Ilmansaasteet leviävät tehokkaasti ilmapvirtausten mukana. Leviämisen seurauksena altistuminen voi tapahtua kauempana päästölähteestä ja altistuneiden määrä kasvaa. Useimmiten kaukokulkeuman aikana ilmansaasteen pitoisuus laimenee, jolloin haitta ei ole yhtä suuri.

Ilmansaastetyyppejä on useita, kuten on saastepitoisuuteen vaikuttavia tekijöitäkin. Tiukoilla rajoituksilla ilmansaaste-

pitoisuudet on saatu laskuun korkean tulotason maissa. Koska molemmilla ilmiöillä on terveysvaikutuksia, koin tärkeäksi selvittää näiden ilmiöiden välisiä yhteyksiä sekä liittää tulokset terveysvaikutuksiin ja alueellisiin eroihin kaupungeissa. Saatujen tietojen pohjalta käsitelin mahdollisia keinoja lieventää ilmiöiden vaikutuksia ja sopeutua tuleviin muutoksiin kaupungeissa.

**Kaupunkien yksilöllisillä ominaisuuksilla on vaikutusta** Sijainti ja vuodenaika vaikuttavat auringon säteilyn määrään kaupungissa ja kaupunkialueen heijastuskyky eli albedo vaikuttaa siihen, paljonko säteilystä heijastuu takaisin ilmakehään. Tyypillisesti kaupungeilla on heikompi heijastuskyky ympäröiviin alueisiin verrattuna, jolloin lämpösaareke muodostuu herkemmin. Korkeammat lämpötilat kiihdyttävät kemiallisia reaktioita, joissa typpioksideista tai helposti haihtuvista orgaanisista aineista muodostuu otsonia ja toissijaisia partikkeleita. Tämän perusteella lämpösaarekeilmiö vaikuttaisi ainakin näiden saasteiden pitoisuuksiin.



Kuva 1. Partikkelimaisen aineksen (PM<sub>2,5</sub>) konsentraatiot kaupunkialueilla vuonna 2019.

Pienet ilmakehän partikkelit (PM<sub>2,5</sub>) lieventävät lämpösaarekeilmiötä päivisin estämällä auringon säteilyn pääsyn maahan asti. Öisin PM<sub>2,5</sub> konsentraation ollessa suuri lämpösaarekeilmiön voimakkuus voi kasvaa pitkäaaltoisateilyn takia. Pienempinä pitoisuuksina PM<sub>2,5</sub> hillitsee lämpösaarekeilmiötä öisinkin. PM<sub>2,5</sub> partikkelien vaikutus ei ole yksiselitteinen, sillä on myös tutkimustuloksia, joissa PM<sub>2,5</sub> konsentraation nousun on todettu johtaneen lämpösaarekeilmiön voimakkuuden lievään nousuun.

Sääilmiöiden osalta aerosolit voivat aiheuttaa lämpötilaan vaikuttavia takaisinkytkentöjä pilvi- ja sadantaolosuhteiden muuttuessa. Pilvisyydellä ja tuulisuudella on todettu olevan vaikutusta lämpösaarekeilmiön syntyyn. Lämmin ilma voi aiheuttaa ilman sekoittumista ja saasteiden leviämistä, jolloin saastepitoisuudet tasaantuvat. Ilmassa olevat partikkelit taas voivat johtaa konvektion vähenemiseen, selkeämpään säähän ja tietyissä olosuhteissa korkeampiin lämpötiloihin. Näin ollen lämpötila voi vaikuttaa saastepitoisuuksiin ja saastepitoisuus lämpötilaan. Epäsuorana vaikutuksena voisi mainita korkeista lämpötiloista johtuvan ilmastointitarpeen näkymisen kasvavana energiankulutuksena. Riippuen energian tuotantotavasta päästöjen määrä voi tällöin kasvaa. Epäsuorat vaikutukset liittyvät pääasiassa kaupunkien tiheyteen ja rakenteeseen. Esimerkiksi rakennusten ja teiden suuntaus vaikuttaa tuulen kulkuun kaupungissa ja siten myös lämmön ja ilmansaasteiden jakaumaan alueella.

**Ilmansaasteet ja kuumuus kaupunkien terveysriskejä** Lämmön terveysvaikutuksia on tutkittu yleensä vain lyhytaikaisten ääriämpötilojen osalta. Esimerkiksi riskiryhmien sairaalakäyntien on todettu lisääntyneen äärimmäisten kuumuusjaksojen aikana. Paremmen kokonaiskuvan muodostamiseen tarvittaisiin myös tutkimustuloksia pitkäaikaisen lämpötilannousun vaikutuksista. Ilmansaasteiden terveysvaikutuksista yleisimmät koskevat hengitystiesairauksia. Jos ilmansaastepitoisuudet pysyisivät standardirajojen alapuolella, altistus ei olisi niin voimakasta ja ilmansaasteiden aiheuttamien ennen aikaisten kuolemien määrä vähenisi.

Historiallisesti maalta kaupunkiin muuttaessa ihmisen terveys paranee, mutta voimistuva lämpösaarekeilmiö ja toissijaiset saasteet lisäävät todennäköisyyttä vakavammille terveysvaikutuksille juuri kaupungeissa. Äärimmäiset sääilmiöt voivat aiheuttaa riskin myös henkilöille, joiden fyysinen tai henkinen terveys on jo heikentynyt.

Lämpösaarekeilmiöön ja ilmansaasteisiin vaikuttavien tekijöiden epätasainen jakautuminen voi aiheuttaa ilmiöiden voimakkuuden eroja ja siten myös johtaa alueellisiin eroihin altistumisessa. Esimerkiksi kasvillisuuden lämpötilaa viilentävä vaikutus voi olla heikompi pienituloisilla asuinalueilla, joiden asukkailla ei välttämättä ole varaa kastelukustannuksiin. Lämpösaarekeilmiön vaikutukset voivat keskittyä pienituloisten asuinalueille myös siksi, ettei asukkailla välttämättä ole resursseja suojautua kuumuudelta esimerkiksi ilmastoinnin avulla. Kuvan 1 perusteella voi todeta, että ilmansaasteongelmatkin keskittyvät maailman pienituloisten ja väkirikkaiden maiden kaupunkiin.

