

IS

1 | 2023

ILMANSUOJELU

METSIEN HIILINIELUJEN KEHITYS

– Maankäyttösektorin muutos nettonielusta päästölähteeksi s. 4

Vaarantaako **ENERGIA-ALAN OSAAMISVAJE** hiilineutraaliustavoitteet? s. 9

EU:N ILMANLAATUDIREKTIIVIEN UUDISTUS

– Mitä uutta Suomelle? s. 12

SUOMALAISTEN PIENHIUKKASALTISTUKSEN kehitys 1979–2021 s. 19

ILMANLAADUN VAIHTELU PÄÄKAUPUNKISEUDULLA

– HSY tehnyt mittauksia jo 40 vuotta s. 26

4

Suomen on lähitulevaisuudessa ratkaistava metsien hiilinielujen ja muun maankäytön päästöjen epätasapainon luoma haaste.



KUVA: LUONNONVARAKESKUS



KUVA: FREE-HANKE/ELLAMARI KOUTONEN

9

Ilman jatkuvaa oppimista sekä erityisiä ponnistuksia energia-alan osaamisen kehittämiseksi vihreä siirtymä on vaarassa törmätä osaamisvajeeseen.

12

EU:n direktiivi uudistus luo entistä kunnianhimoisempia ilmanlaadun standardeja, joihin yltääkseen Suomenkin on ryhdyttävä toimeen.



KUVA: JUHA HATAKKA



19

Suomalaisten ilmansaasteille altistumisen kattava arviointi mahdollistui uuden mallinnuksen avulla: Vertailemme 40 vuoden altistustasoja kansainväliseen aineistoon.

KUVA: SAIJA KORHONEN

SISÄLLYS 1/2023

- 4 **METSÄN HIILINIELUJEN KEHITYS** – Maankäyttösektorin muutos nettonielusta päästölähteeksi
- 9 **Vaarantaako ENERGIA-ALAN OSAAMISVAJE** hiilineutraaliustavoitteet?
- 12 **EU:N ILMANLAATUDIREKTIIVIEN UUDISTUS** – Mitä uutta Suomelle?
- 19 **SUOMALAISTEN PIENHIUKKASALTISTUKSEN** kehitys 1979–2021
- 24 **VALOKEILASSA:** Tuukka Petäjä
- 26 **ILMANLAADUN VAIHTELU PÄÄKAUPUNKISEUDULLA** – HSY tehnyt mittauksia jo 40 vuotta

Pääkirjoitus

Jännittäviä aikoja

Näin eduskuntavaalien alla ilmastonmuutoksen torjuntaa, ilmansuojelua ja energiantuotantoa koskevat tärkeät aiheet ansaitsevat oikeutetusti palstatilaa – ja aiheisiin onkin talven aikana perehdytty päämedioita myöten. Uuden eduskunnan pöydille tulee ilmestymään monia seurauksiltaan kauaskantoisia haasteita vihreän siirtymän ja metsien hakkuiden kysymyksistä aina ympäristön saastumisen terveysvaikutuksiin. Lisäksi Venäjän hyökkäyssodan aiheuttama aallokko lyö yhteiskunnan ja globaalin yhteisöjen rantoihin. On siis valittava uimataitoinen eduskunta! Vuoden ensimmäisessä lehdessä perehdymme aluksi laajalti yhteiskunnallista keskustelua herättäneeseen maankäyttösektorin päästöjen muutokseen. Metsien hakkuumäärät olivat vuonna 2021 historiallisesti toiseksi korkeimmat ja vastaavasti metsien nielu on viime vuosina pienentynyt huomattavasti 1990- ja 2000-lukuihin verrattuna. Artikkelimme selittää päästöinventaarion logiikkaa ja avaa syitä Suomen metsien hiilinielun epäsuotuisaan kehitykseen.

Toisena aiheena nostamme esille energia-alan osaamisvajeen, joka on vaarassa jarruttaa vihreää siirtymää. Uudenlaisten tutkinto-ohjelmien, tuetun täydennyskoulutuksen, kannustetun mikro-oppimisen sekä digitaalisuuden ja pelillistämisen keinot olisi kaikki otettava käyttöön, jotta osaajapula ei tulisi hidasteeksi hiilineutraluudelle.

Kolmannessa artikkelissa pureudumme erittäin ajankohtaiseen aiheeseen: EU-komission lokakuussa julkaisemaan ehdotukseen ilmanlaatudirektiivien uudistamiseksi. Ehdotus kaavailee ilmanlaadun mittauksiin vuoteen 2030 mennessä useita uudistuksia, kuten uusia mallinnus-, mittaus-, laatu- ja raportointivelvoitteita sekä supermittausasema-konseptin käyttöönottoa. Direktiivi uudistuksen toteutus tulee haastamaan myös Suomen käytäntöjä, mistä on luvassa lisää keskustelua ISY:n Ilmanlaadun mittaajatapaamisessa toukokuussa.

Sääntelydirektiivien tiukentuessa onkin kiinnostava luoda seuraavaksi katsaus suomalaisten pienhiukkasaltistuksen historiaan. Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen ja Itä-Suomen yliopiston tutkijat pohtivat artikkelissaan altistuskehitystä tuoreen 40 vuoden pitoisuusaikasarjan avulla ja kansainvälisesti asetettuihin ohjearvoihin ja raja-arvoihin peilaten.

Lehden viimeisessä artikkelissa ilmanlaatua tarkastellaan pääkaupunkiseudun erilaisten mittauspisteiden kautta. Helsingin seudun ympäristöpalvelut on jo 40 vuoden ajan tutkinut pitoisuuksien vuorokausivaihteluja. Artikkelitodentaa pääkaupunkiseudun osalta samaa ilmanlaadun paranemisen trendiä, kuin edellinen THL:n kaikkia suomalaisia koskeva pienhiukkasaltistuksen kehityksen katsaus.

Näiden mielenkiintoisten artikkelien siivittämänä tartun uuteen kasvona Ilmansuojelu-lehden päätoimittajan tehtävään. On innostavaa päästä työskentelemään ilman- ja ilmastonsuojelun tärkeiden aiheiden parissa Ilmansuojeluyhdistyksen kaltaisessa kunnianhimoisessa järjestössä. Toivotan lukijakunnalle kiinnostavia lukelämyksiä!

Äänestäkäämme ilman puolesta!

TYTTI RINTANEN
Päätoimittaja

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
Petteri Haveri
Joonas Koivisto
Karri Saarnio
Olli-Pekka Siira
Laura Sokka
Antti Tohka
Jari Viinanen
Outi Väkevää

Taitto / Ombrytning
Hella Pakaslahti

Kannen kuva / Omslagsbild
Pixabay

Paino / Tryckeri
Scanseri Oy

ISSN-L 1239-8950
ISSN 1239-8950 (Painettu)
ISSN 2323-1211 (Verkkojulkaisu)

Lehti on luettavissa korkeakoulujen kirjastoissa sekä suurimmissa kaupunginkirjastoissa

Tidningen finns till påseende i högskolornas bibliotek samt i de största stadsbiblioteken

Ilmoitukset / Annonser
Ilmoitushinnat normaali /yritysjäsen
Annonpris vanligt / för medlemmar:

1/1 sivu 420 € / 350 €
1/2 sivu 320 € / 270 €
1/3 sivu 250 € / 210 €

Kestoilmoittajille lisäksi 20 % alennus
Fortgående annons ger 20 % rabatt

Tilaukset / BESTÄLLNINGAR

Lehden osoitteenmuutokset ja yksittäisnumeroiden tilaukset / Adressförändringarna och beställning av enskilda nummer:

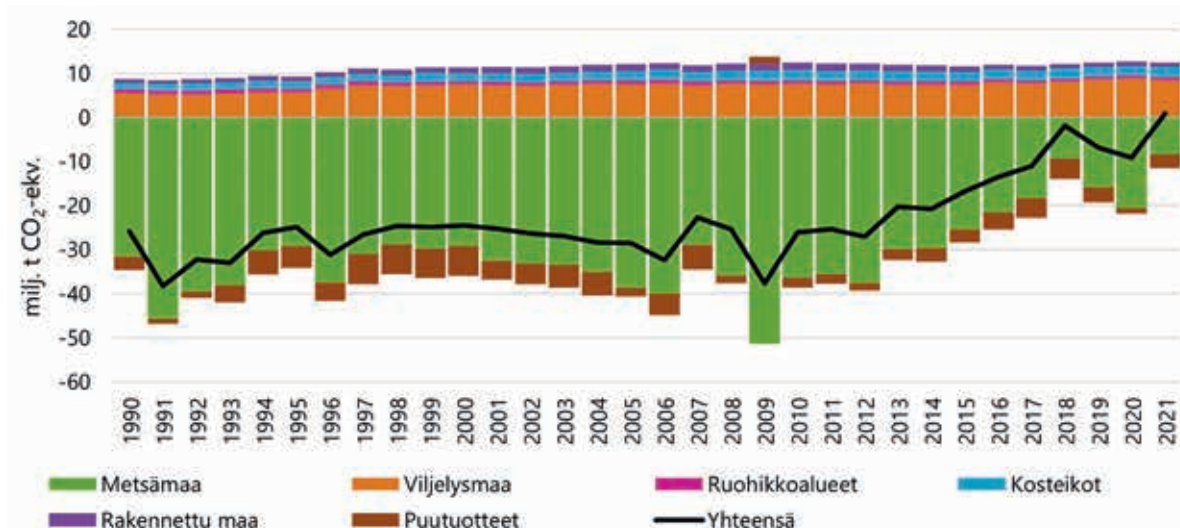
Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Hanne Hartikainen
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi

METSIIEN HIILINIELUJEN KEHITYS

– Maankäyttösektorin muutos nettonielusta päästölähteeksi

Suomen kasvihuonekaasuinventaarion joulukuussa 2022 annetut ennakkotiedot vahvistivat, että maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektori (lyh. maankäyttösektori tai LULUCF-sektori) oli muuttunut hiilen nettonielusta päästölähteeksi. Kasvihuonekaasujen poistumat ilmakehästä ovat olleet suuremmat kuin niiden päästöt ilmakehään vuodesta 1990 alkavan raportointijakson ajan aina vuoteen 2020 saakka. Vuosi 2021 oli siten ensimmäinen, jolloin sektorilta aiheutui nettopäästöjä.

Paula Ollila, tutkija, Luonnonvarakeskus
Tarja Tuomainen, erikoistutkija, Luonnonvarakeskus
Sofia Vikfors, tutkija, Luonnonvarakeskus



Kuva 1. LULUCF-sektorin päästöt ja poistumat maankäyttöluokittain vuosina 1990–2021 (ennakkotieto 14.12.2022).

Puuston vuosittaiset hakkuumäärät ohjaavat metsänielun kehitystä

Metsien nielu vuonna 2021 oli 8,4 Mt CO₂-ekv. (kuva 2) eli nielu pieni edellisestä vuodesta 59 %. Suurimmat vuosien väliset vaihtelut metsien nieluun aiheutuvat hakkuista. Puuston biomassan kasvu ei heilahtele samalla tavalla vuosien välillä, koska laskenta perustuu useamman vuoden kasvun keskiarvoon. Mahdolliset muutokset kasvussa näkyvät inventaariossa pienellä viiveellä sitä mukaa, kun uutta mitattua aineistoa on käytettävissä. Maaperän hiilivarojen lisääntymiseen ja vähenemiseen vaikuttavat metssissä säilynyt puuvarasto ja siinä tapahtuvat muutokset (hiilisyöte maahan), vallitsevat olosuhteet kuten sadanta ja lämpötila kyseisenä vuonna, mutta myös edeltävien vuosien tapahtumat.

Hakkuumäärät olivat vuonna 2021 historiallisesti toiseksi korkeimmat.

Hakkuut ovat olleet korkealla tasolla useamman vuoden ajan. Vuonna 2021 hakkuut ylittivät viiden edeltävän vuoden keskimääräiset hakkuumäärät ja olivat historiallisesti toiseksi korkeimmat (vuonna 2018 historian korkeimmat). Puuston kasvun aleneminen on myös heikentänyt puuston tasetta. Vaikutus kohdistuu takautuvasti useammalle vuodelle, kun puustobiomassan kasvu laskettiin uusimmasta valtakunnan metsien 13. inventoinnissa (VMI) mitattua aineistosta. VMI:n mukaan puuston vuotuinen tilavuuskasvu on alentunut 4,5 milj. m³ edelliseen inventointiin verrattuna. Tilavuuskasvun aleneminen on arvioitu johtuvan mäntymetsien ikärakenteen kehittymisestä.

tä sekä kolmesta peräkkäisestä (2018–2020) heikosta kasvukaudesta.

Metsämaan ojitettujen turvemaiden CO₂-päästötrendi on kasvava kohonneen lämpötilan aiheuttaman lisääntyneen orgaanisen aineen hajotuksen seurauksena. Kasvava trendi tuli esiin uuden laskentamenetelmän käyttöönoton myötä. Myös kivennäismailla orgaanisen aineen hajotus on lisääntynyt ja siten pienentänyt maaperän nielua.

Puutuuotteiden hiilitase vaihtelee tuotantomäärien mukaan

Puutuuotteet kasvihuonekaasuinventaariossa sisältävät kotimaisesta puusta tuotetun sahataran, puulevyt sekä paperin ja kartongin. Puutuuotteet ovat olleet pääosin nettonielu, mutta yksittäisinä vuosina myös päästöjen lähde. Suurimman osan puutuuotteiden nettonielusta muodostaa pitkäikäinen sahatarava.

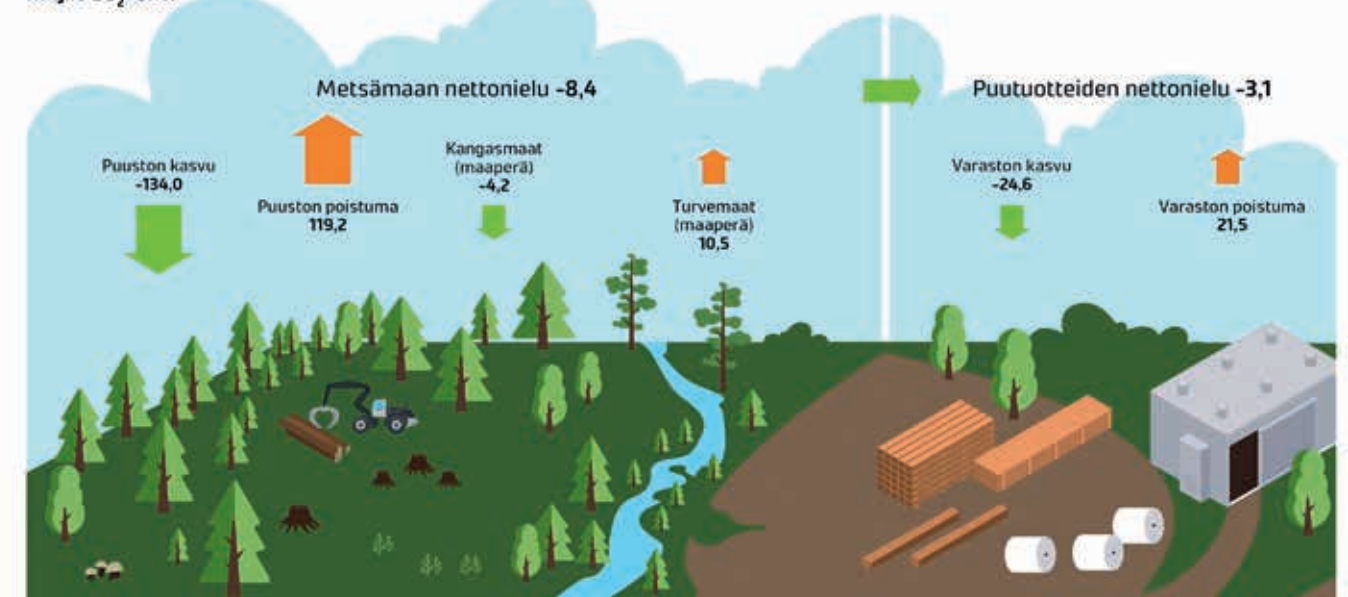
Puutuuotteisiin sitoutui hiiltä vuonna 2021 3,1 Mt CO₂-ekv. Kasvaneiden hakkuiden seurauksena puutuuotteisiin sitoutui 2021 enemmän hiiltä kuin vuonna 2020, kuitenkin vähemmän kuin esim. 2018 ja 2019. Myös puutuuotelaskennassa, kuten maaperälaskennassa, aiempien vuosien tapahtumat vaikuttavat tulokseen. Jonkin vuoden suuret tuotantomäärät rasittavat tulevana vuosina, kun tuotteita poistuu käytöstä. Vuonna 2009 kävi näin (kuva 1), ja puutuuotteista tuli päästölähde, kun lakkojen seurauksena metsäteollisuuden tuotantomäärät olivat alhaiset ja syöte puutuuotevarastoon oli aiempia vuosia pienempi.

