

IS

4 | 2020

ILMANSUOJELU

REAALIAIKAISESTA ILMANLAATUKARTASTA NYT MYÖS
VUOSIPITOISUUSKARTTA s. 4

OLISIKO **HIILINEUTRAALIUDEN** MITÄ, MISSÄ, MILLOIN
JA MITEN –TEOKSELLE KYSYNTÄÄ? s. 10

ENERGIANKULUTUS JA HIILIJALANJÄLKI AISOIHIN –
OLEMASSA OLEVASSA **RAKENNUSKANNASSA** SUURIN
PÄÄSTÖVÄHENNYSPOSENTIAALI s. 12

HELSINKI KANNUSTAA **KITKARENKAIDEN** KÄYTTÖÖN s. 14

VUOSI AJELEHTIVAN JÄÄNMURTAJAN KYYYSSÄ
– ILMASTOTUTKIMUSTA MOSAIC-RETKIKUNNASSA
POHJOISELLA JÄÄMERELLÄ s. 16

HIILIDIOKSIDIN **TALTEENOTTO** MYÖTÄTUULESSA s. 22



KUVA: HSY / SUIV-TUULI KANKANPÄÄ

4 Vuosikartan avulla voi arvioida asuinalueen ilmanlaadun terveysvaikutuksia

KUVA: TUIJA JOKINEN



KUVA: FORTUM OSLO VARME AS



16 Horisontissa siintää yksi viimeisistä auringonlaskuista, jonka kesän aikana näimme

22 Testijakson aikana koelaitos erotti jätteenpolttolaitoksen savukaasuista noin 3,5 tonnia hiilidioksidia päivässä

- 4 Reaaliaikaisesta ilmanlaatuksista nyt myös vuosipitoisuuskartta
- 9 VALOKEILASSA: Lasse Johansson
- 10 VIERASKYNÄ: Olisiko hiilineutraaliuden Mitä, Missä, Milloin ja Miten –teokselle kysyntää?
- 12 Energiankulutus ja hiilijalanjälki aisoihin – Olemassa olevassa rakennuskannassa suurin päästövähennyspotentiali
- 14 Helsinki kannustaa kitkarenkaiden käyttöön
- 16 MUUALLA: Vuosi ajalehtivan jäänmurtajan kyydissä – Ilmastotutkimusta MOSAiC-retkikunnassa Pohjoisella jäämerellä
- 22 KENTÄLLÄ: Hiilidioksidin talteenotto myötätulessa



KUVA: NIINA JOHANSSON

9 Haluan kehittää ilmanlaatumalliani niin pitkälle, että voimme asentaa sen nopeasti minne tahansa

- LASSE JOHANSSON -

Pääkirjoitus 4/2020

Toiveikkaana uusiin haasteisiin

Kun kirjoitin ensimmäistä pääkirjoitustani Ilmansuojelulehteen (1 / 2016) melkein viisi vuotta sitten, Pariisin ilmastopöytäkirja oli juuri allekirjoitettu 174 valtion toimesta ja ilmassa oli toiveikkuutta: nyt alettaisiin vihdoinkin saamaan globaaleja ilmastotoimia. Tämä toivo sai pian kolauksen kun Yhdysvaltojen johtoon valittiin ilmastotoimia vastustava presidentti, Donald Trump, ja yksi vaikutusvaltaisimmista valtioista sanoutui irti sopimuksesta.

Olen aistunut syksyn aikana samanlaista varovaista toiveikkuutta Yhdysvaltojen presidentinvaalien lähestyessä. Nyt uskallan olla itsekin taas varovaisen toiveikas kattavien globaalien ilmastotoimien suhteen, sillä vallanvaihto Pariisin sopimusta kannattavalle Joe Bidenille on edennyt lupaavasti Yhdysvalloissa. Vaikka sopimus ei monien mielestä riitä hillitsemään ilmastomuutosta ja yksityiskohdista neuvottelu on hyvin raskasta, Pariisin ilmastopöytäkirja on silti historiallinen sopimus, jossa lähes kaikki maailman valtiot sitoutuvat pyrkimään ilmastomuutoksen hillitsemiseen. Ja se jos mikä antaa aihetta toivoon.

Tässä lehdessä käsittelemme kasvihuonekaasuja monesta näkökulmasta. Uuden Vieraskynä-sarjamme avaa Tiina Koljonen hiilineutraaliuden tavoittelua ja realiteetteja käsittelevällä tekstillään. Saamme myös lukea Rakennusteollisuuden näkemyksiä tehokkaimmista toimista alan kasvihuonekaasupäästöjen karsimiseksi. Muualla-sarjassa saamme kuulla millaista oli osallistua MOSAiC-retkikuntaan, jossa sadat tieteilijät viettivät vuoden Pohjoisella jäämerellä. Kentällä-sarjassa taas saamme kuulla Rambollin osallistumisesta hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (CCS) testaavan Fortumin koelaitoksen pilottiin.

Saamme myös lukea HSY:n kehittämästä typpidioksidin vuosialtistuskartasta, joka helpottaa ilmansaasteiden välttelyä pääkaupunkiseudulla. Helsingissä taas katupölystä on tullut jatkuva ongelma ja kaupunki pyrkii nyt lisäämään kitkarenkaiden käyttöä ilmanlaadun parantamiseksi. Valokeilassa meillä on tällä kertaa Lasse Johansson, Ilmatieteen laitoksen erikoistutkija, joka mallintaa mm. laivojen ja yhteiskuntien päästöjä.

Korona on tuonut muutoksia ISY:n tapahtumiin, joten kannattaa päivittää aikataulut myös omaan kalenteriin. Mittaajatapaaminen pidetään näillä näkymin Porissa keuhkokuume 5.–6.5.2021 ja Ilmansuojelupäivät järjestetään kesällä 17.–18.8.2021 joko Lappeenrannassa tilanteen salliessa tai etätoteutuksena.

Tämä jää minun viimeiseksi lehdekseni, sillä olen jättämässä Ilmansuojelun päätoimittajan tehtävän vuodenvaihteessa. Viimeiset viisi vuotta IS-lehden parissa ovat olleet täynnä kiinnostavia haasteita, mainiota yhteistyötä sekä oivaltavia ideoita ja artikkeleita toimituskunnan, kirjoittajien ja ISY:n kanssa. Kiitos teille kaikista!

Ja rauhallista joulun aikaa kaikille!

JOHANNA KARE-HAAVISTO
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

Johanna Kare-Haavisto
ilmansuojelulehti@isy.fi

TOIMITUSKUNTA / REDAKTIONSRÅD

Nelli Kaski
Birgitta Komppula
Jenni Kontkanen
Mia Nore
Mikko Savolahti
Laura Sokka
Antti Toikka
Jari Viinanen

Taitto / Ombrytning

Hella Pakaslahti

Kannen kuva / Omslagsbild

Hella Pakaslahti

Paino / Tryckeri

Scanseri Oy

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

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 €

Kestoilmotuksille lisäksi 20 % alennus
Fortgående annons ger 20 % rabatt

TILAUKSET / BESTÄLLNINGAR

Lehden osoitteenmuutokset ja yksittäisnumeroiden tilaukset /
Adressförändringarna och
beställning av enskilda nummer:
Ilmansuojeluyhdistys ry.
Sihteeri Essi Haapaniemi
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi



KUVA: HANNU BASK

Ilmanlaadun vuosikartan avulla voi arvioida esimerkiksi nykyisen tai tulevan asuinalueen ilmanlaadun terveysvaikutuksia



Ilmanlaadun vuosikartasta näkee vuoden 2019 typpidioksidin vuosipitoisuudet koko pääkaupunkiseudulta.

NELLI KASKI, ilmansuojeluasiantuntija, HSY

REAALIAIKAISESTA ILMANLAATUKARTASTA NYT MYÖS VUOSIPITOISUUSKARTTA

HSY:n aiemmin julkaisemasta reaaliaikaisesta ilmanlaatukartasta on julkaisemisen jälkeen kerätty dataa ja nyt siitä on julkaistu typpidioksidin vuosipitoisuuskartta koko pääkaupunkiseudulle. Ilmanlaadun vuosipitoisuuskartta on saatavilla HSY:n verkkosivuilta osoitteesta hsy.fi/ilmanlaatu vuosikartta.

Vuosikartta kuvaa ilmanlaatua ulkona ja se on suunnattava antava, vaikka tuloksia pääseekin katsomaan hyvin läheltä. Kartassa on typpidioksidin vuosipitoisuudet vuodelta 2019 ja kartta kuvaa autoliikenteen pakokaasujen vaikutusta pääkaupunkiseudun eri alueiden ilmanlaatuun vuositasona.

Ilmansaasteille altistumisen vähentäminen kartan avulla
Ilmansaasteille ovat erityisen herkkiä hengitys- ja sydänsairaat, iäkkäät sekä pienet lapset. HSY:n aiemmin, vuonna 2018, julkaisema reaaliaikainen ilmanlaatukartta näyttää reaaliaikaisen ilmanlaadun ja ennustaa lähituntien ilmanlaatu tilanteen esimerkiksi oman kodin läheisyydessä tai vaikkapa työmatkan varrella. Tätä reaaliaikaista karttaa kannattaa käyttää lyhytaikaisen altistumisen vähentämiseksi, eli mm. pyöräily- ja kävelymatkojen suunnitteluun tai lenkkeilyreitit ja -ajankohdan valintaan. Jo korttelin päässä vilkasliikenteiseltä alueelta ilma on puhtaampaa ja altistuminen esimerkiksi pienhiukkasille vähenee noin 25 prosenttia.

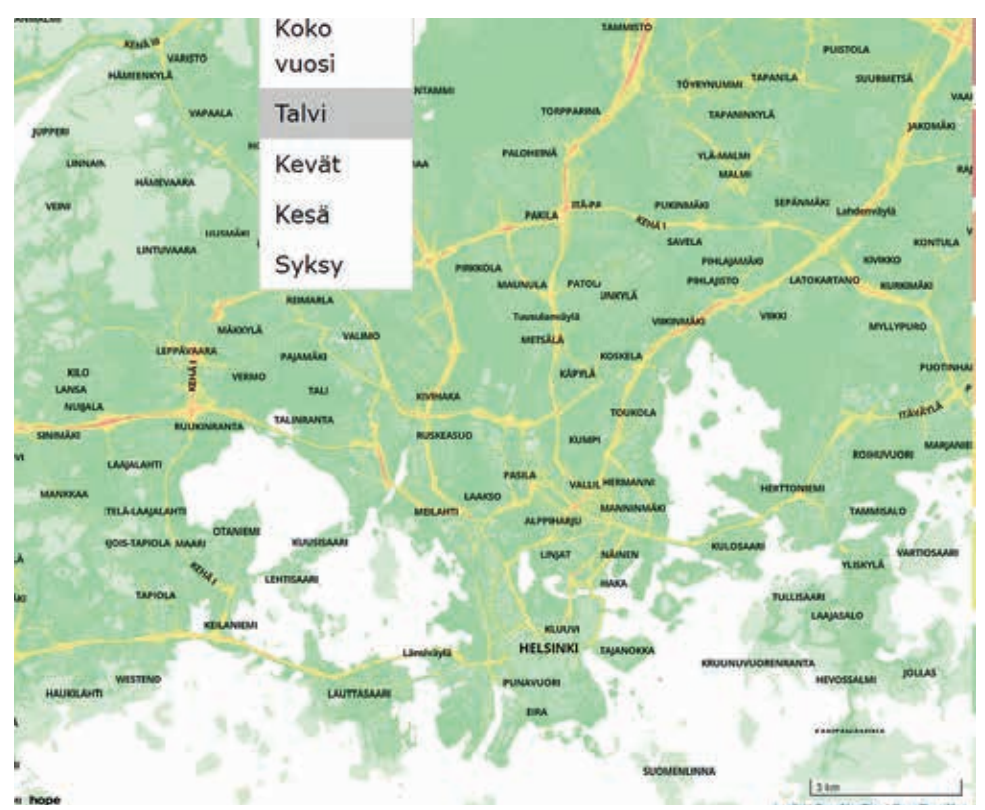
Terveystaittojen kannalta olennaista on pitkäaikainen altistuminen eli ilmanlaatu vuositasona ja omalla asuinalueellaan, jossa vietetään suurin osa ajasta. Nyt julkaistun ilmanlaadun vuosikartan avulla kartan käyttäjä saa aikaisempaa tarkempaa tietoa autoliikenteen pakokaasujen vaikutuksesta esimerkiksi oman asuinalueen

ilmanlaatuun. Vuosikarttaa voi myös hyödyntää, jos on muuttamassa ja miettii tulevan asuinpaikan valintaa tai haluaa tietää miten autoliikenteen pakokaasut vaikuttavat jonkun muun alueen ilmanlaatuun vuositasona.