## Hillitsevät keinot vähentävät ääriolosuhteita

Lämpötilan hillintään voidaan käyttää viher- ja vesialueita, heijastavia pintoja ja kaupungin mallin muokkaamista. Päästöjen vähennykset ovat myös tärkeä keino hillitä ilmiöiden vaikutuksia. Esimerkiksi alilmakehän otsoni on pääasiassa peräisin ihmisten toiminnasta ja sitä muodostuu enemmän korkeissa lämpötiloissa. Sekä otsonin lähtöaineena toimivien saasteiden että fossiilisten polttoaineiden käytön vähentämisellä olisi terveyttä edistäviä vaikutuksia.

Vesi- ja viheralueiden sijoittelussa ja suunnittelussa tulee olla tarkka, sillä vaikutukset voivat olla myös epätoivottuja. Esimerkiksi vesialueet toimivat hyvin kaupunkialueella, mutta voimistavat lämpösaareketta lähiöissä. Lisäksi tietyistä kasvilajeista peräisin olevat helposti haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) voivat heikentää ilmanlaatua, vaikka kasvillisuuden seurauksena ilman lämpötila laskisikin. Heijastavien pintojen on mallinnuksessa huomattu tuottavan lämpötilaa ja energian kulutusta laskevia tuloksia. Toisaalta pinnoilla heijastuva säteily saattaa lämmittää muita ympäröiviä







KUVA: CHUTTERS/NAP / UNSPLASH

rakennuksia, jolloin viilentävä vaikutus on pieni. Myös valokemiallisten reaktioiden ja siten toissijaisten partikkelien määrä kasvaa, jos valoa heijastuu useaan kertaan eri suuntiin.

Myös kaupunkien rakenteen optimoinnilla voidaan saada sivuhyötyjä lämpösaarekeiliön ja ilmansaasteiden saralle. Kaupunkisuunnitteluun tarvittaisiinkin selkeää ja tarkkaa ohjeistusta, jonka avulla olisi helppo välttää yllätykset lopputuloksessa. Erityisesti jo olemassa olevien viheralueiden parantamisella voitaisiin saada näkyviä vaikutuksia lämpösaarekeiliön voimakkuuteen ja ilmansaastepitoisuuksiin.

#### Sopeutumiseen on useita keinoja

Kaikkia ilmansaasteiden ja lämpösaarekeiliön vaikutuksia tuskin pystytään poistamaan, joten jäljelle jääviin vaikutuksiin tulee sopeutua. Korkeaan lämpötilaan voidaan sopeutua esimerkiksi ilmastoinnilla, hakeutumalla viileämpään tilaan, veden saatavuuden varmistamisella ja varoitusjärjestelmillä. Ilmansaasteiden osalta vastaavat toimet ovat suojavarusteet, kannettavat ilmanraikastimet ja varoitusjärjestelmät. Ilmansaasteilta suojautumisessa auttavat kasvomaskeetit ja liikkumisen ajoittaminen ruuhka-aikojen ulkopuolelle. Tietoa sopeutumistarpeesta ja -keinoista tulisi olla saatavilla, jotta kaikilla olisi mahdollisuus esimerkiksi hakeutua viilennyskeskukseen, jos omaa ilmastointia ei ole.

Sopeutumistoimia tulisi myös sijoittaa niin, että niistä on mahdollisimman paljon hyötyä. Esimerkiksi lämpötilojen ja saastepitoisuuksien alueellisen seurannan, kuumuuteen liittyvien sairauksien seurannan ja alueiden taloudellisen tilanteen tuntemisen avulla voitaisiin selvittää kipeimmin sopeutumistoimia tarvitsevia alueita. Sopeutumistoimien toimivuutta on hankala arvioida ilman toimivia indikaattoreita. Esimerkiksi sopeutumiseen ja ilmastoriskien perustuvia indikaattoreita on kuitenkin kartoitettu. Indikaattorien käyttöönotto varmasti helpottaisi sopeutumistoimien valintaa ja sijoittelua.

#### Yhteenveto

Kaupunkien lämpösaarekeiliö ja ilmansaasteet vaikuttavat toisiinsa, ja kaupungistumisella on oma osuutensa ilmiöiden voimistumisessa. Molemmat ensin mainitut ilmiöt voivat vaikuttaa kaukana alkuperäisestä lähteestä, jolloin altistuvien ihmisten määrä sekä terveyshaittojen määrä kasvaa. Ilmansaasteiden pitoisuuksia on onnistuttu vähentämään rajoituksilla, mutta edelleen ilmanlaadun heikkous on ongelma erityisesti pienituloisemmissa, sekä väkirikkaissa maissa (kuva 1). Sopivien hillintä- ja sopeutumistoimien löytäminen voi olla haastavaa, jos tarkoituksena on laskea lämpömittarin lukemaa ja parantaa ilmanlaatua kaupungeissa. Yllättävien lopputulosten välttämiseksi ilmiöiden vaikutus toisiinsa tulisi selvittää, jotta sopeutus- ja hillintätoimet tehoaisivat parhaiten. Kaupunkisuunnittelussakin tulisi ottaa ilmansaasteiden ja lämmön kertyminen huomioon. Näin voitaisiin vähentää vakavampien terveysvaikutusten muodostumista ja mahdollisesti vähentää terveydenhuollon kuormitusta hellejaksojen aikana.

