

IS

2|2023

ILMANSUOJELU



BC Footprint -hankkeen satoa:

UUTTA TIETOA MUSTAHIILESTÄ ja sen ominaisuuksista s. 4

KOMPENSAATIOSTA APUA ilmansuojeluun? s. 9

KATUPÖLYHANKKEET KANTAVAT HEDELMÄÄ

– Tulosten koonti tuo edistyksen esiin! s. 12

KANSALLISEN ILMANSUOJELUOHJELMAN 2030

ensimmäinen päivitys: Suomi saavutti päästövähennysvelvoitteet s. 16

VOC-YHDISTEIDEN MAAILMA AVAUTUU:

Ilmakehän haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tutkimus Suomessa s. 23

4

Mustahiilestä on saatu uutta tietoa laajassa suomalaisessa tutkimushankkeessa. Syksyllä järjestetään myös Mustahiilijalanjälki-seminaari.

KUVA: MUYAOI



12

Katupölyn torjunta on kehittynyt paljon useiden tutkimushankkeiden ansiosta. Tutkitusti parhaat pölyntorjuntakeinot on koottu internet-tietopankkiin.

KUVA: SAMI KULOVUORI



KUVA: HEIDI HELLEN

23

Mittausmenetelmien kehitys mahdollistaa yhä uusien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tutkimisen, mikä auttaa niiden ilmastovaikutusten ymmärtämisessä.



16

EU velvoittaa päivittämään kansalliset ilmansuojeluohjelmat joka neljäs vuosi. Juuri valmistuneessa ISO 2030 -päivityksessä kootaan ajantasaiset tilannetiedot Suomen ilmansuojelusta.

KUVA: INSUNG YOON

SISÄLLYS 2/2023

- 4 BC Footprint -hankkeen satoa: **UUTTA TIETOA MUSTAHIILESTÄ** ja sen ominaisuuksista
- 9 **KOMPENSAATIOSTA APUA** ilmansuojeluun?
- 12 **KATUPÖLYHANKKEET KANTAVAT HEDELMÄÄ** – Tulosten koonti tuo edistyksen esiin!
- 16 **KANSALLISEN ILMANSUOJELUOHJELMAN 2030** ensimmäinen päivitys: Suomi saavutti päästövähennysvelvoitteet
- 23 **VOC-YHDISTEIDEN MAAILMA AVAUTUU:** Ilmakehän haihtuvien orgaanisten yhdisteiden tutkimus Suomessa
- 27 **VALOKEILASSA:** Jarkko Tissari
- 29 **TAPAHTUU:** ISY:n kevätseminaari: Energiantuotannon murros ja sen haasteet

Pääkirjoitus

Karsimista ja kompensatiota kaivataan

Yksittäisen suomalaisen hiilijalanjälki on valtava – noin nelinkertainen kestäväksi määritellyn verrattuna. Keski-vertosuomalainen tupruttaa taivaalle 10 tonnia hiilidioksidia vuodessa, kun ilmaston kannalta kestäväksi on arvioitu 2,5 tonnia. Myös vuoden ylikulutuspäivä suhahti Suomessa ohi jo maaliskuun viimeisenä päivänä, mikä on neljä kuukautta maailman keskiarvoa aikaisemmin. Nämä surulliset luvut ovat meillä tiedossa, mutta niiden muuttamisesta aidosti kestävälle tasolle puhutaan vähän.

Voimme tietenkin vedota muiden maiden suuriin teollisuuspäästöihin nostaaksemme omaa häntäämme, mutta totuus on, että meillä Suomessa riittää tehtävää. Haasteena on korkean elintason laskemisen epämieluisuus, sekä se, että päästöjen kompensointi ei ole lyönyt itseään läpi ihmisten arjessa. Vaikka tiede ei pysty ratkaisemaan suomalaisten halua ylikuluttaa, ilmastotyössä otetaan onneksi jatkuvasti kehitysaskelia, kuten tässäkin lehdessä näemme.

Käsissäsi olevassa lehdessä perehdymme mustahiilitutkimuksen saavuttamiin edistysloikkiin, kun luomme katsauksen syyskuussa päättyneen BC Footprint -hankkeen tuloksiin. BC Footprint yhdisti yhdeksän tutkimusryhmää viidestä eri tutkimuslaitoksesta ja vielä lisäksi muita yhteistyökumppaneita. Hankkeessa luotiin Suomeen mustahiilen osaamiskeskittymä ja luonnosteltiin konseptia, jolla voitaisiin arvioida mustahiilen päästöjen vaikutuksia.

Toisessa artikkelissa käsittelemme kasvihuonekaasupäästöjen kompensoinnin tarjoamia mahdollisuuksia ilmansuojelun näkökulmasta. Kompensoinnin etuna on tietenkin sen ilmeinen kannustinvaikeus, mutta mitä kompensoitio voisi tarkoittaa käytännössä esimerkiksi maankäyttö- ja metsätalousssektorilla?

Kolmantena aiheena kurkistamme katupölyhankkeiden historiaan ja edistysaskeliin. Monet hankkeet ovat selvittäneet parhaita pölyntorjuntamenetelmiä jo pitkään ja nyt keinoista on koottu tietopankki, josta eri toimijat voivat poimia sopivimmat tutkitusti tehokkaat keinot.

Viime numerossa kerroimme EU:n ilmanlaatudirektiivien uudistuksesta ja nyt onkin aika luoda katse kansallisen ilmansuojeluohjelman (ISO 2030) tilaan. Kerromme tavoitteiden edistymisestä ja odotettavissa olevasta ilmanlaatukehityksestä ilmansuojeluohjelman ensimmäisen päivityksen tiimoilta.

Viidennessä artikkelissa tutustumme suomalaiseen VOC-yhdisteiden tutkimukseen aina 90-luvun alkumetreiltä alkaen. Vaikka Suomi onkin ollut tutkimuksessa edelläkävijä, orgaaniset VOC-yhdisteet ovat haastava tutkimuskohde niiden moninaisuuden ja tutkimusteknisen vaativuuden vuoksi. Arvion mukaan Ilmatieteenlaitos kykenee tällä hetkellä mittaamaan kvantitatiivisesti noin puolta ilmassa olevista eri VOC-yhdisteistä.

Me Ilmansuojelu-lehdessä uskomme, että tieteellisistä edistysaskelistä – ja takapakeista – viestiminen on tärkeää yhteisten ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Artikkelien ääressä jo etukäteen viihtyneenä uskon, että löydät jälleen tästäkin lehdestä tärkeää ja mielenkiintoista luettavaa!

Karsitaan ja kompensoidaan yhdessä!

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

Venica Chanu

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
Annonsspris 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:

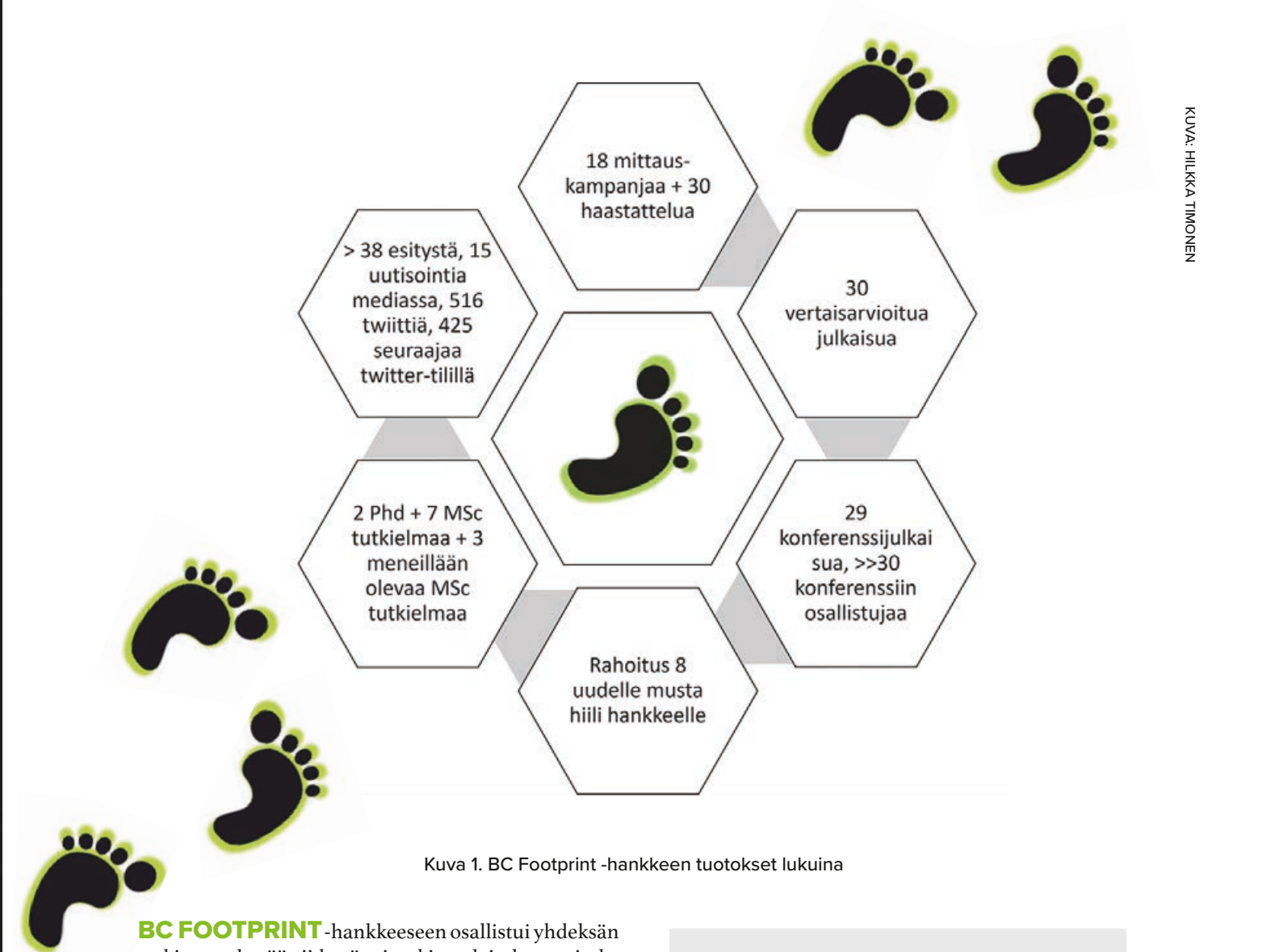
Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Hanne Hartikainen
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi



BC Footprint -hankkeen satoa: UUTTA TIETOA MUSTAHIILESTÄ JA SEN OMINAISUUKSISTA

Mittavassa ja monitieteellisessä BC Footprint -tutkimushankkeessa luotiin Suomeen laaja mustahiilen tutkimukseen liittyvä osaamiskeskittymä. Hankkeessa tutkittiin laajasti mustahiilen päästölähteitä, pitoisuuksia ja muuntumaa ilmakehässä sekä mustahiilen terveys- ja ilmastovaikutusten maailmaa. Lisäksi hankkeessa kehitettiin luonnos BC Footprint -konseptista, jolla voitaisiin arvioida mustahiilen päästöjen vaikutuksia. Co-Innovation -muotoista hanketta rahoittivat Business Finland sekä osallistuvat yritykset ja kuntatoimijat.

Topi Rönkkö, professori, Tampereen yliopisto
Sanna Saarikoski, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos
Hilkka Timonen, ryhmäpäällikkö, Ilmatieteen laitos



Kuva 1. BC Footprint -hankkeen tuotokset lukuina

BC FOOTPRINT -hankkeeseen osallistui yhdeksän tutkimusryhmää viidestä eri tutkimuslaitoksesta, jotka tutkivat mustahiileen liittyviä asioita laajasti ja useista eri näkökulmista yhdessä yritysten ja kuntatoimijoiden sekä muiden yhteistyökumppaneiden kanssa. Hankkeen aikana toteutettiin 18 mittauskampanjaa ja 30 haastattelututkimusta, jotka liittyivät mustahiilen ominaisuuksiin, päästöihin, ilmakehällähteisiin sekä ilmasto- ja terveysvaikutuksiin. Hankkeessa kerättyä dataa käytettiin yhteensä yhdeksään opinnäytetyöhön, yli 38 esitykseen sekä 30 vertaisarvioitua julkaisuun. Tutkimukseen sisältyi myös laaja kansainvälinen yhteistyö, jonka puitteissa tehtiin esimerkiksi mittauksia eri puolilla Eurooppaa ja Chilessä.

Mittausmenetelmien ja -tulosten vertailtavuus tärkeää

Mustahiili on merkittävä ilmansaaste, jolla on ilmanlaatu-, ilmasto- sekä terveysvaikutuksia, mistä johtuen WHO suositteli äskettäin systemaattisten ilmakehän mustahiilen mittauksen aloittamista. Jotta eri puolilla maailmaa erilaisilla laitteilla mitattua dataa voitaisiin vertailla, on äärimmäisen tärkeää ymmärtää erilaisten laitteiden antamien tulosten vertailukelpoisuutta. Mustahiilen mittausmenetelmät sekä siihen liittyvät haasteet ja epävarmuudet olivat siten myös BC Footprint -hankkeessa isossa roolissa. Mittalaitteita, jotka perustuvat lukuisiin erilaisiin mittaustekniikoihin ja -menetelmiin, testattiin ja vertailtiin sekä suuressa laboratoriomittauskampanjassa että useissa hankkeen päästö- ja ulkoilmamittauksissa. Esimerkiksi laboratoriotutkimuksessa tutkittiin, mi-

MITÄ ILMAKEHÄN MUSTAHIILI ON?

- Mustahiilihiukkaset syntyvät epätäydellisessä palamisessa mm. moottoreissa, tulisisjoissa ja voimalaitoksissa
- Nämä hiukkaset koostuvat alkuainehiilen primääripalloista ja niiden muodostamista agglomeraateista.
- Hiukkaset ovat kiinteitä, termisesti pysyviä, ja ne absorboivat valoa laajalla aallonpituusalueella. Hiukkasia kuvaa myös suhteellisen suuri pinta-ala ja laaja hiukkaskokojakauma.
- Aerosoleissa mustahiilihiukkaset ovat tyypillisesti sekoittuneet muiden hiukkasmaisten ja kaasumaisten yhdisteiden kanssa.

ten mustahiilihiukkasten koko, hiukkasten pinnalla olevat orgaaniset yhdisteet sekä ikääntyminen vaikuttavat mustahiilen mittalaitteiden vasteeseen. Tällaisella tiedolla on hyvin iso merkitys, kun vertaillaan eri paikoissa mitattua dataa, mietitään mustahiilen vähentämiskeinoja, tai kun mittausdataa hyödynnetään ilmanlaatu- ja ilmastomalleissa.

Mustahiilen ilmakehäpitoisuuksien lisäksi on tärkeää ymmärtää myös ilmakehän mustahiilihiukkasten lähteitä. Tätä ymmärrystä voidaan kasvattaa sekä tutkimalla yksittäisten päästölähteiden päästöjä ja niiden leviämistä että tutkimalla ilmakehän aerosolien ominaisuuksia.



Kuva 2. Mobiililaboratoriota varustellaan kaupunki-ilman tutkimista varten.

BC Footprint -hankkeessa ulkoilmasta mitatun mustahiilen lähteitä tutkittiin kahdella erilaisella lähdeanalyysimenetelmällä. Molemmista menetelmissä pohjalla on mustahiilen ilmakehäpitoisuuksien ja muiden ilmakehän aerosolien ominaisuuksien mittaustiedot.

Ensimmäinen menetelmä oli tilastollinen Positive Matrix Factorization (PMF) -menetelmä, jossa lähteiden tunnistaminen perustuu hiukkasten kemialliseen koostumukseen. Tässä tutkimuksessa PMF-analyysi tehtiin ulkoilman aerosoleille mitatuille massaspektreille, jotka sisälsivät tietoa sekä hiukkasten orgaanisesta koostumuksesta että mustahiilestä. Toinen menetelmä oli hiukkasten optisiin ominaisuuksiin perustuva etalometrimalli (Aethalometer model), joka jaottelee mustahiilen joko fossiilisten polttoaineiden palamisesta tai puunpoltosta peräisin olevaan mustahiileen.