Maatalous- ja turvemaat päästöjen lähteenä

Vuonna 2021 maatalousmaiden eli viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden yhteenlasketut päästöt olivat 9,2 Mt CO₂-ekv. Maatalousmailla erityisesti eloperäiset maat tuottavat suuret hiilidioksidipäästöt. Vuonna

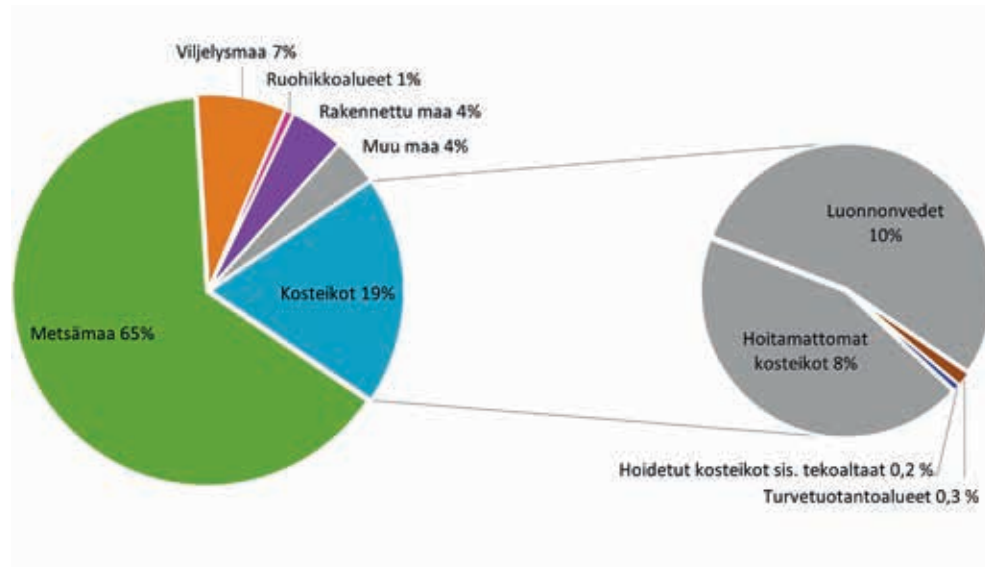
Metsämaan ja puutuuotteiden kasvihuonekaasutase 2021

milj. t CO₂-ekv.



Lähde: Luonnonvarakeskus

Kuva 2. Metsämaan hiilivarojen muutokset ja muut kasvihuonekaasupäästöt sekä puutuuotteet 2021 (ennakkotieto 14.12.2022).



Kuva 3. Maankäyttöluokkien osuudet maan kokonaispinta-alasta 2021. Harmaat luokat ovat hoitamattomia alueita, joilta ei raportoida päästöjä ja poistumia.

2021 eloperäisten maiden päästöt (7,6 Mt CO₂-ekv.) olivat 82 % viljelysmaiden ja ruohikkoalueiden yhteenlasketuista nettopäästöistä, vaikka niiden pinta-alaosuus on vain 12 %. Turvemaapeltojen pinta-ala on kasvanut tasaisesti viimeisten 20 vuoden aikana, mikä on johtanut viljelysmaiden päästöjen lisääntymiseen. Myös kivennäismaapeltojen pinta-ala on viime vuosina toimineet hiilen lähteinä. Osa maatalousmaiden päästöistä raportoidaan maataloussektorilla.

Kosteikkojen 2,2 Mt CO₂-ekv. päästöt olivat vuonna 2021 pääosin turvetuotantoalueilta. Rakennetun maan päästöt vuonna 2021 olivat 1 Mt CO₂-ekv. Päästöt lasketaan vain maankäytön muutosalueilta, joten ne aiheutuvat pääasiassa metsän puuston raivaamisesta rakentamisen tieltä.

Päästöt lasketaan vain hoidetulle maalle

Metsät ovat merkittävin sektorin tulokseen vaikuttavista tekijöistä jo siitäkin syystä, että metsät kattavat inventaation maankäyttöluokituksessa 65 prosenttia 34 miljoonan hehtaarin kokonaisalasta (kuva 3). Toiseksi suurin luokka pinta-alalla mitattuna ovat kosteikot, mutta niistä päästöjä raportoidaan vain vähän päälle 150 000 hehtaaria.

Maan pinta-ala jaetaan kahteen kategoriaan: hoidettu maa, jonka päästöjen ja poistumien oletetaan johtuvan ihmisten toiminnasta, sekä hoitamaton maa, jonka päästöjen ja poistumien ei katsota olevan ihmisten aiheuttamia. Kasvihuonekaasuinventaariossa raportoidaan vain hoidetun maan päästöt ja poistumat.

Erityisesti rakentamisen ja raivaamisen aiheuttama metsäkatot tuottaa suuria hehtaarikohtaisia päästöjä.

Suomessa hoidettuun maahan kuuluu kaikki metsät, viljelysmaat, ruohikkoalueet ja rakennetut maat, sekä kosteikkoluokassa turvetuotantoalueet, tekoaltaat, kosteikoksi muuttuneet alueet ja sellaiset alueet, joiden pohjaveden pintaa on keinotekoisesti muutettu.

Luonnonvedet ja muut kosteikot lasketaan hoitamattomaksi maaksi. Myös maankäyttöluokka muu maa, johon kuuluu esimerkiksi tunturit ja kivikot, on hoitamaton maa, ellei sitä ole muutettu muusta maankäytöstä. Hoitamattomien maiden pinta-aloja ja niissä tapahtuvia muutoksia seurataan, vaikka niiltä ei raportoida päästöjä ja poistumia.

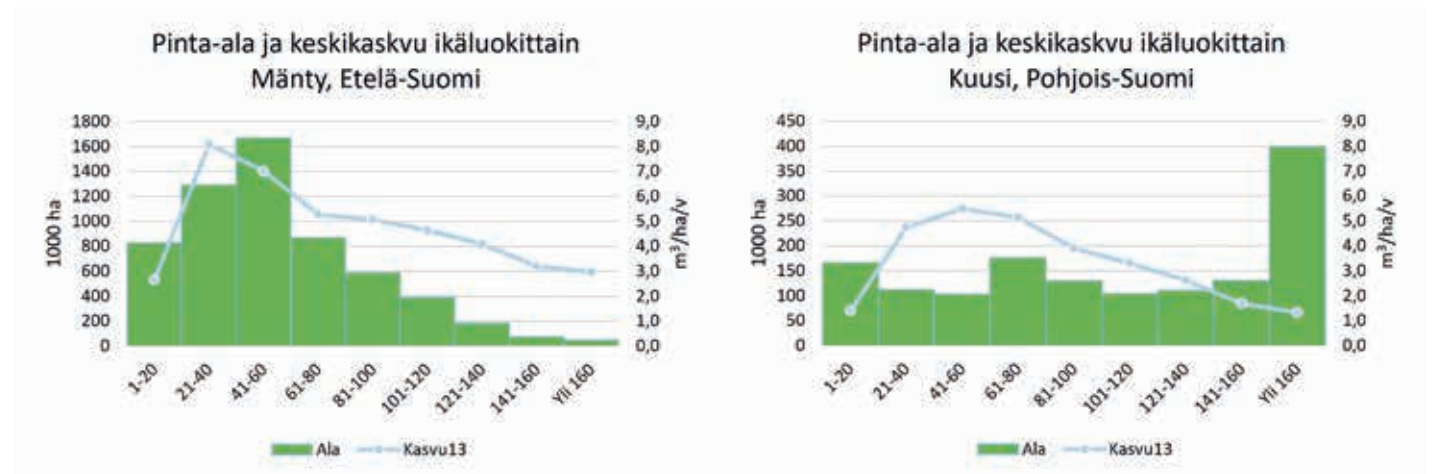
Inventaario kattaa koko Suomen pinta-alan, jotta maankäytön muutoksia voidaan seurata läpinäkyvästi. Maankäytön muutoksista erityisesti metsäkatot aiheuttaa suuria hehtaarikohtaisia päästöjä. Metsäisenä maana Suomessa ei voi täysin välttää rakentamista metsiin (rakennukset, liikenneväylät, kaivosalueet, energian tuotanto ja siirto) ja myös pellonraivausta tapahtuu edelleen. Metsityksellä taas voidaan saada entinen päästölähde kääntymään nettonieluksi, mutta muutos on Suomen oloissa hidasta puuston hitaan kasvun vuoksi.

Inventaario perustuu kansainvälisesti sovittuihin menetelmiin

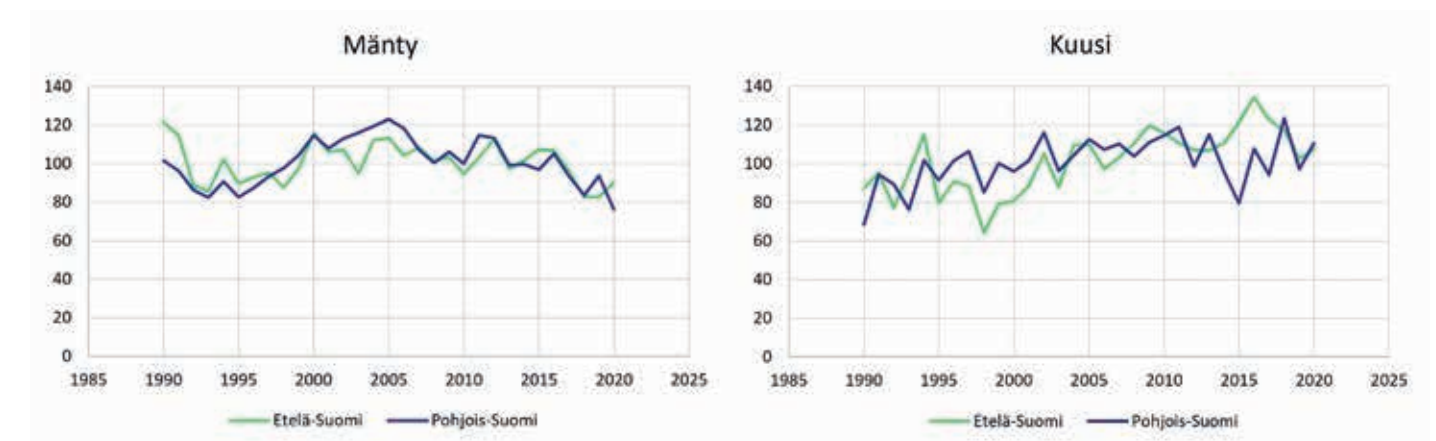
Kasvihuonekaasuinventaarion raportointia tehdään YK:n alaisen ilmastopöytäkirjan ja sitä täydentävän Pariisin sopimuksen velvoittamana. Tiedot toimitetaan ilmastopöytäkirjan sihteeristön lisäksi EU:lle. Jäsenmaiden inventaarioista koostetaan EU:n inventaario, joka myös toimitetaan ilmastopöytäkirjan nähtäväksi. Kasvihuonekaasupäästöjen seuranta ja raportointi ovat perusta ilmastopöytäkirjan arvioinnille, suunnittelulle ja seurannalle. Niiden avulla voidaan varmistaa, onko poliittisesti sovitussa päästörajoissa pysytty. Maankäyttösektorin tavoitteet osana EU:n ilmastotavoitetta on määritetty ns. LULUCF-asetuksessa.

Uusia tutkimustuloksia ja -menetelmiä otetaan käyttöön lähes vuosittain.

Laskentoja tehdään kansainvälisesti sovitulla menetelmällä. Päästöarvioiden laskenta ja niiden luotettavuuden arviointi perustuu hallitusten välisen



Kuva 4. Etelä-Suomen mäntyvaltaisten metsien ja Pohjois-Suomen kuusi-valtaisten metsien pinta-ala ja keskimääräinen kasvunopeus 20 vuoden ikäluokissa 13. valtakunnan metsien inventoinnin mukaan.



Kuva 5. Mäntyn ja kuusen lustonleveysindeksit 1990–2020.

PUUSTON KASVUN ALENEMISEEN VAIKUTTANEITA TEKIJÖITÄ

Mäntymetsien nopean kasvun vaihe on 21–60 vuoden ikäluokissa, joiden määrä on pienentynyt. Pohjois-Suomessa suurin osa mäntymetsien pinta-alasta on tätä vanhemmissa ja nuoremmissa ikäluokissa. Myös Etelä-Suomessa suurin, 41–60-vuotiaiden ikäluokka on jo ohittanut nopeimman kasvun vaiheen. Etelä-Suomessa mäntymetsien osuus on 53 % ja Pohjois-Suomessa 76 % metsämaan pinta-alasta, minkä vuoksi mäntymetsien merkitys on huomattava puuston kokonaiskasvulle. Metsiä on uudistettu paljon kuusimetsiksi, mutta puut ovat vielä nuoria, eivätkä ole vielä saavuttaneet parhaan kasvun vaihetta. Toisaalta Pohjois-Suomessa heikosti kasvavia yli 160-vuotiaita metsiä on runsaasti. Puiden kasvun vuotuista vaihtelua

tutkitaan ja havainnollistetaan valtakunnan metsien inventoinnissa kerätyistä lustoaineistoista lasketulla lustonleveysindeksillä (kasvuindeksi), jossa 30 vuoden keskimääräistä kasvun tasoa merkitään sadalla. Suotuisissa kasvuolosuhteissa indeksi saa yli sadan arvoja ja epäsuotuisien olosuhteiden vallitessa alle sadan arvoja. Lustonleveysindeksiin vaikuttavat sääolosuhteiden lisäksi puiden kukinta ja siementuotanto. Mäntynällä kasvuindeksi on ollut viime vuosina alle pitkän ajan keskiarvon, kun kuusella se on Etelä-Suomessa ollut korkeammalla. Mäntynällä heikot kasvukaudet osuvat vuosille 2018–2020, jolloin Etelä-Suomessa kasvukaudet ovat olleet tavanomaista kuivempia. Pohjois-Suomessa kuivuuden lisäksi kasvun alenemaa selittää

vuosien 2019 ja 2020 voimakas käpytuotanto.

Viime vuosien lisääntyneiden hakkuumäärien ja harvennuksissa poistettujen puiden kasvaneen määrän on myös arvioitu alentaneen puuston kasvua. Voimakkaina toteutettujen harvennushakkuuiden jälkeen puuston kasvu elpyy hitaammin kuin lievän harvennuksen jälkeen. 2000-luvulla metsien keskimääräinen uudistamisikä on Etelä-Suomessa laskenut noin 15 vuotta ja Pohjois-Suomessa noin 30 vuotta, kun puustot järeystensä puolesta saavuttavat uudistuskypsyyden aiempaa nuorempina. Lisäksi on havaittu Etelä-Suomen uudistettavien puustojen keskilämpötilan hieman laskeneen.

MAANKÄYTTÖSEKTORIN INVENTAARIO

- Kuusi maankäyttöluokkaa ja puutuotteet
- Seurataan erikseen alueita, joilla ei ole tapahtunut maankäytön muutosta ja alueita, joilla maankäytön muutos on tapahtunut viimeisen 20 vuoden aikana
- Kasvihuonekaasut: CO₂, CH₄, N₂O, (CO, NO_x)
- Yhteismitallistettu GWP100 (global warming potential) -kertoimilla hiilidioksidiksi: CH₄: 28, N₂O: 265 (IPCC AR5)
- Hiilivarastojen muutokset: maanpäällinen ja maanalainen elävä biomassa, kuollut puu, karie, maan orgaaninen aines
- Päästöt ojituksesta, metsäpaloista, kulotuksesta, ennallistamispoltoista, mineralisaatiosta, typpilannoituksesta, maankäytön muutoksista
- Puutuotteet: sahatavara, puulevyt, paperi ja kartonki

LISÄTIETOJA VERKOSSA

- Luken kasvihuonekaasuinventaario: <https://www.luke.fi/fi/seurannat/maatalous-ja-lulucfsektorin-kasvihuonekaasuinventaario>
- Raportti kasvun alenemisesta: https://www.luke.fi/sites/default/files/2022-12/Suomen_LULUCF-sektorin_2021%E2%80%932025_velvoitteen_toteutuminen.pdf
- Tilastokeskus: <https://stat.fi/tilasto/khki>
- Hallitusten välinen ilmastopaneeli: <https://www.ipcc.ch/>
- YK:n ilmastositoumuksen sihteeristö: <https://unfccc.int/>

ilmastopaneelin IPCC:n ohjeisiin, joiden laatimiseen ovat osallistuneet asiantuntijat eri puolilta maailmaa. Ohjeet suosittavat kehittämään kansallisia laskentamenetelmiä etenkin merkittävimmille päästöluokille. Suomessa valtakunnan metsien inventointiaineisto on merkittävä tietolähde esimerkiksi pinta-aloille ja puuston kasvuarvioille. Lisäksi tietolähteenä käytetään tilastoja ja tutkimustietoa. Päästöjä mallinnetaan sekä lasketaan pinta-alaperusteisilla päästökertoimilla.