Myös sosiaalisen kestävyuden aspekti tulisi ottaa huomioon erityisesti lämpösaarekeiliötä käsitellessä, sillä resurssit kuumuudelta suojautumiseen voivat vaihdella paljon. Tulisi siis ottaa kokonaisvaltaisesti huomioon, miten ilmiöt vaikuttavat tietyillä alueilla. Siten hillintä- ja sopeutuskeinoja voitaisiin sijoittaa niille alueille, jotka niitä tarvitsevat. Keskeisin hillintäkeino on päästöjen vähentäminen, joka lieventäisi molempia ilmiöitä. Sopeutumiskeinoja on useita ja niiden vaikutusta seuraamalla saataisiin tietoa hyödyllisimmistä keinoista ja selviäisi, onko keinoilla vaikutusta esimerkiksi energian kulutukseen. Monipuolisista hillintä- ja sopeutumiskeinoista on hyötyä ilmiöiden lieventämisen lisäksi myös terveydelle ja ympäristölle. ■

Kandidaatin tutkielma tehtiin Helsingin yliopistossa.

#### English summary

#### Urban Heat Island and Air Pollution

Cities have different qualities and therefore face different challenges while navigating towards the wellbeing of residents. Researching interactions between contributing effects of urbanization is necessary to gain a comprehensive understanding of possible impacts. Therefore, the aim of the literature survey on the topic is to find out whether there are either reducing or reinforcing connections between the impacts of urban heat island and air pollution. These connections were studied from the perspective of characteristics of cities and both reducing and reinforcing connections were found. The impacts of these connections were then studied, for both, phenomena in terms of health impacts and areal differences in exposure to the effects. As a result, combining the effects of urban heat island and air pollution increases the risk for more serious health impacts and the possibility of exposure can depend on socio-economic factors. A recommendation, to take more vulnerable areas into consideration first, was made based on the literature review on mitigation and adaptation of urban heat island and air pollution. Interaction between urban heat island and air pollution should also be noted better in urban planning.

#### Lähteet:

- Adler, F. R., & Tanner, C. J. (2013). *Urban ecosystems: ecological principles for the built environment*. Cambridge: Cambridge University Press. 345s.
- Harlan, S. L., & Ruddell, D. M. (2011). *Climate change and health in cities: impacts of heat and air pollution and potential co-benefits from mitigation and adaptation*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(3), 126–134. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2011.01.001>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). Chapter 7: Health, Wellbeing and the Changing Structure of Communities. Teoksessa *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability* (ss. 1041–1170). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.009>
- Kinney, P. L. (2008). *Climate Change, Air Quality, and Human Health*. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 459–467. <https://doi.org/10.1016/J.AMEPRE.2008.08.025>
- Maailman terveysjärjestö (WHO) (2023) Air pollution data, kuvassa 1. Osoitteesta: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/air-pollution/ambient-airpollution>. Tallennettu 13.12.2023
- Tuomimaa, J., Käyhkö, J., Juhola, S., & Räsänen, A. (2023). *Developing adaptation outcome indicators to urban heat risks*. *Climate Risk Management*, 41, 100533. <https://doi.org/10.1016/J.CRM.2023.100533>
- Ulpiani, G. (2021). *On the linkage between urban heat island and urban pollution island: Three-decade literature review towards a conceptual framework*. *Science of The Total Environment*, 751, 141727. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141727>
- Vallero, D. A. (2014). *Fundamentals of air pollution / Daniel Vallero*. (5. painos). Elsevier Science. E-kirja, 986s.



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

## ILMANLAADUN JA UUSIUTUVAN ENERGIAN ASIAANTUNTIJA

- Päästöjen leviämismalliselvitykset
- Ilmanlaadun mittaukset
- Mittalaitteiden kalibrointipalvelut
- Ilmakemian analyysipalvelut
- Ilmanlaadun seurantasuunnitelmat
- Ilmanlaadun koulutus- ja konsultointipalvelut
- Tuulimittaukset
- Tuuli- ja jäätämistälastulosten analysointi
- Paikallisen tuulivoimapotentialin määrittäminen
- Tuulivoiman tuuliennusteet
- Aurinkoenergian tuotantopotentiali ja ennusteet
- Kansainväliset hankkeet ja tutkimushankkeet

[WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT](http://WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT)  
[ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI](mailto:ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI)



Kuva: Laura Karlin



## VALOKEILASSA

Sarjassa haastattemme ilmansuojelualalla toimivia ihmisiä heidän urastaan ja ajatuksistaan ilmansuojelun ja ilmastotyön tulevaisuudesta

# Topi Rönkkö



### Työskenteletkö ilmansuojelun, ilmastokysymysten vai molempien parissa?

Työskentelen aerosolifysiikan professorina ja työni koskee sekä ilmansuojelua että ilmastokysymyksiä.

### Kuinka kauan olet työskennellyt ilmansuojelualalla / ilmastokysymysten parissa?

Olen työskennellyt alalla vuodesta 2000 asti. Ajan myötä tehtävät ovat laajentuneet ja monipuolistuneet.

### Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmansuojelualalla / ilmastonsuojelussa oman urasi aikana?

Dieselhiukkassuodattimien tulo autoihin ja raskaaseen liikenteeseen auttoi liikenteen hiukkaspäästön merkittävään laskuun. Tämä näkyy kaupunkien ilmanlaadun parantumisena, ja uskon sillä olevan vaikutuksia myös ihmisten terveyteen. Samankaltaista murrosta odotan tulevaisuuden vuonna 2021 julkaistujen WHO:n ilmanlaatuun liittyvien suositusten seurauksena. Nuo suositukset sisältävät ultrapieniin hiukkasiin ja mustaan hiileen liittyviä asioita, ja voi hyvin olettaa, että noihin ilmaansaasteisiin kohdistuu tulevina vuosina huomattavasti enemmän mielenkiintoa ja vähennystoimia kuin mitä aiemmin on tapahtunut. WHO:n suositukset vaikuttanevat maailmanlaajuisesti, mutta toki se ottaa aikaa.

**Odotan murrosta tulevaisuuden vuonna 2021 julkaistujen WHO:n ilmanlaatuun liittyvien suositusten seurauksena.**

### Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi?