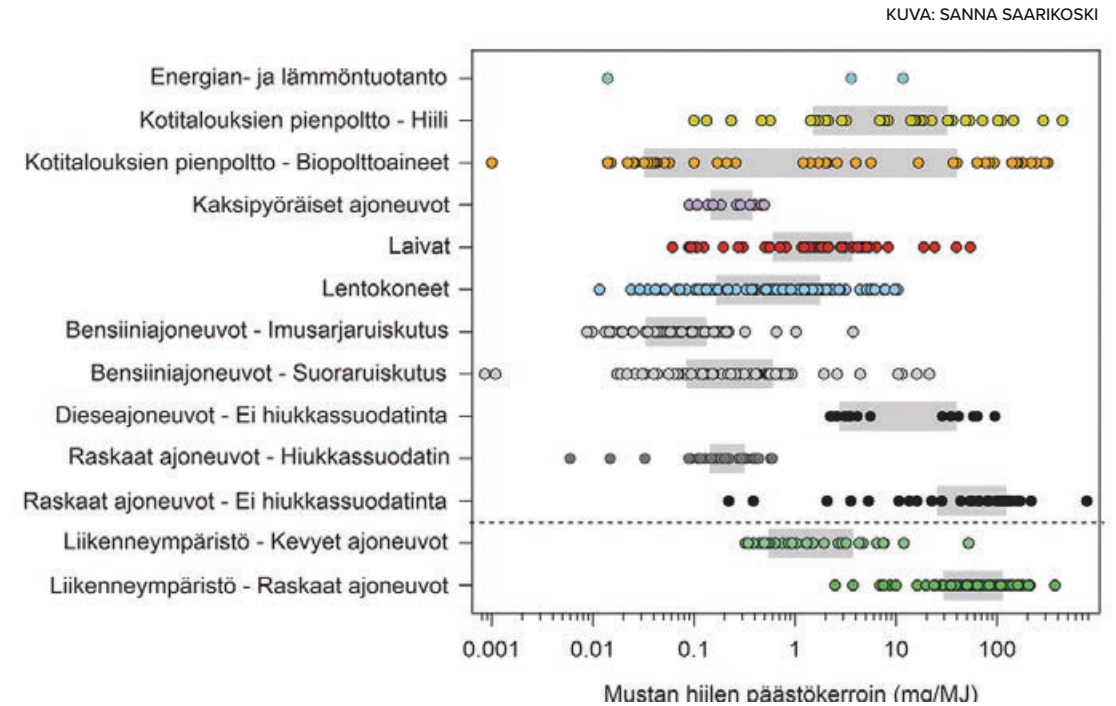
Lähdeanalyysimenetelmiä vertailtaessa havaittiin, että jos mittauspaikalla vain toinen, joko puunpoltto tai liikenne, oli selvästi vallitseva mustahiilen lähde, menetelmät antavat vertailukelpoisia tuloksia. Kuitenkin sellaisessa tilanteessa, jossa hiukkasten lähteitä oli useita ja erityisesti silloin, kun suuri osa mustahiilestä ei ollut peräisin paikallisista lähteistä, menetelmien tuottamat tulokset erosivat toisistaan. Yleisesti PMF-menetelmä mahdollisti useampien lähteiden havainnoinnin ja erotti esimerkiksi paikallisen ja alueellisen tai kaukokulkeutuneen mustahiilen. Etalometrimalli taas on PMF-menetelmää yksinkertaisempi laskentamalli, joka vaatii vähemmän tietoa hiukkasten ominaisuuksista. Etalometrimallin käytössä on kuitenkin tärkeää arvioida oikeat parametrit puun ja fossiilisen polttoaineen polton mustahiilen aallonpituusriippuvuudelle.

Kokeellisesta mittaustoiminnasta runsaasti tuloksia

BC Footprint -projektissa tutkittiin ahkerasti mustahiilen liittyviä asioita myös yksittäisten päästölähteiden näkökulmasta. Tämänkin tutkimuksen ytimessä oli kokeellinen mittaustoiminta; hankkeessa tehtiin mittauksia sekä laboratorioissa että todellisissa käyttöolosuhteissa, ja tutkimuskohteina olivat kaasumoottorin, erilaisten henkilöautojen, raskaan dieselmoottorin, lentokonemoottorin, puun pienpolton ja voimalaitoksen päästöt. Laivojen mustahiilipäästön osalta hankkeessa kirjoitettiin laaja, erityisesti ilmastovaikutuksia peilaava katsausartikkeli. Uusia mittaustuloksia hankkeessa syntyi todella paljon, ja iso osa niistä on jo julkaistu, tai tullessaan julkaistamaan, lähitulevaisuudessa vertaisarvioituissa julkaisusarjoissa. Moni BC Footprint -hankkeen päästömittaus suoritettiin yhdessä Transport derived Ultrafines and the Brain Effects (TUBE) -projektin kanssa.

Vaikka hankkeessa todettiin mustahiilen päästöjen riippuvan useista tekijöistä, erityisen merkittäväksi mustahiilen päästöihin vaikuttavaksi asiaksi todettiin pakokaasun tai savukaasun suodatus. Esimerkiksi modernin puupelletin polttoaineenaan käyttävän suuren voimalaitoksen savukaasun mustahiilipitoisuudet olivat tehokkaan suodatuksen vuoksi hyvinkin alhaisia. Sama todettiin mittauksissa, joissa ajoneuvojen pakokaasu suodatettiin DPF:n (Diesel Particle Filter) tai GPF:n (Gasoline Particle Filter) avulla.

Joissain sovelluksissa hiukkassuodatustekniikoita ei vielä käytetä, ja niissä mustahiilipäästötkin olivat isomat. Esimerkiksi bensiiniautoissa hiukkassuodatus on harvinaisempaa kuin dieselautoissa, ja sen takia bensiini-



Kuva 3. Mustahiilen päästökertoimet (mg/MJ) ja niiden hajonta eri lähteille.

autojen mustahiilipäästöt voivat olla huomattavasti dieselautoja isompia. Tämä havaittiin myös tosielämän kohteissa, jossa tutkittiin henkilöautojen päästöjä Tampereen ja Helsingin välisessä liikenteessä. Laivoissa, lentokoneissa ja kotitalouksien pienpoltossa savukaasujen puhdistus suodattamalla on vielä nykyisin hyvin haastavaa ja harvinaista. Hankkeen aikana kuitenkin laivojen mustahiilipäästöjen hillintään löydettiin uusia ratkaisuja, joskin teollisten hankepartnerien toimesta.

Mustahiilellä on terveydelle haitallisia vaikutuksia, sillä sen pinnalle voi sitoutua haitallisia orgaanisia yhdisteitä ja metalleja. Mustahiilihiukkaset saattavat olla hyvin pieniä, jolloin ne voivat kulkeutua ihmisen elimistössä keuhkorakkuloihin asti. BC Footprint -hankkeessa tehtyjen toksikologisten tutkimusten yhdistäminen tarkkoihin aerosolimittauksiin tuotti myös uutta solutason ymmärrystä siitä, millaisia toksisia vaikutuksia mustahiilihiukkaset voivat ihmiselimistössä aiheuttaa. Laboratoriokokeiden perusteella havaittiin, että erityisesti mustahiilihiukkasten pölytyminen orgaanisilla yhdisteillä ja hiukkasten pieni koko vaikuttivat hiukkasten toksisuuteen, lisäten niiden genotoksisuutta ja immunosuppressiota.

Kaupunkialueiden päästölähteet erityistarkastelussa

Kaupunkialueilla pienhiukkasten lähteitä ja ominaisuuksia tutkittiin erilaisissa kaupunkiympäristöissä. Mobiililaboratorion (kuva 2) saattoi nähdä liikennöivän muun muassa Ruskeasannan pientaloalueella Hel-

singissä, Helsinki-Vantaan lentoaseman lähistöllä, Helsingin keskustassa, Tampereen Rantatunnelissa, Raahessa sekä Saksan Düsseldorfissa ja Tsekin Prahassa. Mobiililaboratoriomittaustulokset osoittivat, että vilkasliikenteisen kadun varressa suurin osa mustahiilestä oli peräisin autojen pakokaasuista. Liikenteen vaikutus mustahiilipitoisuuksiin painottui ruuhka-aikoihin, erityisesti aamuruuhkaan, jolloin päästöjen sekoittuminen on huonompaa kuin iltaruuhkan aikaan.

Erityistä huomiota hankkeessa kiinnitettiin puunpolton päästöihin energiakriisin vaikutusten arvioimiseksi. Pientaloalueella havaittiinkin, että suuri osa mustahiilestä oli peräisin paikallisen puunpolton päästöistä talvella. Puunpolton vaikutus mustahiilen pitoisuuksiin havaittiin erityisesti iltaisin.

Toisaalta edellä mainitun lähdeanalyysin perusteella havaittiin, että molemmissa ympäristöissä noin puolet mustahiilestä oli paikallista taustapitoisuutta tai peräisin kaukokulkeumasta. Lisäksi havaittiin, että mustahiilen lähde vaikutti selvästi havaitun mustahiilen hiukkaskokoon: liikenteestä peräisin olevat mustahiilihiukkaset olivat kooltaan pienempiä kuin puunpoltosta peräisin oleva mustahiili. Myös mustahiilihiukkasten ytimen päällä oleva muista aineista koostuva kerros oli paksumpi pientaloympäristössä verrattuna liikennenympäristöön. Pääkaupunkiseudulla tehtyjen pitkäaikaismittausten tuottaman datan avulla pystyttiin myös osoittamaan, että mustahiilipitoisuudet ovat laskeneet viime aikoina tasaisesti. Alueesta riippuen lasku pitoisuuksissa oli luokkaa 6–10 %:ia vuodessa.

Mustahiilellä on terveydelle haitallisia vaikutuksia, sillä sen pinnalle voi sitoutua haitallisia orgaanisia yhdisteitä ja metalleja.

BC FOOTPRINT -HANKE PÄHKINÄNKUORESSA:

Hankkeen kesto: 1.3.2019–30.9.2022

Rahoitus: Business Finland, Co-Innovation sekä osallistuvat yritykset ja kuntatoimijat

Tavoite: Luoda yhtenäinen ja useille tieteen ja tekniikan aloille soveltuva ilmakehää lämmittävän mustahiilen päästöjen ja vaikutusten metriikka sekä lisätä ymmärrystä mustahiilen päästöistä, ilmakehäpitoisuuksista ja vaikutuksista.

Koordinaattorit: Topi Rönkkö, Tampereen yliopisto, Hilikka Timonen, Ilmatieteen laitos

Yhteistyötahot: Partnereina Tampereen yliopisto, Ilmatieteen laitos, Teknologian tutkimuskeskus VTT, Itä-Suomen yliopisto ja Suomen ympäristökeskus. Yhteistyöyrityksinä Vaisala Oyj, Dekati Oy, Airmodus Oy, Valmet Technologies Oy, Pegasor Oy, AX-Suunnittelu, AGCO Power Oy ja SSAB Europe Oy. Viranomaiskumppaneina ympäristöministeriö, Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut (HSY) ja Tampereen kaupunki.

Internet-sivu: www.bcfootprint.com

Twitter: @BCFootprint

Vuoden 2023 alussa ilmakehän mustahiilitulokset lisättiin myös Ilmanlaatu Suomessa -palveluun. Pitoisuuksia eripuolella Suomea voi nyt seurata reaaliajassa (Ilmatieteen laitos). Ilmanlaatupalvelussa esitetään sekä Helsingin seudun ympäristöpalveluiden (HSY) tekemiä mittauksia pääkaupunkiseudulla että eri puolilla Suomea sijaitsevilla tutkimusasemilla mitattua dataa.

Pohjoisilla tutkimusasemilla, Ilmatieteen laitoksen Sammaltunturin asemalla ja Helsingin yliopiston Värriön tutkimusasemalla mustahiiltä havaitaan erityisesti kaukokulkeutuneena, kun taas Hyytiälän ja Kuopion Puijon mittaukset tuovat näkökulmaa Etelä- ja Keski-Suomen mustahiilen pitoisuuksiin. Eteläisimmän aseman, Utön, sijainti on erinomainen sekä laivaliikenteen että Manner-Euroopasta tulevan kuormituksen tutkimukseen ja seurantaan. BC Footprint -hankkeessa tehty mustahiilen pitkien aikasarjojen analysointi osoitti, että myös tausta-alueilla (Pallaksella, Virolahdella sekä Utössä) mustahiilen pitoisuudet laskevat hiljalleen.

Päästökertoimet ovat tärkeitä kehitystyössä

Tarkkoja mustahiilen päästökertoimia tarvitaan sekä päästöinventarioihin että ilmasto- ja terveysvaikutusmalleihin, jotta mustahiilen haitallisia vaikutuksia yhteiskuntaan voidaan vähentää tulevaisuudessa. BC Footprint -hankkeessa kerättiin tietoa suurimpien ihmisperäisten mustahiilen lähteiden eli liikenteen, kotitalouksien pienpolton ja energiantuotannon päästökertoimista (kuva 3). Nämä kategoriat jaettiin edelleen pienempiin alaryhmiin, jotta voitiin havaita mahdolliset systemaattiset trendit eli esimerkiksi polttoaineen, polttotekniikan, savukaasun puhdistustekniikan tai pakokaasun jälkikäsitelytekniikan vaikutukset päästökertoimiin.

Vuoden 2023 alussa ilmakehän mustahiilitulokset lisättiin myös Ilmanlaatu Suomessa -palveluun.

Tutkimuksessa havaittiin, että yhteiskunnan tasolla tehdyillä päästöjen rajoittamisella on ollut merkittävä vaikutus mustahiilen päästökertoimiin. Tämä näkyi selkeänä tieliikenteen ja erityisesti dieselajoneuvojen tuotaman mustahiilen päästökertoimen laskuna. Bensiinikäyttöisille ajoneuvoille tätä trendiä ei suoraan havaittu, mikä saattaa johtua siitä, että suoraruiskutusjärjestelmällä varustetut ajoneuvot tuottivat suuremmat päästökertoimet kuin imusarjaruiskutusjärjestelmällä varustetut ajoneuvot. Laivaliikenteen osalta havaittiin suhteellisen selkeä yhteys moottorin koon ja mustahiilen päästökertoimen välillä niin, että suurimmilla moottoreilla päästökertoimen oli pienin. Kotitalouksien pienpoltole mustahiilen päästökertoimet vaihtelivat paljon, mikä johtui luultavasti siitä, että polttoaine sekä polttolaite vaikuttivat huomattavasti mustahiilen päästökertoimeen.

Tulevaisuuden näkymät

Ilmasto- ja terveysvaikutuksista huolimatta mustahiilelle ei ole vielä asetettu kansallisia tai kansainvälisiä ilmanlaatuunormeja. Sekä Euroopan unioni (EU) että Maailman terveysjärjestö (WHO) ovat kuitenkin jo nostaneet mustahiilen huomionsa kohteeksi sen aiheuttamien terveys- ja ilmastohaittojen vuoksi, mikä ennakoii, että tulevaisuudessa saattaa olla odotettavissa myös päästöjen ja ilmapitoisuuksien sääntelyä. Yksi merkittävä mustahiilen päästöihin vaikuttava asia voi tulevaisuudessa olla BC Footprint -hankkeessakin tutkittu autojen katsastustoiminnan kehittyminen niin, että huonokuntoisten pakokaasun suodatuslaitteiden aiheuttamat isommat päästöt saataisiin kuriin.

Hankkeen aikana saatiin rahoitus lukuisille uusille jatkohankkeille, jotka keskittyvät mustahiilen tutkimukseen eri näkökulmista. Näistä Jane ja Aatos Erkon rahoittama Proof-of-Concept -hanke pyrkii rakentamaan uudenlaisen tarkemman mustahiilianalysointia, Suomen akatemian rahoittama BBrCaC tutkii mustan ja ruskean hiilen pitoisuuksia lumella ja ilmakehässä, ja Business Finlandin rahoittama co-creation -projekti EBITDA pyrkii talouskirjanpitoa ja mustahiilipäästöä yhdistävään laajempaan tutkimushankkeeseen.

Vaikka jo hankkeen aikana tuli lukuisia julkaisuja, paljon dataa jäi myös tulevia julkaisuja varten, ja monitieteellisen mustahiilikonsortion into jatkaa tutkimusta on kova. Tulosten esittämiseksi on päätetty järjestää vuosittain Mustahiilijalanjälki-seminaareja. Toivotammekin kaikki mustahiilen tutkimustuloksista kiinnostuneet tervetulleiksi seminaariin ensi syksynä Ilmatieteen laitokselle!