Kasvihuonekaasuinventaariot periaatteisiin kuuluu jatkuva menetelmäkehitys. Tulokset pyritään laskemaan aina parhaimman käytettävissä olevan tiedon mukaan ja siksi uusimpia tutkimustuloksia ja -menetelmiä otetaan käyttöön lähes vuosittain. Inventaariot menetelmien ja tulosten oikeellisuuden tarkastavat vuosittain sekä EU että YK:n ilmastositoumuksen sihteeristö.

Päästöt raportoidaan maankäyttösektorin lisäksi energia-, teollisuusprosessi-, maatalous ja jätesektoreilta. Luonnonvarakeskus vastaa maankäyttösektorin ja maataloussektorin laskennoista. Suomen kasvihuonekaasuinventaariosta kokonaisuudessaan vastaa Tilastokeskus.

Lähde:

Haakana, M., Haikarainen, S., Henttonen, H., Hirvelä, H., Hynynen, J., Korhonen, K.T., Launiainen, S., Mehtälä, L., Miettinen, A., Mutanen, A., Mäkinen, H., Ollila, P., Pitkänen, J., Rätty, M., Salminen, H., Tikkasalo, O.-P., Tuomainen, T., Viitanen, J., Vikfors, S. 2022. Suomen LULUCF-sektorin 2021–2025 velvoitteen toteutuminen. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022123074123>

Vaarantaako energia-alan osaamisvaje HIILINEUTRAALIUSTAVOITTEET?

Energiantuotanto muuttuu Suomessa nopeasti vähähiiliseksi. Monilla kunnilla ja yrityksillä hiilineutraaliuden tavoitevuosi on jo 2030, ja kansallisen ilmasto- ja energiastrategian tavoitteiden mukaan koko Suomen tulisi olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Muutosvauhti vaatii mittavia panostuksia, mutta panostuksista huolimatta on epävarmaa, löytyykö osaajia viemään muutokset läpi.

Antti Tohka, yliopettaja, Metropolia AMK
Kuvat FrEE-hanke / Ellamari Koutonen

Suomessa vähäpäästöinen ja sääriippuvainen energiantuotanto on lisääntynyt voimakkaasti ja se mullistaa koko energiasysteemiä. Esimerkiksi vuonna 2022 asennettiin pelkästään uutta tuulivoimaa yli 2 GW. Fingridin ennusteiden mukaan pelkästään tuulivoimaa olisi Suomessa 2030 luvulla 20 GW ja aurinkoenergiaa 12 GW (Fingridin 2022). Energiamuroksen merkitys koko energiasysteemille tulee näkyväksi kun verrataan tulevan sääriippuvaisen tuotannon määrää Suomen kaikkien aikojen sähkönkulutushuippuun, joka on ollut yhden tunnin aikana noin 15 GWh. Lähitulevaisuudessa tuotanto tulee hetimitäin olemaan selvästi suurempaa kuin kulutus, mikä vaatii mm. siirtolinjojen vahvistamista dynaamisesti toimiviin kulutuskohteisiin sekä myös maamme rajojen ulkopuolelle.

Aluksi hinnanvaihteluun varautumisessa tullaan käyttämään erilaisia keinoja, kuten kysyntäjoustoratkaisuja, lämmityksen sähköistämistä, lämmön kausivarastoinnin aloittamista ja sen loppukäytön muuttamista älykkäämmäksi. Lisäksi kauempana tulevaisuudessa siirtävät erilaiset monimutkaisemmat Power to X (P2X) -ratkaisut, kuten vedyn valmistus. Energiasiiirtymään vaikuttavat myös digitalisaation tuomat uudet mahdollisuudet: kyky kerätä, hyödyntää ja yhdistää

massiivisia määriä tietoa, jonka avulla kehitetään uusia digitaalisia ratkaisuja energian tuotannon, siirron ja kulutuksen resurssitehokkuuden parantamiseksi.

Energiankäytön ja -tuotannon nopeaa murrosta on Euroopasta kiihdyttänyt Ukrainan sodan aiheuttama energiakriisi. Muutosnopeutta olisi tuskin kukaan osannut ennustaa, vaikka energiasiiirtymää ovat osaltaan jo aiemmin hillinneet erilaiset pullonkaulat komponenttipulasta osaamisvajeeseen. Jotta osaamisvajeesta selvitään, on pikaisesti otettava käyttöön jatkuvan oppimisen koko arsenaali. Lisäksi energia-alan monipuolisuutta tulee tehdä tunnetummaksi ja vetovoimaisemmaksi: ala tarvitsee monipuolista osaamista ICT-alasta palvelumuotoiluun jokaisella eri koulutusasteella

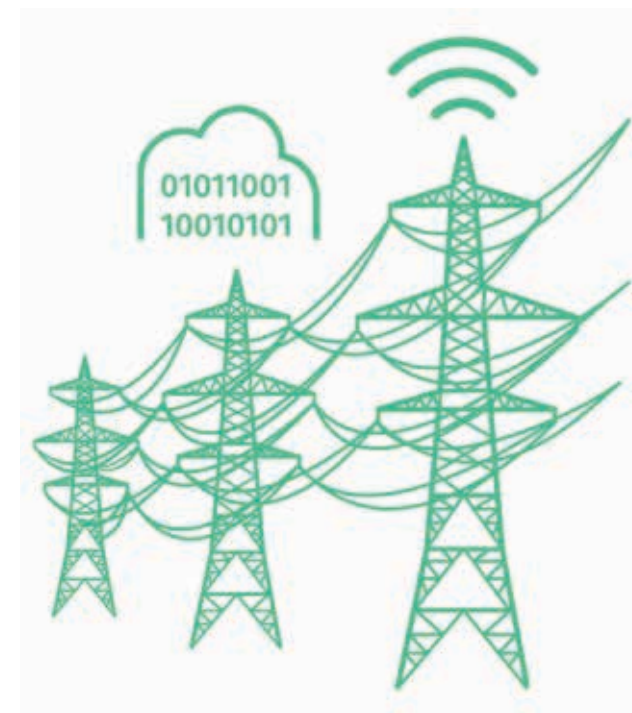
Tarvekartoituksella tarkkuutta opetussisältöihin

Energia-alalla aiemmin tarvittut taidot, kuten höyrykattiloiden ja -turbiinien mitoitus, savukaasujen puhdistusjärjestelmien suunnittelu tai polton päästöjen

> ILMANLAADUN ANALYSAATTORIT
> MITTAUSASEMAN PC-DATALOGGERIT
> MITTAUSVERKON DATAN TIEDON KERUU, -KÄSITTELY JA RAPORTOINTIOHJELMAT

www.hnunordion.fi

hnu NORDION
HNU Nordion Ltd Oy
PL 1 (Atomitie 5 B 6), 00371 HELSINKI
Puh 09 - 565 7240, fax 09 - 565 724 30
myynti@hnunordion.fi



hallinta, eivät tule varsinaisesti katoamaan murroksessa. Kuitenkin, kun tuotanto ei enää niin vahvasti perustu polttoaineiden polttamiseen, tarvitaan rinnalle myös entistä enemmän uusituvan energian osaamista.

Osaamisen tarvekartoituksia on tehty useassa hankkeessa sekä etujärjestöjen teettämässä tutkimuksissa. Tuloksissa painottuvat hieman eri seikat kyselyn kohderyhmästä riippuen, mutta yleisviesti on kaikissa sama: osaajia on liian vähän ja se hidastaa energiasiirtymää. PK-yrityksillä osaamisvajetta painottuu sähköasentajiin, hybridilämmitysjärjestelmien suunnitteluun ja kiinteistöautomaatioon. Lisäksi alalle toivottaisiin lisää väkeä, joka taitaa sekä sähkö- että lvi-asennukset ja järjestelmien kunnossapidon. Myös teknisen myynnin osaamista ja perusfysiikan ymmärrystä kaivataan. Suuremmissa yrityksissä korostuu puute ICT-osaajista sekä mm. datanhallinta-, myynti- ja asiakaspalvelutehtävissä tarvittavasta energiantuotannon kokonaisuuden ymmärtämisestä. Eri suuruisten projektien projektihenkilökunnasta on myös kauttaaltaan pulaa.

Kyselyissä on noussut esiin joitakin hyvin alakohdaisia lisääntyviä tarpeita, kuten vaikka korkeanpaikan asennukset tuulivoimassa. Kuten muillakin aloilla, syrjäisemmille paikoille, joissa esimerkiksi voimalaitoshankkeet usein sijaitsevat, on hankala houkutella työvoimaa. Tulevaisuudessa myös syntyy todennäköisesti lisää ammatteja, joihin ei ole vielä tutkintokoulutusta. Osa nykyisistäkin energiasiirtymän kannalta tärkeistä ammateista on opittu erikoisammattitutkinnon kautta tai työnantajan omien koulutusten avulla.

Digitaalisuus ja pelillistäminen oppimiskäyttöön

Koska muutosvauhti on nopea, tarvitaan energia-alalle perustutkintojen osaamistavoitteiden tarkastelun lisäksi myös täydennys- ja muuntokoulutusta, jotta osaamisvajetta saadaan ripeästi pienennettyä. Digitaaliset oppimisympäristöt ovat vuosien saatossa kehittyneet vauhdilla, eli kyse ei ole enää alustoista, joihin vain tallennetaan koulutusmateriaalit, vaan joihin pystyy luomaan helposti vaikka interaktiivisia sisältöjä. Digitaalisuus mahdollistaa myös erilaisten oppimisympäristöjen ja -sisältöjen jakamisen ketterästi kansallisesti ja kansainvälisesti. Nykyiset mobiililaitteet tarjoavat mahdollisuuden käyttää digitaalisia sisältöjä riippumattomana ajasta ja paikasta.

Jo työelämässä olevia ajatellen koulutuksen rakenteen on oltava joustava, helppokäyttöinen ja innostava. Tämän vuoksi on syytä suosia mikro-oppimista, jossa oppimissisällöt koostuvat esimerkiksi lyhyistä videoista, kuvista ja infograafeista, ja jossa oppimista testataan lyhyin välein harjoituksilla. Mikro-oppimisen osasuorituksia täytyy voida tehdä rajatussa ajassa, esimerkiksi työmatkan tai työajan hiljaisten hetkien aikana. Oppijan pitää voida seurata kehittymistään, minkä digitaalisten ympäristöjen pelillistäminen mahdollistaa. Erityisesti pisteet, merkit, tulostaulukot, tasot, tehtävät ja palaute on tunnistettu tärkeiksi pelillisiksi elementeiksi oppimisen kannalta. Pelillistetyn oppimisen on osoitettu parantavan oppimistuloksia.

Hanketulosten käytäntöön saattamiseen panostettava

Monet tahot rahoittavat suosiollisesti vihreän siirtymän koulutushankkeita. Näitä rahoittajia ovat mm. Euroopan sosiaalirahasto (ESR) sekä Jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskus (JotPa). Erilaisia vihreän siirtymän koulutushankkeita onkin käynnissä tai päättynyt viime aikoina paljon. Kokonaisuus on laaja ja eri toteuttajia runsaasti konsulttitoimistoista oppilaitoksiin.

Energia-alalla useat yritykset ovat pieniä tai mikroyrityksiä, joiden koulutusresurssit ovat rajalliset. Suurilla yrityksillä sen sijaan on hyvät valmiudet täydennyskouluttaa henkilökuntaansa omien tarpeidensa mukaan. Vihreän siirtymän koulutustarpeet vaativat siis vaivannäköä erityisesti energia-alan PK-sektorilla. FrEE - Framtidens EnergiExpert - Tulevaisuuden energiaosaajat hiilivapaaseen kasvuun -hankkeen perusteella olisi erittäin tärkeää kiinnittää huomiota sekä oppimissisältöjen palvelumuotoiluun että oppimismotivaatioon. Työntekijät kaipaavat kaikesta digitaalisuudesta huolimatta yhä ihmistä, joka mentoroii oppimista, ja lisäksi ryhmässä oppiminen nähdään kannustavammasi kuin yksin opiskelu. Työntekijät arvostavat myös kvantitatiivista palkkiota osaamisensa uudistamisesta. Itsensä kehittäminen tulisi palkita tai suorituksista tulisi vähintään jäädä merkintä, jota voi hyödyntää urapolullaan.

- **Energiamurroksen etenemisvauhti** on yllättänyt kaikki, joten täydennys- ja muuntokoulutusta tarvitaan pikaisesti.
- **Energia-alalle syntyy kokonaan uusia ammatteja**, joihin ei vielä ole olemassa tutkintokoulutusta.
- Useilla energia-alan toimijoilla, etenkin pienillä ja mikroyrityksillä, on **liian pienet resurssit** kouluttaa henkilökuntaansa.
- **Digitalisaatio ja pelillistäminen** luovat uusia oppimisympäristöjä ja -tapoja.
- **Mikro-oppiminen** on otettava osaksi jatkuvan oppimisen arkipäivää ja sitä varten on luotava kannustinjärjestelmä.
- **Vihreään siirtymään liittyviin koulutushankkeisiin** on haettu paljon kansallista ja EU-rahaa, mutta kokonaiskuva tilanteesta on vaikea hahmottaa.

• **FrEE-hanke:** <https://lahienergia.org/free-hanke/>

• **Metropolia AMK:n Uudet osaamispolut energia-alalle:** <https://www.metropolia.fi/fi/uudet-osaamispolut-energia-alalle>



Helposti oppimaan,
QR-koodi FrEE-hankkeen
testimateriaaleihin.

Yhteenveto

Vihreän siirtymän osaamisvajetta ja pullonkaulat on osin tunnistettu ja on syntynyt ymmärrystä, millaista osaamista tulevaisuudessa tarvitaan. Energia-alalla kaivataan monipuolisia jatkuvan oppimisen mahdollisuuksia, jotta osaamisvajetta voidaan kuroa umpeen. Erityisesti pieniä ja mikroyrityksiä pitäisi tukea, jotta niissä voitaisiin päivittää osaamista ilman resurssien niukkuutta. On tärkeää houkutella alalle lisää työvoimaa, pitää keskusteluyhteys auki yritysten, oppilaitosten ja muiden kouluttajien kanssa sekä suunnata resurssit huolellisesti. Päästöttömän tuotannon ja resurssiviisaan kuluttamisen osaajia tarvitaan enenevässä määrin, samalla kun päästöjä tuottavan tuotannon osaajia sekä päästöjen rajoittamiseen liittyviä taitoja tarvitaan suhteessa jatkossa vähemmän. Jokaisen olisi syytä tunnistaa osaamistarpeensa ja pyrkiä päivittämään osaamistaan aktiivisesti.

Lähteet

Fingridin sähköjärjestelmävisio 2022 – tulevaisuuden järjestelmän skenaarioluonnokset:

https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/tiedotteet/ajankohtaista/fingrid_sahkojarjestelmavisiio_2022_skenaarioluonnokset-final-korjattu-29.8.pdf

EU:N ILMANLAATUDIREKTIIVIEN UUDISTUS

– mitä uutta Suomelle?

EU-komissio julkaisi lokakuussa 2022 ehdotuksen ilmanlaatudirektiivien uudistamiseksi. Ehdotuksessa ilmanlaadun sääntely kiristyi huomattavasti vuoteen 2030 mennessä, jopa niin että paikoin Suomessakin raja-arvojen alittaminen tulee olemaan haastavaa. Lisäksi ehdotus sisältää runsaasti uusia mallinnus-, mittaus-, laatu- ja raportointivelvoitteita. Vaikka Suomessa moneen uuteen vaatimukseen on jo valmistauduttu, direktiiviehdotus enteilee silti lisätöitä.

Pia Anttila, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos
Katriina Kyllönen, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos

Komission monen vuoden työ nykyisen lainsäädännön riittävyyden määrittelystä ja päivitystarpeista kulminoitui lokakuun 26. päivänä viime vuonna, kun komissio julkaisi uuden direktiiviehdotuksen (EU, 2022a ja 2022b). Ehdotuksessa kaksi nykyistä direktiiviä (2008/50/EC ja 2004/107/EC) sekä ns. komission muutosdirektiivi (2015/1480) on tarkoitus yhdistää yhdeksi, mikä sujuvoittaa sääntelyä. Ehdotuksen julkaisemista edelsi laajat selvitystyöt, joihin

suomalaiset ilmanlaadun asiantuntijat osallistuivat aktiivisesti. Selvitystyöhön kuului mm. julkisia ja asiantuntijakyselyitä, sidosryhmäseminaareja, konsultointihankkeita sekä komissiolle tärkeiden tukiryhmien kuten EU-asiantuntijaryhmän (AAQEG), vertailulaboratorioverkoston (AQUILA) ja ilmanlaadun mallintajien foorumin (FAIRMODE) säännöllistä kuulemistä. Ehdotuksessa on esitetty mm. entistä matalampia sekä kokonaan uusia raja-arvoja, uusia mitattavia ilmansaasteita sekä tiukennuksia raportointiin. Viime vuoden lopussa alkoi EU:n neuvoston ja parlamentin neuvottelut direktiivin lopullisesta muotoilusta – lopputulosta saamme odotella vielä tovin.