Olen toiminut viimeiset vuodet aerosolifysiikan professorina Tampereen yliopistossa. Johdan tutkimusryhmää, joka tutkii aerosolipäästöjä ja ilmanlaatua. Ryhmän tutkijat ovat erittäin taitavia aerosolien kokeellisessa tutkimuksessa, ja tuloksiamme on julkaistu paljon. Tutkimus on pääosin kokeellista, se on äärettömän mielenkiintoista ja palkitsevaa tiimityötä. Tällä hetkellä käynnissä olevia tutkimusprojekteja ovat esimerkiksi hybridimoottoreiden ilmakehäpäästöjä tutkiva EPSA, erityisesti sisäilman ultrapienien hiukkasten ja mustan hiilen pitoisuuksiin liittyvä GIANT, ja eri liikennemuotojen vaikutuksia niin sanottuun sekundääriseen ilmakehässä tapahtuvaan hiukkasmuodostukseen tutkiva PAREMPI. Muitakin hankkeita on käynnissä, ja edellisten hankkeidenkin tuloksia vielä analysoidaan ja julkaistaan.

**Tutkimus on pääosin kokeellista, se on äärettömän mielenkiintoista ja palkitsevaa tiimityötä.**

### Mitä näet suurimpina tulevina trendeinä ja haasteina ilmansuojelualalla / ilmastoalalla?

Ilmansuojelu- ja ilmastoalan trendit liittyvät muihin yhteiskunnissa näkyviin trendeihin. Näitä ovat sähköistyminen, tekoälyn hyödyntäminen, ilmastonmuutoksen kaikenlaiset seuraukset, ja teknologioiden kehittyminen ylipäänsä. Suurimpia haasteita ovat ilmaansaasteiden terveysvaikutukset, ilmakehäpäästöjen vaikutukset ilmastoon, sekä näiden ratkaisuihin liittyvät

ongelmat. Moneen haasteeseen tunnetaan ratkaisuja, mutta niiden käyttöönottoon ei aina panosteta riittävästi.

### Mitä haluaisit saada aikaan urasi aikana?

Pidän nykyisestä työstäni. Työ suuntaa tulevaisuuteen ja se on vahvasti kiinnittynyt yhteiskunnan haasteisiin ja tarpeisiin. Työhön kuuluu myös koulutuksellisia tehtäviä, joiden merkitys on aina suuri. Oman urani aikana haluaisin edistää uuden tiedon syntyä, sen leviämistä ja hyödyntämistä, sekä uusien huippuosaajien kouluttamista. Tätä haluan toteuttaa omalla osaamisalueellani, joka keskittyy aerosolifysiikkaan ja sen soveltamiseen. ■

### Lisätietoa:

**Rönkkölle elokuussa myönnetty palkinto:** <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/professori-topi-ronkole-aerosolitutkimussaatton-tunnustuspalkinto>

**EPSA** <https://www.sttinfo.fi/tiedote/70240412/lisaa-tutkimustietoa-tyokoneiden-sahkoistymisen-vaikutuksista-ilmakehapaastoihin?publisherId=69818730&lang=fi>

**GIANT** <https://www.giant-iaq.fi/>

**PAREMPI** <https://parempi.eu/>

**Moneen haasteeseen tunnetaan ratkaisuja, mutta niiden käyttöönottoon ei aina panosteta riittävästi.**

**Topi Rönkkö toimii aerosolifysiikan professorina Tampereen yliopistossa. Rönkkö valmistui Tampereen teknillisestä yliopistosta diplomi-insinööriksi vuonna 2003. Tekniikan tohtorin tutkinnon hän suoritti vuonna 2009. Rönkkö johtaa nykyisin aerosolipäästöjen ja ilmanlaadun tutkimusryhmää. Ryhmä tutkii tällä hetkellä muun muassa hybridimoottoreiden ja -ajoneuvojen ilmakehäpäästöjä, eri liikennemuotojen hiukkaspäästöjä, ilmanlaatua erilaisissa ulkoilman ja sisäilman ympäristöissä, mittaustekniikoita, hiukkasten terveysvaikutuksia, ja hiukkasten muodostumisprosesseja. Rönkkön työtä värittää erityisesti laaja yhteistyö tutkimuslaitosten ja yliopistojen, yritysten ja kuntatoimijoiden kanssa.**

## Dekati®

## Oxidation Flow Reactor DOFR™



**DEKATI® Oxidation Flow Reactor DOFR™**

- Helppokäyttöinen läpivirtauskammio aerosolien ikäännyttämiseen
- Simuloi sekundääristen aerosolien muodostumisen alle minuutissa
- Erittäin pienet hiukkashäviöt

Lue lisää  
DOFR™:



► Dekati Oy on maailman johtava pienhiukkasmittalaitteiden kehittäjä ja valmistaja. Kaikki Dekatin tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan Suomessa, ja ne ovat saatavilla jopa viiden vuoden takuulla.

**DEKATI**

Excellence in particle measurement

Dekati Oy Tykkitie 1, 36240 Kangasala Puh. +358 3 3578 100 Sähköposti: [sales@dekati.com](mailto:sales@dekati.com)

[www.dekati.com](http://www.dekati.com)



## TAPAHTUU

Tapahtuu-osiossa kerromme ISY:n järjestämistä tapahtumista, seminaareista sekä retkistä. Lisätietoa: isy.fi



Ilmansuojelupäivät järjestettiin perinteiseen tapaan Lappeenrannan kaupungintalolla.

# ILMANSUOJELUPÄIVIÄ vietettiin Lappeenrannassa kauniissa kesäsäässä

Ilmansuojelupäiviä vietettiin perinteisesti jo 49. kertaa Lappeenrannassa elokuun 20.–21. päivänä. Kaupungintalolle oli ilmoittautunut 90 ihmistä, joiden lisäksi etäosallistujia oli noin 65. Ohjelmassa oli laajasti ilmansuojelua ja ilmastomuutosta koskevaa asiaa. Kansainvälistä näkökulmaa vahvistivat esitykset Euroopan ympäristövirastosta ja Tukholman ilmansuojelusta vastavasta organisaatiosta SLB:stä.