Ilmanlaatu vaihtelee eri alueilla pääkaupunkiseudulla. Siihen vaikuttavat mm. päästölähteet, rakennettu ympäristö ja sääolosuhteet. Pääkaupunkiseudulla hengitysilman laatua heikentävät eniten liikenteen pakokaasut, sillä ne purkautuvat lähelle korkeutta, jossa hengitämme. Liikenne lisää pienhiukkasten sekä typpidioksidin ja katupölyn määrää. Tie vaikuttaa lähialueen ilmanlaatuun merkittävästi silloin, kun sillä liikennöi yli 10 000 ajoneuvoa vuorokaudessa. Liikenteen päästöt vaikuttavat ympäristöön vielä 150–200 metrin etäisyydellä. Päästöjä on eniten aivan liikenneväylien varrella, ja jokainen metri kauemmas väylästä parantaa ilmanlaatua.

Rakennettu ympäristö vaikuttaa ilmansaasteiden leviämiseen. Katua molemmin puolin reunustavat korkeat rakennukset estävät liikenteen ilmansaasteiden leviämistä sekä laimenemista ja laimeneminen on heikointa tilanteessa, jossa rakennukset muodostavat yhtenäisen ja tiiviin seinämän. Toisaalta rakennukset estävät ilmansaasteiden leviämistä sisäpihoille, mutta heikentävät ilmanlaatua kadun puolella. Ilma onkin puhtaampaa sisäpihoilla ja ylempissä kerroksissa kuin kadulla. Avoimissa ympäristöissä ilmansaasteet pääsevät paremmin laimenemaan ja esimerkiksi meren

HSY:n verkkosivuille hsy.fi/vinkitasukkaalle on koottu lisää ilmanlatuun ja altistumisen vähentämiseen liittyvää tietoa



Kartalta voi tarkastella esimerkiksi talven ja kesän ilmanlaatuja.



läheisyydessä ilma vaihtuu hyvin ja tuuli tuo mukanaan puhdasta ilmaa.

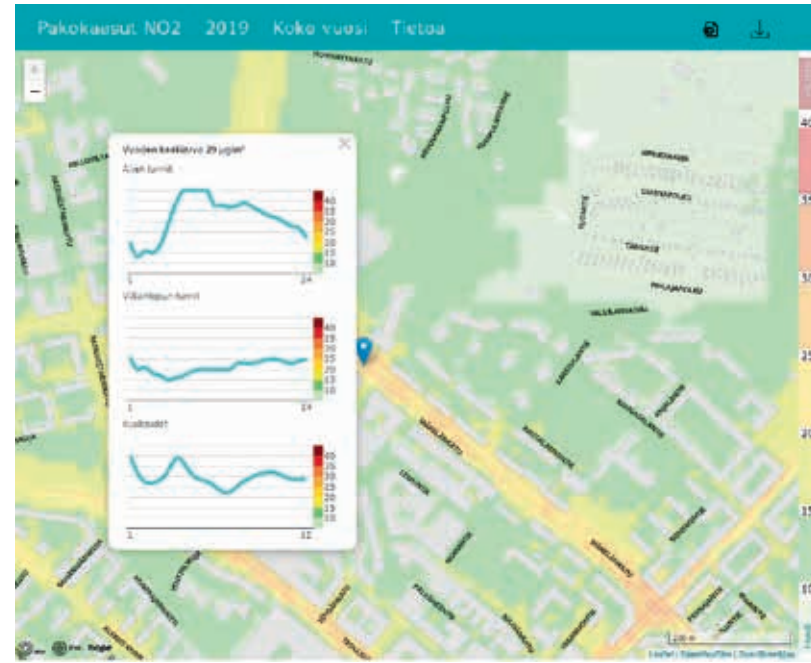
Ilmanladun vuosikartasta työkalu maankäytön suunnitteluun

Ilmanladun vuosikartta on myös hyödyllinen työkalu maankäytön suunnitteluun. Siitä näkee miten autoliikenteen pakokaasut vaikuttavat vuosisatolla suunnittelukohteiden ilmanlaatuun. Kun mietitään uusien asuinalueiden sijaintia tai olemassa olevan asuinalueen tiivistämistä, ilmanladun vuosikartasta näkee tarkasti tämänhetkisen tyyppidioksidin vuosipitoisuuden suunnittelukohteissa. On kuitenkin huomioitava, että vuosipitoisuuskartta kertoo vain nykyhetken: tulevaisuuden ennustetta siitä ei näe. Tulevaisuuden ilmanlaatu tilanteen arviointiin löytyy kuitenkin muita mallinnustyökaluja ja vuosikartasta voi esimerkiksi vertailla millaiset tyyppidioksidin vuosipitoisuudet ovat suunnittelukohteen kaltaisessa jo olemassa olevassa ympäristössä.

HSY:n verkkosivuilla osoitteessa hsy.fi/tietoakaupunkisuunnitte

luun on lisää tietoa ilmanladun huomioimisesta kaupunkisuunnittelussa. Sivulla on tarkempaa tietoa mm. etäisyyden ja korkeuden vaikutuksesta ilmanlaatuun, miten toimintojen sijoittelulla vähennetään altistumista ilmansaasteille ja miten ilmansaasteille herkät kohteet, kuten mm. päiväkodit, iäkkäiden palvelukodit ja sairaalat, tulisi huomioida suunnittelussa.

Korttelirakenteen ja rakennusten suunnittelun keinoin on mahdollista vähentää tehokkaasti asukkaiden altistumista ilmansaasteille. Kohteen tuulettavuus, korttelirakenne ja liikenteen päästö taso vaikuttavat siihen, kuinka suurille pitoisuuksille ihmiset altistuvat. Asutusta ja herkkiä kohteita, kuten päiväkoteja, voidaan suojata esimerkiksi sijoittamalla toimistorakennuksia niiden ja kadun tai tien väliin. Asunnoissa makuuhuoneet ja oleskelutilat on suositeltavaa sijoittaa rakennuksen suojan puolelle ja vähemmän herkkä toiminnot, kuten keittiöt ja pesutilat, kadun puolelle. Oleskelupihojen ja parvekkeiden sijoittaminen suojan puolelle vähentää myös altistusta ilmansaasteille ja liikennemelulle.



Kartalta näkee lisäksi, miten pitoisuudet vaihtelevat arkena ja viikonloppuna eri kellonaikoina kyseisessä paikassa.

VUOSIPITOISUUSKARTTA ON YHTEISTYÖN TULOSTA

Ilmanladun vuosipitoisuuskarttaa on kehitetty HOPE-hankkeessa sekä jo päättyneissä HAQT (Helsinki metropolitan Air Quality Testbed) ja CITYZER (Services for effective decision making and environmental resilience) -hankkeissa. Ilmanladun vuosikarttasovelluksen on toteuttanut Saksen Oy. HOPE-hankkeessa ovat mukana Helsingin kaupunki, HSY, Helsingin yliopisto, Ilmatieteen laitos, Vaisala Oyj, Useless Company ja Forum Virium Helsinki. Hanke saa rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta.

KARTTA ON VAPAASTI
HYÖDYNETTÄVISSÄ

Ilmanlaadun vuosipitoisuuskartta on avointa dataa, ja sen voi ladata itselleen paikkatietomuodossa. HSY:stä toivotaan kuitenkin yhteydenottoa, jos dataa käytetään muissa palveluissa tai sovelluksissa. Reaaliaikaisesta ilmanlaatu-kartasta kerätään dataa koko ajan talteen ja vuosikarttaa tullaan päivittämään jatkossa uusilla vuosipitoisuuksilla.



KUVA: SUVI-TUULI KANKAANPÄÄ

Vuosipitoisuuden lisäksi kartasta voi tarkastella eri vuodenaikojen ilmanlaatua. Kun rakennukset ovat näkyvissä, klikkaamalla tiettyä paikkaa saa näkyviin myös kyseisen paikan kuukausikeskiarvot. Lisäksi näkee vuosikeskiarvona, miten pitoisuudet vaihtelevat arkena ja viikonloppuna eri kellonaikoina kyseisessä paikassa.

Kartan tiedot perustuvat mittauksiin ja mallinnukseen
Ilmanlaatu-kartassa visualisoidaan Ilmatieteen laitoksen kehittämän FMI-ENFUSER-mallin tuloksia. Malli hyödyntää ilmanlaadun mittauksia sekä ottaa huomioon mm. sään, liikennemäärät ja ilmansaasteiden kaukokulkeuman. Malli tuottaa ilmanlaatu-tiedon 13 x 13 metrin tarkkuudella.

Pitoisuuksia on verrattu mittauksiin ja enimmäkseen ne osuvat hyvin kohdalleen. Kuitenkin paikoitellen vuosikartta aliarvioi pitoisuuksia. Esimerkiksi uusilta rakentuilta alueilta puuttuu katuja ja rakennuksia sekä liikennemäärätiedot ovat puutteellisia. Ruuhkautuvilla alueilla voi esiintyä pitoisuuksien aliarvioita ja pääväylien varsilla laimeneminen on paikoin mallinnuksessa

sa nopeampaa kuin mittauksissa. Lisäksi yksityiskohtaisia maastonmuotoja, kuten sillat tai meluvallit, ei ole huomioitu mallissa.

Tällä hetkellä ilmanlaadun vuosikartta näyttää vain typpidioksidin vuosipitoisuudet. Typpidioksidipitoisuudet kuvaavat auto-liikenteen pakokaasujen vaikutusta ilmanlaatuun, mutta niistä voi päätellä, että alueilla, joilla autoliikenteen pakokaasut (typpidioksidi) vaikuttaa ilmanlaatuun, liikenne myös nostaa pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten (katupöly) pitoisuuksia. Puunpolton, katupölyn, työkoneiden ja laivojen vaikutukset ilmanlaatuun eivät kuitenkaan näy vielä vuosipitoisuuskartasta.

Lisää tietoa

Ilmanlaadun vuosikartta: [hsy.fi/ilmanlaatuvuosikartta](https://ilmanlaatuvuosikartta.hsy.fi/)
Reaaliaikainen ilmanlaatu-kartta ja -ennuste: [hsy.fi/ilmanlaatu](https://ilmanlaatu.hsy.fi/)
HOPE-hankkeen verkkosivut: ilmanlaatu.hsy.fi
HAQT-hanke: haqt.fmi.fi
CITYZER-hanke: cityzer.fmi.fi
FMI-ENFUSER-malli: <https://en.ilmatieteenlaitos.fi/environmental-information-fusion-service>



**TUTUSTU KATTAVAAN ILMANLAADUN MITTALAITE- JA
PALVELUVALIKOIMAAMME KOTISIVUILLAMME**

www.kontram.fi

**Kontram Oy, Tuupakantie 32a, 01740 Vantaa, Puh. (09) 8866 4500
kontram@kontram.fi**

VALOKEILASSA

Sarjassa haastattelemme ilmansuojelualalla toimivia ihmisiä heidän urastaan ja ajatuksistaan ilmansuojelun ja ilmastotyön tulevaisuudesta.

Lasse Johansson

Erikoistutkija, Ilmatieteen laitos

Kauanko olet ollut ilmansuojelualalla?