Lähteet:

BC Footprint -hankkeen artikkelit, joissa yllä esitetyt tulokset on julkaistu: www.bcfootprint.com

Ilmatieteen laitos, Ilmanlaatu Suomessa -palvelu: www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmanlaatu

KOMPENSAATIOSTA apua ilmansuojeluun?

Ilmastonmuutos vaikuttaa kaikkiin maapallon ekosysteemeihin ja kaikkiin maailman ihmisiin. Sodat ja poliittiset kriisit luonnollisesti pahentavat tilannetta, erityisesti juuri nyt, kun maailman pitäisi yhdistyä ilmastomuutoksen aiheuttaman luonnonkatastrofin ja inhimillisen tragedian torjumiseksi. Sodassa, rakkaudessa ja ilmansuojelussa kaikki keinot ovat sallittuja. Tässä artikkelissa tarkastellaan kasvihuonekaasupäästöjen kompensoinnin tarjoamia mahdollisuuksia ilmansuojelun kannalta.

Olli-Pekka Siira, tutkijatohtori, Helsingin yliopisto

Euroopan unioni on sitoutunut hiilineutraalisuuteen vuoteen 2050 mennessä. Suomi on lisäksi asettanut oman tavoitteensa astetta kunnianhimoisemmaksi ja pyrkii hiilineutraalisuuteen jo vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen saavuttaminen vaatii sekä teollisuuden ja liikenteen

kasvihuonekaasupäästöjen nopeaa leikkaamista, että maankäyttö- ja metsätaloussektorin hiilinielujen kasvattamista. Päästöjen vähentämisessä teknisten innovaatioiden myötä on edistytty ripeästi. Euroopan unionissa on esitelty toimenpiteitä myös luontokadon pysäyttämiseksi. Tällä hetkellä näyttääkin siltä, että suurimmat haasteet ovat maankäyttösektorin hiilitaseen ylläpitämisessä nettonieluna.

Ilman hiilidioksidipitoisuus on nyt 420 ppm, eli n. 1,5 kertaa suurempi kuin vuonna 1750.

YK:n alainen hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC) julkaisi kuudennen arviointiraporttisarjan 2018–2023 (AR6). Raporttien (AR6) mukaan maapallon ilmasto on lämmennyt 1,1 astetta vuosina 2011–2020 vertailutasoon 1890–1900 nähden. Ilmastomuutoksesta kärsivät suhteettoman paljon kehittyvien maiden yhteisöt, joiden omat kasvihuonekaasupäästöt ovat olleet suhteellisen vähäisiä. Valtameren pinta on noussut noin 10 cm vuodesta 1993. Ilman hiilidioksidipitoisuus nousee kaiken aikaa ja on tällä hetkellä 420 ppm, joka on noin puolitoista kertaa suurempi kuin vuonna 1750. Satelliittimittausten perusteella Suomi on ollut vuosina 2015–2020 hienoisesti hiilinielu, paitsi 2015 jolloin se on ollut päästölähde. Virhemarginaalit satelliittimittausmenetelmässä ovat kuitenkin suuret (NASA 2023). Tarkemmat tulokset valtioiden kasvihuonekaasutaseista saadaan yksityiskohtaisella inventoinnilla, jonka menetelmät ovat yleisesti hyväksyttyjä IPCC:n ohjeistuksen mukaisesti.

YK:n ilmastopopimus (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) ja sen alaiset Kioton pöytäkirja ja Pariisin sopimus sekä EU:n kasvihuonekaasupäästöjen seurantajärjestelmä velvoittavat seuraamaan ja raportoimaan kasvihuonekaasujen päästömääriä vuosittain. Tilastokeskus toimii Suomen puolesta kansallisena vastuutahona. Maankäyttösektorin raportoinnista vastaa Luonnonvarakeskus (Luke). Vuonna 2021 maankäyttö- ja metsätaloussektori (Land Use, Land Use Change, and Forestry, LULUCF) on ollut ensimmäistä kertaa mitaushistorian aikana päästölähde (Hakana ym. 2023). Metsämaahan luetaan kaikki, myös luonnonsuojelualueilla sijaitsevat metsät. Sen sijaan luonnontilaiset suot jätetään inventaation ulkopuolelle.

EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 55 % vuoteen 2030 mennessä.

Nykyinen Suomen ilmastolaki 423/2022 tuli voimaan heinäkuussa 2022. Lakiin on kirjattu päästövähennystavoitteet vuosille 2030, 2040, 2050, sekä hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä. Ilmastopaneeli määrittelee hiilineutraalisuuden tilaksi, jossa ihmistoiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen nettopäästöt hiilidioksidiekvivalentteina ovat nolla määrättyllä ajanjaksolla (Seppälä ym. 2014). Valtioneuvoston selvityksessä (Hilden ym. 2021) ihmistoiminnan aiheuttamilla päästöillä tarkoitetaan YK:n päästöinventaariorissa seurattavia päästöjä ja poistu-

mia LULUCF-sektori mukaan lukien. Euroopan unionin ilmastolaki tuli voimaan 2021. EU:n parlamentti hyväksyi tavoitteeksi hiilineutraalisuuden saavuttamisen vuoteen 2050 mennessä. Lisäksi EU on sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 55 % vuoteen 2030 mennessä (ns. fit-for-fifty-five-valmiuspaketti). Nykyisenkin EU:n LULUCF-asetuksen (2018) mukaan maankäyttösektorin tulisi olla hiilineutraali. Lisäksi 55 % -valmiuspakettiin kuuluu hiilinielujen voimakas kasvattaminen.

Voisiko kompensatiolla välttää kalliin laskun?

Luonnonvarakeskus on selvittänyt mitä merkitsee Suomelle LULUCF-sektorin velvoitteiden toteutuminen (Haakana ym. 2023). Mikäli Suomen LULUCF-sektori ei pääse hiilineutraalisuustavoitteeseen, Suomi joutuu ostamaan hiilinieluyksiköitä muilta EU-mailta tai vähentämään päästöjä suunniteltua enemmän päästökaupan ulkopuoliselta ns. taakanjakosektorilta (esim. liikenne, asuminen, rakentaminen, jätehuolto). Pahimmassa tapauksessa tavoitteista lipsumisesta voi koitua Suomelle miljardiluokan lasku.

Entä jos metsänomistaja saisi korvauksen hiilen sidonnasta?

Laineen ym. (2021) mukaan kompensatiomarkkinat ovat aiemmin keskittyneet lähinnä päästöjen välttämiseen ja vähentämiseen, eivät niinkään maankäyttösektorin toimiin kuten nielujen kasvattamiseen. Säädellyllä markkinalla tarkoitetaan esimerkiksi edellä mainittuja kansallisia kasvihuonekaasuinventaarioita YK:n ilmastopopimuksen periaatteiden mukaisesti, tai päästökauppajärjestelmien alaisten yritysten käyttämiä kompensatioita päästökaupan velvoitteiden täyttämiseksi. Nämä hiilensidontayksiköt käsitetään yleensä olevan vapaaehtoisen kompensatiion ulkopuolella. Vapaaehtoismarkkinoilla yritykset, yhteisöt ja kuluttajat kompensoivat päästöjään vapaaehtoisesti esimerkiksi saavuttaakseen asettamansa hiilineutraalisuustavoitteen (Laine ym. 2021, Laineen ym. 2022, Laine ym. 2023).

Aiemmin kompensatiopalvelun katsottiin olevan vastikkeetonta rahankeräyslain alaista toimintaa. Rahankeräyslain muutoksen (Finlex 945/2021) myötä lain soveltamisalaan ei kuulu palvelu, jolla kasvihuonekaasupäästöjä kompensoidaan siten, että todenne-tulla ja lasketulla tavalla vähennetään tai poistetaan kasvihuonekaasuja ilmakehästä tai vältetään niiden pääsemistä ilmakehään. Tämä mahdollistaa kvantitatiiviseen analyysiin perustuvan kasvihuonekaasukompensaatioliiketoiminnan. Vapaaehtoiset markkinat ovat kuitenkin suhteellisen marginaalisia valtakunnan kokonaishiilitaseeseen nähden.

Kannattaisiko hiilimarkkinoita muuttaa?

Voisiko ratkaisu olla hiilimarkkinoiden laajentaminen hiilinieluihin? Hiilimarkkinat perustuvat osakepörssin kaltaiselle järjestelmälle, jossa hinta muodostuu huutokaupassa. Jos hiilimarkkinoiden synnyttämät nielujen lisäystoimet toteutuvat Suomessa, ne voivat auttaa Suomea saavuttamaan LULUCF-sektorin velvoitteet (Hilden ym. 2021). Entä jos metsänomistaja saisi korvauksen hiilen sidonnasta? VTT:n 2019–2022 johtamassa tutkimuksessa selvitettiin teoreettisella mallilla hiilinielujen ja bioperäisen hiilidioksidin hinnoittelun vaikutusta metsätalouteen ja nykyistä hiilitehokkaampi-en ratkaisujen kannattavuuteen (Raitila ja Arasto 2023). Jos metsänomistajat saisivat päästöoikeusmaksua vastaavan hyvityksen puuston kasvusta, nykyisillä päästöoikeushinnoilla metsästä saatavat tulot kaksin- tai jopa kolminkertaistuisivat. Toisaalta, mikäli hiilidioksidin vapauttajat, metsä- ja energiateollisuus, joutuisivat maksamaan vastaavan summan aiheuttamistaan päästöistä, järjestely käytännössä romahduttaisi metsäteollisuuden kannattavuuden.

EU:n biodiversiteettistrategian ja valmisteilla olevan ennallistamisasetuksen tavoitteena on pysäyttää luontokato ja kääntää luonnon monimuotoisuuden kehitys myönteiseksi vuoteen 2030 mennessä. Luonnonvarakeskuksen mukaan luontotyyppien ennallistamistavoite tarkoittaa noin 2–6 miljoonan hehtaarin ennallistamista ja 13–19 miljardin euron kumulatiivisia toimenpidekustannuksia vuoteen 2050 mennessä (Räsänen ym. 2023).

Ilmansuojelun kannalta ei ole merkitystä, millä toimenpiteillä hiilidioksidimolekyyli on saatu sidottua pois ilmakehästä.

Vapaaehtoinen kompensatio ja omaehtoinen luontotyyppien suojelu ei riitä mittaluokaltaan valtavien ohjelmien toteuttamiseksi. Tarvitaan myös muita poliittisia ja taloudellisia kannusteita luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi ja kansallisten hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi. Monimuotoinen luonto sitoo hiiltä tehokkaasti käyttäen ravinnevarannot maksimaalisesti hyödyksi. Kasvihuonekaasujen pitoisuudella ilmakehässä on todettu olevan yhteys ilmaston lämpenemiseen. Ilmansuojelun kannalta merkitystä sinänsä ei ole millä toimenpiteillä hiilidioksidimolekyyli on saatu sidottua pois ilmakehästä. Ilmastomuutoksen hillinnässä kasvihuonekaasujen sitominen maaperään ja kasvillisuuteen on kuitenkin kustannustehokas keino.

Lähteet:

- AR6. Synthesis Report. Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO, UNEP, 2023.
- Haakana M., Haikarainen S., Henttonen H.M., Hirvelä H., Hynynen J., Launianen S., Mehtätalo L., Miettinen A., Mutanen A., Mäkinen H., Korhonen K.T., Ollila P., Pitkänen J., Rätty M., Salminen H., Tikkasalo O-P, Tuomainen T., Viitanen J. ja Vikfors S., 2023. Suomen LULUCF-sektorin 2021–2025 velvoitteen toteutuminen. Luonnonvarakeskus (Luke).
- Hildén M., Auvinen K., Berninger K., Björklund M., Ekholm T., Ekroos A., Huttunen S., Hyytiäinen K., Kokko K., Lähteenmäki-Uutela A., Mehling M., Perrels A., Seppälä J., Soimakallio S., Tikkakoski P., Toivonen E., Tynkkynen O., 2021. Mahdollisuudet vahvistaa ilmastolakia uusilla keinoilla. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:5. Valtioneuvoston kanslia.
- Laine A., Auer J., Halonen M., Horne P., Karikallio H., Kilpinen S., Korhonen O., Airaksinen J., Valonen M., Saario M., 2021. Esiselvitys maankäyttösektorin hiilikompensaatiohankkeista. Gaia Consulting Oy ja Pellervon taloustutkimus PTT ry. Maa- ja metsätalousministeriö, Hiilestä kiinni -ohjelma.
- Laine A., Ahonen H-M., Pakkala A., Laineen J., Kulovesi K., Mäntylä I., 2023. Opa vapaaehtoisien hiilimarkkinoiden hyviin käytäntöihin - Vapaaehtoisten ilmastotekojen edistäminen ilmastotyköillä. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:3.
- Laineen J., Ahonen H-M., Laine A., Kulovesi K., 2022. Selvitys – Vapaaehtoisin päästökompensatioihin liittyvät erityiskysymykset, 16.9.2022. Ympäristöministeriö.
- NASA 2023. <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasa-space-mission-takes-stock-of-carbon-dioxide-emissions-by-countries> [22.3.2023].
- Raitila J. ja Arasto A., 2023. VTT:n selvitys: Mitä jos metsänomistajat saisivat korvauksen hiilen sidonnasta? VTT lehdistötiedote 11.1.2023. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/vtn-selvitys-mita-jos-metsanomistajat-saisivat-korvauksen-hiilen-sidonnasta>
- Räsänen A., Kekkonen H., Lehtonen H., Miettinen A., Wejberg H., Kareksela S., Tzemi D., Aro L., Kuningas S., Louhi P. ja Ruuhijärvi J., 2023. Euroopan unionin ennallistamisasetusehdotuksen luontotyyppi- ja turvemaatavoitteiden vaikutukset Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 1/2023. Luonnonvarakeskus, Helsinki 2023.
- Seppälä J., Alestalo M., Ekholm T., Kulmala M., Soimakallio S., 2014. Hiilineutraalisuuden tavoittelu – mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneeli 2014.



KUVA: SAMI KULOVUORI

Hiekannostoa Snowekin Trobially, huhtikuussa 2018 Kuopiossa.

KATUPÖLYHANKKEET KANTAVAT HEDELMÄÄ – Tulosten koonti tuo edistyksen esiin!

Katupölyn haasteet ratkaistaan paikallisesti oikea-aikaisilla ja oikein mitoitetuilla toimenpiteillä. Pölyn torjunta on kehittynyt huomattavasti viime vuosina useiden tutkimushankkeiden tuloksia yhteen vetämällä ja niistä oppimalla. Tässä artikkelissa luodaan katsaus katupölyhankkeiden lähimenneisyyteen ja nykytilaan.

Sami Kulovuori, projektipäällikkö, Metropolia AMK

Katupöly ei muodostu ongelmaksi kaikkialla, mutta voi aiheuttaa terveys- ja viihtyvyyshaittoja erityisesti kaupungeissa ja vilkasliikenteisissä kohteissa, joissa ihmiset altistuvat katupölylle eniten. Hankalaksi katupölytilanne kehittyi usein ympäristöissä, joissa katupöly ei pääse laimenemaan ympäröivään ilmaan, kuten katukuiluissa. Ajallisesti katupöly nousee haasteeksi erityisesti keväisin, jolloin se muodostaa merkittävän osan hengitettävien hiukkasten (PM_{10} -kokoluokan, eli halkaisijaltaan alle $10\ \mu m$:n hiukkasten) pitoisuuksista. Katupölyä on usein ilmassa kuivalla säällä myös syksyisin nastarengaskauden alettua sekä ajanjaksoina, jolloin päästöt jäävät pitkäksi aikaa ihmisten hengityskorkeudelle (esimerkiksi keväiset inversiot, kun ilmakehän sekoittumiskorkeus on matalalla). Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Metropolia ammattikorkeakoulun toteuttaman Katupölyn lähteet, päästövähennyskeinot ja ilmanlaatuvaikutukset (KALPA3) -hankkeen loppuraportissa esitetyn arvion mukaan katupölypäästöt muodostivat 34 % PM_{10} -hiukkasten ja 5,5 % $PM_{2,5}$ -pienhiukkasten kaikkien lähteiden kokonaispäästöistä Suomessa vuonna 2015 (Ritola ym., 2021).