Outi Väkevä, ilmansuojeluasiantuntija, Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY

Ilmansuojeluyhdistyksen puheenjohtaja **Anu Kousa** toivotti väen tervetulleeksi ja kertoi lyhyesti yhdistyksen toiminnasta. Ilmansuojelupäivät hän tiivistä jälleen kolmeen K-kirjaimen: kivaa, koulutusta ja kontakteja. Lappeenrannan uusi kaupunginjohtaja **Tuomo Sallinen** toivotti omasta puolestaan osallistujat tervetulleiksi Suomen ilmastopääkaupungiksi nimettyyn Lappeenrantaan, joka on saanut myös EU:lta erilaisia tunnustuksia ympäristötyöstä. Kaupungissa kokeillaan muun muassa sähkökäyttöisiä työkoneita, joiden avulla saadaan vähennettyä sekä ilmastopäästöjä että työmaiden ilmanlaatuhaittoja.

Ympäristöministeriön ajankohtaisasioita esitteli ylijohdaja **Veli-Matti Uski**, joka aloitti työn ministeriössä vuoden alussa. Valmisteltavana on iso aluehallinnon uudistus, jonka tavoitteena on yhdistää valtion lupa- ja valvontatehtävät

yhden luokun palveluksi. Esitys odottaa paraikaa lausuntoja, ja uudet virastot aloittavat työnsä vuoden 2026 aikana. Meillä on myös keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelman eli KAISU:n päivitys, jota tehdään yhdessä työ- ja elinkeinoministeriön vastuulla olevan energia- ja ilmastostrategian päivityksen kanssa. Kansallisen ilmansuojeluohjelman eli KISO:n toimeenpano jatkuu myös.

Euroopan ympäristövirastosta (EEA) Kööpenhaminasta saatiin terveiset **Leena Ylä-Monoselta**, joka on toiminut viraston pääjohtajana reilun vuoden ajan. EEA:n päätehtävä on ympäristötiedon tuottaminen jäsenmaiden käyttöön. Pitkällä aikavälillä ilmanlaatua heikentävät päästöt ovat vähentyneet merkittävästi, mutta viime vuosina kehitys on hidastunut. Myös pienhiukkasten aiheuttamat ennen aikaiset kuolemat ovat vähentyneet, mutta etenkin kaupunkiväestö



Useat yritykset ja organisaatiot esittelivät laitteitaan ja palvelujaan kaupungintalon aulassa.

altistuu yhä laajalti Maailman terveysjärjestö WHO:n ohjeavot ylittävälle pitoisuuksille. Ylä-Mononen muistutti, että lämpöstressi vielä lisää saasteiden aiheuttamia haittoja ja kuolleisuutta.

EU:n ilmanlaatudirektiivin uudistuksesta kertoi ympäristöministeriön erityisasiantuntija **Antti Wemberg**. Euroopan komission, parlamentin ja neuvoston välinen kolmikanta- eli trilogiasopu vahvistettiin maaliskuussa, mutta direktiiviehdotus tulee vielä uuden parlamentin hyväksyttäväksi. Direktiivin arvioidaan tulevan voimaan loppuvuodesta, minkä jälkeen jäsenmailla on kaksi vuotta aikaa kansalliseen täytäntöönpanoon.

Ilmanlaadun raja-arvoja tiukennetaan selvästi lähemmäs WHO:n ohjearvoja, ja uusien raja-arvojen on määrä tulla voimaan vuonna 2030. Direktiivi sisältää uutena muun muassa varoituskynnykset hengitettävälle hiukkasille ja pienhiukkasille sekä typpidioksidille altistumisen vähentämistavoitteen. Mustalle hiilelle, ultrapienille hiukkasille ja ammoniakille tulee seurantavelvoitteita, mutta ei vielä raja-arvoja. Ilmanlaadun etenemissuunnitelma tai ilmanlaatusuunnitelma on laadittava, jos raja-arvot ylittyvät. Siirtymäaikaa on mahdollista hakea tietyin edellytyksin, ja myös hiekoitus- ja suolauspoikkeamaan on mahdollista vedota. Uusi direktiivi tuo haasteita myös Suomen kaupungeille etenkin hengitettävien hiukkasten ja bentso(a)pyreenin osalta.

### Ilmastotavoitteista tekoihin ja sopeutumiseen

Ilmastopolitiikkaa käsittelevän session puheenjohtajana toimi **Kari Hämekoski** Nefcosta. Aluksi ilmastopaneelin puheenjohtajana toimiva professori **Jyri Seppälä** SYKE:stä esitteli Suomen ilmastopolitiikan kehikkoa. Päästökauppa-sektorin päästöt ovat laskeneet selvästi, ja sähköntuotanto on Suomessa jo lähes päästötöntä. Taakanjakosektorilla, johon kuuluvat muun muassa kotimaan liikenne, lämmitys, maatalous ja jätehuolto, päästökenaariot ovat alenevia, mutta tavoitteisiin pääsemiseksi tarvitaan vielä lisätoimia. Liikenne

aiheuttaa noin kolmasosan tämän sektorin päästöistä, ja jakeluvoitteen pienentäminen on heikentänyt ennakoitua päästökäytystä.

Maankäyttösektorilla eli LULUCF-sektorilla on Seppälän mukaan huomattavia ongelmia päästövähennysten aikaansaamisessa. Turvepellot aiheuttavat suurimmat päästöt eikä niitä ole saatu vähennettyä. Myös hiilinielut ovat osoittautuneet aiempaa pienemmiksi pitkään jatkuneiden suurten hakkuiden, metsien kasvun heikkenemisen sekä laskennan muutosten takia. Seppälä korosti, että on kuitenkin tärkeää pitää ilmastotavoitteista kiinni, sillä se mahdollistaa vihreiden investointien saamista Suomeen – esimerkiksi suurten datakeskusten hukkalämmön hyödyntämiseksi.

Ilmastopolitiikan markkinamekanismeihin saatiin kattava katsaus, kun **Hanna-Mari Ahonen** Perspectives Climate Groupista kertoi, mitä kaikkea päästökaupparjestelmät ja sertifiointiohjelmat pitävät sisällään. Markkinajärjestelmiä voidaan hyödyntää ilmastotavoitteiden saavuttamisessa, mutta hiilen hinnan on oltava riittävä tavoitteiden saavuttamiseksi. Suomi on ollut hiilimarkkinoiden pioneeri, mutta Ahonen peräänkuulutti keskustelua tulevaisuuden toimista.