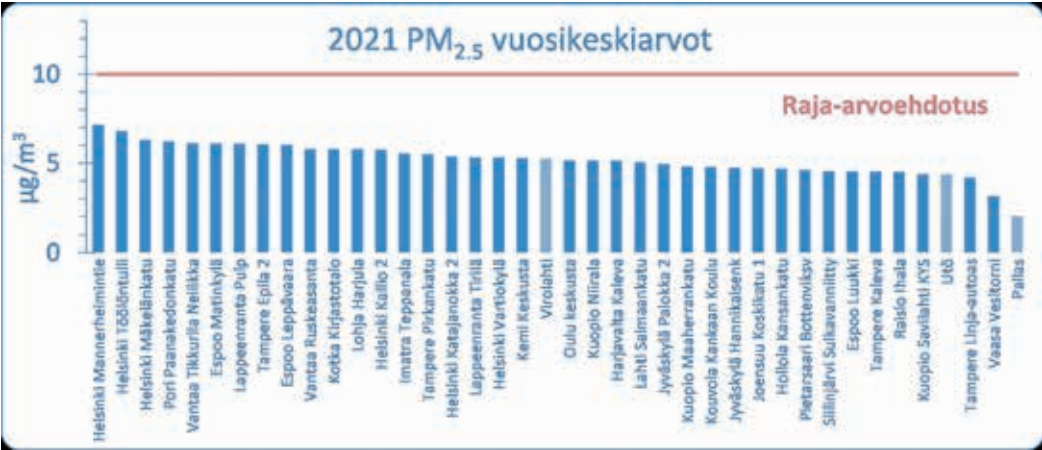


Autokannan uudistumisen ansiosta liikenteen päästöt ovat jo laskeneet selvästi.

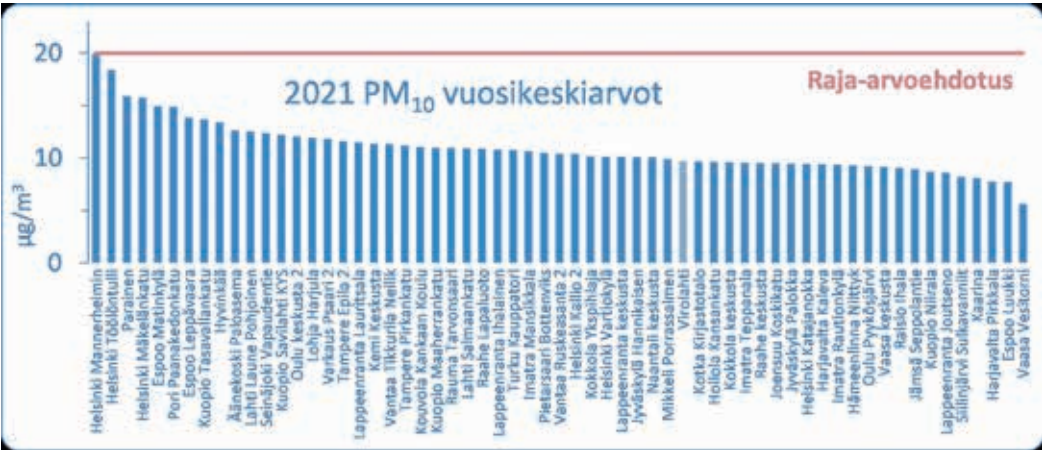
Taulukko 1. Terveystieteellisesti ehdotetut raja-arvot (O₃ tavoitearvoehdotus), jotka tulee alittaa vuoteen 2030 mennessä.

µg/m ³	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvoehdotus µg/m ³ (sallitut ylitykset/v)	Nykyinen raja-arvo µg/m ³ (sallitut ylitykset/v)
PM _{2,5}	vuosi vrk	10 25 (18)	25 -
PM ₁₀	vuosi vrk	20 45 (18)	40 50 (35)
NO ₂	vuosi vrk tunti	20 50 (18) 200 (1)	40 - 200 (18)
SO ₂	vuosi vrk tunti	20 50 (18) 350 (1)	- 125 (3) 350 (24)
CO	vrk 8 tuntia	4000 (18) 10000	- 10000
Bentseeni	vuosi	3.4	5
Pb	vuosi	0.5	0.5
BaP	vuosi	1,0 ng/m ³	1 ng/m ³ tavoitearvona
As	vuosi	6,0 ng/m ³	6 ng/m ³ tavoitearvona
Cd	vuosi	5,0 ng/m ³	5 ng/m ³ tavoitearvona
Ni	vuosi	20 ng/m ³	20 ng/m ³ tavoitearvona
µg/m ³	Keskiarvon laskenta-aika	Tavoitearvoehdotus µg/m ³ (sallitut ylitykset/v)	Nykyinen tavoitearvo µg/m ³ (sallitut ylitykset/v)
O ₃	8 tuntia	120 (18)	120 (24)
O ₃ *	8 tuntia	100 (3)	120

*pitkän ajan tavoite



Kuva 1. Pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosipitoisuudet vuonna 2021 kullakin asemalla. Ilmatieteen laitoksen tausta-asemat on merkitty vaaleamman sinisellä.



Kuva 2. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuosipitoisuudet 2021 kullakin asemalla sekä ehdotettu raja-arvo.



Kuva 3. Typpidioksidin (NO₂) vuosipitoisuudet 2021 kullakin asemalla sekä ehdotettu raja-arvo.

Ehdotetut raja-arvot

Direktiiviehdotuksessa raja-arvoja kiristetään, sallittuja ylityksiä vähennetään, otetaan käyttöön raja-arvoja uusille aikaväleille ja tavoitearvoja muutetaan raja-arvoiksi (Taulukko 1). Seuraavassa vertailemme Suomessa vuonna 2021 mitattuja ilmanlaadun seurannan tuloksia ehdotettuihin raja-arvoihin. Vertailussa on mukana kaikki Suomen ilmanlaadun seurannan mittaustulokset, jotka ovat saatavissa Ilmatieteen laitoksen ylläpitämästä ilmanlaadun tietojärjestelmästä. Tässä vertailussa pyritään vain karkeasti haarukoimaan sitä, mitkä ehdotetuista raja-arvoista olisivat Suomelle vaikeimmat alittaa.

1. PIENHIUKKASET

Pienhiukkasille (PM_{2,5}) ehdotetaan tuntuvia kiristys- ja vuorokausiarvoille asetetaan uusi raja-arvo 25 µg/m³. Vuosiraja-arvo kiristyy 25 µg/m³:sta 10 µg/m³:aan ja vuorokausiarvoille asetetaan uusi raja-arvo 25 µg/m³. Uudenkaan vuosiraja-arvon ylitys ei ole todennäköinen Suomessa (Kuva 1): 10 µg/m³ ylittyi viimeksi vuonna 2014 Helsingissä Hämeentiellä. Suomen pienhiukkasipitoisuuksille on tyypillistä lyhytaikaiset kaukokulkeutumisepisodit, jotka ovat voimakkaimmat Etelä- ja Itä-Suomessa. Korkeimmillaan vuorokausipitoisuudet kohoavat ehdotetun vrk-raja-arvon tuntumaan ja ylikin. Ehdotus kuitenkin sallii 18 ylitystä asemaa kohden vuodessa. Vuonna 2021 ylityksiä oli enimmillään 4 asemaa kohden (Helsinki Mannerheimintie ja Kotka Kirjastotalo) eli vuorokausiraja-arvon ylityskään ei vaikuta Suomessa todennäköiseltä.

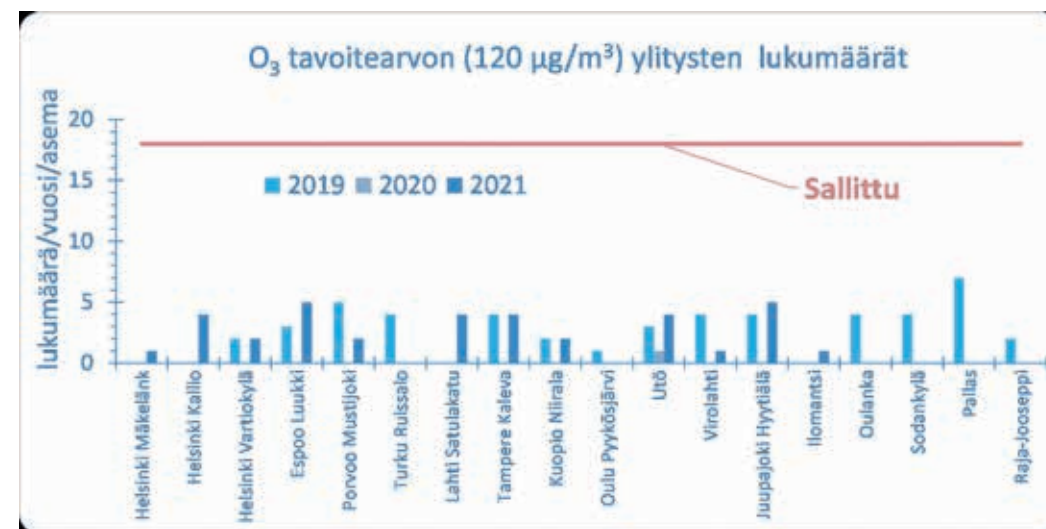
2. HENGITETTÄVÄT HIUKKASET

Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuosiraja-arvoehdotus on 20 µg/m³, jonka tuntumassa ollaan Helsingin vilkkaimmissa katukuiluissa (Kuva 2). Muille kaupungeille vuosiraja-arvoehdotuksen alittaminen ei näyttäisi olevan ongelma. Sen sijaan vuorokausiraja-arvoehdotus (45 µg/m³) ylittyi yli sallitun 18 kertaa kolmella asemalla (Helsinki Mannerheimintie ja Töölöntulli sekä Pori Paanakedonkatu) vuonna 2021, eli on varsin mahdollista, että vuorokausiraja-arvon ylityksiä tapahtuu muuallakin kuin vain Helsingissä.

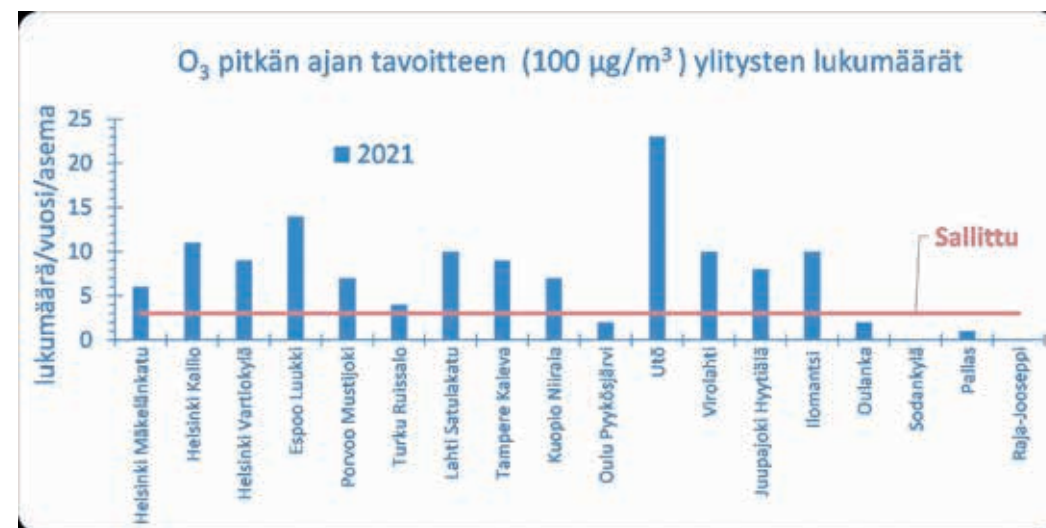
Uutena ehdotuksessa on varoituskynnys PM₁₀-pitoisuuden vuorokausiarvolle, 90 µg/m³ kolmena perättäisenä päivänä. Katupölykauden aikana 90 µg/m³ ylittyy yksittäisinä päivinä varsin usein monilla asemilla, mutta kolmena peräkkäisenä päivänä näin korkeat pitoisuudet ovat harvinaisia. Viimeksi tällainen tilanne on tapahtunut vuonna 2019 Espoon Leppävaarassa ja Länsiväylällä. Varoituskynnyksen ylitystulkintaan liittyy kuitenkin vielä lisäehto, että mittauksen pitää edustaa vähintään 100 km² aluetta. Ylitykset tulisivat tämän vuoksi ilmeisesti tapauskohtaisesti tulkittaviksi.

3. TYPPIDIOKSIDI

Typpidioksidin (NO₂) pitoisuudet ovat viime vuosina olleet voimakkaassa laskussa, eikä ehdotettu vuosiraja-arvo (20 µg/m³) näytä tuottavan vaikeuksia muualla kuin Helsingissä (Kuva 3). Vuonna 2021 vuorokausiraja-arvo (50 µg/m³) ylittyi vähintään kerran noin



Kuva 4a. Otsonin (O₃) vuorokausitavoitearvon (so. vuorokauden korkein 8 h keskiarvo) 120 µg/m³ ylitysten lukumäärä vuosina 2019–2021 kullakin asemalla.



Kuva 4b. Otsonin (O₃) pitkän ajan tavoitearvoehdotuksen (100 µg/m³) ylitysten lukumäärä vuonna 2021.

puolella asemista, enimmäkseen kuitenkin alle 6 kertaa, kun ylityksiä sallitaan 18. Tuntiraja-arvon (200 µg/m³) sallittujen ylitysten määrä supistui ehdotuksessa 18 kappaleesta yhteen. Tuntiraja-arvon ylityksiä ei vuonna 2021 ollut, mutta niitä on satunnaisesti mitattu joitakin kappaleita vuosittain (2020 Tampere Pirkankatu 1 kpl, 2019 Helsinki Mäkelänkatu 2 kpl).

4. OTSONI

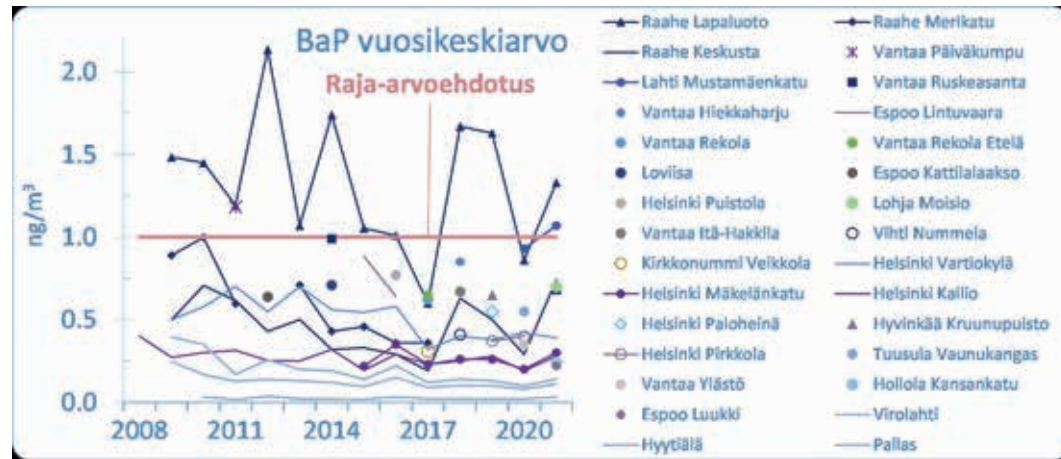
Otsonin (O₃) vuorokausitavoitearvo (so. vuorokauden korkein 8 h keskiarvo) pysyi entisellään 120 µg/m³, mutta sallittujen ylitysten määrä putosi 24 kappaleesta vuodessa 18 kappaleeseen. Tämä ehdotettu tavoitearvo ei ylitä Suomessa, ja ylityskertamäärät ovat maksimissaan olleet puolen tusinaa vuodessa asemaa kohti (Kuva 4a). Sen sijaan pitkän ajan tavoitteeksi asetettu 100 µg/m³ (3 ylitystä sallittu) ylityi vuonna 2021 kaikilla Etelä-Suomen otsonia mit-

taavilla asemilla aina Kuopio-Ilomantsi korkeudelle asti (Kuva 4b).