Katupölyä syntyy ja poistuu monenlaisten prosessien tuloksena

Katupölyä muodostuu liikenteessä monenlaisissa prosesseissa. Erityisesti talvikaudella pohjoisissa liikenneolosuhteissa tarvittava liukkaudentorjunta, kuten hiekan, sepelin, suolan tai näiden yhdistelmien käyttö, lisää pölyävää materiaalia katuymäristössä. Ajoneuvojen ja tien pinnan välistä kitkaa lisäävät myös erilaisilla talvirengasratkaisilla, jotka voivat lisätä pölyn syntyä muun muassa tien pinnan kuluman kautta. Erityisesti nastarenkaiden on osoitettu kuluttavan tien päällystettä ja lisäävän pölykuormaa merkittävästi. Jossain määrin hengitettäviä hiukkasia syntyy myös ajoneuvon osien, kuten renkaiden ja jarrujen, kulumaprosesseissa. Arvioita eri lähteiden osuuksista on raportoitu esimerkiksi keväällä 2021 ilmestyneessä KALPA3-hankkeen loppuraportissa.

Pöly poistuu katuymäristöstä luonnollisesti sadeiden, ilmavirtojen ja liikenteen puhdistuessa pintoja, mutta usein pölyn määrää pyritään vähentämään erilaisilla kunnossapitotoimilla. Auraaminen ja lumikuormien poiskuljettaminen poistavat katuymäristöstä lumeen sitoutunutta pölyä. Erilaiset harjat ja keräimet keräävät kadun pinnalta erityisesti karkeaa materiaalia, mutta hienojakoisemman pölyn poistaminen vaatii usein tehokkaampia pesumenetelmiä.

Parhaita torjuntakäytäntöjä on selvitetty pitkäjänteisesti

Katupölypäästöjä, niihin vaikuttavia tekijöitä ja eri katupölylähteiden ilmanlaatuvaikutuksia on viime vuosina tutkittu Suomessa KAPU- (Katupölyn päästöt ja torjunta, 2006–2009), REDUST- (2011–2014) ja KALPA-

(2015–2020) hankkeissa sekä NASTA-tutkimusohjelman (2011–2013) ilmanlaatuosiossa. Näitä seurannut kansallinen KATOA-hanke (Katujen ja teiden pölyhaitat: monitorointi, hallinta ja päästövähennyskeinojen tehokkuuksien arviointi) alkoi pääkaupunkiseudulla ja Kuopiossa vuonna 2021. Kansallisten hankkeiden lisäksi tutkimusyhteistyötä on tehty muiden pohjoismaiden tutkimuslaitosten kanssa esimerkiksi NORTrip-mallin (Non-exhaust Road Traffic Induced Particle emissions) kehityksen tiimoilta eri hankkeissa (NORTrip 1–2 sekä NorDust 1–2).

KAPU-hankkeissa mukana olleissa kaupungeissa otettiin käyttöön talvikunnossapidon ja kevätpuhdistuksen seurantajärjestelmä, jota käytettiin arvioitaessa toimenpiteiden vaikuttavuutta kadun pölyämiseen. Hankkeessa tutkittiin myös puhdistuskaluston poistotilan pölypitoisuutta, rakennustyömaiden pölyvaikutusta, kadun tehostettua pesua, pesuaineen käyttöä ja hiekoituksesta luopumista. Jo KAPU-hankkeessa tehtiin useita havaintoja, joita vahvistavat samansuuntaiset havainnot myös KAPU:a seuranneissa tutkimushankkeissa.

Hankkeen puhdistuskalustotesteissä havaittiin PIMU-kaluston olevan tehokkain tapa poistaa katupölyä katuymäristöstä. Kehittyneillä suodatintekniikoilla pystyttiin vähentämään hengitettävää pölyä tehokkaasti myös laitteiston ulostuloilmasta. Suolaliuoksen levitys (pölynsidonta) todettiin olevan hyvä tapa ennaltaehkäistä katupölyn nousemistä ilmaan. Hiekoitus- ja suolauskertojen lukumäärän sekä päästötasojen vertailu osoitti, että hiekoitusmäärien kasvaessa pölypäästöt nousevat. Kadunvarren lumessa havaittiin 15–20 kertaisia kiintoainespitoisuuksia verrattuna kaupunkialueiden koskemattomaan lumeen. Näin ollen lumen poiskuljetuksella voidaan saavuttaa hyötyjä katupölyongelman kannalta. Hiekoituksen ohella nastarenkaiden aiheuttaman tiekuluman arvioitiin lisäävän katupölypäästöä kaupunkialueilla. KAPU-hankkeiden aikana nastarenkaiden käyttöaste oli noin 90 %.

REDUST-hankkeessa tavoitteena oli löytää parhaat käytännöt liukkauden, pölynpoiston ja katupuhdistuksen osalta ja nopeuttaa niiden käyttöönottoa. Tutkimuksen perusteella tehostetuilla pesu- ja pölynsidontatoimenpiteillä on mahdollista vähentää PM_{10} -pitoisuuksia jopa 25 % katupölykaudella korkean liikennemäärän kohteissa. Uusien nastarenkaiden pölypäästöt todettiin korkeiksi verrattuna nastattomiin talvirenkaisiin puhtailla teillä. Mittaustulokset tukivat hypoteesia, jossa nastarenkaiden käyttöasteen vähentäminen vähentäisi päällysteen kulumisesta peräisin olevaa katupölyä. Hiekoituksen havaittiin lisäävän pölypäästöjä, varsinkin jos hiekoituksessa käytetyn materiaalin laatu ei ollut optimaalinen (kulutuskestävä kiiviaines). Märkäseulotun materiaalin havaittiin aiheuttavan vähemmän lyhytaikaisia päästöjä verrattuna kuivaseulotun materiaaliin. PIMU-kalusto havaittiin tehokkaimmaksi puhdistustekniikaksi, varsinkin kaduilla, joissa pölyä oli paljon.



KUVA: SAMI KULOVUORI

Nuuskija-auton katupöly mittauksissa käytettäviä näytteenottolinjoja ja mittalaitteita.

NASTA-tutkimusohjelmassa oli tarkoitus selvittää monipuolisesti, mitä vaikutuksia nastarenkaiden käytön vähentämisellä olisi ilmanlaatuun, terveyteen sekä liikenneturvallisuuteen. Tutkimuksen keskeisinä tuloksina havaittiin muun muassa, että vähentämällä nastarenkaiden ajoneuvojen osuutta pääkaupunkiseudulla katupöly vähenisi ja siten kaupunki-ilmanlaatu paranisi merkittävästi varsinkin kevätkaudella. Hankkeessa selvitettiin katupölyn lähteitä keräämällä ilma- ja resuspensionäytteitä Pohjois-Helsingissä 2011–2012 -talvena sekä keväällä 2021. Näyteanalyysissä selvisi että 40–50 % kevätkauden katupölystä koostuu tienpäällysteen kiviaineksesta, joka on seurausta nastarenkaiden aiheuttamasta tienpinnan kulumasta. Hiekoitusmateriaalin

osuus koostumuksesta oli neljännes ja loppu neljännes koostui tiesuolasta, ajoneuvojen renkaista ja jarruista, sekä ympäristöstä peräisin olevasta pölystä.

KALPA-vuosina 2015–2020 nastarenkaiden käyttöaste Helsingissä oli vähentynyt noin 70 %:iin. Hankkeessa toteutetun mallinnuksen tuloksena havaittiin, että laskeamalla nastarenkaiden vuotuista käyttöastetta 10 % nykyisestä, vuotuinen PM_{10} -pitoisuus voisi laskea paikallisesti noin 7 %. Vastaavasti 30 % nastarenkaiden käytöasteen laskulla olisi mallinnuksen mukaan mahdollista saavuttaa noin 31 % vähennys vuosittaiseen PM_{10} :n keskiarvopitoisuuteen paikallisesti. Mallilla arvioitiin myös, että vuosina 2015–2019 Mäkeläkadulla Helsingissä 39 % paikallisista liikenteeseen liittyvistä PM_{10} -pitoisuuksista oli peräsin ei-pakokaasuperäisistä lähteistä.

Hankkeessa selvitettiin myös eri kaupungeista kerättyjen hiekoitusmateriaalien PM_{10} -pitoisuuksia: kuiva-seulottu kalliomurske sisälsi noin kolme kertaa enemmän PM_{10} -kokoluokan hiukkasia verrattuna märkäseulottuun saman kokoluokan materiaaliin. Modernit PIMU-laitteistot ja niihin liitettävät lisäosat (mm. takapeupalkki) havaittiin edelleen tehokkaiksi keinoiksi poistaa pölykuormaa tienpinnalta. Suuret rakennustyömaat osoittautuivat merkittäväksi paikalliseksi PM_{10} -katupölyn lähteeksi ympärivuoden.

Tietopankista voi poimia parhaat torjuntakeinot

Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE) on koottu vuosina 2020–2021 ympäristöministeriön rahoittaman PÖLYBAT-hankkeen puitteissa tietopankkia tutkitusti parhaista keinoista katupölyn torjunnassa. Kerätyt keinot pohjautuvat pääasiallisesti pääkaupunkiseudulla tehtyihin katupölytutkimuksiin, mutta esitetyt keinot ovat sovellettavissa myös erikokoisiin ja erilaisiin kuntiin, jotka etsivät toimivia keinoja katupölyn torjuntaan. Keinot on koottu internettiin ratkaisukorteiksi, jotka on pyritty laatimaan siten, että parhaista käytännöistä olisi mahdollista valita sopivimmat toimenpiteet erilaisiin käyttökohteisiin. Ratkaisukorttien lisäksi sivustolle on koottu tietoa parhaiden käytäntöjen huomioimisesta kilpailutuksessa sekä urakoitsijoiden valinnassa.



KUVA: SAMI KULOVUORI

Modernia imulakaisulaitteistoa (Brock ja BEAM) KALPA 3 -hankkeessa toteutetussa testissä kesällä 2019, Vantaalla.

Lähteet:

KAPU-hanke: <https://www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-13-09.pdf>

KATOA-hanke: https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/KATOA

KALPA-hanke: https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmasto/tiedostot/final-kalpa2_loppuraportti.pdf

NASTA-tutkimusohjelma: <https://nastatutkimus.kotisivukone.com>

NORDUST: <http://www.nordfou.org/Documents/NorDUST/NorDust%20Final%20report.pdf>

NORTRIP: <https://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:674122/FULLTEXT01.pdf>

Modelling street dust in the Helsinki metropolitan area: https://www.hsy.fi/globalassets/ilmanlaatu-ja-ilmasto/tiedostot/10_2016-modelling-street-dust-in-hma.pdf

PÖLYBAT-hanke ja ratkaisukortit: https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/PolyBAT_Katupolyntorjunnan_parhaat_kaytannot_kayttoon

REDUST-hanke: <https://www.ymk-projektit.fi/redust/>

Ritola ym. (2021). KALPA3-loppuraportti <http://hdl.handle.net/10138/329698>

Road dust and PM10 in the Nordic countries: Measures to Reduce Road Dust Emissions from Traffic: <http://dx.doi.org/10.6027/ANP2016-790>

Suomen ympäristökeskus katupölytutkimus: https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Katupolytutkimus



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 tuulivoimapotentiaalin määrittäminen
- Tuulivoiman tuuliennusteet
- Aurinkoenergian tuotantopotentiaali ja ennusteet
- Kansainväliset hankkeet ja tutkimushankkeet

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



Kuva: Laura Karlin

Kansallisen ilmansuojeluohjelman
2030 ensimmäinen päivitys:

SUOMI SAAVUTTI PÄÄSTÖVÄHENNYS- VELVOITTEET

Katja Ohtonen, erityisasiantuntija, ympäristöministeriö



Vuonna 2019 laadittuun Kansalliseen ilmansuojeluohjelmaan 2030 on juuri tehty ensimmäinen päivitys. Ilmansuojeluohjelmalla tähdätään ilmansaasteiden, kuten pienhiukkasten ja typpidioksidin, päästöjen vähentämiseen ja haittojen ehkäisemiseen. Suomi on saavuttanut ilmansaasteiden päästövähennysvelvoitteet ja näin arvioidaan tapahtuvan myös jatkossa, joten ilmansuojeluohjelman päivityksessä ei esitetä uusia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi.

Ilman epäpuhtauksien pitoisuudet ovat Suomessa matalia moniin eurooppalaisiin kaupunkeihin verrattuna. Viime vuosikymmenten aikana niin päästöt kuin pitoisuudetkin ovat pääosin laskeneet. Ilmansuojelutilanne on siis kokonaisuutena hyvä, mutta ilmansaasteista aiheutuu edelleen terveys- ja ympäristöhaittoja Suomessa. Ilmansuojeluohjelma on oleellinen näiden haittojen torjunnassa.

EU:n päästökattodirektiivin (2016/2284) mukaisesti Suomi laati vuonna 2019 Kansallisen ilmansuojeluohjelman 2030. Ilmansuojeluohjelma sisältää ne toimet, joilla direktiivissä säädetty rikkidioksidin, typenoksidien, haihtuvien orgaanisten yhdisteiden, pienhiukkasten ja ammoniakkin päästövähennysvelvoitteet saavutetaan. Päästökattodirektiivi velvoittaa jäsenmaat päivittämään ilmansuojeluohjelman vähintään neljän vuoden välein, minkä vuoksi nyt on tehty ensimmäinen päivitys. Päästöinventaarit, päästöskenaarit, ilmanlaatutiedot sekä tiedot kansallisesta politiikkakehyksestä, vastuunjaosta ja ekosysteemiseurannasta on päivitetty.

Valtioneuvoston yleisistunto hyväksyi maaliskuun alussa ohjelman päivityksen, ja se on julkaistu ympäristöministeriön julkaisusarjassa suomeksi (2023:8), ruotsiksi (2023:10) ja englanniksi (2023:13). Tässä artikkelissa on esitelty lyhyesti keskeiset kokonaisuudet ilmansuojeluohjelman päivityksen sisällöstä.

Ilmansuojeluohjelman toteutuksen edistyminen

Ilmansuojeluohjelman laadinnan yhteydessä vuonna 2019 arvioitiin, että päästökattodirektiivin mukaiset päästövähennysvelvoitteet saavutetaan. Tästä syystä ilmansuojeluohjelmaan ei sisällytetty sitovia, täydentäviä toimintamalleja tai toimenpiteitä (Policies and Measures, PaMs) päästöjen vähentämiseksi. Ilmansaasteista arvioitiin kuitenkin edelleen aiheutuvan terveys- ja ympäristöhaittoja. Tästä syystä ilmansuojeluohjelman lukuun 6 koottiin lisätoimenpiteitä ilmanlaadun edelleen parantamiseksi. Lisätoimenpiteitä on erityisesti liikenteen pakokaasupäästöjen ja

NÄIN ILMANSUOJELUOHJELMAN TAVOITTEITA ON EDISTETTY:

- KIUAS2-hankeessa kehitettiin testaus- ja mittausmenetelmä sekä määritettiin kriteerit puukiukaiden päästöjen määrittämiseen.
- Laadittiin ohje ”Puun pienpolton savuhaittatapausten käsittely – ohje viranomaisille”.
- Laadittiin ohje ”Suositukset rakentamisen ohjauksen keinoiksi puunpolton savuhaittojen ehkäisemiseksi”.
- Laadittiin suositukset urakkasopimuksien ja yhteistyön kehittämiseksi katupölylle altistumisen vähentämisen näkökulmasta.
- Liukkaudentorjunnan, pölyntorjunnan sekä hiekan- ja pölynpoiston parhaista käytännöistä koottiin kattava nettisivusto.
- Sähkö- ja kaasupakettiautojen, sähkö- ja kaasukuorma-autojen ja täyssähköautojen hankintaan sekä latausinfrastruktuurin rakentamiseen osoitettiin kansallista rahoitusta.
- Romutuspalkkiokampanjalla edistettiin vanhoista autoista luopumista.
- Kulutus- ja päästötietojen esittämisestä henkilöautoja ostettaessa annettiin viranomaisohje.
- Uusi ”Ilmansuojelun parhaat käytännöt” -sivusto ideoitiin ja toteutettiin. Sivustolle on koottu vinkkejä ja tietoa ilmansuojelun edistämisestä suunnattuina eri kohderyhmille kuten kansalaisille ja kunnille.
- Suomen kaikista ilmansaastepäästöistä (mm. NO_x, PM_{2,5}, PM₁₀, metallit, NMVOC) julkaistiin karttapohjainen hakupalvelu.