Aloitin Ilmatieteen laitoksella 2011 tammikuussa, joten ensi vuonna tulee pyöreät 10 vuotta täyteen tällä alalla. Ensimmäisen vuoteni aikana tein diplomityöni laivapäästöihin liittyen. Seuraavana vuonna aloin kehittämään uudenlaista ilmanlaatumallia laivapäästömallinusten ohella ja tällä tiellä olen jatkanut alusta lähtien.

Mitkä ovat olleet merkittävimmät murroskohdat ilmansuojelualalla oman urasi aikana?

Teknisenä ihmisenä ja mallintajana mieleen tulee ensimmäiseksi tiedon saatavuuden paraneminen ja avoimet tietokannat. Viimeisen kymmenen vuoden aikana on tullut saataville aina vain enemmän uusia tietolähteitä, joita pystyy hyödyntämään ilmanlaadun ja päästöjen mallinnuksessa. Paremmat mallinnuskyvyt puolestaan mahdollistavat parempaa tietoa päätöksentekoon. Oman urani aikana tiedon saatavuus suoraan kansalaisille on myös parantunut selkeästi. Nykyään pystymme tarjoamaan ilmanlaatatietoaamme julkisen liikenteen näytöistä sekä asuntoa hankkiva kansalainen voi katsoa ilmanlaadun vuosikeskiarvoja eri asuntojen lähetyvillä näin halutessaan. Urani aikana ilmaantuneet erinäiset pilvipalvelut ovat auttaneet tässä kehityksessä huomattavasti.

Monet käyttämistämme uusista tietolähteistä ovat ilmanlaadun suhteen epäsuoria tietolähteitä. Niitä pitää pystyä yhdistelemään älykkäästi hyvän mallinnustuloksen saamiseksi. Esimerkiksi korkean tarkkuuden satelliittimittauksia on saatavilla ympäristön kuvaimiseksi sekä myös ilmansaasteiden mittaamiseen. Tämän lisäksi on olemassa rajapintoja, joista saa tarkkaa tietoa tie-, laiva- ja lentoliikenteestä. Myös sensoriteknikka on kehittynyt ja ilmanlaatu pystytään mittaamaan verkostolla, joka on aiempaa kattavampi ja monipuolisempi. Jotta näitä pystyisi tehokkaasti hyödyntämään, tarvitaan usein tekoälymenetelmiä, joiden ilmaantumista tälle alalle pidän yhtenä murroskohtana. Yhdessä vaiheessa tuntui tosin siltä, että tekoälymenetelmiä ruvettiin käyttämään ehkäpä liian herkästi niiden helppouden vuoksi. Tässä on oma vaaransa, sillä tekoälyyn pohjautuvat mallit antavat vastauksia, mutta emme tiedä, miten vastaus on lopulta syntynyt näissä ”mustissa laatikoissa”.

Mitkä ovat olleet viimeisimpiä työtehtäviäsi tai projektejasi?

Viimeisimmät työtehtäväni liittyvät kasvavan mallinnustiiminin ohjaamiseen sekä usean ilmanlaatuaiheisen projektin toteuttamiseen. Mainittakoon kaksi merkittävää ja mielenkiintoista työtehtävää: Helsinki Air Quality Testbed (HAQT) sekä Nanjing Air Quality Testbed (NAQT). Näissä projekteissa asensimme sensoriverkon kohde-kaupunkeihin (Helsinki ja Nanjing, Kiina) ja mallinsimme ilmanlaatu hyödyntäen sensorimittauksia. Tämän lisäksi asennamme FMI-Enfuser fuusiomalliamme Delhiin sekä kehitämme mallia Vaisalan kanssa yhteistyöprojektina. Helsingissä jatkamme työtämme UIA-HOPE nimisessä projektissa, jonka aikana laajennamme paikallista ilmanlaadun mittauserkostoa vielä astetta kattavammaksi ja hyödynnämme mallidataamme mm. puhtaan ilman reittioppaassa.

Työtehtäviini kuuluu laivapäästöjen mallintaminen ja niiden osalta jatkamme tutkimusta edelleen. Viime aikoina keskiössä ovat olleet laivapäästöjen reaaliaikainen mallintaminen, huviveneet sekä laivaliikenteen päästöt veteen (esimerkiksi rikkipesurit, ruokajätteet ja jopa vedenalainen melu).



KUVA: JUKA-PEKKA JALKANEN

Mitä näet suurimpina tulevina trendeinä ja haasteina ilmansuojelualalla?

Kuten yllä mainittu, uskon uusien ja tarkempien tietolähteiden hyödyntämisen jatkuvan ja kasvavan edelleen. Erityisesti uskon satelliittimittauksien yleistyvän ja tarkentuvan. Uskoisin, että ilmanlaatu-tiedon hyödyntäminen arkielämässä kasvanee, kun tiedon saaminen nopeutuu ja helpottuu kansalaisille.

Vaikka liikenteen ja energiatuotannon päästöt tulevat vähene-mään tulevaisuudessa, niin uskoisin ainakin Pohjoismaissa katu-pölyn pysyvän haasteena. Yksi pysyvä haaste on terveysvaikutusten hahmottaminen. On edelleen epäselvää, mitä terveysvaikutuksia milläkin hiukkasilla on ja siitäkin huolimatta tuotamme ilmanlaatuindeksiä mm. pienhiukkasmassaan pohjautuen. Tällä saralla riittää tutkittavaa. Toivottavasti paremmat mallinnuskyvyt tulevaisuu-dessa mahdollistavat paremman altistumistiedon, mikä toivon mukaan mahdollistaa terveysvaikutusten paremman hahmottamisen.

Mitä haluaisit saada aikaiseksi urasi aikana?

Haluan kehittää ilmanlaatumalliani niin pitkälle, että voimme asen-taa sen nopeasti minne tahansa kaupunkiin maailmassa siten, että se tuottaa tarkkaa ja käyttökelpoista informaatiota isolle käyttäjä-kunnalle. Haluan myös, että jokaisessa kaupungissa, jossa on kysyn-tää ilmanlaatatutiedolle, niin on mahdollisuus alkaa käyttämään tä-tä mallijärjestelmää. Lopuksi haluaisin nähdä, että tämä työ jatkuu uusien tutkijoiden ja mallikehittäjien voimin minun jälkeenikin. Ja ihan lopuksi haluaisin nähdä mallistani tulevan täysin tarpeeton, kun maailmasta on tullut riittävän vähäpäästöinen!

VIERASKYNÄ

Vieraskynässä alan ammattilaiset pohtivat päivänpolttavia teemoja ja ilmiöitä

Olisiko HIILINEUTRAALIUDEN MITÄ, MISSÄ, MILLOIN JA MITEN -teokselle kysyntää?

TIINA KOLJONEN, tutkimustiimin päällikkö, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Suomi tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2035 mennessä ja Euroopan Unionilla tähtäin on vuodessa 2050. Myös kasvava määrä muita valtioita on ilmoittanut tähtäävänsä hiilineutraaliuteen: esimerkiksi Kiina ilmoitti olevansa hiilineutraali vuonna 2060. Suomessa useat maakunnat, kunnat, toimialat ja yritykset kilvan julkaisevat hiilineutraaliuuteen liittyviä tavoitteitaan ja näistä selviävät usein vastaukset kysymyksiin Mitä, Missä ja Milloin. Miten on sen sijaan vielä verraten epävarma kaikille ja kysymykseen haetaan vastauksia eri päätöksenteon tasoilla.

Sekä Suomen kansalliset että Euroopan Unionin (EU) valmistelut ilmasto- ja energiapolitiikan kokonaisuuksista etenevät parhaillaan vauhdilla. Hallitus valmistelee uutta ilmasto- ja energiastrategiaa sekä keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmaa, eli KAISU:a. Strategian ja KAISU:n tulisi valmistua kesällä 2021 siten, että ne voidaan antaa selontekona eduskunnalle syksyllä 2021.

EU taas valmistelee ensimmäistä ilmastolakiaan ja Suomi päivittää omaansa. Molempiin kirjataan hiilineutraalisuustavoite, joka on Suomen osalta vuosi 2035 ja EU:n osalta vuosi 2050. Kesällä 2021 EU tulee julkaisemaan joukon uusia lakiehdotuksia, jotka liittyvät vuoden 2030 päästötavoitteen kiristämiseen 40 prosentista 50–60 prosenttiin vuoden 1990-päästöihin verrattuna.

Komission syyskuussa julkaisemassa laajassa vaikutusarviossa on laadittu skenaariolaskelmia päästötavoitteen kiristämiseksi 50–55 prosenttiin. Skenaariolaskelmissa on vertailtu myös EU:n päästökaupan laajentamisen vaikutuksia, mikäli esimerkiksi rakennus- ja liikennesektorit, EU-maiden ulkopuolinen kansainvälinen meri- ja/ tai lentoliikenne sisällytettäisiin EU:n päästöoikeuksien kauppaan.

Mitä on hiilineutraalius?

Hiilineutraaliuden (tai hiilineutraalisuuden) ohessa puhutaan myös ilmastoneutraalisuudesta ja usein ne käsitetäänkin synonyymeiksi. Hiilineutraalisuus saavutetaan silloin, kun kasvihuonekaasu (KHK)-päästöjen ja -poistumien yhteenlaskettu määrä on nolla. Poistumil-

la tarkoitetaan hiilidioksidin poistoa ilmakehästä maankäytön nettonielujen, eli lähinnä metsien hiilinielujen avulla. Hiilidioksidia voidaan poistaa ilmakehästä myös teknisin keinoin, jolloin hiilidioksidi varastoidaan pysyvästi geologisiin muodostelmiin.

Jotta asia ei olisi näin yksinkertainen, monet valtiot ja yritykset laskevat päästötaseeseensa myös päästökompensaatioilla hankitut päästövähennysyksiköt, eli esimerkiksi muualla toteutetut ja verifioidut hiilensidontayksiköt. Kasvava määrä yrityksiä myös myy ja välittää päästökompensaatioyksiköitä, joita kunnat, yritykset ja yksityisetkin henkilöt voivat vapaaehtoisesti ostaa. Toisaalta Suomi tai EU ei sisällytä kompensaatioilla hankittuja päästöyksiköitä hiilineutraalisuustavoitteeseensa, joten päästökompensaatioilla ei ole vaikutuksia kansalliseen tai EU-laajuiseen hiilitaseeseen. Usein maankäytön nettonielut, eli niin sanottu LULUCF (Land Use, Land Use Change and Forestry) -sektori, sekä kompensaatiot on niputettu yhteen ja näille on annettu jokin maksimaalinen prosenttiosuus kokonaispäästövähennyksistä. Tämän linjan on valinnut esimerkiksi Ruotsi kansallisessa ilmastosuunnitelmassaan ja Suomessa monet maakunnat, kunnat sekä yritykset.

Jos lähtee tutkailemaan eri maiden tai vaikkapa maakuntien hiilineutraalisuussuunnitelmia kannattaa kiinnittää huomiota paitsi tavoitteen määrittelyyn myös KHK-päästöille asetettuun vertailuvuoteen sekä niin sanottuun perusuraan, johon tulevaisuuden kehitystä verrataan. EU:n ja sen jäsenmaiden osalta KHK-päästöjen kokonaiskehitystä verrataan vuoteen 1990, mutta taakanjakosektorin, eli päästökaupan ulkopuolisen sektorin, osalta vertailuvuosi on 2005. Maakuntien, kaupunkien ja yritysten hiilineutraalisuussuunnitelmien osalta vertailuvuodet voivat olla melkein mitä vain.

Sekä Euroopan komissio että Suomen hallitus ovat parhaillaan laatimassa uusia perusuria, jotka tulevat sisältämään jo päätetyt ilmasto- ja energiapolitiittiset toimet. Perusuran laadinta onkin yksi keskeisimmistä tehtävistä, kun hiilineutraalisuussuunnitelmia tai -strategioita laaditaan. Myös politiikkatoimien vaikutusten arvioinnissa on tärkeää ymmärtää, mihin vaikutuksia verrataan.

Missä ja milloin hiilineutraalius saavutetaan?