**Tuukka Rautio** ELY-keskusten valtakunnallisesta ilmastoyksiköstä kertoi, miten kunnissa voidaan sopeutua sää- ja ilmastoriskeihin. Kaupunkien kasvu ja tiivistyminen voimistaa lämpösaarekeilmiötä, ja kuumarasitus lisää ennen aikaisia kuolemia. Rautio nosti esiin ilmastoriskeihin varautumiseksi luontopohjaisia ratkaisuja, kuten kaupunkivihreän lisäämistä.

### Ilmansuojeluyhdistys jakoi opinnäyttestipendejä

Ilmansuojeluyhdistys jakoi kolme stipendiä opiskelijoille ansiokkaista opinnäytetöistä, joita he saivat lyhyesti esitellä yleisölle. Stipendin saajat olivat **Mirka Pilli**, **Tuukka Kokkola** ja **Anniina Kaukoranta**. Pillin työ käsittelee renkaiden kulumisesta aiheutuvien mikro muovipäästöjen laskentaa. Kokkolan tutkimus koski laivamoottorien valoa absorboivia





Ilmansuojeluyhdistyksen hallituksen myöntämät stipendit jakoivat Anu Kousa ja Topi Rönkkö.

pienhiukkaspäästöjä. Kaukorannan tutkielma oli kirjallisuuskatsaus kaupunkien lämpösaarekeilmiöistä, ja siitä voi lukea artikkelin tämän lehden sivuilta 24–27.

Energiamurroksesta ja sähköjärjestelmistä kuultiin SWE-COn Erkki Härön esityksessä. Avainasemassa on joustava ja monipuolinen sähköjärjestelmä sekä energian varastointiratkaisut. Lämmöntuotannossa potentiaalia on parientoimivaloaloiden kehittämisessä.

#### Hiilidioksidin talteenottoa ja jatkokäyttöä kehitetään

Vantaan Energia Oy on kehittämässä hiilidioksidin talteenottoa ja jatkokäyttöä. Hanna Pitkänen kertoi, että Vantaan Energian tavoitteena on sitoa enemmän hiilidioksidia vuonna 2030 kuin toiminnasta vapautuu. Tällä hetkellä yli puolet lämmöstä tuotetaan jätteenpoltolla ja vajaa viidennes bioenergialla. Vantaan Energia rakentaa parhaillaan maailman suurinta lämmön kausivarastoa pääkaupunkiseudulla ja yrityksen suunnitelmista voi lukea lisää tämän lehden sivuilta 9–11.

### Ennen illallista oli tarjolla kolme vaihtoehtoista väliaikaohjelmaa: rantasauna, opastuskäynti Wolkoffin talomuseoon ja ekskursio, jonka aiheena olivat käytännön ympäristöinnovaatiot.

Ovakon Anssi Puruskainen kertoi Imatran tehtaan hiilineutraaliussuunnitelmista. Laitoksella on vuoden 2022 alusta siirretty hiilivapaaseen terästuotantoon. Ovakon tuotteet ovat 97-prosenttisesti kierrätysromupohjaisia.

Eurofinsin Jani Oksala nosti esiin päästömittaajien haasteita muuttuvissa prosesseissa. Mittauspaikkojen ominaisuudet

ja ympäristöolosuhteet vaikuttavat merkittävästi mittaustuloksiin. Oksala korosti, että työturvallisuus on myös huomioitava kaikissa olosuhteissa.

Kaupungintalon aulassa oli mahdollisuus tutustua laite-näyttelyyn, jossa oli esillä useiden yritysten uutta tekniikkaa. Ennen illallista oli tarjolla kolme vaihtoehtoista väliaikaohjelmaa: rantasauna, opastuskäynti Wolkoffin talomuseoon ja ekskursio, jonka aiheena olivat käytännön ympäristöinnovaatiot. Ekskursiolla tutustuttiin kolmeen ilmastoinnovaatioon: selkäharjun höyryä tuottavaan lämpöakkulaitokseen, aurinkokeittiiniin ja hiilidioksidin talteenottoon ilmastoinnista. Päivän päätteeksi kokoonnuttiin yhteiselle illalliselle Scandic Patria-hotelliin.

Keskiviikkoamun sessiossa käsiteltiin arktisen alueen kuumia aiheita, ja puheenjohtajana oli SYKE:n tutkija Ville-Veikko Paunu. Ympäristöministeriön neuvotteleva virkamies Kaarle Kupiainen loi tilannekatsauksen metaanin ja mustan hiilen päästöjen vähentämisen prosesseihin. Arktisen neuvoston työ oli pitkään tauolla geopoliittisen tilanteen vuoksi, mutta Norjan puheenjohtajakaudella työlle suunnitellaan jatkoa. Göteborgin protokolla on myös päivitettävänä.

#### Ilmastomuutos lisää arktisen alueen paloja ja päästöjä

Ville-Veikko Paunu esitteli kartalla viime vuosien metsäpalojen laajuutta arktisella alueella. Ilmastomuutos lisää palojen riskiä myös arktisella alueella. Paunu muistutti, että hallitut palot ovat tärkeä osa ekosysteemiä ja tukevat luonnon monimuotoisuutta, mutta hallitsemattomat palot aiheuttavat laajaa tuhoa.

Arktisen meriliikenteen päästöjen vaikutuksesta ilmastoon ja ilmanlaatuun kertoi Ilmatieteen laitoksen tutkija Elisa Majamäki. Meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin kolme prosenttia maailman päästöistä. Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n tavoitteena on päästöttömyys vuonna 2050. Arktisen alueen jääpeite vähenee, mikä lisää



Ekskursiolla päästiin tutustumaan erilaisiin ilmastoinnovaatioihin Elstorin tiloissa.

laivaliikennettä ja kasvattaa myös öljyonnettomuuksien riskiä arktisella alueella.