	SO ₂	NO _x	NM VOC	NH ₃	PM _{2,5}
Vähennysvelvoite 2020-2029	30	35	35	20	30
Toteutunut vähenemä vuonna 2020	67	52	47	21	46

Taulukko 1. Kansalliset päästövähennysvelvoitteet (%) ja toteutuneet vähenemät (%). Molemmat on laskettu verrattuna perusvuoteen 2005.

	SO ₂	NO _x	NM VOC	NH ₃	PM _{2,5}
Korkein sallittu päästötaso 2020-2029	49	129	85	31	18
Toteutunut päästö 2020	23	96	69	31	14

*Laskentamenetelmien kehittyessä uudet raportit saattavat tuoda muutoksia myös menneiden vuosien päästöarvioihin (ml. perusvuosi 2005), minkä vuoksi päästöille ei aseteta tonnimääräisiä kattoja. Tähän taulukkoon tonnit on laskettu näkyviin asian havainnollistamiseksi. Taulukon luvut perustuvat vuoden 2022 raportointiin (Suomen ympäristökeskus 2022).

Taulukko 2. Vähennysvelvoitteen mukaiset päästötasot* (kt/a), jotka tulee alittaa vuonna 2020, sekä toteutuneet päästöt.

katupölyn vähentämiseksi, puun pienpolton päästöjen vähentämiseksi sekä ilmansuojelun huomioon ottamiseksi muiden sektoreiden suunnittelussa ja päätöksenteossa. Lisäksi ilmansuojeluohjelmaan sisällytettiin yleisiä ilmansuojelun kehittämistä ja viestintää koskevia lisätoimenpiteitä.

Ilmansuojeluohjelman toteutus on käynnissä suunnitellusti ja organisoidusti, ja toteutumista seurataan järjestelmällisesti. Toimeenpano-organisaatio koostuu toimeenpanoverkosta ja sen perustamista neljästä teemaryhmästä: Pienpoltto, Katupöly, Liikenne ja työkoneet sekä Maatalous. Toimeenpanoverkossa ja teemaryhmissä on yhteensä yli 70 asiantuntijajäsentä eri sidosryhmistä, kuten ministeriöistä, asiantuntijalaitoksista, viranomaisista, virastoista, kunnista ja kuntayhtymistä.

Ilmansuojeluohjelmassa ei ole ammoniakkipäästöjen vähentämistoimia, vaan ne on sisällytetty erilliseen maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämisohjelmaan. Toimenpiteiden toteutumista ja ammoniakkipäästöjen kehittymistä kuitenkin seurataan ilmansuojeluohjelman seurantamenetelmin ja organisaatiolla. Ammoniakkipäästöjen vähentämistä on edistetty muun muassa tukemalla lannan sijoituslevitystä, myöntämällä investointitukia lantaloiden kattamiseen ja muihin päästöjä vähentäviin investointeihin, tukemalla ravinteiden tasapainoista käyttöä sekä kehittämällä ja lisäämällä neuvontaa.

Päästöinventariot

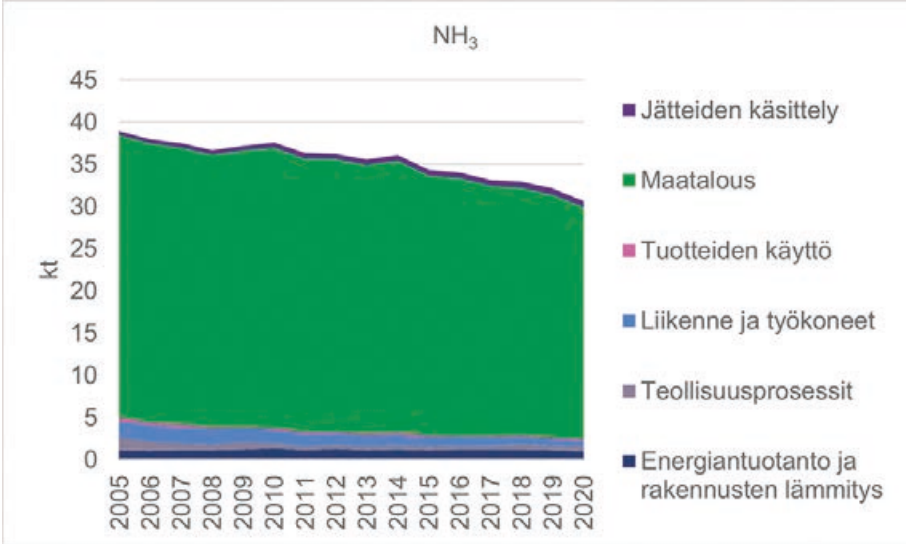
Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty päästövähennysvelvoitteet perusvuoteen 2005 verrattuna sekä toteutuneet päästövähennemät. Taulukosta 1 nähdään, että Suo-

mi saavutti kaikkien päästökattodirektiivin mukaisen ilmansaasteiden päästövähennysvelvoitteet vuonna 2020. Kuvassa 1 on esitetty ammoniakkin ja kuvassa 2 pienhiukkasten päästöjen kehitykset päästösektoreittain vuodesta 2005 vuoteen 2020.

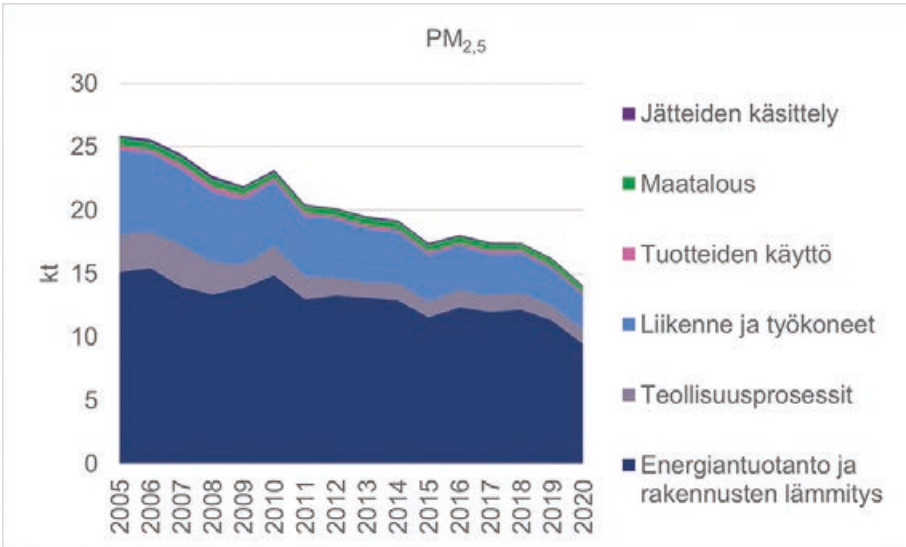
Suurin osa ilmansaasteiden päästöistä tulee polttoaineiden poltosta, mutta päästöjä syntyy myös haihtumalla ja esimerkiksi mekaanisen hankauksen seurauksena. Päästöjen kehitykseen vaikuttavat käytössä oleva teknologia, erilliset vähennystoimenpiteet sekä polttoaineiden käytön, eläinmäärien ja muiden niin sanottujen aktiviteettien muutokset.

Lainsäädännön (erityisesti Euro-päästöluokat) vauhdittama moottoriteknologian kehittyminen on vähentänyt liikenteen ja liikkuvien työkoneiden päästöjä merkittävästi 2000-luvulla, mikä näkyy kokonaiskuvassa erityisesti NO_x-, NMVOC- ja hiukkaspäästöjen kehityksessä. Energiantuotannon ja teollisuuden päästöt ovat vähentyneet myös uusilla puhdistusteknologioilla, joilla on päästy lain velvoittamiin päästötasoihin (mm. teollisuuspäästädirektiivi). SO₂-päästöjen alenemiseen on vaikuttanut teknologian lisäksi erityisesti kivihiilen käytön väheneminen. Puun pienpolton hiukkaspäästöjä ei ole rajoitettu lainsäädännön keinoin ennen vuotta 2020. Koska puulämmityksen määrä on myös ollut kasvussa viime vuosikymmeninä, pienpoltto on noussut merkittävimmäksi pienhiukkasten ja mustan hiilen lähteeksi Suomessa. Pienpolttolaitteissakin teknologia kuitenkin kehitty jatkuvasti ja polttopuun käyttömäärä näyttää tasaantuneen 2010-luvulla, joten myös pienpolton päästöt ovat kääntyneet laskuun.

Maatalouden ammoniakkipäästöt ovat laskeneet



Kuva 1. Suomen ammoniakkipäästöjen kehitys päästölähteittäin.



Kuva 2. Suomen pienhiukkaspäästöjen kehitys päästölähteittäin.

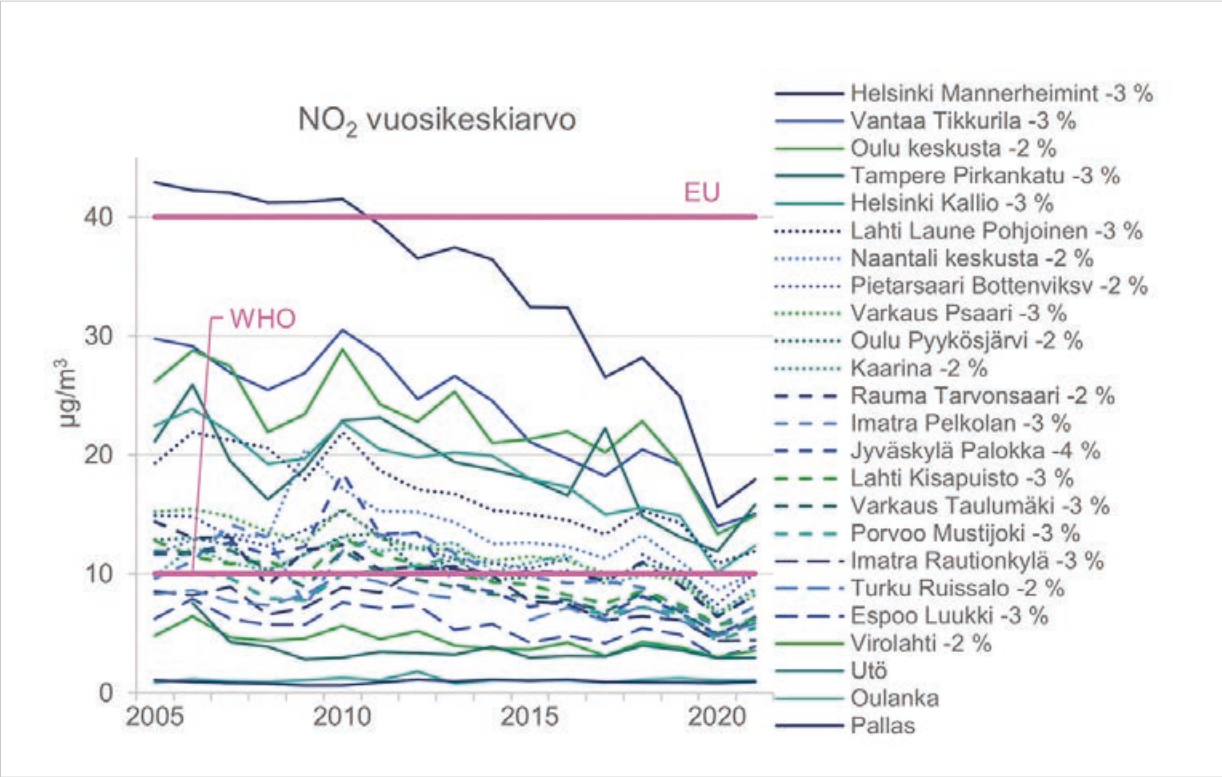
2000-luvulla osittain tuotantoeläinten määrän vähenemisen ja osittain päästöjä vähentävien lannankäsittelyteknologioiden, kuten lietelannan ja virtsan sijoituslevityksen, käytön yleistymisen myötä. Myös yhä useampi lantala on katettu, mikä osaltaan vähentää ammoniakkipäästöjä. Näiden lisäksi päästöihin vaikuttaa eläinten vuoden aikana lantaan erittämän typen määrä, joka riippuu muun muassa eläinaineksesta ja ruokinnasta. Nautojen tuotostason nousu on lisännyt niiden typeneritystä, mikä nostaa hiukan ammoniakkipäästöjä.

Ilmanlaadun parantamisessa saavutettu edistys

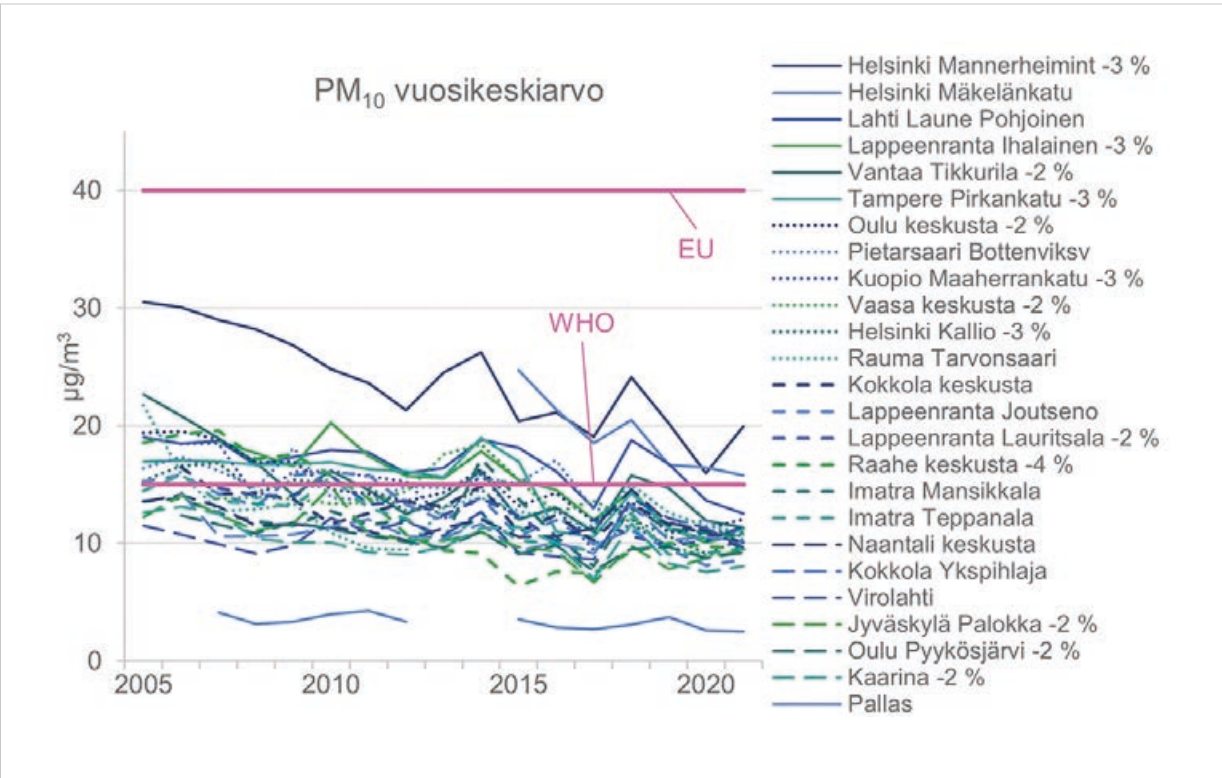
Yleisesti ilmanlaatu on kehittynyt suotuisaan suuntaan. Tieliikenteen pakokaasupäästöjen väheneminen näkyy selvästi kaupunkien typpidioksidi- sekä bentseenipitoisuuksien vähenemisenä. Myös pien-

hiukkasten pitoisuudet koko maassa ovat laskeneet. Rikkidioksidipitoisuudet ovat jatkaneet laskuaan lähelle taustapitoisuutta. Sen sijaan katupölyyn liittyviä kaupunkien PM₁₀-pitoisuuksia ei ole vielä saatu kaikkialla selvään laskuun. Myös puun pienpoltoon liittyvät PAH-yhdisteiden pitoisuudet ovat eräillä tutkituilla pientaloalueilla suhteellisen korkeita, eikä pitoisuuksien ole havaittu olevan laskusuunnassa. Otsonipitoisuuksien muutokset ovat vain vähäisiä tai niitä ei ole ollenkaan.