Jotta pääsisimme Pariisin ilmastopimuksen mukaiselle 1,5 °C maksimilämpötilanousun hiillintäuralle, globaalien KHK-päästöjen tulisi lähentyä nollaa samalla, kun metsien ja maaperän hiilinielu- ja vahvistetaan. Milloin on haasteellisempi kysymys, koska lähtökohtana on, että heikommassa asemassa olevia valtioita tuetaan ja kehittyneiden valtioiden tulee saavuttaa hiilineutraalius nopeammin. Suomen hiilineutraalisuustavoite 2035 on linjassa tai ainakin lähellä sitä globaalin taakanjaon näkökulmasta. EU julkaisee kesällä 2021 ehdotuksen jäsenmaiden uudesta sisäisestä taakanjaosta vuoden 2030-päästötavoitteen saavuttamiseksi ja vuonna 2050 kaikkien EU-maiden tulisi saavuttaa hiilineutraalius sekä tämän jälkeen jopa hiilinegatiivisuus.

Suomessa vallitseva ilmapiiiri antaa erittäin positiivisia signaaleja siitä, että yhteinen tahtotila hiilineutraalille yhteiskunnalle on kasvussa. Tähän viittaavat esimerkiksi toimialojen vähähiilietikartat, joissa on kautta linjan laadittu skenaarioita ja suunnitelmia siitä, kuinka vähähiilisyyttä tai hiilineutraalius toteutetaan vuoteen 2035–2050 mennessä. Tiekarttoihin on sisällytetty myös laskelmia hiilikädenjäljistä, eli yritysten tuotteilla ja palveluilla aikaansaaduista päästövähennyksistä maailmalla.

Suomessa Hiilineutraalit kunnat ja -maakunnat (HINKU) ovat sitoutuneet vähentämään 80 % päästöjään vuoteen 2030 mennessä vuoden 2007 tasosta. HINKU-kuntia on jo 74 ja maakuntia viisi sekä näiden lisäksi on useita kaupunkeja, joilla on omat hiilineutraaliuuteen tähtäävät suunnitelmansa. Esimerkiksi Helsinki on asettanut tavoitteekseen saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035 ja

Espoossa hiilineutraalius tulisi saavuttaa vuonna 2030. Kunnianhimon taso on siten hyvin linjassa kansallisen hiilineutraalisuustavoitteen kanssa.

Miten-kysymykseen on monta vastausta

Eri päästösektoreilla on erilaiset mahdollisuudet vähentää päästöjä paitsi kustannusten näkökulmasta myös infrastruktuurin uusiutumisen hitauden vuoksi. Lisäksi tulee huomioida sosiaalinen oikeudenmukaisuus ja esimerkiksi kustannusten oikeudenmukainen jakautuminen alueellisesti sekä eri sosiaaliryhmien välillä. VTT:n skenaariolaskelmien mukaan kasvihuonekaasujen päästövähennystarve on 5–10 % vuodessa ja fossiilisten polttoaineiden poltosta syntyneiden päästöjen tulisi vähentyä 65–90 % nykytasosta vuoteen 2035 mennessä, jotta Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden. Liikenne ja viestintäministeriö (LVM) on julkaissut fossiililaiton liikenne 2045 -tiekartan, jonka mukaan liikenteen KHK-päästöt tulisi puolittaa vuoteen 2030 mennessä (vertailuvuosi 2005) ja kaikki kotimaan liikenne tulisi perustua sähköön tai ilmastokestävien biopolttoaineiden käyttöön vuonna 2045. Tiekarttaan sisällytetyt toimet antavat jo hyvän kuvan haasteen monimutkaisuudesta, sillä tarvitsemme moninaisen kirjon erilaisia toimia.

Sähkön- ja lämmöntuotannossa irtautuminen fossiilisista polttoaineista tapahtuu sen sijaan nopeammin: kivihiilen käytöstä luovutaan vuonna 2029 ja turpeen käyttö tulee puolittaa vuoteen 2030 mennessä. Teollisuus, asuminen ja rakentaminen sekä maatalous ovat esimerkkejä sektoreista, joissa päästövähennysten toteutus on hitaampaa, mutta ei mahdotonta. Yhteiskunnan sähköistyminen ja vetytalous ovat viime aikoina nousseet keskiöön ja ne luovat uusia mahdollisuuksia myös teollisuuden päästöjen vähentämiselle.

Tuleva ilmasto- ja energiastrategia, KAISU ja EU:n päästötavoitteen kiristäminen luovat puitteet kestäville valinnoille ja investoinneille. Valtioneuvoston kanslian rahoittamassa VN-TEAS HIISI-hankkeessa laaditaan vaikutusarviot tuleville ilmasto- ja energiapolitiikan kokonaisuuksille. Päätöksenteko on kuitenkin yksilöiden, yritysten ja kuntien käsissä, joiden valinnat ratkaisevat, saavuttaako Suomi hiilineutraaliuden vuonna 2035.

Lähteet

European Commission 2020. Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. COM(2020) 562. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact_en.pdf

Koljonen ym. 2020. Hiilineutraali Suomi 2035 - Skenaariot ja vaikutusarviot. <https://cris.vtt.fi/en/publications/hiilineutraali-suomi-2035-skenaariot-ja-vaikutusarviot>

HIISI 2020. Hiilineutraali Suomi 2035 - ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. <https://www.hiisi2035.fi/>

Liikenne ja viestintäministeriö 2020. Fossiilittoman liikenteen tiekartta –työryhmän loppuraportti. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162508/LVM_2020_17.pdf?sequence=4&isAllowed=y

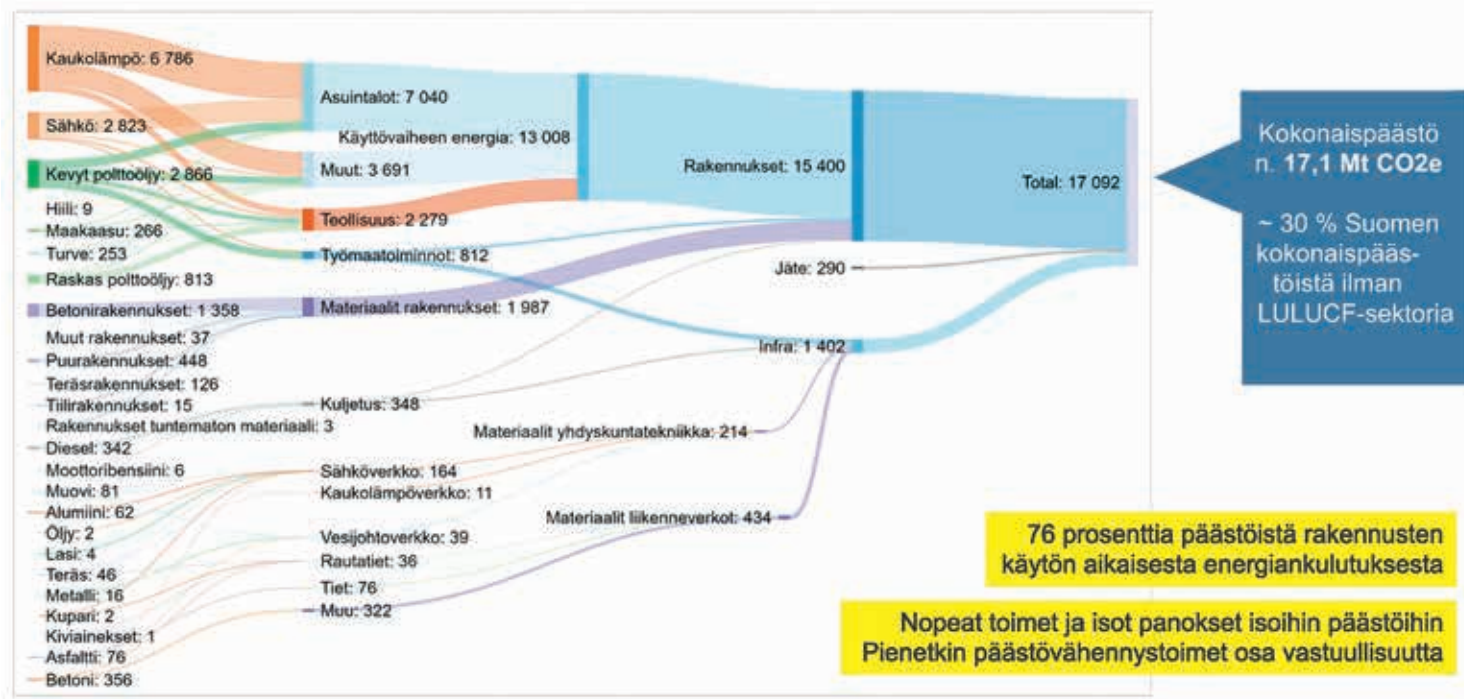
Suomen ympäristökeskus 2020. Hinku-verkosto. <https://hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2020 a. Ilmasto- ja energiastrategia. <https://tem.fi/ilmasto-ja-energiastrategia>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2020 b. Yhteenveto toimialojen vähähiilietikartoista. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162494/TEM_2020_52.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ympäristöministeriö 2020. Ilmastolain uudistus. <https://ym.fi/ilmastolain-uudistus>

Rakennetun ympäristön hiilijalanjäljen jakautuminen 2017 – mukana käytönaikainen energiankulutus (kt CO₂e)



Rakennetun ympäristön elinkaaren hiilijalanjälki (kt CO₂) tarkasteluvuonna 2017, laskennan kokonaistulos (sisältää käyttövaiheen energian päästöt).

ENERGIANKULUTUS JA HIILIJALANJÄLKI AISOIHIN

– Olemassa olevassa rakennuskannassa suurin päästövähennyspotentiali

PEKKA VUORINEN, ympäristö- ja energiajohtaja, Rakennusteollisuus RT

Rakennusteollisuus RT julkaisi kesäkuussa 2020 yhdessä sidosryhmiensä kanssa laaditun tiekartan koh- ti vähähiilistä rakennettua ympäristöä osana hallitus- ohjelman mukaisia toimialakohtaisia vähähiilisuuden tiekarttoja. Rakennetun ympäristön tiekartan mukaan olemassa olevan rakennuskannan energiankulutuk- sen ja päästöjen vähentämisessä on suurin potentiaa- li päästövähennyksiin alalla. Vähäpäästöisen energian vapautuminen muuhun käyttöön taas helpottaa vuo- rostaan energiantensiivisten toimialojen toimintaa.

Rakennetulla ympäristöllä on hyvin laaja yhteiskunnallinen ja taloudellinen merkitys. Kiinteästä pääomakannastam- me 83 % muodostuu rakennuksista sekä infrastruktuurista

ja kiinteistö- ja rakennusala vastaa 15 % bruttokansantuotteestam- me sekä työllistää yli 500 000 ihmistä.

Myös rakennetun ympäristön ja rakentamisen energiankäyttö ja ilmastovaikutukset ovat yhteiskunnallisesti merkittäviä: raken- nettu ympäristö vie suomalaisten kuluttamasta energiasta yli kol- manneksen sekä vastaa noin kolmanneksella Suomen kulutuksen ilmastopäästöistä. Tällä hetkellä suurin osa sektorin päästöistä syn- tyy käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Rakennettu ympäristö onkin teollisuuden ohella yksi merkittävimmistä CO₂-päästöjen tuot- taja ja sen merkitys ilmastomuutoksen hillitsemisessä on kiistaton.

Rakennusteollisuuden tiekartta tehdessä selvitettiin ensimmäis- tä kertaa Suomen tasolla rakentamisen ja rakennetun ympäristön vuotuinen hiilijalanjälki, päästövähennyskeinot ja niiden edelly- tykset sekä luotiin skenaariot tulevaisuuteen aina vuoteen 2050 saakka. Tavoitteena oli tunnistaa suurimmat päästövähennysten

Merkittävin päästövähennyspotentiali on rakennusten energiankulutuksen vähentämisessä, siksi olemassa olevien rakennusten energiankulutuksen vähentämiseen kannattaa panostaa

osa-alueet, vähähiilisuuden mahdollistavat toimenpiteet ja keskei- set epävarmuudet.