Toisessa sessiossa aiheena olivat hiukkaset kaupunki-ilmassa, ja puheenjohtajana toimi ilmansuojelun erityisasiantuntija Jarkko Niemi HSY:stä. Niemi kertoi omassa esityksessään katupölyn ja pakokaasujen sekä puunpoltton päästöjen kehitystä Suomen kaupungeissa. Pitoisuudet ovat viime vuosikymmeninä pienentyneet, mutta ilmanlaadun raja-arvojen tiukentuessa katupöly säilyy vielä haasteena etenkin pääväylien varrella ja vilkasliikenteisissä katukuiluissa. Päästöjä voidaan vähentää lisäämällä kitkarenkaiden osuutta ja laskemalla ajonopeuksia. Pientaloalueilla haasteena on myös bentso(a)pyreeni, jonka raja-arvo voi paikoin ylittyä puunpoltton ja teollisuuden päästöjen vaikutuksesta.

### Kuulumisia Tukholman ilmansuojelutyöstä saatiin kuulla etäyhtedellä.

Helsingin kaupunki on ensimmäisenä yhdistänyt ilmansuojelun ja meluntorjunnan toimenpiteet yhteiseen suunnitelmaan. Ympäristötarkastaja Suvi Haaparanta esitteli keväällä hyväksyttyä ILME-suunnitelmaa, jolla pyritään sekä liikenteen ilmanlaatu- ja meluhaittojen että katupölyn ja puunpoltton vähentämiseen. Kaupunki pyrkii nostamaan kitkarenkaiden osuuden 70 prosenttiin vuonna 2030 ja edistää nastarengasmaksujen käyttöönottoa, joka ei nykyilmaisäädännön mukaan ole mahdollista.

Kuulumisia Tukholman ilmansuojelutyöstä saatiin kuulla etäyhteyksillä, kun ympäristötutkija Michael Norman SLB:stä kertoi, millä keinoilla Tukholma on vähentänyt katupölypitoisuuksia. Normanin mukaan tehokkaimpia keinoja ovat olleet nastarengaskiellet ja aktiivinen pölynsidonta. Lisäksi apua on ollut tehokkaasta katujen pesusta sekä liikennemäärien ja ajonopeuksien alentamisesta. Nastarengasosuus



Wolkoffin talomuseon olohuoneen sisustus on peräisin 1800-luvun lopulta.



on laskenut kaikkialla kaupungissa – ei pelkästään kaduilla, joilla nastarengaskielto on otettu käyttöön. Tuleva hengittävien hiukkasten raja-arvo ylittyy kuitenkin tätä nykyä vielä useissa muissa Ruotsin kaupungeissa, joissa pölyisiä päiviä on paljon Tukholmaa enemmän. Tukholmassa poliitikot ovat asettaneet tavoitteeksi päästä myös WHO:n ohjearvojen alle, mikä on erittäin haastava tehtävä.

Viimeisen session aloitti professori **Katja Kanninen**, joka työskentelee Itä-Suomen yliopistossa ja A. I. Virtanen-instituutissa. Hän kertoi, millä eri tavoilla hiukkaset vaikuttavat aivoterveeseen. Haitallisimpia ovat ultrapienet hiukkaset, jotka voivat päästä keuhkoista verenkiertoon ja veriaivoesteelle tai nenän ja hajushermon kautta suoraan aivoihin. On osoitettu, että asuminen alueella, jolla on korkeat ilmansaastepitoisuudet, aiheuttaa toiminnallisia muutoksia aivoissa ja lisää riskiä aivosairauksiin, kuten Alzheimerin tautiin.

## Vuonna 2025 ilmansuojelupäiviä vietetään 50. kertaa.

Ilmastorahaston asiakkuusjohtaja **Pia Erkinheimo** esitteli rahaston saavutuksia ympäristöteknologia-yhtiöiden vauhdittajana. Ilmatieteen laitoksen pääjohtaja **Petteri Taalas** loi kattavan katsauksen globaaliin ilmastoon ja sen tulevaisuuden näkymiin. Vaikka 1,5 asteen lämpenemistavoite on todennäköisesti ylitymässä, on silti toivoa saada lämpötilan nousu pysymään kahdessa asteessa. Pohjoisilla alueilla, kuten Suomessa, lämpeneminen on suurempaa kuin globaalisti. Taalas korosti, että tavoitteiden saavuttamiseksi tärkeintä on lopettaa fossiilisten polttoaineiden käyttö ripeästi, ja lisäksi voimakkaasti uusiutuvan energian osuutta.

Tilaisuuden päätteeksi Ilmansuojeluyhdistyksen puheenjohtaja **Anu Kousa** kiitti kaikkia esiintyjä ja yleisöä sekä valmisteluun ja järjestelyihin osallistuneita ja muistutti yhdistyksen tulevista seminaareista ja tilaisuuksista. Vuonna 2025 ilmansuojelupäiviä vietetään 50. kertaa. Ideoita juhlien valmisteluun ja ohjelmaan voi toimittaa yhdistykselle, jotta juhluvuoden tapahtumasta saadaan mahdollisimman kiinnostava ja antoisa. ■

KUVA: ANU KOUSA



Ilmanlaadun erityisasiantuntija Jarkko Niemi HSY:stä kertoi kaupunkien ilmanlaadun haasteista.

**Ilmansuojeluyhdistyksen seuraava tapahtuma on jäsenille tarkoitettu syyskokous ja sen yhteydessä järjestettävä kaikille avoin seminaari. Ajankohta ja paikka ilmoitetaan myöhemmin ISY:n verkkosivuilla. Nähdään syysseminaarissa!**

KUVA: OUTI VÄKEVÄ



Ilmansuojeluyhdistyksen puheenjohtaja Anu Kousa kutsui yleisön ideoimaan seuraavan vuoden 50. juhluvuoden ilmansuojelupäiviä.