EU:n ilmanlaadun raja-arvot eivät Suomessa ylity, mutta typpidioksidin, pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ylittävät WHO:n ohjearvot monin paikoin. Otsonin WHO-ohjearvo ylittyy koko maassa. Kuvassa 3 on esitetty typpidioksidin ja kuvassa 4 hengitettävien hiukkasten vuosikeskiarvojen vertailut ilmanlaatuunormeihin eri mittausasemilla vuodesta 2005 vuoteen 2021.



Kuva 3. Typpidioksidin (NO₂) vuosipitoisuuksien vertailu ilmanlaatonormeihin (Direktiivi 2008/50/EY ja WHO 2021) vuosina 2005–2021. Kuviossa aseman nimen perässä oleva prosenttilukema kertoo vuotuisen muutoksen, jos se on tilastollisesti merkitsevä.



Kuva 4. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuosipitoisuuksien vertailu ilmanlaatonormeihin (Direktiivi 2008/50/EY ja WHO 2021) vuosina 2005–2021. Kuviossa aseman nimen perässä oleva prosenttilukema kertoo vuotuisen muutoksen, jos se on tilastollisesti merkitsevä.

	SO ₂	NO _x	NM VOC	NH ₃	PM _{2,5}
Vähennysvelvoite vuodesta 2030 alkaen (%)	34	47	48	20	34
Arvioitu vähenemä vuonna 2030 WEM-skenaariossa (%)	65	60	58	24	57

Taulukko 3. Kansalliset päästövähennysvelvoitteet sekä arvioitu päästövähennemä nykyisillä toimenpiteillä prosentteina (verrattuna perusvuoteen 2005).

	SO ₂	NO _x	NM VOC	NH ₃	PM _{2,5}
Korkeimmat sallitut päästö-tasot vuodesta 2030 alkaen	49	97	70	31	16
Arvioidut päästömäärät 2030	24	80	54	29	11

*Laskentamenetelmien kehittyessä uudet raportit saattavat tuoda muutoksia myös menneiden vuosien päästöarvioihin (ml. perusvuosi 2005), jonka takia päästöille ei aseteta tonnimääräisiä kattoja. Tässä taulukossa vertailutaso perustuu vuoden 2022 raportointiin (Suomen ympäristökeskus, 2022).

Taulukko 4. Vähennysvelvoitteen mukaiset päästötasot* (kt/a) sekä arvioidut päästöt vuonna 2030.

Päästöskenaariot

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty päästövähennysvelvoitteet perusvuoteen 2005 verrattuna sekä arvioidut päästökehitykset vuodelle 2030. Taulukosta 3 nähdään, että Suomen arvioidaan saavuttavat päästövähennysvelvoitteet edelleen vuonna 2030. Kuvassa 5 on esitetty typenoksidien ja kuvassa 6 pienhiukkasten päästöjen ennustettu kehitys vuoteen 2030 saakka. Muutokset polttoaineiden käytössä ja teknologiassa sekä lainsäädännön asettamat tiukemmat päästöraja-arvot ovat päästötasojen alenemisen merkittävimmät syyt. Otsikon ”Päästöinventaarior” alla kuvattujen kehityssuuntien arvioidaan jatkuvan.

Odotettavissa oleva ilmanlaatukehitys

Kansallinen päästöjen väheneminen vaikuttaa edelleen suotuisasti Suomen ilmanlaadun kehittymiseen. EU:n raja-arvot eivät ylitä nykyisinkään, ja jopa WHO:n ohjearvoja voidaan pitää perusteltuina, vaikkakin haastavina tavoitteina. Pienhiukkas- ja otsonipitoisuuksien pienentämiseksi tarvitaan kuitenkin myös eurooppalaista tai jopa koko pohjoisen pallonpuoliskon laajuista päästöjen vähenemistä.

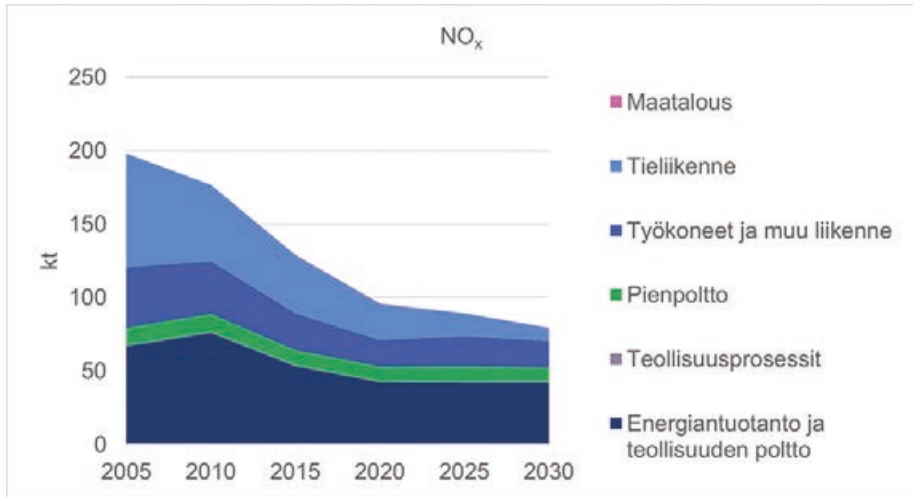
Kansallisin ja paikallisin toimin ratkaistavia paikallisia ongelmia ovat kaupunkien typpidioksidi- ja katupölyongelmat. Typenoksidien päästöjen yhä vähen-

tyessä kaupunkien typpidioksidipitoisuudet laskevat edelleen. Euroopan unionin raja-arvot typpidioksidille alitetaan Suomessa jo selvästi, mutta haastetta jää WHO:n ohjearvojen saavuttamiseen.

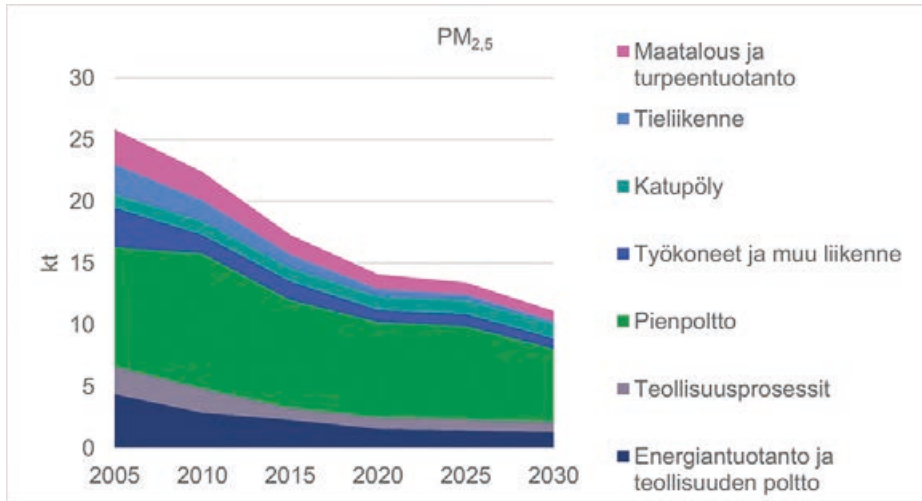
Katupölyn pitoisuuksien suhteen kehitysennuste ei ole aivan yhtä suotuisa. Paikoin on tosin jo saavutettu myönteistä kehitystä eli PM₁₀-pitoisuudet ovat laskeneet, mutta säännönmukaista lasku ei vielä ole. EU:n raja-arvot toki alitetaan koko maassa, mutta jokakeväinen katupölykausi aiheuttaa edelleen korkeita PM₁₀-vuorokausipitoisuuksia. SO₂-pitoisuudet puolestaan ovat jo laskeneet muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta lähes taustapitoisuustasolle. Myös WHO:n ohjearvo alittuu jo nyt.

Suorat hiukkaspäästöt vähenevät, mikä osaltaan alentaa PM_{2,5}-pitoisuuksia. Valtaosa pienhiukkasten massasta on kaukokulkeutuvaa ainesta, jonka määrä riippuu muun Euroopan päästöjen kehityksestä. Pienhiukkaspitoisuudet Suomessa ovat EU:n raja-arvotason alapuolella, mutta WHO:n ohjearvon alapuolelle pääsemiseksi eivät kansalliset toimet riitä.

Otsonipitoisuustasot eivät ole selvästi laskeneet huolimatta tärkeimpien prekursorien (NO_x ja VOC) päästöjen vähenemisestä. Kaupunkien keskustoisissa on havaittu otsonipitoisuuksien nousseen lievästi, koska NO_x-nielu on vähentynyt. Valtaosassa Suomea



Kuva 5. Suomen typenoksidipäästöjen ennustettu kehitys päästölähteittäin.



Kuva 6. Suomen pienhiukkaspäästöjen ennustettu kehitys päästölähteittäin.

kuitenkin vallitsee näille leveysasteille tyypillinen otsonin taustapitoisuus. Tulevan kehityksen ennustamiseen liittyy paljon epävarmuuksia. Varsin selvää kuitenkin on, että nopeita muutoksia ei ole odotettavissa ja että kansallisilla toimilla ei otsonipitoisuutta saada laskemaan.

Arvio uusien toimenpiteiden tarpeellisuudesta

Päästöinventaaritiedot osoittavat, että Suomi saavutti kaikkien päästökattodirektiivin mukaisten ilmaansaasteiden päästövähennysvelvoitteet vuonna 2020. Skenaariolaskelmat osoittavat, että Suomen ennustetaan saavuttavan uudet, tiukemmat päästövähennysvelvoitteet myös vuonna 2030. Tämän vuoksi ilmansuojeluohjelman päivityksessä ei esitetä uusia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi. Vuoden 2019 ilmansuojeluohjelmassa esiteltyjen lisätoimenpiteiden toimeenpanoa jatketaan. Myös erillisen maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämishojelman toimeenpanoa jatketaan.

Lisätietoa:

Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-008-8>
Toimintaohjelma maatalouden ammoniakkipäästöjen vähentämiseksi Suomessa vuosille 2021-2027: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-366-184-4>
Puun pienpolton savuhaittatapausten käsittely – ohje vieranomaisille: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-421-5>
Suositusten rakentamisen ohjauksen keinoiksi puunpolton savuhaittojen ehkäisemiseksi (Keski-Uudenmaan ympäristökeskuksen julkaisu 1/2022): https://www.keskiuudenmaanymparistokeskus.fi/sivu.tpl?sivu_id=7576
Ilmansuojelun parhaat käytännöt -sivusto: <https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/puhdas-ilma/ilmansuojelun-parhaat-kaytannot>

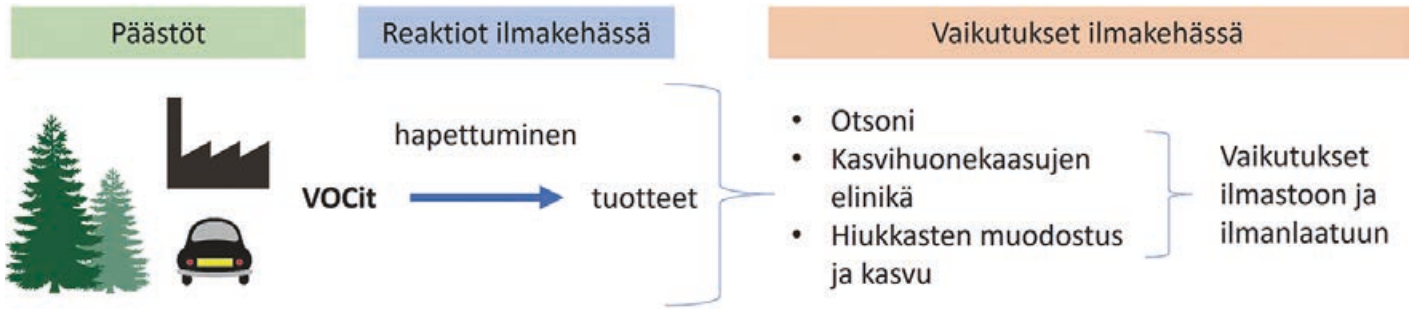
Lähteet:

Kansallisen ilmansuojeluohjelman 2030 ensimmäinen päivitys: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-243-3>

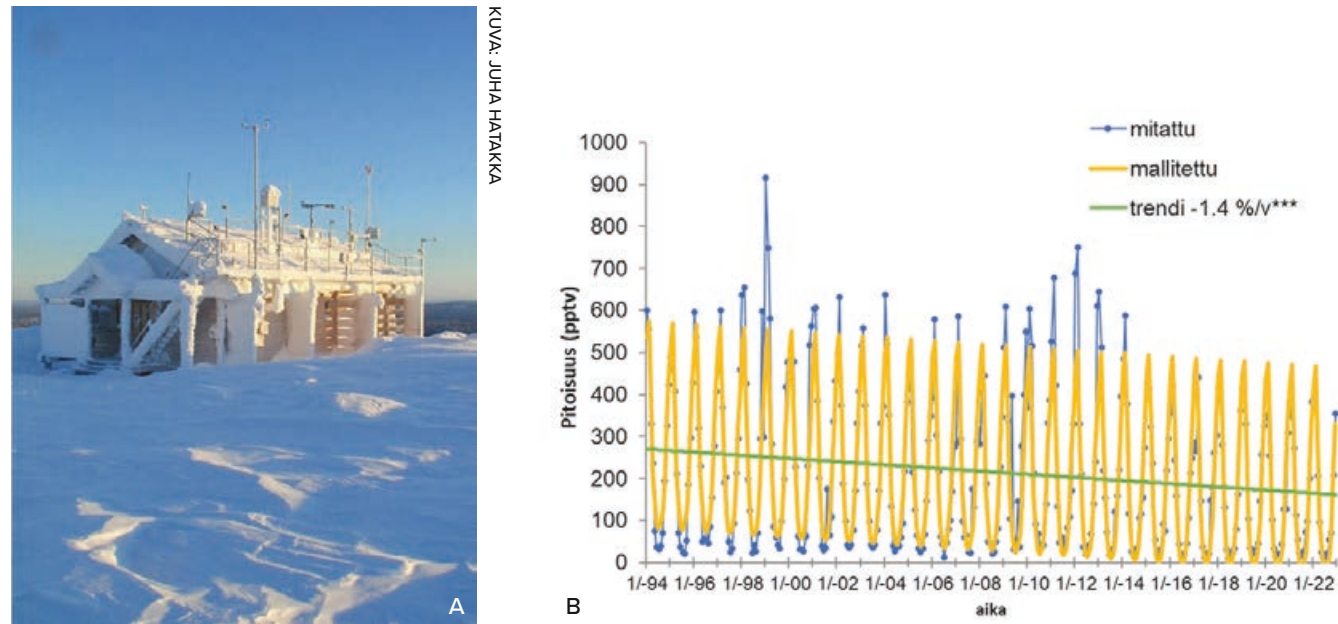
VOC-yhdisteiden maailma avautuu: ILMAKEHÄN HAIHTUVIEN ORGAANISTEN YHDISTEIDEN TUTKIMUS SUOMESSA

Haihtuvilla orgaanisilla yhdisteillä (VOC-yhdisteillä) on merkittäviä vaikutuksia sekä ilmanlaatuun että ilmastoon. VOC-yhdisteitä pääsee ilmaan ihmisen toiminnan seurauksena sekä myös luonnosta itsestään. Suomessa ilman VOC-yhdisteitä on tutkittu 90-luvulta lähtien, koska tietoa yhdisteiden lähteistä ja pitoisuuksista tarvitaan niiden ilmastovaikutusten ymmärtämiseksi.

Hannele Hakola, tutkimusprofessori, Ilmatieteen laitos
Heidi Hellén, ryhmäpäällikkö, erikoistutkija, Ilmatieteen laitos



Kuva 1. VOC-yhdisteiden vaikutukset ilmakehässä.



Kuva 2. A) Pallaksen mittausasema, jossa VOC-yhdisteitä mitataan ja B) butaanipitoisuuksien muutos Pallaksella 1994–2021.