Suurimpiin päästövähennyksiin päästään yhteispelillä

Rakennetussa ympäristössä ja rakentamisessa ollaan vähentämässä päästöjä 66 prosentilla vuoteen 2035 mennessä. Tunnistettujen tek- nologiaharppauksen avulla voidaan tuolloin päästä jopa 80 prosen- tin vähennykseen. Vuoteen 2050 on mahdollisuus saavuttaa lähes hiilineutraalius ja vähentää päästöjä 95 prosentilla.

Rakennetussa ympäristössä peräti 76 prosenttia päästöistä syn- tyy rakennusten käytön aikaisesta energiankulutuksesta. Olemas- sa olevien rakennusten energiankulutuksen vähentämisessä mm. energiaremonttien ja lämmitysmuotojen uusimisen avulla onkin merkittävin päästövähennyspotentiali.

Infrarakentamisessa oleellista päästövähennyspotentialia löytyy etenkin työmaatoiminnoista, kuljetustarvetta vähentävästä kiviaines- ten alueellisesta hyödyntämisestä sekä kierrätys- ja uusiomateriaa- lien käytöstä. Valtaosa (90 %) päästöistä ratkaistaan jo suunnittelu-

vaiheessa, joten nyt tapahtuvan suunnittelun ja rakentamisen vaiku- tukset ulottuvat pitkälle rakennetun ympäristön elinkaareen. Julki- sella tilaajalla on näissä päätöksissä ja valinnoissa merkittävin rooli.

Työmaatoimintojen päästöjen vähentämisessä sähköistämällä ja biopoltoaineisiin siirtymisellä on tärkeä rooli. Rakentamisvai- heen osalta taas rakennusmateriaalien, kuten sementin ja teräksen valmistuksen, teknologiakehityksellä on suuri merkitys. Eri mate- riaalien väliset erot päästöissä ovat promilleluokkaa rakennusta- salla arvioituna.

Suurimpien päästövähennysten aikaansaaminen edellyttää mää- rätietoisia toimia kaikilta osapuolilta, myös julkiselta sektorilta. Val- tion tulee uudistaa alan vähähiilisyysääntelyä johdonmukaisesti ja siten, että vaatimukset ovat toteutettavissa. Kuntien tulee ottaa huo- mioon maankäyttöratkaisuissaan paitsi rakennusten ja rakenteiden sijoittelusta syntyvät liikenteen päästövaikutukset myös rakennetta- vuuteen liittyvät rakentamisen lisäpäästövaikutukset. Julkisten toi- mijoiden tulee hankinnoissaan painottaa vähähiilisyttä materiaa- li- ja teknologianeutraalisti sekä mahdollisimman ennustettavasti.



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

ILMANLAADUN JA UUSIUTUVAN ENERGIAN ASiantuntija

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

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



Kuva: Laura Karlin



Helsingin tavoitteena on kasvattaa kitkarenkaiden osuus 70 prosenttiin talveen 2030-2031 mennessä.

KIRSIKKA NEVALAINEN, ympäristöasiantuntija, Helsingin kaupunki
JARI RANTSI, liikenneinsinööri, Helsingin kaupunki

Helsinki kannustaa kitkarenkaiden käyttöön

Katupöly on yksi Helsingin keskeisempiä ilmanlaatuongelmia. Tehokas tapa vähentää katupölyn syntymistä kaupungissa on lisätä kitkarenkaiden käyttöä nastarenkaiden sijaan ja samalla kitkarenkaat vähentävät myös tieliikenteen aiheuttamaa melua sekä kuluttavat vähemmän tien päällystettä.

Helsingin tavoitteena on kasvattaa kitkarenkaiden osuutta kaupungin talviliikenteessä nykyisestä vajaasta 30 prosentista 70 prosenttiin seuraavan kymmenen vuoden aikana. Tavoite on kirjattu sekä Helsingin ilmansuojelusuunnitelmaan että meluntorjunnan toimintasuunnitelmaan ja tavoitteeseen pääsyä edistetään viestinnän lisäämisellä sekä mahdollisesti nastarenkaiden käyttöä rajoittavan liikennemerkin käytöllä.

Nastarenkaiden aiheuttama katupöly heikentää ilmanlaatua

Liikenteellä on paljon haitallisia ympäristö- ja terveysvaikutuksia. Pakokaasujen lisäksi liikenteen ilmaan nostama katupöly heikentää Helsingin ilmanlaatua. Katupölyn pääasiallisia aiheuttajia ovat nastarenkaat ja niiden aiheuttama katujen kuluma sekä hiekoitusma-



Kitkarenkaiden käytöllä on monia etuja nastarenkaisiin verrattuna.

teriaalista peräisin oleva aines. Talven aikana irronnut aines nousee keväisin ilmaan katupölynä.

Katupöly heikentää ilmanlaatua erityisesti kaupunkien vilkkaasti liikennöidyillä kaduilla. Eniten katupölyn haittavaikutuksille altistuvat katukuiluissa liikkuvat sekä niiden lähellä asuvat kaupunkilaiset. Lapset ja iäkkäät ovat erityisen herkkiä haittavaikutuksille ja monet hengityselinsairauksista kärsivät reagoivat katupölyyn välittömästi.

Kitkarenkaiden hyödyt ja haasteet

Kitkarenkaiden käyttö vähentää oleellisesti katupölyn määrää verrattuna nastarenkaiden käyttöön. Kitkarenkaat aiheuttavat myös vähemmän melua ja tienpinnan kulumista kuin nastarenkaat. Mikäli kitkojen osuus kasvaisi tavoiteltuun 70 prosenttiin, saataisiin talviliikenteen melua vähennettyä 1–3 dB. Suunnilleen vastaava kolmen desibelin vähennys saavutettaisiin esimerkiksi puolittamalla liikenteen määrä kaupungissa.

Kitkarenkaan pito jäisellä tienpinnalla ei ole yhtä hyvä kuin nastarenkaalla, mutta ennakoiva ja turvallinen ajotapa vaikuttaa liikenneturvallisuuteen enemmän kuin talvirenkaan tyyppi. Myös talvirenkaan kunnolla ja laadulla on merkitystä liikenneturvallisuuteen: pohjoismaiseen käyttöön tarkoitetut kitkarenkaat toimivat olosuhteissamme huomattavasti paremmin kuin keskieurooppalaiset. Kitkarenkaita voi turvallisuuskulmasta suositella ajoneuvoihin, joissa on lukkiutumattomat jarrut ja ajonvakausjärjestelmä.

Helsingin keväällä 2020 teettämän kyselyn mukaan autoilijat kaipaavat lisää tietoa rengasvalinnan ympäristövaikutuksista ja sitä tietoa kaupunki haluaa tarjota. Helsingin kaupungilla onkin käynnissä laaja kitkaviestintäkampanja syksyn 2020 aikana: kampanjassa viestitään kitkarenkaiden eduista etenkin paremman ilmanlaadun ja ääniympäristön näkökulmista niin sosiaalisessa mediassa kuin Helsingin katukuvassakin.

Nastakieltokatujen toteuttamista selvitetään

Helsingissä on myös selvitetty uuden tieliikennelain mukaisen nastarenkailla läpiajon kieltävän liikennemerkin käyttöä. Tavoitteena on määrittää periaatteet, joilla nastarenkailla läpiajo voitaisiin kieltää tietyillä katuosuuksilla. Tontille ja kiinteistöille ajaminen olisi edelleen sallittua myös nastarenkaita käyttäville ajoneuvoille.

Työn taustalla on vuonna 2019 tehty selvitys Helsingin ympäristöyöhykkeen laajentamismahdollisuuksista, jonka perusteella kitkarenkaiden osuuden kasvattaminen on tehokkain keino vähentää katupölyn määrää ja sen aiheuttamia terveyshaittoja sekä parantaa ilmanlaatua Helsingissä.

Nastarenkaiden käytön rajoittamiseksi on muissa Pohjoismaissa käytössä kahdentyyppisiä keinoja. Nastarenkaiden käyttöä voidaan rajoittaa vain tietyillä kaduilla tai alueilla kuten Ruotsissa. Käyttöä voidaan rajoittaa myös lupamaksujen avulla, kuten Norjan kaupungeissa, joihin asetettiin 2000-luvun vaihteessa nastarengasmaksu nastarenkaita käyttäville. Sekä Ruotsin että Norjan keinot on todettu toimiviksi ja niiden avulla on saatu vähennettyä nastarenkaiden määrää.

Helsingin kaupungin tavoittelema malli on nastarengaskiellot tietyillä kaduilla. Kaupunki tekee vielä tarkempia määrittelyjä nastakieltokatujen mahdollisista kokeiluista, minkä jälkeen asia etenee poliittiseen päätöksentekoon vuoden 2021 aikana.

Lisätietoa

Kitkarengaskampanja: www.hel.fi/kitkat

Helsingin kaupungin ilmansuojelusuunnitelma 2017–2024: www.hel.fi/static/ymk/julkaisut/julkaisu-11-16.pdf

Helsingin meluntorjunnan toimintasuunnitelma 2018–2022: www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/julkaisu-18-18.pdf

Kitkarenkaiden suosiminen on tehokkain keino vähentää katupölyä ja parantaa ilmanlaatua Helsingissä



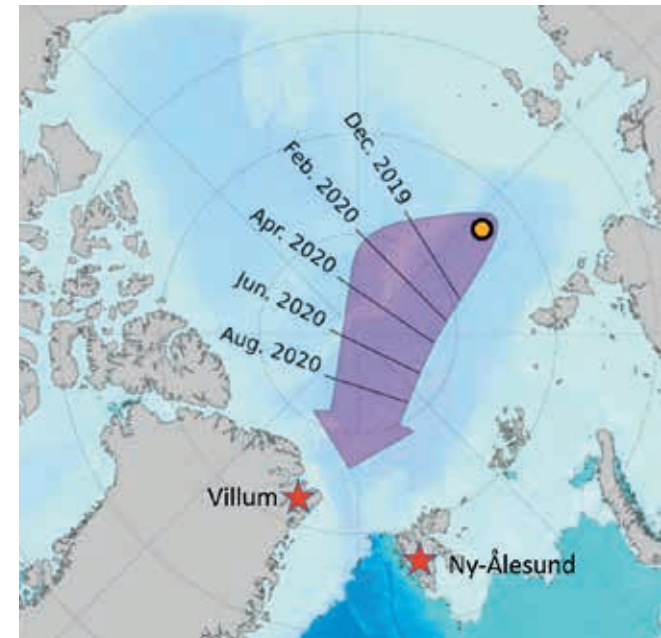
Saksalainen jäänmurtaja ja tutkimusalus R/V Polarstern (vasemmalla) sekä Suomessa rakennettu venäläinen R/V Akademik Fedorov vierellään Pohjoisella jäämerellä. Ilmakehän kemialla ja aerosolimittauksia tehtiin kannella näkyvästä punaisesta kontista.

TUIJA JOKINEN, tutkimuskoordinaattori, Helsingin yliopisto

VUOSI AJELEHTIVAN JÄÄNMURTAJAN KYYDISSÄ

Ilmastotutkimusta MOSAiC-retkikunnassa Pohjoisella jäämerellä

Kansainvälinen MOSAiC (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) -hanke saatiin päätökseen lokakuussa 2020. Hankkeen aikana yhteensä 442 tutkijaa ajalehti jäälautan mukana R/V Polarsternin kyydissä vuoden ajan keräten havaintoja napa-alueelta. Ilmaston tilaa rekisteröineen jäänmurtajan kyydissä tehtiin mittauksia niin merestä, jäästä, sulamisvesistä, levistä, eläimistä kuin ilmakehästäkin. Retkikunnan tarkoituksena on sekä kartoittaa arktisen alueen nykytilaa ja ekosysteemien kytköksiä toisiinsa, että löytää syitä ja ratkaisuja alueella nopeasti etenevään ilmastomuutokseen ja merijään sulamiseen liittyen. Kampanjaan osallistui Suomesta INAR:n tutkijoita Helsingin yliopistolta sekä tutkijoita Ilmatieteen laitokselta. Tässä jutussa pääsette jäänmurtajan kyytiin MOSAiC:n neljännelle osiolle, joka toteutettiin keskellä koronapandemiaa kesällä 2020.