### HALLITUS / STYRELSE

**Puheenjohtaja / Ordförande**  
Anu Kousa

**Varapuheenjohtaja / Viceordförande**  
Maija Leino

**Jäsenet / Medlemmar**  
Jouni Ahtiainen  
Helena Kivi-Koskinen  
Ville-Veikko Pauu  
Johanna Vainiomäki

**Varajäsenet / Suppleanter**  
Tuula Pellikka  
Janne Ruuth  
Topi Rönkkö  
Hilkka Timonen

### ILMANSUOJELUYHDISTYS

Ilmansuojeluyhdistys (ISY) toimii alansa valtakunnallisena ympäristönsuojelujärjestönä. Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelun tutkimusta Suomessa sekä toimia yhdessä ilmansuojelun parissa työskentelevien henkilöiden ja yhteisöjen välillä Suomessa ja ulkomailla. Ilmansuojeluyhdistys pyrkii toiminnallaan edistämään ilmansuojelualalla toimivien henkilöiden ammattitaitoa. Ilmansuojeluyhdistys on perustettu vuonna 1976.

#### Ilmansuojeluyhdistys:

1. seuraa alansa tutkimuksen, koulutuksen, tekniikan sekä hallinnon ja lainsäädännön kehitystä
2. suunnittelee ja järjestää koulutusta sekä keskustelutilaisuuksia
3. järjestää ekskursioita kotimaassa ja ulkomaille
4. tiedottaa ajankohtaisista ilmansuojeluasioista jäsenlehdessään
5. antaa lausuntoja ja tekee esityksiä alansa kuuluvista asioista
6. harjoittaa julkaisutoimintaa
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

### LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljöförädlingsförening. Luftvårdsföreningens syftemål är att främja luftvården och luftvårdsforskningen i Finland och fungera som förbindelselänk mellan personer och samfund som arbetar med luftvårdsfrågor i Finland och utomlands. Luftvårdsföreningen strävar att främja yrkeskvaliteten hos personer som arbetar med luftvårdsfrågor. Luftvårdsföreningen är grundad år 1976.

#### Luftvårdsföreningen:

1. följer med den vetenskapliga, forskningsmässiga, tekniska samt förvaltnings- och lagstiftningsmässiga utvecklingen i sin bransch
2. planerar och ordnar skolningstillfällen samt diskussionstillfällen
3. ordnar exkursioner både i Finland och utomlands
4. rapporterar om aktuella luftvårdsfrågor i sin medlemstidning
5. avger utlåtanden och tar initiativ i luftvårdsfrågor
6. bedriver publikationsverksamhet
7. deltar i det internationella luftvårdssamarbetet

### YHTEYSTIEDOT / KONTAKT

#### ILMANSUOJELUYHDISTYS RY

Sihteeri Hanne Hartikainen  
PL 136,  
00251 Helsinki  
Puh. 045 1335989  
sihteeri@isy.fi

 [www.isy.fi](http://www.isy.fi)

 @ISY\_fi

 [www.facebook.com/ilmansuojeluyhdistys](https://www.facebook.com/ilmansuojeluyhdistys)

### FINNISH AIR POLLUTION PREVENTION SOCIETY

Finnish Air Pollution Prevention Society (FAPPS) is the national air pollution prevention association. The purpose of FAPPS is to prevent air pollution and to promote the research of air protection in Finland and abroad. FAPPS connects people and communities working with air protection issues in Finland and abroad. FAPPS aims to further the professional skills of the people working in the field. FAPPS was founded in 1976.

#### FAPPS:

1. follows technical, scientific, administrative and legislative developments of air protection
2. plans and organizes education and seminars
3. organizes excursions in Finland and abroad
4. informs about air protection issues of current interest in the magazine of FAPPS
5. gives statements and prepares proposals about air protection issues
6. publishes
7. participates in the international information exchange

**HNU Nordion**  
Kaikki ilmanlaadun mittaukseen

HNU Nordion Ltd. Oy  
Atomitie 5 B 6, 00370 Helsinki  
Puh. 09 565 7240  
info@hnuordion.fi  
www.hnuordion.fi

 HNU Nordion Ltd. Oy



## KIRJOITTAJAT 3 | 2024

### NIKO HEIKKINEN

tutkija  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy  
niko.heikkinen@vtt.fi

### ANNIINA KAUKORANTA

maisteriopiskelija  
Helsingin yliopisto  
anniina.kaukoranta@helsinki.fi

### LAURI KUJANPÄÄ

tutkimustiimin päällikkö  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy  
lauri.kujanpaa@vtt.fi

### KATRIINA KYLLÖNEN

erikoistutkija, laatupäällikkö  
Ilmatieteen laitos  
katriina.kyllonen@fmi.fi,

### JUHA LEHTONEN

tutkimusprofessori  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy  
juha.lehtonen@vtt.fi

### SAMPO MÄKIKOURI

erikoistutkija  
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy  
sampo.makikouri@vtt.fi

### TIINA NYGÅRD

erikoistutkija  
Ilmatieteen laitos  
tiina.nygard@fmi.fi

### KENNETH PELTOKANGAS

tutkijatohtori  
Helsingin yliopisto  
kenneth.peltokangas@helsinki.fi

### HANNA PITKÄNEN

kehityspäällikkö  
Vantaan Energia Oy  
hanna.pitkanen@vantaanenergia.fi

### LAURA RIUTTANEN

yliopistonlehtori  
Helsingin yliopisto  
laura.riuttanen@helsinki.fi

### TOPI RÖNKKÖ

professori  
Tampereen yliopisto  
topi.ronkko@tuni.fi

### KARRI SAARNIO

erikoistutkija  
Ilmatieteen laitos  
karri.saarnio@fmi

### SAMPO SOIMAKALLIO

kehittämispäällikkö  
Suomen ympäristökeskus  
sampo.soimakallio@syke.fi

### LAURA SOKKA

johtava tutkija  
Suomen ympäristökeskus  
laura.sokka@syke.fi

### OUTI VÄKEVÄ

ilmansuojeluasiantuntija  
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY  
outi.vakeva@hsy.fi