5. BENTSO(A)PYREENI

Bentso(a)pyreenin (BaP) tiedetään ylittävän tai hipoivan nykyistä tavoitearvoa (1 ng/m³) Raahen terästehtaan lähiympäristössä sekä monilla pientaloalueilla, joilla on paljon puunpoltoa. Direktiiviehdotuksessa tämä tavoitearvo muuttuu raja-arvoksi (1,0 ng/m³). Pientaloalueita, joilla BaP:n raja-arvo ylittyy, lie- nee Suomessa lukuisia. Tämän ehdotuksen käytännön merkitys ja tulkinta BaP-seurannalle Suomessa on vielä epäselvä. Selvää on, että pieni muutos lisätä tarkentava desimaali raja-arvoon tuo lisähaasteita sen noudattamiseen, sillä nykyisäntelyn perusteella esimerkiksi Raahen Lapaluodon vuoden 2021 vuosikeskiarvo 1,3 ng/m³ ei ollut tavoitearvon ylitys, mutta arvo ylittäisi kyllä ehdotetun raja-arvon.

Suomessa supermittausasemia edellytettäisiin yksi kaupunkiympäristöön ja kolme maaseudulle.



Kuva 5. Bentso(a)pyreenin vuosipitoisuuksia 2008–2021.

Raja-arvojen ylitysten seuraukset

Yllä olevat esimerkit osoittavat, että lähivuosina Suomessa varsin todennäköisesti tulee tapahtumaan ehdotettujen raja-arvojen ylityksiä, joskin vain joidenkin ilman epäpuhtauksien osalta ja harvoilla nykyisillä mittausasemilla. Jos raja-arvo ylittyy (tai sen odotetaan ylittyvän), on kuntien vastuulla laatia ilmanlaatusuunnitelma tilanteen parantamiseksi. Lisäksi direktiiviehdotus edellyttää, että ko. ilmanlaatusuunnitelma on laadittava heti ylityksen tapahtuessa eikä vasta raja-arvojen tullessa voimaan vuonna 2030.

Tällaisia suunnitelmia ei ole viime vuosina tarvinnut Suomessa laatia, sillä pitoisuustasot ovat olleet nykyään alhaisempia. Aiempaan kokemukseen nojautuen on kuitenkin tiedossa, että suunnitelmien laatiminen on työlästä.

Raja-arvon ylittyessä myös mallinnus tulisi pakolliseksi, jotta voidaan määrittellä raja-arvopitoisuuden ylityksen alueellinen laajuus. Tähän liittyen tulisi määrittää kansallinen mallintamissovellusten arviointitaho. Mallinnuksen roolia edistetään muutenkin yhteinä ilmanlaadun arviointimenetelmistä.

Uudet mitattavat ilmansaasteet ja mittaustarpeiden päivitys

Direktiiviehdotuksessa esitettiin viiden uuden epäpuhtauden lisäystä lainsäädännön piiriin. Näitä ovat musta hiili (BC) eli noki, ultrapienien hiukkasten lukumäärä (UFP) ja niiden kokojakauma, ammoniakki (NH_3) sekä hiukkasten hapettava potentiaali (PM OP).

Mustaa hiiltä syntyy palamisprosesseissa, ja Suomessa suurimpia päästölähteitä ovat erityisesti puun pienpoltto sekä liikenteen pakokaasupäästöt. Ultrapieniä hiukkasia syntyy niin ikään palamisessa ja ne koostuvat mm. noesta. Niiden kokojakaumaa mitataan, jotta ymmärrettäisiin paremmin ultrapienien hiukkasten ominaisuuksia. Ammoniakki puolestaan liittyy etenkin maatalouden päästöihin. Hiukkasten hapettava potentiaali kertoo hiukkasten haitallisesta kyvykyydestä hapettaa esimerkiksi ihmiskehon molekyyliä. Näiden uusien huolta aiheuttavien epäpuhtauksien mittausten tarkoituksena on saada tieteellistä tietoa niiden vaikutuksista terveyteen ja ympäristöön.

Ehdotuksessa on esitelty uusi supermittausasemakonsepti (supersite), jonka tarkoituksena on kerätä yhdeltä mittausasemalta laajasti tietoa ilmanlaadusta. Suomen maantieteellisen koon perusteella tällaisia asemia edellytettäisiin yksi kaupunkitaustaympäristössä ja kolme kaukana potentiaalisista päästölähteistä (ns. maaseututausta-asemat). Maaseututausta-asemien osalta esitetyt velvoitteet täytetään nykyisin pääosin, mutta jollekin kaupunkitausta-asemalle pitäisi perustaa useita uusia mittauksia. Lisäksi ehdotuksessa edellytetään ultrapienien hiukkasten mittauksia ympäristössä, jossa oletetaan olevan korkeita pitoisuuksia, esim. liikenne- tai satamaympäristöissä. Mm. HSY:n ylläpitämällä Mäkelänkadun liikenneasemalla kyseisiä mittauksia jo tehdään.

Suomessa mustan hiilen mittauksia tehdään nykyisin pääkaupunkiseudulla ja lisäksi viidellä muulla



Ilmatieteen laitoksen ylläpitämä Pallaksen mittaustasema on yksi niistä taustamittaustasemista, joka jo nykyisellään toteuttaa direktiiviehdotuksen lähes kaikki uudet vaatimukset supersite-asemalle.

paikkakunnalla kaukana päästölähteistä (ns. tausta-asemat). Ajantasainen pitoisuustiedotus on vastikään lisätty kansalliselle ilmanlaatusivustolle osana ympäristöministeriön ja Ilmatieteen laitoksen hanketta BCINFO-22. Jatkuessaan kyseiset mittaukset kattavat direktiiviehdotuksen vähimmäismittaustarpeen Suomessa, joskin kuntia kannustetaan huomioimaan mustan hiilen mittaus tulevaisuuden seurantasuunnitelmiensa päivityksissä. Nykyisin mustan hiilen seuranta tekevät HSY, Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopisto.

Ultrapienien hiukkasten lukumääramittauksia tehdään seurantaan nykyisin pääkaupunkiseudulla ja Tampereella sekä Ilmatieteen laitoksen ja Helsingin yliopiston seitsemällä tausta-asemalla. Ultrapienien hiukkasten kokonaisjakauman mittauksia tehdään seurantaluoituksesta yhdeksällä asemalla. Kuten mustan hiilen kohdalla, nykyisillä mittauksilla pystyttäisiin kattamaan näiden mittausten vähimmäismäärä.

Ammoniakkipitoisuuksien seuranta tehdään nykyisin vain Ilmatieteen laitoksen tausta-asemilla, ja tarkistettuja mittaustuloksia on nähtävillä eurooppalaisen seurantaohjelman EMEP:n EBAS-tietokannassa. Maaseututausta-asemien osalta vähimmäismäärä täyttyy, mutta mittaukset pitäisi aloittaa vähintään yhdellä kaupunkitausta-asemalla (supersite), mikäli mittaustarve säilyy sellaisenaan lopullisessa direktiivimuotoilussa.

Hiukkasten hapettavan potentiaalin mittauksia on tehty Euroopassa toistaiseksi jokseenkin vähän ja Suomessa ei kirjoittajien tietojen mukaan lainkaan. Tämä mittaustarve vaikuttaa varsin vaativalta toteuttaa huomioiden EU-jäsenmaiden nykyinen mittaustarve määrä ja osaaminen.

Ehdotus ei aseta näille uusille epäpuhtauksille vaatimuksia mittausten menetelmien osalta, eikä suorita ehdotuksiin anneta, eli mittaajataho voisi itse valita

*Lähivuosina Suomessa todennäköisesti tapahtuu
ehdotettujen raja-arvojen ylityksiä.*

*Ehdotus kiristää raja-arvoja vuoteen 2030 mennessä,
mikä asettaa Suomellekin joitain haasteita.*

sopivan menetelmän. On kuitenkin oletettavaa, että tulevaisuudessa mittausmenetelmien ohjeistus tulee lisääntymään sen myötä, kun eri mittausmenetelmille saadaan luotua vakiintuneita menettelyjä tai standardeja.

Myös kaikki nykyisin säännellyt epäpuhtaudet säilyivät ehdotuksessa, joskin niiden mittaustarpeisiin tehtiin muutoksia liittyen mm. pitoisuustasoihin ja mittausten vaadittuun määrään. Esimerkiksi hiukkasten kemiallisen koostumuksen (metallit, polysykliset aromaattiset hiilivedyt, epäorgaaninen ja orgaaninen hiili, pääionit) ja laskeuman mittauksia (metallit, polysykliset aromaattiset hiilivedyt) veloitetaan nykyisin tekemään vain kaukana päästölähteistä, mutta ehdotuksessa näitä esitettiin tehtäviksi myös kaupunkitaustaympäristön supersite-asemalla.

Direktiiviehdotuksen mukaan mittaustarpeen määrittäviä arviointikynnyksiä tulee olemaan vain yksi. Analyysi siitä, tuleeko Suomeen lisää mittaustarpeita näytteenottoapaikkojen osalta – ja kuinka paljon, on vielä keskeneräinen.

Lisää vaatimuksia ilmanlaatatutietojen raportointiin

Nykyisin kunnat raportoivat ilmanlaatatiedot raakadatanä reaalitajaisesti ja tarkistettuna datana vuosittain Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään kansalliseen ilmanlaadun tietojärjestelmään. Tähän ei ole odotettavissa muutoksia, mutta raportoinnin määrä tulee kasvamaan, jos ja kun sääntelyyn piiriin lisätään uusia ilman epäpuhtauksia. Mallinnustulosten raportointi vaatii nykyisen järjestelmän kehittämistä. Lisäksi ehdotuksessa on esitetty laatutarkistettujen tulosten raportoinnin aikaistamista huomattavasti, mikä nykyisessä muodossa vaikuttaa jopa epärealistiselta.

Ehdotuksessa esitetään myös ilmanlaatuindeksin laatimista velvoittavana, mutta tämä on jo Suomessa hoidettu ja kansallinen indeksi on nähtävillä kansallisella ilmanlaatusivustolla. Toisaalta ehdotuksessa määrätään, että indeksin pitäisi perustua Euroopan ympäristökeskuksen kehittämiin Euroopan tason ilmanlaatuindekseihin. Joka tapauksessa raja-arvojen nyt kiristysessä Suomenkin ilmanlaatuindeksin tarkistaminen tulee ajankohtaiseksi.

Yhteenveto

EU-komissio julkaisi uuden ilmanlaadun direktiiviehdotuksen lokakuussa 2022. Ehdotuksessa kiristetään raja-arvoja tuntuvasti vuoteen 2030 mennessä,

mikä asettaa Suomellekin haasteita mm. seuraavien ilmanlaatuvaatimusten ja -tavoitteiden noudattamisessa: otsonin pitkän ajan tavoitteet, hengitettävien hiukkasten vuosi- ja vuorokausiraja-arvo sekä varoituskynnys, typpidioksidin vuosi-, vuorokausi- ja tuntiraja-arvo, rikkidioksidin tuntiraja-arvo ja bentso(a)pyreenin raja-arvo. Toki on huomioitava, että vuonna 2030 ilmanlaadun seurantatulokset eivät välttämättä ole samaa tasoa kuin nykyisin, mutta silti toimia kyseisten ilmanlaatuvaatimusten ja -tavoitteiden toimeenpanemiseksi tarvittaisiin myös Suomessa.

Ehdotuksessa esitetään useita uusia mittausselvoitteita. Esimerkiksi mustan hiilen sekä ultrapientien hiukkasten ja niiden kokojakauman mittaamiseen Suomessa on jo varauduttu hyvin, mutta ammoniakkin ja hiukkasten hapettavan potentiaalin mittauksia pitäisi kehittää. Ilmanlaadun mallintamisen rooli kasvaa nykyisestä. Ehdotuksen mukaan Suomeen pitäisi perustaa uusi supersite-mittausasema kaupunkitaustaympäristöön, jossa pitäisi aloittaa mm. laajat hiukkasten kemiallisen koostumuksen mittaukset sekä laskeuman seuranta. Nämä uudet vaatimukset vaikuttavat toteutuessaan myös raportoinnin määrään.

Lisäksi direktiiviehdotuksessa on esitetty useita muita ehdotuksia, joten jäämmä jännityksellä odottamaan, millainen direktiivin lopullinen muotoilu tulee olemaan. Ilmansuojeluyhdistyksen järjestämässä Ilmanlaadun mittaajatapaamisessa Lahdessa 9.–10.5.2023 aihetta tullaan käsittelemään kattavasti.

Lähteet

EU 2022a. Proposal for a revision of the Ambient Air Quality Directives (ja taustadokumentit) https://environment.ec.europa.eu/publications/revision-eu-ambient-air-quality-legislation_en

EU 2022b. Lainsäädäntöehdotus eri kielillä (myös suomeksi ja ruotsiksi) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN>

Kansallinen ilmanlaatusivusto
<https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu>

EBAS-tietokanta (mm. ammoniakki)
<https://ebas.nilu.no/>

Ilmanlaadun mittaajatapaaminen
<https://isy.fi/ilmanlaadun-mittaajatapaaminen/>

SUOMALAISTEN PIENHIUKKASALTISTUKSEN KEHITYS 1979–2021

Suomalaisten ilmansaasteiden altistustasojen ja jakaumien kattava arviointi alueellisesti ja ajallisesti tuli äskettäin mahdolliseksi, kun yhteispohjoismaisessa hankkeessa mallitettiin lähes 40 vuoden pitoisuusajasarja kaikkiin Pohjoismaihin. Vertaamme tässä artikkelissa näitä altistusarvioita ja trendejä eurooppalaiseen ja globaaliin aineistoon, jotka kattavat osan tuosta jaksosta.



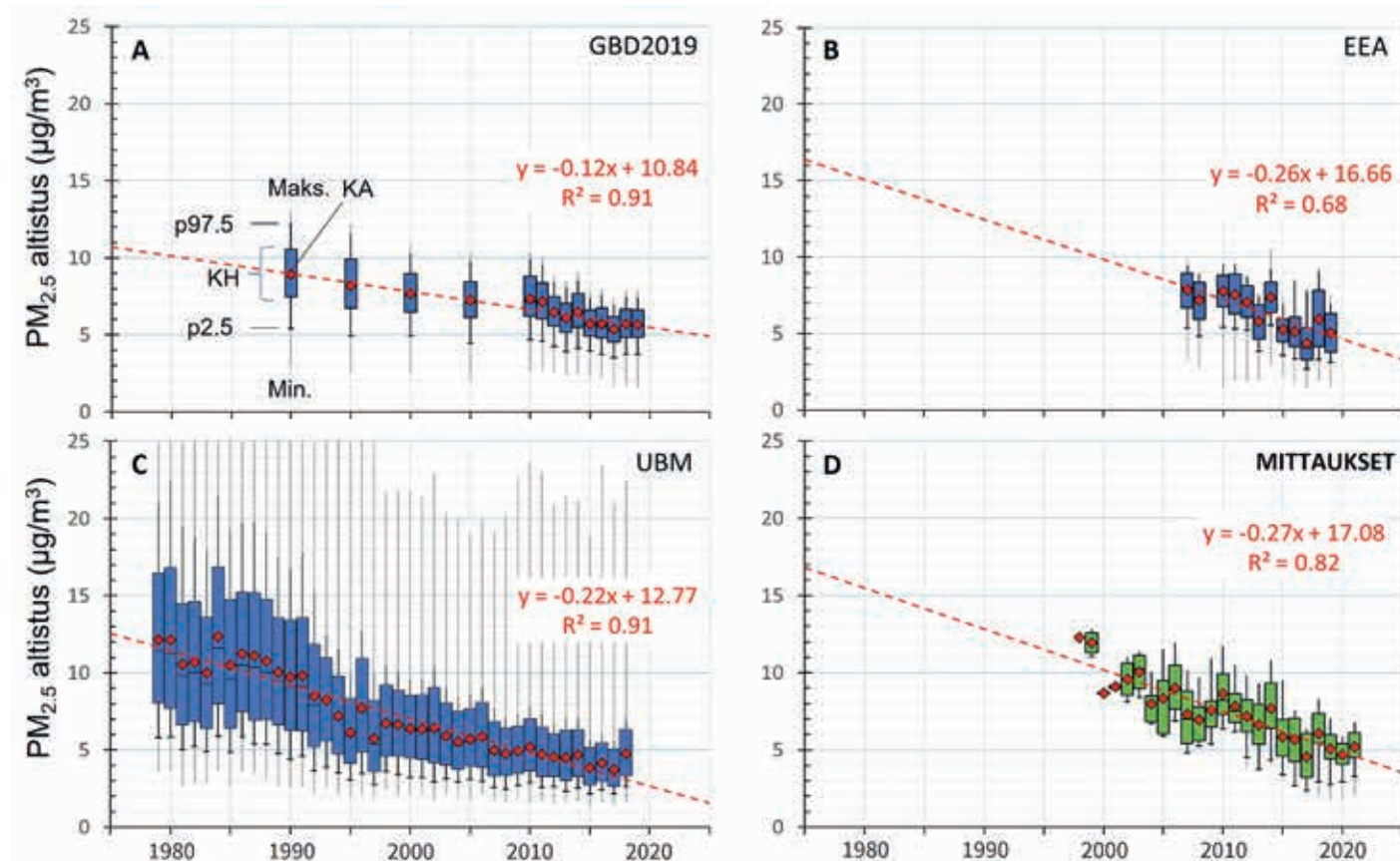
KUVA: CLAY BANKS / UNSPLASH

Otto Hänninen, johtava tutkija, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
Antti Korhonen, tutkija, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, Itä-Suomen yliopisto
Heli Lehtomäki, tutkija, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, Itä-Suomen yliopisto
Marjut Roponen, professori, Itä-Suomen yliopisto
Isabell Rumrich, tutkija, Terveiden ja hyvinvoinnin laitos, Itä-Suomen yliopisto

Ilmansaasteiden ja erityisesti pienhiukkasten tiedetään aiheuttavan huomattavia terveyshaittoja. Kotimaisessa arvioissa pienhiukkasista aiheutuu Suomessa vuosittain noin 1600 ennenaikaista kuolemaa (Lehtomäki ym., 2018). Aikaisemmin olemme arvioineet APPEAL tutkimushankkeessa äitien raskaudenaikaisia hiukkasten ($PM_{2.5}$ ja PM_{10}), typpidioksidin ja otsonin altistustasoa vuosina 1987–2016 (Korhonen ym., 2022). Kyseisessä työssä havaitsimme, että pienhiukkasten altistus-tasot ovat laskeneet selvästi tuolla jaksolla. Myös mittauksen perusteella hiukkasten pitoisuudet ovat laskeneet

sillä jaksolla, jolta mittauksia on tehty (Anttila, 2020).