Karttakuvasta näkyy laivan ennustettu ajalehtimisreitti sekä arktisella sijaitsevien Ny-Ålesundin ja Villum-tutkimusasemien sijainti. Ilmakehämittauksia tehtiin samanaikaisesti kaikilta asemilta.

Retkikunta vaakalaudalla koronan vuoksi

MOSAIC-hanke alkoi syyskuun lopulla 2019, kun Polarstern lähti matkaan Norjan Tromssasta ja kiinnittyi merijään viettäväksi 85N-leveyspiirin kohdilla Siperian yläpuolella. Polarsternin oli määrä ajalehtia jäälautan mukana kokonainen vuosi ja tänä aikana henkilöstö sekä tutkijat oli tarkoitettu alkuperäisen suunnitelman mukaan vaihtaa viisi kertaa. Yhden osion pituudeksi tulisi näin noin kolme kuukautta matkustusaikoinen.

Tutkijoiden ja henkilöstön kiusaksi iskenyt koronaepidemia vei kuitenkin koko tutkimusmatkan loppuun saattamisen vaakalaudalle keväällä 2020. Kolmannen osion tutkijat saivat Jäämerellä uutiset, että maailmanlaajuinen pandemia on leviämässä nopeasti ja matkustusrajoituksia tulee voimaan. Matkustusrajoitukset johtivat pian aikataulumuutoksiin sekä hankkeen yksi osio päätettiin perua kampanjan toteuttamiseksi, joten kolmannelle osiolle lähteneet tutkijat päätyivät viettämään lähes puoli vuotta Polarsternillä ennen neljännen osion henkilöstövaihtoa.

Tutkimusmatkan neljättä osiota, jossa allekirjoittanut on mukana, lähdetään toteuttamaan koronasta huolimatta. Haen matkustustilaa ulkomaille ja lähdän matkaan huhtikuun viimeisenä päivänä. Kävelen sisäisen autiotuneelle Helsinki-Vantaan lentoasemalle ja lähtöselvityksessä matkustustilani tarkastetaan passini kanssa. Lufthansan lennolla Hampuriin on minun lisäksi 8 ihmistä. Saavun hotelliin Bremerhaveniin yöllä ja asetun huoneeseeni koronakaranteeniin, joka alkaa välittömästi. Vietän tässä hotellihuoneessa 18 päivää. Kahdeksana ensimmäisenä päivänä en saanut

poistua huoneesta, joten huoneen jokaisesta kulmasta tuli tuttuja. Aamulla oveen koputetaan, kun aamupala on toimitettu. Sama toistuu kolme kertaa päivässä ruoka-aikoina. En saa avata ovea ennen kuin hotellin henkilökunta on poistunut ovelta.

Ensimmäinen koronatesti tehdään perjantaina toukokuun ensimmäisenä päivänä. Tulosten odottaminen oli vaikeaa. Olin lähes satavarma, että jollain lähes sadan ihmisen joukkiosta todettaisiin koronavirus. Saimme testin tuloksen Whatsappin välityksellä retkikunnan johtajalta Markus Rexiltä. Testin tulokset olivat kaikilla negatiivisia ja helpotus valtava. Luulen kuulleen huokauksia käytävästä, vaikkei siellä ketään liikkunutkaan.

Ryhmän Whatsapp räjähti onnittelusta ja monen viikon etätoilla ja eristäytymisellä oli saatu aikaan se, että retkikunnan neljäs osio oli oikeasti lähempänä onnistua. Fiilis oli uskomaton sekoitus helpotusta ja kauhua samasta aiheesta: matka oikeasti toteutuu. En tosin uskonut tähän ennen, kuin olimme jo matkalla kohti satamaa. Kolmen negatiivisen koronatestin ja pitkän karanteenin jälkeen lähdimme kahdella laivalla (R/V Sonne ja R/V Maria S. Merian) Saksan Bremerhavenista kohti Huippuvuoria. Koska laivoilla ei ole kunnollista jääluokitusta saapua Polasternin jääleiriin, niin alkuperäisestä suunnitelmasta poiketen Polarstern tulee meitä vastaan ja tutkijavaihto tapahtuu Longyearbyenin edustalla. Maihin emme voi koronan takia nousta.

Tutkijavaihtoa avomerellä

Polarstern saapuu Huippuvuorille kaksi viikkoa myöhässä. Ahtoja pakkautuivat eteläisen tuulen mukana tiukaksi paketiksi estäen nopean liikkumisen raitoja myöden kohti Huippuvuoria. Neljän ja puolen viikon odottelu alkaa ottaa päähän ja kiristellä kärsivällisimpienkin ihmisten hermoja, mutta tunnelma kohoaa, kun saamme uutisen, että Polarstern on päässyt jäistä läpi avomerelle. Klo 0:47 saan Whatsapp-viestin yläkansilta: Polarstern näkyvässä horisontissa! Kun aamulla herään, maailma on muuttunut.

Suunniteltu tutkijavaihto laivojen välillä alkaa seuraavana päivänä. Laivoja on neljä: Polarstern, jossa kolmososion tutkijat ja henkilökunta ovat viettäneet lähes 5 kuukautta, tankkeri, jonka tarkoituksena on tankata Polarstern noin kolmen päivän operaationa, ja lisäksi nelososion tutkijat odottavat pääsyään Polarsternille kahdella saksalaisella aluksella. Ilmakehätiimi (ATMOS) on kokonaisuudessaan RV Sonne:lla ja kaikki muut tutkimusryhmät ovat RV Maria S. Merian:lla, mukaanlukien retkikunnan johtaja.

Suunnitelman mukaan Sonne parkkeeraa ensin Polarsternin viereen ja vaihtaa tutkijansa laivojen välillä. Koska Sonnen komentosilta on laivaa leveämpi, operaatio vaatii tarkkuutta. Kun vaihto ja muu logistiikka on suoritettu, Maria S. Merian siirtyy Polarsternin viereen ja pysyy siinä loppuun asti.

Koska itse tarvitsen aikaa oppia kontin laitteiden toiminnan, pääsyni Polarsternille priorisoidaan. Pääsen siis ensimmäisten joukossa laivaan, hyppään paukkuliivit päällä kumiveneeseen ja oma osioni alkaa vauhdilla. Saan kaksi ja puoli päivää työaikaa ottaa mittauskontti haltuun ja kaikki onnistuu todella hyvin. Minulla on paljon asioita muistettavana ja tarkastuslistallani on päivittäin noin pari sataa asiaa. Muuhun en pysty kuin parhaaseeni ja uskon lujasti, että se riittää.

Kesäkuun 8. päivä irtaudumme Maria S. Merianista ja lähdemme kohti merijääleirin rippeitä, jotka sijaitsevat noin 82 N leveyspiirillä.



Matkalla Huippuvuorille R/V Sonnen kyydissä. Horisontissa siintää R/V Maria S. Merian ja yksi viimeisistä auringonlaskuista, jonka kesän aikana näimme. Ylitämme napapiirin helatorstaina ja valon määrä lisääntyy silmissä.

lä, Huippuvuorten ja Grönlannin välissä. Kun irtaudumme Merianista, kapteeni soittaa kannella Enyan Sail away:ta. Nauran ja itken samaan aikaan. Tulevan yön nukun nelimetrisessä aallokossa kuin lapsi ja seuraavana päivänä kesken lounastaukoa täräytämme läpi Arktisen alueen toistaiseksi sulamattomasta jäämassasta.

Ilmakehätutkimusta jäämerellä ajelehtiessä

Matkamme jääleiriin kestää noin viikon. Jää on keväisen pehmeää ja railoja riittää liikkumiselle. Näemme jäiden seassa lahtivalaita ja hylkeitä, mursut jäävät bongaamatta. Perille päästyämme pystytämme jääleiriä kuin muurahaiset. Jälle rakentuu uusi meteorologinen asema, CO₂:sta mittaavia vuواسemia, ilma-alusten, droonien ja vedenalaisen robottikameran (ROV) leirejä ja teitä, joita pitkin kuljemme lautalla.

Konttimme on täytetty jo maissa ääriään myöten ja asennettu laivan keulaan kannelle. Havaitsemme ilmakehän prosesseja yhteensä 23 mittalaitteella ja mittaukset ovat käynnissä 24 h päivässä. Mittaamme jäämereltä hivenkaasupitoisuuksia, kuten otsonia, rikkidioksidia, metaania ja kondensoituvien kaasujen, kuten rikkihapon ja halogeeniyhdisteiden, pitoisuutta reaaliajassa.

Otsonimittauksista saadaan lisäinformaatiota rajakerroksen halogeenikemiasta, kun otsonikatoa tutkitaan myös hyvin lähellä maan pintaa (tai tässä tapauksessa jään tai veden pintaa). Halogeeniyhdisteiden rooli arktisen alueen ilmakehässä on ollut kuuma tutkimuskohde vuosikymmeniä, koska yläilmakehän otsonikerros suojelee meitä auringolta ja halogeeniyhdisteet, kuten freonit, tuhoavat sitä tehokkaasti valoisaan vuodenaikaan. Halogeenien reaktioita tai niiden vaikutusta alueen ilmastoon ei ymmärretä täysin vielä, koska mittauksia on pystytty suorittamaan vain harvoin ja ne ovat teknisesti haasteellisia erityisesti kaamosaikaan. Myös jääkarhuja parveilee laivan ympäristössä jatkuvasti, onneksi laitteemme ovat turvassa laivan kannella.

Ilmakehän kemian lisäksi tutkimme ilman pienhiukkasia. Olemme erityisen kiinnostuneita pienhiukkasten syntymisestä ja kas-

vamisesta pilvipisaroiksi asti. Tutkimuksemme kohteena on myös hiukkasten alkuperä: ovatko pienhiukkaset peräisin kaukokantautuneista ilmansaasteista vai syntyvätkö ne paikallisten lähteiden haptumisreaktioista. Tavoitteenamme on selvittää, mikä rooli pienhiukkasilla on arktisen alueen ilmastossa, ja yritämme selvittää lämmittävätkö vai viilentävätkö pilvet paikallista ilmanalaa. Siispä takaisin mittauskonttiimme.

Alustavia tuloksia arktisen alueen pienhiukkaspitoisuudesta ja -muodostuksesta

Ensimmäisen viikon aikana ilmakehäasemallamme laivan kannella alkaa tapahtua. Kevään herääminen on lähellä pohjoisnapaa jännittävää aikaa, sillä auringosta saatava energia herättää käyntiin jään sulamisen ja jään alla elävien mikro-organismien toiminnot sekä leväkukinnot ja niihin liittyvät kemialliset ilmiöt, eräänlaiset ilmakehän omat puhdistusmenetelmät. Pitkän pimeän jakson aikana saatiin jo yllättäviä tuloksia kun ilmassa havaittiin huomattavia pitoisuuksia jodia sisältäviä kaasuja (Sipilä et al., Nature, 2016). Näitä yhdisteitä on havaittu napa-alueilla kesän aikana (Jokinen et al., Sci. Adv., 2018), mutta kaamoksesta saadut tulokset hämmästyttävät, koska yhdisteiden muodostuminen vaatii valoa.

Kevään herätessä havaitsemme lentoaikamassaspektometrillä myös rikkihappo- ja metaanisulfonihappopitoisuuksien (MSA) nousevan. Rikkihapon on todettu aikaisemmissa tutkimuksissa muodostavan nanometrien kokoisia hiukkasten esiasteita tai ryppäitä (esim. Kulmala et al., Science, 2013). MSA taas on vastuussa näiden pienten molekyyli-ryppäiden kasvattamisesta isommaksi. Molemmat yhdisteet ovat peräisin vedessä elävästä kasviplanktonista vapautuvasta dimetyylisulfidista (Charlson et al., Nature, 1987). Jos päivä on aurinkoinen ja kondensoituvien yhdisteiden pitoisuus on korkea, voimme nähdä uusien pienhiukkasten muodostumisen hiukkaslaskurien lukemista.