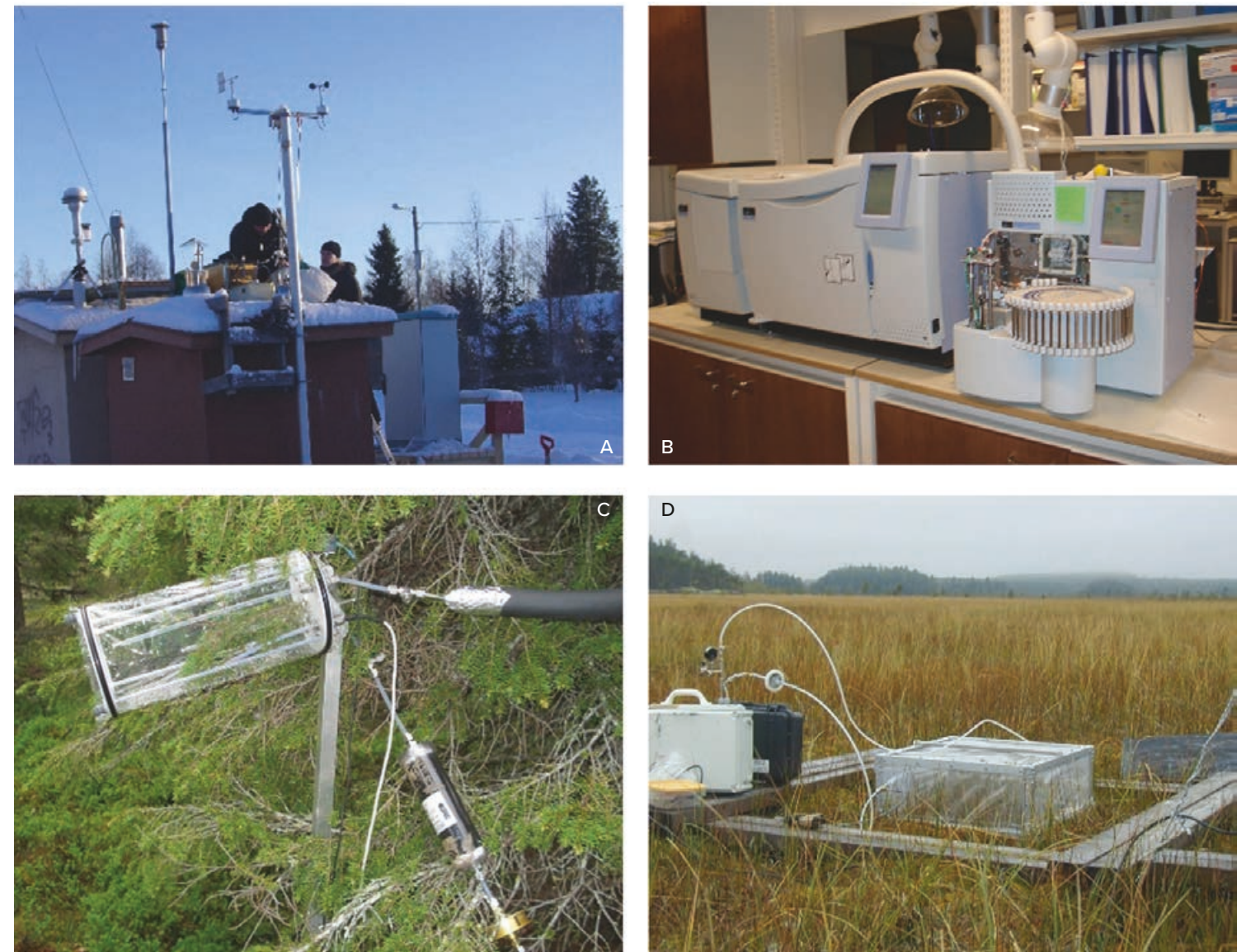
Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (Volatile Organic Compound VOC) on ilmassa kaikkialla ja niiden merkitys ilman koostumukselle ja ilmakemialle on merkittävä. VOC-yhdisteitä pääsee ilmaan ihmisen toiminnasta, muun muassa liikenteestä, liuotinten käytöstä ja palamisesta, mutta myös luonnosta. Osa ihmisen toiminnan seurauksena ilmaan pääsevästä VOC-yhdisteistä on haitallisia (esim. bentseeni), kun taas luonnon VOC-yhdisteillä tiedetään olevan terveyttä edistäviäkin vaikutuksia (esim. monoterpeenit). Usein VOC-yhdisteiden merkittävin vaikutus ilmassa syntyy hapettumisen kautta (Kuva 1).

VOC-yhdisteet poistuvat ilmasta reagoimalla valon vaikutuksesta hydroksyyli- ja radikaalien kanssa muodostaen hapettuneita, huonommin haihtuvia yhdisteitä, jotka vaikuttavat uusien hiukkasten syntyyn ja kasvuun. Uusilla hiukkasilla on puolestaan suuri ilmastollinen vaikutus niiden adsorboidessa tai sirottessa auringon säteilyä sekä osallistuessa pilvien muodostukseen. Hapettuessaan VOC-yhdisteet myös kuluttavat hydroksyyli- ja radikaaleja, joita jää siten vähemmän hapettamaan kasvihuonekaasuja pidentäen niiden (esim. metaanin) elinikää. Tietoa VOC-yhdisteiden lähteistä ja pitoisuuksista tarvitaan niiden ilmastovaikutusten ymmärtämiseksi.

VOC-yhdisteet osallistuvat myös alailmakehän

otsoninmuodostukseen. Otsoni aiheuttaa merkittäviä kasvillisuusvaurioita ja terveyshaittoja. Otsonia muodostuu VOC-yhdisteiden ja typen oksidien monimutkaisissa valokemiallisissa reaktioissa. Eri VOC-yhdisteillä on hyvin erilainen kyky muodostaa otsonia riippuen muun muassa niiden eliniästä. Pitkäikäisimpien, eli pienten, korkeintaan 6 hiiliatomia sisältävien yhdisteiden, elinikä ilmassa on melko pitkä: talvisin Suomessa 50–1400 päivää ja kesäisin 3–70 päivää (Hellén, 2006). Koska VOC-yhdisteet poistuvat ilmastosta valokemiallisissa reaktioissa, niillä on selvä vuodenaikaisvaihtelu, jossa maksimipitoisuudet mitataan talvella, ja kesällä pitoisuudet laskevat alhaisiksi. Luonnon VOC-yhdisteillä on vastakainen vuosisykli, koska niiden päästöt ajoittuvat kasvukauteen.

Myös kaupunki-ilman hiukkasmassasta suuri osa on VOC-yhdisteiden hapettumisen kautta syntyntä, vähemmän haihtuvaa orgaanista ainesta. Vaikka ilmassa olevia orgaanisia hiukkasia ja otsonia on tutkittu jo pitkään, niiden lähteitä ja muodostumismekanismeja ei kuitenkaan tunneta hyvin, ja päästövähennyksistä huolimatta ne ovat yhä merkittäviä ilmansaasteita. Lisää tietoa VOC-yhdisteistä tarvitaan, jotta voimme kehittää tehokkaita otsonin ja hiukkassaasteiden vähennysstrategioita ilmanlaadun parantamiseksi.



Kuva 3. VOC-yhdisteiden pitoisuus- ja päästömittauksia: A) ulkoilmamittauksia Kuopiossa, B) näytteen analysointiin käytettävä kaasukromatografi-massaspektrometri, C) kuusen päästöjen mittaus ja D) suon päästöjen mittaus.

VOC-tutkimuksen historia Suomessa

1980-luvulla Suomessakin havahduttiin kohonneisiin alailmakehän otsonipitoisuuksiin. Ilmatieteen laitoksen VOC-yhdisteiden mittaukset aloitettiin ensin vuonna 1992 Utön saarella Itämerellä ja vuonna 1994 myös Pallaksella Lapissa. Aluksi mittaukset tehtiin keräämällä ilmanäyte teräspulloon ja laboratoriossa näytteestä analysoitiin kaikkein haihtuvimmat VOC-yhdisteet. Nämä kaikkein haihtuvimmat yhdisteet ovat lähtöisin liikenteestä, palamisesta ja liuottimien käytöstä, ja niiden pitoisuudet ovat laskeneet merkittävästi 90-luvun alkupuolelta päästövähennystoimenpiteiden ansioista (kuva 2). Alussa datan määrä oli varsin pieni; kaksi näytettä viikossa vaati jo paljon manuaalista työtä, kun näytteet oli konsentroitava nestemäisellä tyypellä ennen analyysiä. Nykyisin mittaukset tehdään asemilla jatku-

vatoimisilla kaasukromatografeilla noin tunnin aikaresoluutiolla, ja työ on lähinnä datan tarkastamista ja käsittelyä.

EU-direktiivit velvoittavat jäsenmaita mittaamaan otsonia muodostavia yhdisteitä, vaikka mitattavia yhdisteitä ei ole yksiselitteisesti määriteltä. Bentseenipitoisuuksia on kuitenkin seurattava terveyshaittojen vuoksi. Bentseenipitoisuudet ovat Suomessa selvästi alle direktiivin raja-arvojen (ks. Kansallisen ilmansuojeluohjelman 2030 päivitys).

Jo 90-luvulta asti tutkitut haihtuvimmat VOC-yhdisteet kattavat vain osan ilman orgaanisista yhdisteistä. Ihmisen toimista johtuen ilmaan pääsee myös suuri määrä isompia, reaktiivisempia yhdisteitä, joita kutsutaan IVOC (Intermediate Volatile Organic Compounds) yhdisteiksi.

Näiden tutkimus kaupunki-ilmasta on vasta aluillaan. IVOC-yhdisteillä uskotaan olevan suuri vaikutus etenkin kaupunki-ilman sekundääristen hiukkasten muodotukseen ja siten kaupunkien ilmanlaatuun.

Ihmistoiminnan aiheuttamien päästöjen lisäksi luonnosta pääsee ilmaan huomattavia määriä VOC-yhdisteitä, erityisesti terpenoideja. Kasvit tuottavat näitä tuoksuvia yhdisteitä muun muassa houkutelakseen pölyttäjiä tai karkottaakseen tuholaisia. Niitä pääsee ilmaan puista, muusta kasvillisuudesta ja maaperästä. Yhdisteiden määrä on suuri ja päästöt ylittävät ihmisen toiminnan aiheuttamat päästöt moninkertaisesti. Suomessa luonnon VOC-yhdisteiden tutkimus alkoi varhain, 90-luvun alussa, kun EU rahoitti Ilmatieteen laitoksen vetämän BIPHOREP-projektin, jossa tutkittiin boreaalisen alueen haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä. Tässä urauurtavassa tutkimuksessa selvisi muun muassa, että vaikka 5 hiiliatomia sisältävä isopreeni (C_5H_8) on globaalisti merkittävin luonnon VOC-yhdiste, Suomessa monoterpeenit ($C_{10}H_{16}$) ovat määrältään merkittävämpiä. BIPHOREP-projektissa havaittiin myös, että Suomessa pajut ja haapa ovat merkittävimpiä isopreenilähteitä ja mänty ja kuusi puolestaan tuottavat ilmaan suuria määriä monoterpeenejä, erityisesti α -pineeniä, β -pineeniä ja Δ^3 -kareeniä. Tämän jälkeen terpenoideja ja niiden vaikutuksia ilmakehässä on tutkittu useissa muun muassa Suomen Akatemian rahoittamissa hankkeissa.

Uudet menetelmät käyttöön

90-luvun jälkeen VOC-yhdisteiden mittaussmenetelmät ovat kehittyneet huomattavasti ja yksittäisten adsorbenttinäytteiden keruun ja analysoinnin sijaan nykyisin on käytössä jatkuvatoimiset kaasukromatografi-massaspektrometrit sekä suorat massaspektrometrit. Uudet menetelmät ovat herkempiä ja niillä saadaan tietoa myös lyhytaikaisista pitoisuusvaihteluista.

Luonnon VOC-yhdisteiden tutkimus onkin laajentunut myös isompiin molekyyliihin, muun muassa seskviterpeeneihin ($C_{15}H_{24}$), jotka vaikuttavat merkittävästi sekundääristen hiukkasten muodotukseen ja kasvuun. Seskviterpeenien mittaaminen on haasteellista, koska useat seskviterpeenit ovat hyvin lyhytikäisiä, niiden elinikä ilmassa saattaa olla vain muutamia minuutteja, joten pitoisuudet ilmassa ovat hyvin pieniä. Uudet, herkäät mittaussmenetelmät mahdollistavat kuitenkin niiden mittaamisen, ja Suomi on ollut edelläkävijä näiden isompien molekyylien, myös hapettuneiden seskviterpeenien, mittaamisessa (Hakola et al., 2012, 2017; Hellén et al. 2018). Uusien tutkimusten valossa on selvinnyt, että seskviterpeenejä emittoituu huomattavasti enemmän kuin aiemmin on arvioitu

(Hellén et al., 2020). Tällä hetkellä Ilmatieteen laitoksen laboratoriossa pystytään mittaamaan kvantitatiivisesti noin 120 VOC-yhdistettä. Silti ilman reaktiivisuusmittausten perusteella tämä on vain noin puolet ilmassa olevista yhdisteistä (Praplan et al. 2019).

Luonnon VOC-yhdisteitä kontrolloivat tekijät ovat vielä suurelta osin tuntemattomia. Lämpötilan ja auringon säteilyn vaikutus tunnetaan, mutta lisäksi esimerkiksi stressitekijät vaikuttavat suuresti. Tuhohyönteiset, kuivuus ja kohonneet otsonipitoisuudet saattavat kasvattaa voimakkaasti lyhytaikaisesti päästöjä. Ilmastomuutos ja maan käytön muutokset saattavat siis tulevaisuudessa muuttaa luonnon päästöjä.

Lähteet:

Hakola H., Hellén H., Henriksson M., Rinne J. and Kulmala M., 2012. In situ measurements of volatile organic compounds in a boreal forest. *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 11665-11678. <https://doi.org/10.5194/acp-12-11665-2012>.

Hakola H., Tarvainen V., Praplan A.P., Jaars K., Hemmilä M., Kulmala M., Bäck J., Hellén H.: Terpenoid, acetone and aldehyde emissions from Norway spruce. *Atmos. Chem. Phys.*, 17, 3357-3370.

Hellén H. Sources and concentrations of volatile organic compounds in urban air. *Finnish Meteorological Institute Contributions* 56, Doctoral dissertation (article), 2006.

Hellén, H., Praplan, A. P., Tykkä, T., Ylivinkka, I., Vakkari, V., Bäck, J., Petäjä, T., Kulmala, M., and Hakola, H.: Long-term measurements of volatile organic compounds highlight the importance of sesquiterpenes for the atmospheric chemistry of a boreal forest, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 13839-13863, <https://doi.org/10.5194/acp-18-13839-2018>, 2018.

Hellén, H., Schallhart, S., Praplan, A. P., Tykkä, T., Aurela, M., Lohila, A., and Hakola, H.: Sesquiterpenes dominate monoterpenes in northern wetland emissions, *Atmos. Chem. Phys.*, 20, 7021-7034, <https://doi.org/10.5194/acp-20-7021-2020>, 2020.

Kansallisen ilmansuojeluohjelman 2030 ensimmäinen päivitys:

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164701>

Praplan, A. P., Tykkä, T., Chen, D., Boy, M., Taipale, D., Vakkari, V., Zhou, P., Petäjä, T., and Hellén, H.: Long-term total OH reactivity measurements in a boreal forest, *Atmos. Chem. Phys.*, 19, 14431-14453, <https://doi.org/10.5194/acp-19-14431-2019>, 2019.

Jarkko Tissari

Kuinka kauan olet työskennellyt ilmansuojelu- ja ilmastokysymysten parissa?