Maaailman terveysjärjestö julkaisi syksyllä 2021 päivitetyn ilmanlaadun ohjearvot (WHO, 2021). Pienhiukkasten osalta terveysperusteinen vuosiohjearvo $10 \mu g/m^3$ puolittui arvoon $5 \mu g/m^3$. Ohjearvon päivitys perustuu lisääntyneeseen tieteelliseen näyttöön $PM_{2.5}$ terveysvaikutuksista alhaisillakin tasoilla. Euroopan komissio on reagoinut ohjearvon päivitykseen esittämällä $PM_{2.5}$ vuosiraja-arvon laskemista $25 \mu g/m^3$:sta arvoon $10 \mu g/m^3$ (EC, 2022). Ilmanlaatudirektiivin päivitystä käsittelee tämän saman lehden rinnakkaisartikkelissa ja



Kuva 1 A-D. Pienhiukkasten altistustasot hajontalukuineen (mediaani, keskihajonta, minimi, maksimi sekä 2,5 ja 97,5 persenttiilit). Altistumisen kehitystä kuvaamaan on käytetty lineaarista trendisovitetta.

siitä käy ilmi, että uudeksi vuosisarjaksi kaavailtu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ei ole ylittynyt yhdelläkään mittausasemalla vuonna 2021 (Kyllönen & Anttila, 2023).

Tässä työssä pienhiukkasten taustapitoisuudet ja tarkemmat paikallisen tason pitoisuudet on laskettu tanskalaisilla Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) mallilla sekä Urban Background Model (UBM) mallilla $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ resoluutiolla (Brandt ym., 2012; Frohn ym., 2022). Euroopan ympäristökeskuksen (EEA) mallinnustulokset ovat saatavilla $10 \text{ km} \times 10 \text{ km}$ resoluutiolla vuosille 2007–2013 (pl. 2009) ja $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ resoluutiolla vuosille 2014–2019 (Horálek ym., 2021). Global Burden of Disease (GBD2019) tutkimuksessa mallinnetut pienhiukkasten pitoisuudet ovat saatavilla viiden vuoden välein vuosien 1990–2005 välillä sekä vuosittain 2010–2019 välille.

Pitoisuudet arvioitiin $0,1 \times 0,1$ asteen resoluutiolla vastaten Suomen korkeudella karkeasti noin 10 km etelä-pohjois- ja 5 km itä-länsisuunnassa (IHME, 2021; Murray ym., 2020). Sekä EEA:n että GBD2019 mallit tukeutuvat mm. mittausverkoston ja satelliittien ha-

vaintoihin ilmanlaatumallien lisäksi. Kaikki mallinnetut pitoisuudet yhdistettiin Tilastokeskuksen vuosien 2005 ja 2010–2019 väestöruudukkoihin $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ resoluutiolla väestöaltistusten ja jakaumien arvioimiseksi (Tilastokeskus, 2022). Väestönä käytettiin aina lähimmän saatavilla olevan vuoden väestömäärää. Tämän lisäksi pienhiukkaspitoisuuksien kehitystä arvioitiin käyttäen Suomen ilmanlaadun mittausverkoston mittauksia vuosilta 1998–2021 (taulukko 1) (Ilmatieteenlaitos, 2023). Vuosikeskiarvot laskettiin käyttäen kaikkia asemia ja asematyppejä, joissa mittausten ajallinen kattavuus oli vähintään 50 % vuodesta.

Tässä työssä kuvaamme suomalaisten pienhiukkasten altistustasojen kehitystä sekä vaihtelua 40 vuoden jaksolla. Vertailemme eri mallien altistusestimaatteja toisiinsa sekä mittauksiin ja pohdimme tulosten pohjalta mitkä estimaateista kuvaavat parhaiten sitä tasoa, jolle olemme todellisuudessa altistuneet 2010-luvulla. Lisäksi arvioimme, kuinka suuri osuus on altistunut WHO:n uutta terveysperusteista pienhiukkasten vuosiohjearvoa ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) korkeammille pitoisuuksille.

Menneiden vuosien kaltaista voimakasta lineaarista laskua absoluuttisella tasolla tuskin enää tulee, koska silloin lähestyttäisiin jo nollatasoa.

Taulukko 1. Väestön sekä pienhiukkasten pitoisuuksia mittaavien asemien määrä vuosittain.

Vuosi		-98	-99	-00	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09
Väestö	milj.	-	-	-	-	-	-	-	5,20	-	-	-	-
Asemia	N	1	2	2	2	4	6	7	7	7	10	15	23
Vuosi		-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
Väestö	milj.	5,32	5,34	5,37	5,39	5,41	5,42	5,43	5,44	5,45	5,46	-	-
Asemia	N	25	28	30	31	33	37	34	33	37	37	42	50

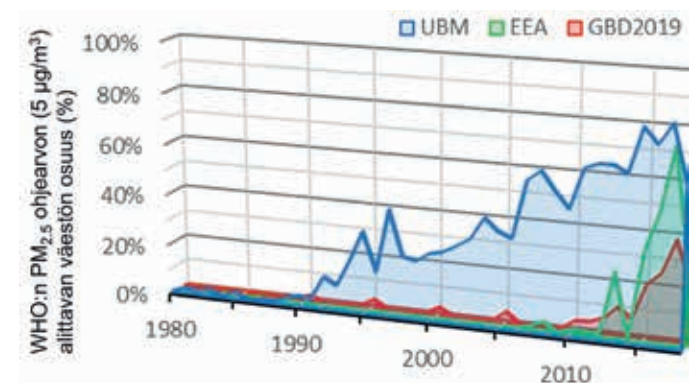
Altistustasot ovat laskeneet selvästi

Suomalaisten pienhiukkasten altistustasot ovat laskeneet selvästi, kun verrataan 2010-luvun keskimääräisiä altistuksia aiempiin tasoihin (kuva 1). Altistustasot ovat UBM-mallilla arvioituna pudonneet alle puoleen 1980-luvun tasosta ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sekä GBD2019-arvioissa että -mittauksissa tasot ovat pudonneet noin kolmanneksella vuoden 1990 ja 2000-luvun alun tasoista ($n. 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Altistustasot ovat puolestaan laskeneet EEA:n arvioissa noin 20 % vuosien 2007 ja 2008 altistustasosta ($n. 7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Altistustasot olivat 2010-luvulla alhaisimmat UBM-mallilla laskettuna (ka. $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Mittausten keskiarvo ($6,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oli noin 5 % suurempi EEA:n ja GBD2019-arvioihin verrattuna ($6,1$ ja $6,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja UBM-arvio oli näihin kolmeen muuhun arvioon verrattuna 27–33 % alhaisempi.

Maksimi-arvot, jotka sijoittuvat useimmiten selluja ja terästehtaiden tai satamien lähialueille, ovat olleet UBM-mallilla arvioituna huomattavan korkeita (30 – $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aina 1990-luvun puoleenväliin, minkä jälkeen korkeimmat pitoisuudet ovat olleet puolta pienempiä, jääden $n. 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Muiden mallien korkeimmat pitoisuudet taas ovat olleet vielä tätäkin maltillisempia ja jääneet vain reiluun $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tai jopa selvästi sen alle. Alueellisen vaihtelun kuvaaminen jää siis näin ollen UBM-malliin verrattuna pienemmäksi. Keskiarvoon suhteutettu keskihajonta (variaatiokerroin) putosi UBM-arvioissa tasolta 40 % alle 30 %:iin ja GBD2019-arvioissa tasolta 20 % tasolle 16–18 % altistusajaksarjon alun ja lopun välillä. Variaatiokerroin EEA:n mallin kohdalla kasvoi tasolta 15 % tasolle 25 %. Vuodesta 2005 eteenpäin mitattujen pitoisuuksien variaatiokerroin (13–28 %) ei ollut näkyvässä selkeää muutosta.

Altistustasojen laskussa ei suuria eroja vuositasona

Kuvataksemme trendejä sovitimme aikasarjoihin lineaariset ja eksponentiaaliset sovitteet (taulukko 2). Lineaarinen sovitte mahdollistaa absoluuttisen keskimääräisen vuosimuutoksen kuvaamisen. Eksponentiaalinen sovitte puolestaan kuvaa suhteellista vuosimuutosta. Selitysasteet kummassakin sovitteessa olivat lähes samankaltaiset, joten niiden perusteella ei voida arvioida kumpi sovitteista kuvaa muutosta paremmin. Malleista EEA:lla oli eniten muusta kuin trendistä joh-



Kuva 2. Väestön osuus (%) joka on altistunut WHO:n pienhiukkasten vuosiohjearvoa ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2021) pienemmille pitoisuuksille.

tuva vaihtelua selitysasteen jäädessä kummassakin sovitteessa $n. 15$ – 25 % pienemmäksi muihin malleihin verrattaessa. Trendisuoria katsottaessa eksponentiaalinen sovitte antoi realistisemmän kuvan altistumisen kehityksestä varsinkin loppupään loivenevan trendi-viivan muodossa. Menneiden vuosien kaltaista voimakasta lineaarista laskua absoluuttisella tasolla tulee tuskin enää tapahtumaan, koska silloin lähestyttäisiin jo pian nollatasoa. Erityisesti mitattujen pitoisuuksien ja EEA:n arvioiden lineaariset trendisuorat olivat samankaltaisia. Ainoastaan sovitteen selitysaste oli EEA:n kohdalla selkeästi pienempi (68 % vs. 82 %).

Lineaarisen sovitteen mukaan pienhiukkasten altistustasot ovat laskeneet $0,22$ – $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vuodessa EEA:n ja UBM:n malleilla sekä mittausten vuosipitoisuuksilla laskettuna. GBD2019-ilmanlaatumallinnuksilla laskettuna alenema ($0,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$) oli kolmeen muuhun trendiarvioon verrattuna vain noin puolet, kun tarkasteltiin trendiä vuodesta 1990 alkaen. Tarkastellessa vuosimuutosta pelkästään 2010-luvulla oli se lähes linjassa muiden arvioiden kanssa (alenema $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Eksponentiaalisen sovitteen mukaan UBM:n ja EEA:n altistustasot sekä mittausten pitoisuudet laskivat $n. 3$ – 4 % vuodessa, kun taas GBD2019-altistuksissa laskua oli $1,6$ % vuodessa (2010-luvulla alenema $3,1$ %).

Taulukko 2. Pienhiukkasten pitoisuuksien alenema vuositasolla lineaarisella ja eksponentiaalisella trendisovitteella arvioituna.

Aineisto	Aikaväli	"Vuosia (N)	Lineaarinen Vuosi muutos (β1) (µg/m3)	R2 (%)	Eksponentiaalinen Vuosi muutos(β1) (%)	"R2 (%)"
UBM	1979-2018	40	-0,22	91%	-3,0%	93%
EEA	2007-2019	12	-0,26	68%	-4,1%	67%
GBD2019	1990-2019	14	-0,12	91%	-1,6%	89%
Mittaukset	1998-2021	24	-0,27	82%	-3,5%	83%

Ilmanlaadun ohjearvon päivittäminen kertoo siitä, että alhaistenkin altistustasojen terveysvaikutuksista on lisääntynyt tieteellistä näyttöä.

WHO:n ohjearvon alittaneita asuinalueita yhä enemmän

Vertailtaessa suomalaisten altistustasojen terveysperusteisen WHO:n vuosiohjearvoon (5 µg/m³) näkyy tuloksissa parantuneen ilmanlaadun trendi (kuva 2). Optimistisin kuva ilmanlaadun kehityksestä saatiin UBM-mallilla. Arviolta noin puolet suomalaisista on asunut vuodesta 2007 lähtien alueilla, joissa ohjearvo on alittunut. Tätä ennen ilmanlaatu näyttäisi kehittyneen suotuisasti 1991–1997, minkä jälkeen altistustasot nousivat ja ohjearvoa alemmille pitoisuuksille altistuneen väestön määrä puolittui. Tästä eteenpäin pienhiukkasten altistustasot ovat taas laskeneet ja ohjearvoa alemmille pitoisuuksille altistuneen väestön määrä kasvanut huomattavasti noin 20 %:sta aina 80 %:iin. Sen sijaan GBD2019-mallin mukaan ohjearvon alittaneiden asuinalueiden väestön määrä on ollut erittäin pieni ennen vuotta 2015, korkeimmillaan 10 % vuonna 2013. Vuodesta 2015 alkaen vähintään 20 % ja korkeimmillaan 38 % väestöstä on asunut alueilla, joissa GBD2019-ohjearvo on alittunut. EEA:n mallin perusteella taas pienhiukkasten pitoisuudet ovat olleet asuinalueilla pääsääntöisesti ohjearvoa korkeampia ennen vuotta 2015. Tästä eteenpäin vähintään kolmannes ja korkeimmillaan melkein 75 % suomalaisista altistui ohjearvoa pienemmille pitoisuuksille.

Päätelmiä

Pienhiukkasten altistustasot ovat laskeneet tarkastelujaksoilla noin 20–60 % ja ovat olleet 2010-luvulla tasolla 4–6 µg/m³. Kaikissa arvioissa altistustasojen lasku vuositasolla on ollut samaa suuruusluokkaa. Verrattaessa aikaisemmin arvioimaamme raskaana olleiden äitien keskimääräistä pienhiukkasaltistumista (7,1 µg/m³) tässä työssä lasketun koko väestön keskimääräiseen altistumiseen (UBM ka. 6,5 µg/m³) oli se n. 8 % korkeampi vuosien 1987 ja 2016 välisenä

aikana. Ero 2010-luvulla oli lähes samansuuruinen (9 %). Vaikka WHO:n vuosiohjearvoa matalammille pitoisuuksille altistuneiden määrä on noussut huomattavasti 2010-luvun jälkimmäisellä puoliskolla, altistuu suuri osa väestöstä edelleen EEA:n ja GBD2019-altistustarvioiden mukaan ohjearvoa suuremmille pienhiukkas pitoisuuksille. Altistustrendien perusteella ohjearvoa alemmille pitoisuuksille altistuvan väestön osuus näyttäisi kuitenkin kasvavan tulevaisuudessa ilmanlaadun edelleen parantuessa, joskin vaihtelu voi olla suurta vuosien välillä.