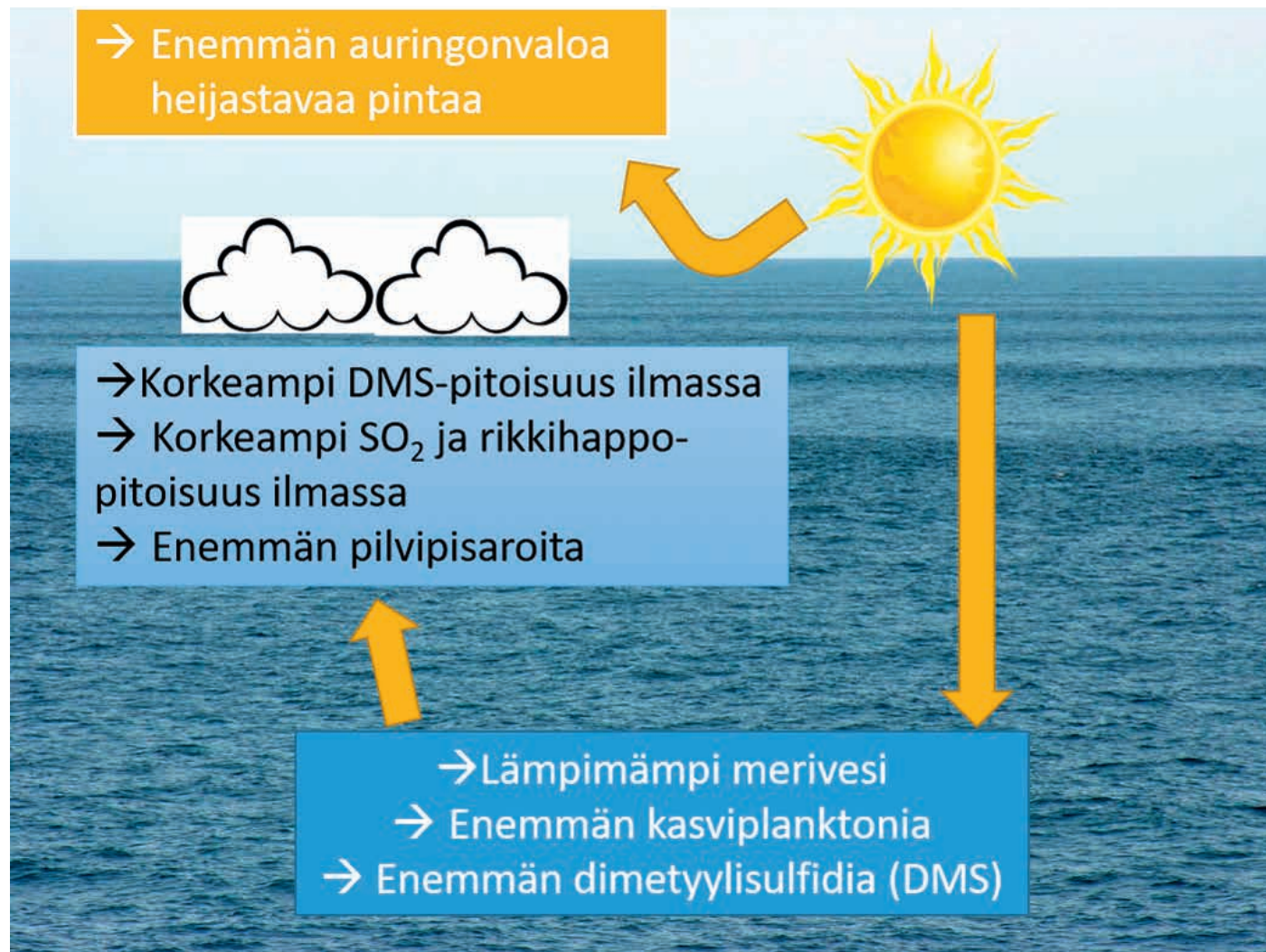
Mittaamme reaaliajassa ensin hyvin puhdasta, lähes hiukkasvapaa, ilmaa, kunnes aurinkoinen päivä ja jään rakoilu sekä sulami-



Jääleirin pystytystä. Sääasemien kokoaminen ja purkaminen vaati paljon vapaaehtoista työvoimaa. Yhdessä työskennellessä myös tiimihenki parani päivä päivältä.



Tukijoiden seurana ja vaarana olivat nämä karvaiset kaverit. Jääkarhut olivat uteliaita ja vierailivat kesän aikana leirissä poikastensa kanssa ahkerasti. Vaaratilanteilta vältyttiin kattavan karhuvalvonnan avulla.



Kuva 1. Ehdotettu takaisinkyntämekanismi, jota tutkimme Pohjoisella jäämerellä. Hypoteesi tunnetaan nimellä CLAW (Charlson et al., Nature, 1987). Meren lämmittämisen seurauksena kasviplankton voi lisääntyä emitoiden enemmän DMS:ä ilmakehään. Näin pilvipisaroitten määrä ja auringonvalon heijastuminen avaruuteen kasvaa ja ilmasto viilenisi (negatiivinen takaisinkyntä). Erilaisessa skenaariossa meren lämpeneminen vähentäisi kasviplanktonia kääntäen takaisinkyntänsä positiiviseksi. MOSAiC:n tavoitteena on selvittää kummasta takaisinkyntäkennästä Arktiksella on kyse.

MOSAIC numeroina

Retkikunta alkoi ja loppui Saksan Bremerhavenin satamasta ja kesti 389 päivää. Tänä aikana 442 tutkijaa matkusti Pohjoiselle jäämerelle seitsemällä eri jäänmurtajalla. Polarstern ajalehti ensimmäisen jäälautan mukana 300 päivää ja 3400 km. Tutkijoiden keski-ikä oli 39 vuotta. Syvin mittauspiste oli 4297 m veden alla ja korkein mittauspiste 36 278 m merenpinnan yläpuolella.

Matka maksoi noin 200 000 € päivä, joka ei sisällä tutkimukseen käytettyjen laitteiden tai tutkijoiden palkoista aiheutuneita kuluja. Suurimman osan matkasta maksoi Saksan valtio, INAR:n osuus kustannuksista oli noin 0,5 milj. €. Polarstern kulutti retkikunnan aikana yhteensä noin 7 100 tonnia vähärikkistä dieselä, joista vapautui ilmakehään 22 100 tonnia CO₂:sta. Tämä vastaa Saksan isoimman hiilivoimalan kuuden tunnin päästöjä.

nen muuttavat kaiken. Talvella hiukkaspitoisuudet ovat vain muutamia, tai muutamia kymmeniä, hiukkasia kuutiokeskimetrissä, kun kaupungissa pitoisuudet kohoavat pahimmillaan tuhansiin tai kymmeniin tuhansiin hiukkasiin kuutiokeskimetrissä (n. soke-riipalan kokoinen kappale ilmaa, Zhou et al., Atmos. Chem. Phys., 2020). Odotan kuumeisesti pysyvä aurinko näkyvissä koko päivän. Illalla hihkun riemusta, sillä näen pienhiukkasia muodostuneen ja niiden kasvaneen kauniisti päivän aikana. Tulos on merkittävä, sillä hiukkasettomassa ilmassa vesi ei tiivisty muodostamaan pilviä. Hiukkasten syntyminen vaikuttaa siis alueen veden kiertoon.

MOSAIC-hankkeen aikana havaitsimme sekä ilmakehän kaasujen koostumusta, että niiden kondensoitumista pienhiukkasiksi. Pysytymme tulevaisuudessa mittauksiemme avulla selvittämään myös, kasvoivatko nämä hiukkaset tarpeeksi isoiksi toimiakseen pilvipisaroitten ytiminä. Pilvillä on suuria vaikutuksia ilmastoon. Ne heijastavat auringon säteilyä takaisin avaruuteen tai voivat sitoa lämpöä itseensä. Pilvien vaikutus voi siis paikallisesti olla joko viilentävä tai lämmittävä (Shupe & Intrieri, J. Climate, 2004).

Ryhmämme etsii mittauksilla havaintoja takaisinkyntäprosesseista, joita on vuosikymmenten aikana ehdotettu monia (yksi näistä kuvassa 1). Osia havainnoista on jo julkaistu Etelämantereen mittauksista, joissa pystyttiin todistamaan avomeren, kasviplanktonin ja pienhiukkasmuodostuksen yhteys (Jokinen et al., Sci. Adv., 2018). Pohjoisen jäämeren retkikunnan tuloksista saamme poikkeuksellisen kattavan jatkoon Etelämantereen havainnoille.

Lähteet

M. Sipilä, N. Sarnela, T. Jokinen, H. Henschel, H. Junninen, J. Kontkanen, S. Richters, J. Kangasluoma, A. Franchin, O. Peräkylä, M. P. Rissanen, M. Ehn, H. Vehkamäki, T. Kurten, T. Berndt, T. Petäjä, D. Worsnop, D. Ceburnis, V.-M. Kerminen, M. Kulmala and C. O'Dowd, Molecular-scale evidence of aerosol particle formation via sequential addition of HIO₃. Nature 537, 532–534 (2016) <https://doi.org/10.1038/nature19314>

T. Jokinen, M. Sipilä, J. Kontkanen, V. Vakkari, P. Tisler, E.-M. Duplissy, H. Junninen, J. Kangasluoma, H. E. Manninen, T. Petäjä, M. Kulmala, D. R. Worsnop, J. Kirkby, A. Virkkula, and V.-M. Kerminen, Ion-induced sulfuric acid–ammonia nucleation drives particle formation in coastal Antarctica, Science Advances 4(11), doi: 10.1126/sciadv.aat9744 (2018)

M. Kulmala, J. Kontkanen, H. Junninen, K. Lehtipalo, H. E. Manninen, T. Nieminen, T. Petäjä, M. Sipilä, S. Schobesberger, P. Rantala, A. Franchin, T. Jokinen, E. Järvinen, M. Äijälä, J. Kangasluoma, J. Hakala, P. P. Aalto, P. Paasonen, J. Mikkilä, J. Vanhanen, J. Aalto, H. Hakola, U. Makkonen, T. Ruuskanen, R. L. Mauldin, J. Duplissy, H. Vehkamäki, J. Bäck, A. Kortelainen, I. Riipinen, T. Kurtén, M. V. Johnston, J. N. Smith, M. Ehn, T. F. Mentel, K. E. J. Lehtinen, A. Laaksonen, V.-M. Kerminen, D. R. Worsnop, Direct observations of atmospheric aerosol nucleation. Science 339, 943–946, doi:10.1126/science.1227385 (2013).

R. J. Charlson, J. E. Lovelock, M. O. Andreae, S. G. Warren, Oceanic phytoplankton, atmospheric sulphur, cloud albedo and climate. Nature 326, 655–661 (1987)

Zhou, Y., Dada, L., Liu, Y., Fu, Y., Kangasluoma, J., Chan, T., Yan, C., Chu, B., Daellenbach, K. R., Bianchi, F., Kokkonen, T. V., Liu, Y., Kujansuu, J., Kerminen, V.-M., Petäjä, T., Wang, L., Jiang, J., and Kulmala, M.: Variation of size-segregated particle number concentrations in wintertime Beijing, Atmos. Chem. Phys., 20, 1201–1216, <https://doi.org/10.5194/acp-20-1201-2020>, (2020)

M. Shupe & J. M. Intrieri, J. Climate 17 (3): 616–628 (2004).

Drifting for a year in the Arctic Ocean for climate research

The international MOSAiC (Multidisciplinary drifting Observatory for the Study of Arctic Climate) expedition ended in October 2020. During the expedition all-together 442 researchers from 20 nations drifted in the Arctic Ocean on an ice floe with the R/V Polarstern for a full year collecting environmental data in proximity of the North Pole.

From Polarstern they collected observations on ice, ocean, melt water, algae, fauna and atmosphere. The aim was to find links between the different ecosystem interfaces and possible solutions on how to tackle the fast evolving climate change that warms up the Arctic at twice the rate of global average. Two research institutes from Finland participated in the expedition and in this article you can read the story of a researcher taking part in the expedition on the midsummer leg no 4 on Polarstern that was executed in the middle of the corona pandemic in 2020.