Tutkimusalani liittyy aerosolihiukkasiin, joilla on sekä terveys- että ilmastovaikutuksia. Ensimmäisiä aerosolimittauksia puunpolttolaitteista aloittelin harjoittelijana kesäkuussa 1998. Tutkijanuran alkuvaiheessa tutuksi tulivat myös turve- ja hakepöly sekä energia- ja teollisuuslaitosten päästömittaukset. Kuopion vilkkaimmalta kadulta, Savilahdentieltä leviävien pienhiukkaspitoisuuksien pysty- ja vaakaprofiileja mittasimme vuosituhannen vaihteessa, jolloin konkreettisesti pääsin näkemään hiukkasten pitoisuusprofiilit tieltä pois päin. Tämän jälkeen urani onkin keskittynyt kokonaisuudessaan puun polton pienhiukkaspäästöjen ympärille. Vuodesta 2003 lähtien olen myös ollut ympäristö- ja biotieteiden laitoksen energia- ja ilmanlaatuopetuksessa mukana.

Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmansuojelualalla ja ilmastonsuojelussa oman urasi aikana?

Ylipäätään se, että pienpolttolaitteiden päästöjä lähdettiin tutkimaan ja mittaamaan on vaikuttanut Suomessa merkittävästi tietämykseen siitä, mitä esimerkiksi päästöinventaariorissa ja ilmastomalleissa tarvitaan. Uusien pienpolttolaitteiden päästöihin vaikutti merkittävästi rakennustuotedirektiivi, jonka pohjalta asetettiin ensimmäiset päästövaatimukset yleisimmille panospolttolaitteille vuonna 2013. Toksisuustutkimusten kytkeminen polton päästöihin ja aerosolien suora-altistusmenetelmien kehittäminen ovat vieneet alaa eteenpäin laajemminkin. Terveyshaittojen osalta, havainnot nanohiukkasten kulkeutumisesta aivoihin ovat olleet viime vuosina pinnalla. Havainto mustahiilien voimakkaasta roolista ilmastoa lämmittävänä tekijänä ja noen vaikutus lumi- ja jääpeitteen hupenemiseen erityisesti arktisella alueella, oli yksi murroskohdista noin kymmenen vuotta sitten.

Yleisenä, laajasti yhteiskuntaan vaikuttavana tekijänä voisin nostaa esille EU:ssa tehty päätökset ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja niin kutsutun Green Deal -ohjelman. Ohjelman pohjalta on tullut ja tulossa valtavasti erilaisia toimenpiteitä, jotka vaikuttavat erityisesti ilmastoon, mutta myös ilmansuojeluun. Päästökattodirektiivin myötä tullut vaatimus kansallisten ilmansuojeluohjelmien tekemisestä, seuraamisesta ja päivittämisestä vaikuttaa kokonaisuudessaan Euroopan ilmanlaatuun.

Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi?

Pienhiukkasten mittaustekniikoiden kehittäminen on avainasemassa puun polttolaitteiden mittaauksissa, koska kaasun ja hiukkaspitoisuudet ovat korkeita, savukaasu on kuumaa ja kostea, ja olosuhteet vaihtelevat polton eri vaiheissa. Käytössämme on erittäin

luotettava ja tarkka laimennukseen perustuva menetelmä. Tietotaitoa mittauksista olemme jakaneet kansainvälisissä kehityshankkeissa. EU:n laajuista hiukkasmassapitoisuuden mittaussmenetelmää kehitettiin EN-PME-TEST hankkeessa 2011–2014 ja menetelmä on tulossa viralliseksi lähiaikoina. Seuraavan vaiheen menetelmää, jossa myös kondensoituva osuus huomioidaan paremmin, kehitetään parhaillaan komission LIFE rahoituksella Real-LIFE Emissions -hankkeessa (2021–2024). Mittaustekniikoiden kehittäminen on pitkäjänteistä työtä ja käynnissä olevan LIFE-hankkeen tähtäin onkin ensi vuosikymmenellä.

Eniten konkreettiseen tekemiseen on vaikuttanut idea ”Pienpolttosimulaattorista”, jossa pienpolttolaitteiden päästöjä, hyötysuhteita ja yhteistoimintaa taloteknisten laitteiden kanssa voidaan tutkia lähes todellisissa olosuhteissa. Projekti toi mukanaan myös uusia innovaatioita päästöjen entistä yksinkertaisempaan laskentaan ja oikean saunatilan kiukaiden tutkimiseen. Monet mittaustuloksista (mm. mustahiili) lasketaan automaattisesti reaaliajassa lopulliseen muotoonsa, joten pienetkin muutokset laitteiden käytössä voidaan heti havaita päästöissä. Pienpolttosimulaattori on osoittautunut tehokkaaksi polttolaitteiden kehitystyössä. Suomessa puulämmitteiset kiukaat ovat tärkein yksittäinen lähde mustahiilelle ja pienhiukkasille, joten kiukaiden päästötutkimusta on tehty jatkuvasti vuodesta 2017 lähtien.





Mitä näet suurimpina tulevina trendeinä ja haasteina ilmansuojelu- ja ilmastoalalla?

Ilmanlaatuun ja ilmastoon vaikuttaa merkittävästi muutokset, joita tapahtuu energiantuotantotavoissamme. Fossiilisista polttolaitoksista luovutaan, mutta myös monet biomassaa käyttävät energiantuotantolaitokset tulevat elinkaarensa päähän. Miten lämpö- ja sähkö tuotetaan jatkossa, tuleeko vedystä tai pienydinvoimaloista ratkaisu lämmöntuotantoon? Liikenteessä on myös murros menossa. Vaikka polttomoottoreita käytetään ehkä 2050-luvulle saakka, sähköautot tulevat yleistymään voimakkaasti. Nämä muutokset vaikuttavat merkittävästi ilmanlaatuun. Lainsäädäntö on jo nyt ajanut uusien autojen päästöt minimiin, mutta mm. rengas- ja jarrupölyihin tullaan puuttumaan uuden EURO 7 -lainsäädännön myötä. Katupölyongelma lienee pahenemaan päin ja siihen joudutaan etsimään uusia ratkaisuja. Kokonaisuudessaan ilmanlaatu kuitenkin paranee edelleen.

Mitä haluaisit saada aikaan urasi aikana?

Kun puhutaan puun pienpoltosta, nopeita suuria harppauksia päästöjen vähentämisessä ei ole mahdollista ottaa. Autojen päästöjen osalta ensimmäiset tyypihyväksyntään liittyvät päästöraajat (EURO 1) tulivat vuonna 1992, jonka jälkeen pakokaasupäästöt saatiin

kuriin noin 25 vuodessa. Jos määräysten kiristymisen vie puunpoltossa yhtä kauan kuin autoilla, ollaan 2040-luvulla, ennen kuin päästötasot ovat riittävän matalat. En kuitenkaan näe, että puun poltto Suomesta tulee häviämään. Haluaisin edelleen olla vähentämässä puun pienpoltton päästöjä laajaa keinovalikoimaa käyttäen. Mittaustekniikan osalta toivoisin, että puun polton hiukkasia osattaisiin mitata järkevällä tavalla koko Euroopan tasolla, jolloin muun muassa päästöarvioinnit tarkentuisivat. Puun polton tuottamien sekundääristen aerosolien merkitys kokonaisuudessaan on vielä hämärän peitossa, mutta toivottavasti se selventyy urani aikana.

Jarkko Tissari toimii Itä-Suomen yliopistossa tutkimusjohtajana energiantuotannon päästöjen ja ilmansuojelun alalla. Tissari valmistui filosofian maisteriksi ympäristöfysiikasta 2000, tohtoriksi 2008 ja nimitettiin dosentiksi vuonna 2015. Hänet tunnetaan erityisesti puun pienpoltton päästöjen tutkijana. Tissari on julkaissut lukuisia kansainvälisiä tieteellisiä artikkeleita. Tutkimustuloksia hän on kansantajuistanut eri medioiden haastatteluissa. Tissari on palkittu työstään muun muassa Suomen Saunaseuran Löylynhenki -palkinnolla 2018 ja yliopiston Vuoden viestijä -palkinnolla 2019.

ISY:n kevätseminaari: ENERGIANTUOTANNON MURROS JA SEN HAASTEET

Ilmansuojeluyhdistys ry:n vuoden 2023 kevätseminaari ja -kokous pidettiin Suomen ympäristökeskuksen tiloissa Viikissä Helsingissä. Kevätseminarin aihe ”Energiantuotannon murros ja sen haasteet” oli maailman tilanteesta johtuen erittäin ajankohtainen ja vilkasta keskustelua herättävä. Ilahduttavan moni olikin tullut paikalle junalakon aiheuttamista liikkumisen haasteista huolimatta.

Anu Kousa, ISY:n puheenjohtaja, ilmansuojeluasiantuntija, Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY
Ville-Veikko Paunu, tutkimusinsinööri, Suomen ympäristökeskus

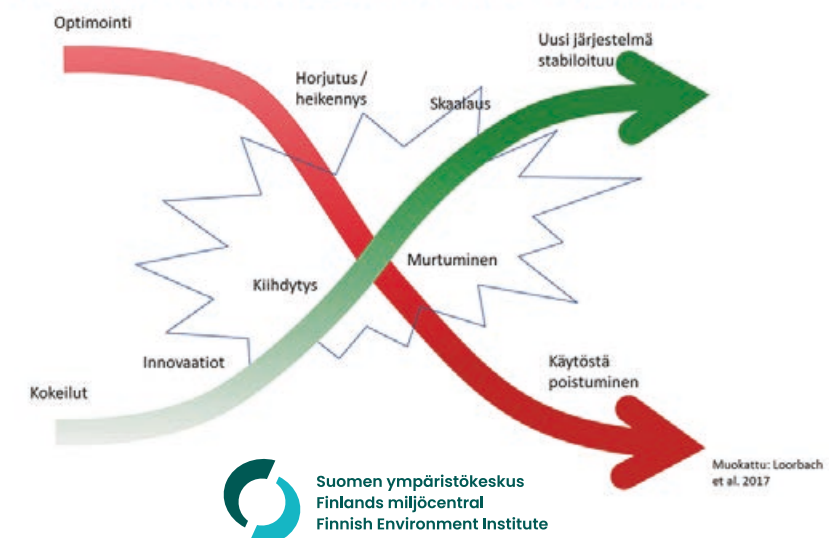
Seminaarin aluksi tutkimusprofessori Paula Kivimaa Suomen ympäristökeskuksesta kertoi energiasiirtymästä ja sen kytköksistä turvallisuuteen. Energiaturvallisuuden pitäisi olla myös ilmastoturvallisuutta. Fossiilinen energiajärjestelmä on määrittänyt energiaturvallisuutta tähän asti. Energiasiirtymä on jo käynnissä, mutta se on suurempi asia, kuin vain teknologinen murros. Kestävään siirtymään tarvitaan nykyistä tilannetta horjuttavia tekijöitä muun muassa markkinoiden ja politiikan alueilla. Nämä horjuttavat tekijät tarjoavat kuitenkin myös ratkaisuja turvallisuuden parantamiseksi. Ilmastomuutos sekä muut kestävyysmurrokset yhtäältä muuttavat pelikenttää ja toisaalta kytkeytyvät

muihin turvallisuuteen vaikuttaviin kehityskulkuihin. Globaalit kriisit vaativatkin entistä systemisempää lähestymistä, kuten horisontaalimpaa politiikkaa. Nämä eivät ole vain Suomen asioita, vaan ongelmien ratkaisemiseen tarvitaan kansainvälisiä kauppaketjuja ja globaalia oikeudenmukaisuutta.

Toisena puhujana seminaarissa oli Helenin ilmasto- ja energiatehokkuuspäällikkö Rauno Tolonen. Hän esitti, miten Helenistä tulee hiilineutraali energia-yhtiö vuoteen 2030 mennessä. Helenin tavoitteena on suunnata kohti polttoon perustumatonta lämmöntuotantoa huolehtien kuitenkin samalla energiaturvallisuudesta. Kestävän energiajärjestelmän tulee olla hiilineutraali, taloudellinen ja toimitusvarma.



Kestävyys siirtymät ja niiden 'hallinta'



Jotta uusi järjestelmä voi syntyä, vanhan järjestelmän täytyy horjua tai sitä tulisi horjuttaa.

Helenillä kestävä lämmöntuotannon perustana ovat lämpöpumput, sähkökattilat ja kestävä bioenergia. Lisäksi kaukolämpöjärjestelmää kehitetään tekoälyn ja optimoinnin avulla. Sähköntuotannosta on tulossa kestävää tuuli-, aurinko- ja ydinenergian myötä. Järjestämisen tasapainotus vaatii kuitenkin energian varastointia ja kulutusjoustoja, joiden kautta myös me tavalliset kuluttajat voimme vaikuttaa energiajärjestelmien kestävyys.

Ilmansuojeluyhdistyksen kevään vuosikokous
Kevätseminarin jälkeen pidettiin Ilmansuojeluyhdistyksen vuoden 2023 ensimmäinen vuosikokous. Kokouksen puheenjohtajaksi valittiin Jatta Salmi. Kokouksessa käsiteltiin yhdistyksen vuoden 2022 vuosikertomus ja tilinpäätös sekä tilintarkastus- ja toiminnantarkastuskertomus. Kokous myönsi edellisen vuoden hallitukselle vastuuvapauden.

Laita kalenteriin ISY:n tapahtumat!
Ilmansuojelupäivät järjestetään 22.–23.8.2023 Lappeenrannan teatterin tiloissa. Tapahtumaa voi seurata kumpanakin päivänä myös etänä. Toivomme kuitenkin, että mahdollisimman moni tulisi paikan päälle Lappeenrantaan. Tapahtuma on erinomainen verkostoitumispaikka: hieno tilaisuus vaihtaa kuulumi-

sia vanhojen tuttuja kanssa sekä tutustua alan uusiin asiantuntijoihin. Kasvokkain kohtaamisen jälkeen on matalampi kynnys ottaa yhteyttä ja kysellä lisätietoja.

Tulossa on myös opintomatka Tallinnaan! Aiempina vuosina olemme vierailleet kahdessa Euroopan vihreässä pääkaupungissa: Oslissa ja Lahdessa. Niinpä jatkamme tällä temalla ja syksyllä järjestämme opintomatkan vuoden 2023 palkintokaupunkiin Tallinnaan. Kaksipäiväisen matkan aikana tutustumme siihen, mitä konkreettista Tallinna on tekemässä Euroopan Vihreä pääkaupunki -palkinnon myötä – etenkin ilmastomuutoksen ja ulkoilmanlaadun saralla.

Seuraa siis ISY:n nettisivuja ja sosiaalista mediaa sekä tilaa uutiskirje, jotta pysyt selvillä tulevista mielenkiintoisista tapahtumista!



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

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- ja tiedonvälitystä
7. osallistuu kansainväliseen tiedonvaihtoon

LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljöförädlingsförening. Luftvårdsföreningens syfte är att främja luftvärden 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 skolingstillfällen 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

@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

Syksyn opintomatka Tallinnaan

Tule tutustumaan Tallinnan ilmasto- ja ilmanlaatuasioihin sekä vuoden 2023 vihreään pääkaupunkiin

**LUE LISÄÄ
ISY.FI/OPINTOMATKAT**



> 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

KIRJOITTAJAT 2/2023

HANNELE HAKOLA

tutkimusprofessori
Ilmatieteen laitos
hannele.hakola@fmi.fi

HEIDI HELLÉN

ryhmäpäällikkö, erikoistutkija
Ilmatieteen laitos
heidi.hellen@fmi.fi

ANU KOUSA

ilmansuojeluasiantuntija, ISY:n puheen-
johtaja
Helsingin seudun ympäristöpalvelut HSY
anu.kousa@hsy.fi

SAMI KULOVUORI

projektijohtaja
Metropolia AMK
sami.kulovuori@metropolia.fi

KATJA OHTONEN

erityisasiantuntija
Ympäristöministeriö
katja.ohtonen@gov.fi

VILLE-VEIKKO PAUNU

tutkimusinsinööri
Suomen ympäristökeskus
ville-veikko.paunu@syke.fi

TOPI RÖNKKÖ

professori
Tampereen yliopisto
topi.ronkko@tuni.fi

SANNA SAARIKOSKI

erikoistutkija
Ilmatieteen laitos
sanna.saarikoski@fmi.fi

OLLI-PEKKA SIIRA

tutkijatohtori
Helsingin yliopisto
olli-pekka.siira@helsinki.fi

HILKKA TIMONEN

ryhmäpäällikkö
Ilmatieteen laitos
hilkka.timonen@fmi.fi

JARKKO TISSARI

tutkimusjohtaja
Itä-Suomen yliopisto
jarkko.tissari@uef.fi



. PV73