Ilmatieteen laitoksen pienhiukkasten maaseututausta- asemilla vuosipitoisuudet 2010-luvulla ovat olleet pohjoisessa tasolla 3 µg/m³ (Kittilän Matorova) ja etelässä lähes 6 µg/m³ (Virolahti ja Utö). Näiden asemien pitoisuuksiin vaikuttaa eniten kaukukulkeuma, kun taas kotimaisten päästölähteiden, kuten liikenteen ja puun pienpolton, vaikutukset jäävät vähäiseksi. Suuri osa väestöstä asuu kuitenkin tiheimmin asutuilla kaupunkialueilla, joilla lähipäästöt kohottavat pitoisuuksia. Tähän peilaten EEA:n, GBD2019-tutkimuksen ja Suomen ilmanlaadun mittausverkoston mittausten pitoisuuksilla laskettujen tasojen voitaneen ajatella olevan oikeansuuntaisia, koska ne ovat korkeampia kuin maaseututaustataso Etelä-Suomessa 2010-luvulla. Vastaavasti UBM:n mallinnuksiin perustuvilla arvioilla altistustasomme olisi alittanut Etelä-Suomen maaseututaustatason jo viime vuosikymmenellä.

Kiitokset:

Työssä on käytetty Aarhusin yliopiston mallittamia pitoisuuksia pienhiukkasille. Nordforskin (NordicWellAir) lisäksi työtä Suomessa on rahoittanut Suomen Aktemia (APPEAL) ja yhteispohjoismaiseen hankkeeseen osallistuneet kotimaiset tutkimuslaitokset THL, SYKE ja FMI.

Lähteet:

Anttila, P. (2020). Air quality trends in Finland, 1994–2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-336-102-7>

Brandt, J., Silver, J. D., Frohn, L. M., Geels, C., Gross, A., Hansen, A. B., . . . Christensen, J. H. (2012). An integrated model study for Europe and North America using the Danish eulerian hemispheric model with focus on intercontinental transport of air pollution. *Atmospheric Environment*, 53, 156-176. doi://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.01.011

EC. (2022). European Commission. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ambient air quality and cleaner air for Europe (recast). [url:https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN)

Frohn, L. M., Geels, C., Andersen, C., Andersson, C., Bennet, C., Christensen, J. H., . . . Brandt, J. (2022). Evaluation of multidecadal high-resolution atmospheric chemistry-transport modeling for exposure assessments in the continental Nordic countries. *Atmospheric Environment*, 290, 119334. doi:10.1016/j.atmosenv.2022.119334

Hordlek, J., Vlasakova, L., Schreiberova, M., Markova, J., Schneider, P., Kurfürst, P., . . . Vitek, O. (2021). ETC/ATNI report 1/2021: European air quality maps for 2019. PM10, PM2.5, ozone, NO2 and NOx spatial estimates and their uncertainties. [url:https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-1-2021-european-air-quality-maps-for-2019-pm10-pm2-5-ozone-no2-and-nox-spatial-estimates-and-their-uncertainties](https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-1-2021-european-air-quality-maps-for-2019-pm10-pm2-5-ozone-no2-and-nox-spatial-estimates-and-their-uncertainties)

IHME. (2021). Institute for Health Metrics and Evaluation. Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of

Disease Study 2019 (GBD 2019). Air Pollution Exposure Estimates 1990–2019. Seattle, United States of America: doi:https://doi.org/10.6069/70JS-NC54

Ilmatieteenlaitos. (2023). Ilmanlaatu suomessa. [url:https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu](https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu)

Korhonen, A., Rumrich, I., Roponen, M., & Hänninen, O. (2022). Raskaudenaikainen altistuminen ilmaan saasteille. *Ilmansuojelu-Lehti* 1/2022, s. 10-13. [url:https://isy.fi/wp-content/uploads/2022/05/IS_1_2022_NETTI-1.pdf](https://isy.fi/wp-content/uploads/2022/05/IS_1_2022_NETTI-1.pdf)

Kyllönen, K., & Anttila, P. (2023). EU:n ilmanlaatudirektiivien uudistus – mitä uutta suomelle. *Ilmansuojelu-lehti*, 1/2023

Lehtomäki, H., Korhonen, A., Asikainen, A., Karvosenoja, N., Kupiainen, K., Paunu, V., . . . Hänninen, O. (2018). Health impacts of ambient air pollution in finland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4) doi:10.3390/ijerph15040736

Murray, C. J. L., Aravkin, A. Y., Zheng, P., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi-Kangevari, M., . . . Lim, S. S. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the global burden of disease study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1223-1249. doi:10.1016/S0140-6736(20)30752-2

Tilastokeskus. (2022). Väestöruutuaineisto 1 km x 1 km. [url:https://www.stat.fi/org/avoindata/paikkatietoaineistot/vaestoruutuaineisto_1km.html](https://www.stat.fi/org/avoindata/paikkatietoaineistot/vaestoruutuaineisto_1km.html)

WHO. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. [url:https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329](https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329)



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 tuotantopotentiaali ja ennusteet
- Kansainväliset hankkeet ja tutkimushankkeet

WWW.ILMATIETEENLAITOS.FI/ILMANLAATUPALVELUT
ILMANLAATUPALVELUT@FMI.FI



Kuva: Laura Karlin

Tuukka Petäjä

Kuinka kauan olet ollut ilmansuojelu- ja ilmastoalalla?

Olen ollut mukana kokeellisessa ilmakehätutkimuksessa vuodesta 2000 eri rooleissa: ensin opiskelijana, myöhemmin tutkijana ja ryhmänjohtajana sekä vuodesta 2013 professorina. Aivan alusta asti olen ollut erityisen kiinnostunut ymmärtämään aerosolihiukkasten roolia ilmastomuutoksessa. Ensimmäinen omakohtainen tutkimuskokemukseni ilmanlaadusta liittyi havaintoihin Pietarin kaupungin ja Kuolan niemimaan teollisuuspäästöjen kulkeutumisesta Hyytiälään. Kaukokulkeuman aikana aerosolien hygroskooppisuus (sulfaattipitoisuus) poikkesi voimakkaasti luonnollisesta taustasta.

Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmansuojelu- ja ilmastotyön alalla oman urasi aikana?

Ilmansuojelussa ajatus siitä, että ilmanlaadun terveysvaikutuksissa ei ole ns. kynnysarvoa on merkittävä murros. Toisin sanoen myös pienet pitoisuudet nähdään nykyään terveydelle haitallisina. Merkittävää on myös uusien ilmanlaadun kannalta merkittävien suureiden esiinmarssi. Viimeinkin PM_{2.5}-hiukkasmassan lisäksi mm. aerosolihiukkasten lukumääräpitoisuus ja kokojakauma ovat tärkeitä suureita. EU:n ilmanlaatudirektiiviluonnos tekee näitä uusia havaintotarpeita näkyväksi ja pöydällä on myös ns. supersite-mittauspisteet eli tieteellisesti kokonaisvaltaisemmat ilmanlaatumittaukset. Kaupunkien ilmanlaadun seurannassa on ymmärretty myös monipuolisten tausta-asemien mittaukset tärkeinä vertailukohtina.

Ilmastotyön osalta IPCC-prosessin kehittyminen ja formalisointi on yksi merkittävimpiä murroksia. Euroopan tasolla tärkeää on ollut tutkimusinfrastruktuurien kehittyminen (ICOS, ACTRIS, eLTER, ANAEE) sekä näiden aikaansaama mittaus-ten ja mittausmenetelmien harmonisointi. Nämä infrastruktuurit mahdollistavat monipuolisten ilmastoaineistojen keräämisen ja ilmastomuutoksen syiden ja seurausten selvittämisen.

Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi?

Ilmansuojelun alalla teemme eri projekteissa yhteistyötä mm. Helsingin yliopiston, Ilmatieteen laitoksen, HSY:n, Tampereen yliopiston, Pegasorin ja Vaisalan kanssa. Koordinoin yhdessä Xavier Querolin (CSIC, Barcelona) kanssa RI-URBANS -projektia (rahoittajana Euroopan komissio), jossa kootaan yhteen koko Euroopan tasolla havaintosarjoja uusista ilmanlaatusuureista, kuten hiukkasten lukumäärä, kokojakaumat, mustahiilipitoisuus ja hiukkasten hapetuspotentialiaali. Pilottikaupunki Helsingissä mittauksia tehdään SMEAR III asemalla Kumpulassa ja Mäkeläkadun mittausasemalla. Projektissa kehitetään ja testataan esimerkiksi kaupunkiympäristön aerosolihiukkasten lähdeanalyysiä reaaliajassa.

Urbaani ilmanlaatu 2.0 -projektissa (rahoittajana Teknologia-teollisuuden 100-vuotissäätiö) kehitämme mittauksia kaupunkialueella esimerkiksi liikenneväylien lähialueilla. Kevään aikana teemme mittauksia Turunväylän lähellä kiinteissä mittauspisteissä sekä droneilla. Tavoitteena on kerätä uutta havaintoi-



Tuukka Petäjä on Helsingin yliopiston kokeellisen ilmakehätieteen professori. Petäjä valmistui Helsingin yliopistosta filosofian maisteriksi 2004 ja tohtoriksi 2006. Hänet nimitettiin Helsingin yliopiston fysiikan dosentiksi vuonna 2011 ja professoriksi 2013. Petäjä toimii aktiivisesti ilmansuojelun ja ilmastotyön alueilla ja on julkaissut mittavan määrän tieteellisiä artikkeleita kansainvälisissä ja maailman johtavissa tiedelehdissä.

neistoa hiukkasten ja ilmansaasteiden leviämisestä vilkkaalta sääntuloväylältä. Jo päättyneessä HOPE-projektissa varustimme yli 100 kaupunkilaista ilmanlaatusensoreilla, joita he kantoivat mukanaan. Näin saatiin tietoa henkilökohtaisesta altistumisesta. Lisäksi kokeiltiin erilaisia kiinteitä ilmanlaatuantureita, jotka täydensivät HSY:n ilmanlaatuverkkoa.

Ilmastotyön alalla olen tällä hetkellä Suomen ACTRIS puheenjohtaja ja aktiivisesti mukana ACTRIS:n valmisteluissa kohti itenäistä organisaatiota. Valmisteluita on tehty useissa EU-hankkeissa (ACTRIS PPP, ACTRIS IMP). Olen mukana myös Ilmakehän ja ilmaston osaamiskeskuksessa (ACCC), joka on Suomen akatemian rahoittama lippulaiva ilmakehätieteissä. Hyytiälän SMEAR II mittausaseman ylläpito ja kehittäminen sekä rahoituksen hankinta vievät myös työaikaani. Mittausasema on monipuolisuudessaan ainutlaatuinen koko maailmassa. SMEAR II:n tuottaa havaintoja monille EU-tutkimusinfrastruktuureille ja tieteellisille projekteille.

Ilmastotyön tutkimusprojekteista voisin mainita MOSAiC -projektin, jossa tehtiin monipuolisia ilmakehähavaintoja Polarstern-jäänmurtajalla Arktisella alueella vuoden ajan. Nämä havainnot auttavat ymmärtämään ilmastomuutosta korkeilla leveysasteilla. ACROBEAR-projektissa tutkimme ilmastomuutoksen vaikutuksia esimerkiksi metsäpalojen yleisyyteen ja punkkien leviämiseen arktisella alueella.

Mitä näet suurimpina tulevana trendeinä ja haasteina ilmansuojelualalla?

Mielestäni ilmansuojelun tulevia trendejä ovat uudet ilmanlaatu-havainnot ja näihin liittyvät menetelmien harmonisointitarpeet, ilmanlaadun supersite -mittauspisteet sekä near-real-time -data ja siihen liittyvät palvelut, kuten esimerkiksi puhtaan ilman reittioppaat. Haasteina taas näen erityisesti uusien havaintojen harmonisoinnin. Tässä esimerkiksi ACTRIS on tärkeässä osassa: monet uusista parametreista on syytä kytkeä ACTRIS:iin ja muihin standardeihin, jotta saadaan koko Euroopan tasolla vertailukelpoista havaintoaineistoa. Tarvitaan koulutusta ja tiedotusta sekä ilmanlaatuasiantuntijoille että kaupunkilaisille. Ilmastotoimien puolella vaikutusten varmennus ja verifiointi ovat tulevaisuudessa tärkeitä. Haasteena on pitää ilmastotoimet nyt ja tulevaisuudessa päätöksentekijöiden mielessä.

Mitä haluaisit saada aikaan urasi aikana?

Haluaisin saada pidettyä Helsingin ilmanlaadun edelläkävijäkaupunkina. Helsingissä tähän on edellytykset, sillä meillä on erittäin hyvät tieteelliset yhteistyösuhteet yliopiston ja sektori-tutkimuslaitosten välillä sekä toimiva yhteys HSY:n ja Helsingin kaupungin kanssa. Kumpulaan perustetaan ACTRIS:n päämaja, joka koordinoi koko Euroopan tasolla ilmakehän aerosolihiukkasten, pilvien ja hivenkaasujen mittausverkostoa. Luonnontiedelukio muuttaa Kumpulaan. Lisäksi pääkaupunkiseudulla toimii useita ilmanlaatuun ja mittauksiin panostavia yrityksiä (esim. Vaisala, Airmodus). Ainekset edelläkävijyyteen ovat siis jo olemassa. Ilmastotyön osalta haluan yleisesti vaikuttaa siihen, että tieteellistä tietoa ja havaintoaineistoja hyödynnetään enemmän päätöksenteossa eri tasoilla.

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™:



ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification
N° F0001140820A



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



Excellence in particle measurement

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

www.dekati.com

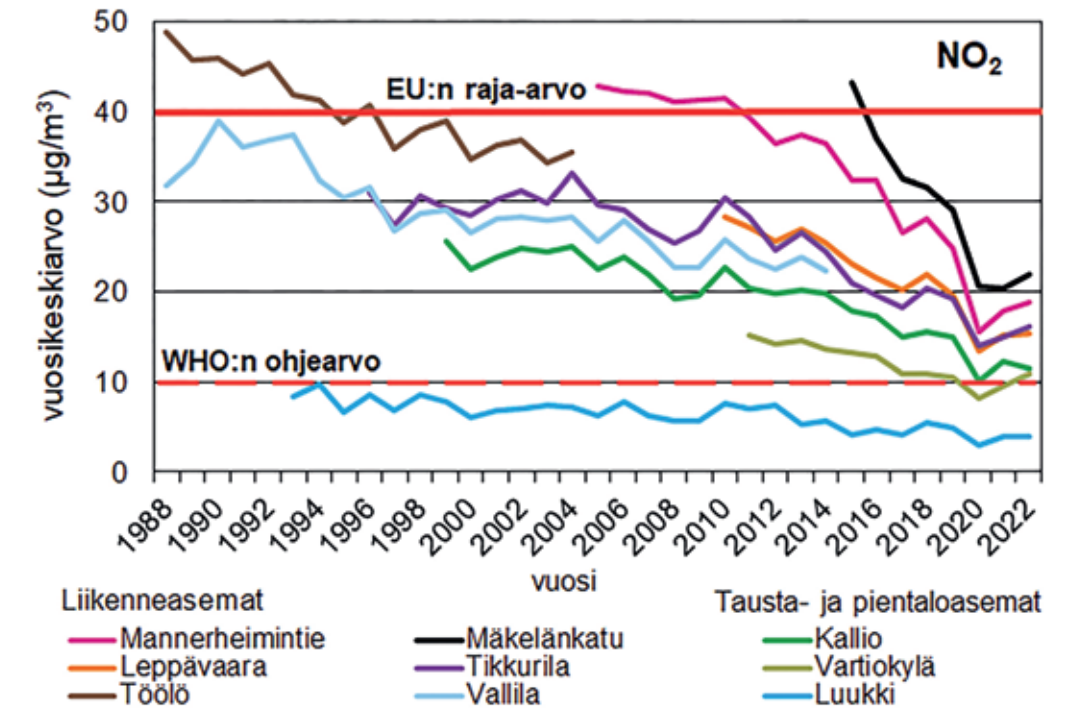


KUVA: TAPPIO HAAJA / UNSPLASH

ILMANLAADUN VAIHTELU PÄÄKAUPUNKISEUDULLA

Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY on mitannut pääkaupunkiseudun ilmanlaatua kaupunkien puolesta jo 40 vuotta. Pitkäaikaisten mittausten avulla on pystytty havainnoimaan monien eri ilmansaasteiden pitoisuuksien muutoksia. HSY on mitannut ilmanlaatua jo yli 600 paikassa pääkaupunkiseudulla.

Saija Korhonen, ilmansuojeluasiantuntija, HSY



Kuva 1. Typpidioksidin vuosipitoisuudet pääkaupunkiseudun eri mittausasemilla vuosina 1988–2022. Pitoisuudet ovat laskeneet mittausasemilla alle vuosiraja-arvon. WHO:n vuosiohjearvo ylittyy useissa eri ympäristöissä.

Ilmanlaatu vaihtelee paljon pääkaupunkiseudun eri alueilla, ja siksi onkin tärkeää mitata ilmanlaatua erilaisissa ympäristöissä. Vaikka ilmanlaatu on pääkaupunkiseudulla kansainvälisesti katsottuna hyvä, on meilläkin ilmanlaadussa haasteita.

Ilmanlaatuun vaikuttavat eniten liikenteen pakokaasut ja katupöly liikenneympäristöissä sekä puunpolton päästöt pientaloalueilla. Lisäksi ilmanlaatua voivat heikentää satamien läheisyydessä laivat ja sinne suuntautuva liikenne sekä lentokentän läheisyydessä lentokenttätoiminta ja sinne suuntautuva liikenne. Muita lähialueen ilmanlaatuun vaikuttavia toimintoja ovat rakennustyömaat, murskaamot, asfalttiasemat, jätevedenkäsittely, jätteenkäsittely ja teollisuus sekä maastopalot. Pääkaupunkiseudun ilmanlaatuun voi vaikuttaa ajoittain myös paikallinen energiantuotanto. Lisäksi ilmansaasteita kulkeutuu ilmavirtojen mukana myös alueen ja maan rajojen ulkopuolelta.

Pääkaupunkiseudulla on vain vähän teollisuutta, minkä vuoksi teollisuuden vaikutus hengitysilman laatuun on vähäistä. Energiantuotannon päästöt pur-

kautuvat korkeista piipuista, joten ne leviävät laajalle alueelle eivätkä yleensä aiheuta paikallisesti korkeita pitoisuuksia.

Liikenteestä pakokaasuja, pienhiukkasia ja katupölyä

Pääkaupunkiseudulla hengitysilman laatua heikentävät eniten liikenteen pakokaasut, sillä ne purkautuvat lähelle hengityskorkeutta. Typpidioksidin lisäksi liikenne lisää pienhiukkasten sekä hengitettävien hiukkasten eli katupölyn määrää. Tiet vaikuttavat lähialueiden ilmanlaatuun merkittävästi silloin, kun niillä liikennöi yli 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa ja päästöjä on luonnollisesti eniten aivan liikenneväylien varrella.

Typpidioksidin pitoisuudet ovat laskeneet merkittävästi pääkaupunkiseudun mittausasemilla viimeisen noin kolmen vuosikymmenen aikana. Vilkasliikenteisimmissä paikoissa pakokaasujen typen oksidien pitoisuudet ovat jopa puolittuneet siitä, mitä ne olivat mittauksia aloitettaessa 1980-luvun lopulla. Myös



Katujen ja teiden läheisyydessä hengitysilmassa olevat hengitettävät hiukkaset ovat suurimmaksi osaksi liikenteen nostattamaa katupölyä, jota on etenkin vilkkaasti liikennöidyillä katu- ja tieosuuksilla. Katupölyä muodostuu renkaiden kuluttamasta tiepäällysteestä, jauhautuneesta hiekoitusmateriaalista sekä rengas- ja jarrupölystä. Talven aikana kaduille kertyy monista eri lähteistä hiukkasmassaa, joka pölyää keväällä katujen kuivuttua sekä liikenteen että tuulen vaikutuksesta.

Talven ja kevään sääolot sekä katujen kunnossapito vaikuttavat siihen, kuinka paljon pölyä kertyy katujen pinnoille ja milloin se nousee ilmaan. Kevään katupölykauden ajankohta ja voimakkuus vaihtelevat siksi vuosittain. Pääkaupunkiseudulla hengitettävien hiukkasten korkeimmat vuorokausipitoisuudet mitataan usein maaliskuussa. Pölyisiä päiviä esiintyy myös ajoittain syksyllä talvirengaskauden alettua.

Muita katupölyn lähteitä on rakennustyömaiden ja luonnonympäristöjen maa-aines, joka kulkeutuu lähiympäristön kaduille ja teille. Rakennustyömaat voivat aiheuttaa korkeita pölypitoisuuksia lähiympäristössään ympäri vuoden, ja suurten työmaiden pölyhaitat voivat kestää useita vuosia laajoilla alueilla.

Liikenne rytmittää lentoasema- ja satama-alueiden ilmanlaatua

Satama-alueiden ilmanlaatuun vaikuttavat pääasiassa autoliikenteen, laivaliikenteen ja satamien työkoneiden päästöt. Satamiin suuntautuva liikenne voi ruuhkautuessaan heikentää ilmanlaatua lähikaduilla. Pääkaupunkiseudulla satama-alueiden ilmanlaadun mittauksissa ilmansaasteiden pitoisuusvaihteluissa näkee selkeästi, milloin laivat saapuvat ja lähtevät satamista. Pitoisuudet vaihtelevat laivoille tulevan ja poistuvan liikenteen rytmin mukaan.

Satamat sijaitsevat kuitenkin hyvin tuulettuvilla

alueilla, ja päästöt yleensä laimenevat tehokkaasti. Sekä laivaliikenteen että satama-alueiden autoliikenteen päästöt ovat selvästi vähentyneet, mikä näkyy ilmanlaadussa: esimerkiksi rikkidioksidin pitoisuuksissa näkyy selvä lasku laivaliikenteen päästönormien tiukentumisen seurauksena.

Lentoaseman alueen päästöt vaikuttavat ilmanlaatuun kenttäalueella ja aivan sen läheisyydessä. Päästöjä aiheuttavat useat erilaiset toiminnot, kuten lentoliikenne, kenttäalueen maakalusto, lentoaseman omat energialaitokset sekä saattoliikenne. Koneiden tankkauksessa ilmaan haihtuu kerosiinia, joka voi aiheuttaa hajuhaittoja. Saattoliikenteen päästöt heikentävät ilmanlaatua paikallisesti. Helsinki-Vantaan lentoasemalla mitatut typpidioksidin pitoisuudet vastaavat samaa tasoa, mitä vilkasliikenteisissä ympäristöissä on mitattu, ja mittauksissa näkyy myös selvää laskua.

Puunpoltto nostaa pienhiukkaspitoisuuksia pientaloalueilla

Pientaloalueiden ilmanlaatuun vaikuttavat yleensä tulisijojen käyttö ja katujen pölyäminen. Vaikka pääasiallista puulämmitystä on pääkaupunkiseudulla vain vähän, heikentävät tulisijojen päästöt ilmanlaatua, koska pientalovaltaisilla alueilla taloja on paljon ja talot ovat suhteellisen lähellä toisiaan. Puunpolton päästöt aiheuttavat myös terveyshaittoja, koska ne syntyvät asuinalueilla ja ovat välittömästi alueen hengitysilmassa. Erityisen herkkiä ilmansaasteiden terveyshaittoille ovat ikääntyneet hengitys- ja sydänsairaat, pienet lapset sekä kaikenikäiset astmaatikot. Tulisijojen käyttö keskittyy myös niihin aikoihin, jolloin ihmiset ovat kotona tai ulkona, mikä lisää päästöille altistumista. Erityisesti heikkotuulisina päivinä ja pakkassäällä savu jää leijumaan pihapiiriin ja pääsee kulkeutumaan asuntoihin.

Puunpolton hiukkas- ja PAH-päästöt näkyivät il-

manlaadussa varsinkin talvella. PAH-yhdisteitä syntyy epätäydellisessä palamisessa. Suomessa kohonneita PAH-pitoisuuksia esiintyy erityisesti asuinalueilla, joilla poltetaan paljon puuta tulisijoissa. Pitkällä aikavälillä sekä pääkaupunkiseudun että muun Uudenmaan pientaloalueilla tehdyissä mittauksissa on ollut havaittavissa pientä bentso(a)pyreenin pitoisuuksien laskua. Puunpolton vaikutus pientaloalueen ilmanlaatuun näkyy usein pienhiukkasten ja mustan hiilen pitoisuuksien nousuna iltaisin. Arkiaamuina mustan hiilen pitoisuudet kohoavat voimakkaimmin taas liikennealueilla.

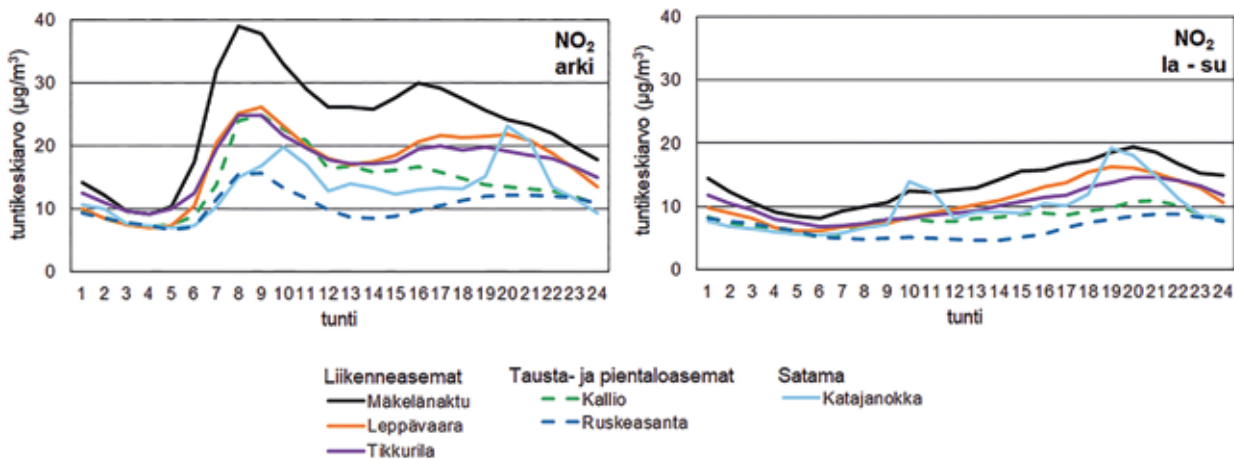
Katukuiluissa ilmansaasteet laimenevat heikommin

Ilmalaatuun vaikuttaa päästölähteiden ohella myös rakennettu ympäristö, maastonmuodot ja sääolosuhteet, jotka kaikki vaikuttavat päästöjen leviämiseen ja laimenemisolosuhteisiin. Saasteita kertyy laaksoihin ja alaville alueille etenkin tyynellä säällä. Epäsuotuisissa sääolosuhteissa, kuten heikkotuulisina aamuina, ilmansaasteita myös kertyy hengitysilmaan enemmän.

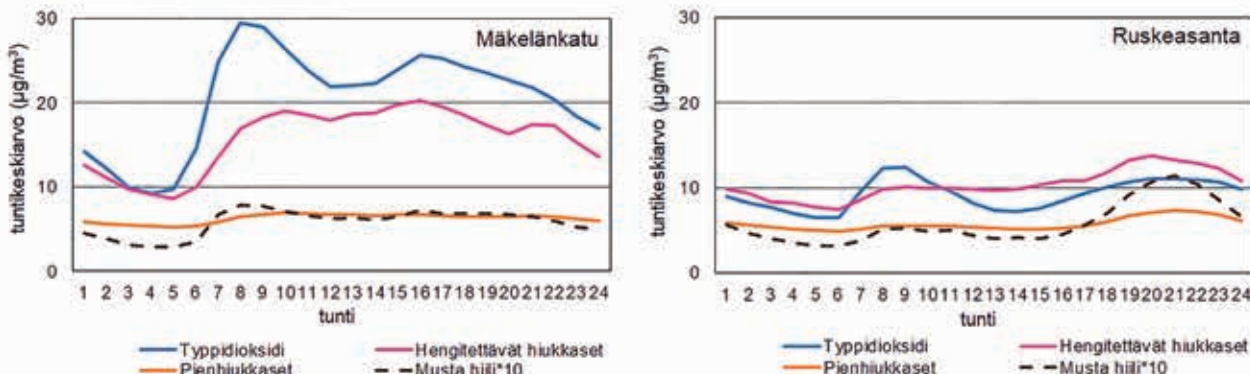
Ilmansaasteita on yleensä eniten kaupunkien keskustoissa. Ilmansaasteiden laimeneminen on heikointa tilanteessa, jossa rakennukset muodostavat yhtenäisen ja tiiviin katukuilun. Katukuilulla tarkoitetaan katuja, jota reunustavat molemmilta puolilta korkeat rakennukset. Rakennukset estävät ilmansaasteiden leviämistä sisäpihoille, mutta heikentävät ilmanlaatua kadun puolella.

Missä ilmanlaatu on puhtaampaa

Ilma on puhtainta kaukana vilkasliikenteisistä teistä ja muista päästölähteistä. Päästöjä on eniten aivan liikenneväylän varrella, ja jokainen metri kauemmas väylästä parantaa ilmanlaatua. Liikenteen päästöt vaikuttavat ympäristöön vielä 100–300 metrin etäisyydellä.



Kuva 2. Typpidioksidin pitoisuuksien vuorokausivaihtelu arkena ja viikonloppuisin pääkaupunkiseudun mittausasemilla vuonna 2021.



Kuva 3. Helsingin Mäkelänkadun vilkasliikenteisen katukuilun ja Vantaan Ruskeasannan pientaloalueen ilmansaasteiden pitoisuusvaihtelut eri vuorokaudenaikoina vuonna 2021. *10=kymmenkertainen pitoisuus.

Ilmansaasteet laimenevat myös ylöspäin mentäessä ja ilma onkin puhtaampaa ylemmissä kerroksissa kuin kadulla. Ilmansaasteet pääsevät myös paremmin laimenemaan avoimissa ympäristöissä. Meren läheisyydessä ilma vaihtuu hyvin ja tuuli tuo mukanaan puhdasta ilmaa. Omaan altistumiseen ilmansaasteille voi vähentää välttämällä ulkoilemista vilkkaiden katujen ja väylien varsilla ruuhka-aikoina ja valitsemalla puhtaamman reitin kauempaa vilkkaita teistä. Jo yhden korttelin päässä ruuhkaisesta kadusta ilma on puhtaampaa.

HELSINGIN SEUDUN YMPÄRISTÖPALVELUT
HSY seuraa reaaliaikaisesti pääkaupunkiseudun ilmanlaatua 11 mittausasemalla. Osa ilmanlaadun mittausasemista on pysyviä ja osan paikkaa siirretään vuoden tai kahden välein. HSY:n ilmanlaadun mittausverkossa on myös useita kymmeniä mittaus- ja keräinpisteitä ympäri pääkaupunkiseutua. Mittauspaikat valitaan yhteistyössä pääkaupunkiseudun kaupunkien kanssa.

HSY:n verkkosivuilla löydät vinkkejä oman alueesi ilmanlaadun arvioimiseen:
<https://www.hsy.fi/ilmanlaatu-ja-ilmasto/arvioi-oman-alueesi-ilmanlaatu/>



KUVA: SAIJA KORHONEN



ILMANSUOJELUYHDISTYS

Ilmansuojeluyhdistys (ISY) toimii alansa valtakunnallisena ympäristönsuojelujärjestönä. Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelututkimusta Suomessa sekä toimia yhdyskseenä 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 julkaisu-toimintaa
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

HALLITUS / STYRELSE

Puheenjohtaja / Ordförande
Anu Kousa

Varapuheenjohtaja / Viceordförande
Maija Leino

Jäsenet / Medlemmar
Suvi Haaparanta
Helena Kivi-Koskinen
Ville-Veikko Paunu
Johanna Vainiomäki

Varajäsenet / Suppleanter
Antti Hyvärinen
Topi Rönkkö
Tuula Pellikka
Janne Ruuth

LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljöförädlingsförening. Luftvårdsföreningens syfte 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 bättra yrkeskvalitet 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 bedriver publikationer
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

@ISY_fi

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. 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



KIRJOITTAJAT 1/2023

PIA ANTILA

erikoistutkija
Ilmatieteen laitos
pia.anttila@fmi.fi

OTTO HÄNNINEN

johtava tutkija
Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
otto.hanninen@thl.fi

ANTTI KORHONEN

tutkija
Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
ja Itä-Suomen yliopisto
antti.korhonen@thl.fi

SAIJA KORHONEN

ilmansuojeluasiantuntija
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY
saija.korhonen@hsy.fi

KATRIINA KYLLÖNEN

erikoistutkija
Ilmatieteen laitos
katriina.kyllonen@fmi.fi

HELI LEHTOMÄKI

tutkija
Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
ja Itä-Suomen yliopisto
antti.korhonen@thl.fi

PAULA OLLILA

tutkija
Luonnonvarakeskus
paula.ollila@luke.fi

TUUKKA PETÄJÄ

professori
Helsingin yliopisto
tuukka.petaja@helsinki.fi

MARJUT ROPONEN

professori
Itä-Suomen yliopisto
marjut.roponen@uef.fi

ISABELL RUMRICH

tutkija
Terveiden ja hyvinvoinnin laitos
ja Itä-Suomen yliopisto
isabell.rumrich@thl.fi

ANTTI TOHKA

yliopettaja
Metropolia AMK
antti.tohka@metropolia.fi

TARJA TUOMAINEN

erikoistutkija
Luonnonvarakeskus
tarja.tuomainen@luke.fi

SOFIA VIKFORS

tutkija
Luonnonvarakeskus
sofia.vikfors@luke.fi



. PV73