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

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@hnuordion.fi



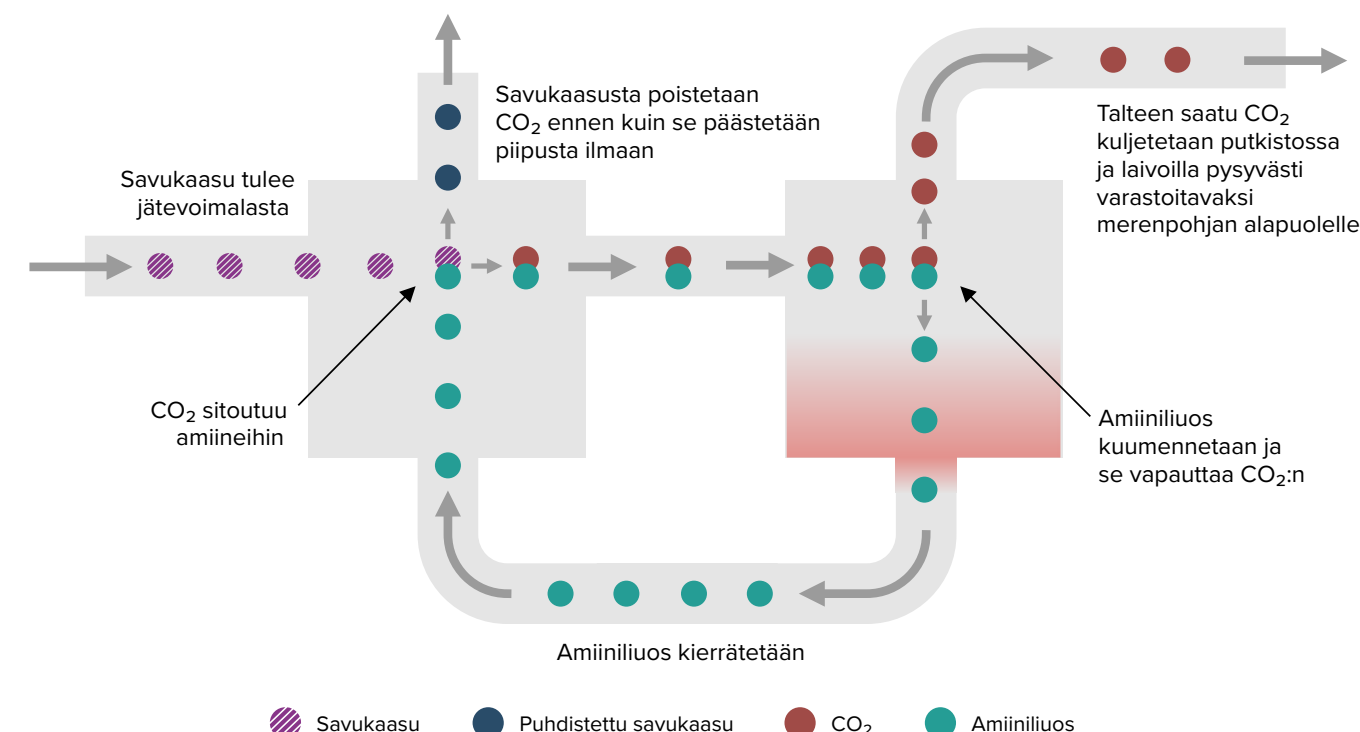
JANNE HOUNI, mittausinsinööri, Ramboll

Hiilidioksidin talteenotto myötätuudessa

Hiilidioksidin talteenottoteknologiaan on investoitu ja tullaan jatkossakin investoimaan merkittäviä summia julkisia varoja, sillä suurten panostusten toivotaan kehittävän talteenottoteknologiaa ja siten lisäävän tulevien hankkeiden määrää. Kansainvälisen energiajärjestön IEA:n mukaan sovittuihin ilmastotavoitteisiin ei tulla pääsemään ilman hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia (IEA 2020). Talteenotosta ja varastoinnista käytetään termiä CCS (Carbon Capture and Storage). Lisäksi IEA:n julkaisu mainitsee tarpeen kehittää tapoja hyödyntää talteen otettua hiilidioksidia (CCUS = Carbon Capture, Utilisation and Storage).

Kentällä-sarjassa ISY:n yritys- ja yhteisöjäsenet esittäytyvät ja kertovat toiminnastaan

Näin CCS toimisi Fortum Varmen pilottilaitoksessa



LÄHDE: FORTUM

Usein teknologiat kehittyvät ja halpenevat yleistyessään. Ensimmäiset toimijat ottavat kantaakseen suurimmat riskit, millä puolestaan voidaan perustella julkista rahoitusta. Talteenottoteknologian kehittymisen lisäksi CO₂-päästöt tulevat kallistumaan, mikä lisänee talteenottolaitosinvestointien kannattavuutta. CCS-teknologiasta odotetaan yhtä keinoa hillitä ilmastomuutosta. Jo tällä hetkellä hiilivapaiden tuotteiden imagoarvo on suuri, ja jätteenpolttolaitoksen yhteydessä hiilidioksidin talteenotto voi tehdä toiminnasta jopa hiilinegatiivista. Tällä hetkellä hiilidioksidiin on jo kehitteillä tulevaisuuden käyttökohteita, esimerkiksi VTT on Espoossa kokeillut polttoainien ja kemiantuotteiden tekemistä hiilidioksidista (VTT 2020).

Talteenoton alun haasteet

Toiminnassa olevia suuren mittakaavan (yli 400 000 tonnia CO₂/vuosi) talteenottolaitoksia on tällä hetkellä 19 (Global CCS Institute 2019) ja ne keskittyvät etenkin maakaasun sisältämän hiilidioksidin poistamiseen. Tulevaisuudessa tekniikkaa voidaan tarvita esimerkiksi suurten päästölähteiden, kuten teräs- ja sementtitehtaiden sekä energialaitosten, yhteyteen. (IEA 2020).

Suomessa hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia on pidetään yhtenä tulevaisuuden päästöjen vähentämismenetelmänä ydinvoiman ja uusiutuvan energian seurassa. (Ilmasto-opas 2020). Meri-Poriin suunniteltiin suuren kokoluokan koelaitosta, mutta suunnitelmasta luovuttiin vuonna 2010 (Talouselämä 2017). Tällä hetkellä

ainakin Westenergy Vaasassa tutkii mahdollisia CCS-menetelmiä jätteenpolttolaitokselleen. Tutkimus on saanut myös 100 000 euroa avustusta Työ- ja elinkeinoministeriöltä. (YLE 2020a.)

EU on yrittänyt polkaista CCS-laitoshankkeita käyntiin energiantuotantosektorille jo yli vuosikymmenen ajan ja käyttänyt niihin ainakin 587 miljoonaa euroa. Mikään hankkeista ei ole kuitenkaan edennyt täysimittaiseksi laitokseksi asti vaikka esimerkiksi Espanjassa tekniikkaa on testattu menestyksekkäästi koelaitoksessa. Uudelle teknologialle on ollut vaikea saada ympäristölupia Etelä-Euroopassa ja lisäksi hiilidioksidin maanalainen loppusijoitus herätti julkista vastustusta Saksassa ja Puolassa. Suurin syy hankkeiden kaatumiseen oli kuitenkin finanssikriisi. (EU Observer 2017).

CCS-laitos vireillä Norjassa

Epäonnisten hankkeiden jälkeen CCS-teknologian tulevaisuus Euroopassa voi löytyä jätteenpolton yhteydestä. Norjan hallituksen ja suuryritysten rahoitussuunnitelma ”Langskip” (Viikinkien käyttämä pitkä vene) lupaa rahoituksen Norcemin sementtitehtaan yhteyteen rakennettavalle CCS-järjestelmälle (YLE 2020b). Lisäksi Norjan hallitus on luvannut rahoittaa Fortum Oslo Varmen ja Oslos kaupungin jätteenpolttolaitoksen yhteyteen rakennettavaa CCS-laitosta 270 miljoonalla eurolla. Langskipin eteneminen myötätuudessa varmistuu, jos toinen puolikas rahoitusta saadaan esimerkiksi EU:n innovaatorahastosta (HS 2020). CCS-teknologiaa testattiin Fortumin jätteenpolttolaitoksella vuonna 2019 onnistuneesti (The Che-

Hiilidioksidin poistolaitos kuluttaa merkittäviä määriä energiaa, joten energiatehokkuuden kehittäminen olisi tärkeää täysikokoiselle CCS-laitokselle

OSLON KOELAITOS

Fortum Oslo Varme on Norjan suurin kaukolämmön ja sähkön yhteistuotantolaitos, jossa poltetaan vuosittain noin 400 000 tonnia jätteitä. Yhtä paljon syntyy hiilidioksidia. Rambollin mittausasiantuntijat tutkivat Fortumin pilottiprojektissa hiilidioksidin talteenottoteknologian toimivuutta koelaitostoiminnan ajan vuonna 2019. Päätös täysikokoisen talteenotto-laitoksen rakentamisesta on määrä tehdä vuoden 2020 loppuun mennessä.

Fortumin ja Oslon kaupungin omistaman jätteenpolttolaitoksen yhteyteen rakennettiin viime vuonna koelaitos. Testijakson aikana laitos erotti jätteenpolttolaitoksen savukaasuista noin 3,5 tonnia hiilidioksidia päivässä ja täysimittainen CCS-tekniikan käyttöönotto vaatii suuren talteenottolaitoksen lisäksi infrastruktuurin hiilidioksidin kuljetetusta ja loppusijoitusta varten. Täysikokoisessa laitoksessa talteen otettu hiilidioksidi olisi tarkoitus myös nesteyttää ja sijoittaa merenpohjaan Pohjanmeren Johansenin muodostelman alueelle (Northern Lights Project 2019). Tulevaisuudessa hiilidioksidille halutaan kehittää myös uutta käyttöä kiertotalouden hengessä.

CCS-laitoksia toimii jo useissa maissa, kuten Kanadassa, USA:ssa ja Japanissa. Pohjanmerellä Sleipnerissa hiilidioksidia poistetaan maakaasua merenpohjasta pumppaavassa laitoksessa. Kentän maakaasu sisältää 9 % hiilidioksidia (Akervoll et al. 2009), jota on vuoden 1996 jälkeen sijoitettu muodostelmaan yhteensä 20 miljoonaa tonnia (Equinor 2020). Suomessa CCS-teknologia voisi soveltua energialai-

tosten lisäksi esimerkiksi sementti- ja sel-luteollisuuteen.

CCS-teknologiaa on tutkittu paljon, mutta sen kehittäminen vaatii lisää käytännön kokemusta. Fortumin laitoksella tutkimuskohteina olivat esimerkiksi hiilidioksidin erotusaste ja erotuksessa käytettyjen amiinien hajoamisaste. Mittausasiantuntijoiden tehtävänä oli tuottaa tutkimustietoa, jonka perusteella verifioitiin, että täysikokoisen CCS-laitoksen rakentaminen Oslon on järkevää. Koelaitosta voisi käyttää uudelleen samanlaiseen koetoimintatarkoitukseen.

Koelaitoksen toiminta

Koelaitos sijaitsi suuren jätteenpolttolaitoksen vieressä ja savukaasua johdettiin koelaitokselle kaikilta kolmelta jätteenpolttolinjalta. Koelaitokselle tulevan kaasun ominaisuuksien todennettiin olleen samat kuin jätteenpoltoissa syntyvän savukaasun. Koelaitoksen kaasuvirtoja analysoitiin jatkuva-toimisesti useilla Rambollin ja Oslon yliopiston analysaattoreilla. Niillä seurattiin eri kaasujen pitoisuuksia prosessin eri vaiheissa: Ramboll tutki jätteenpolttolaitokselta koelaitokselle tulevaa savukaasua, tuotekaa- eli hiilidioksidin puhtautta sekä koelaitokselta ilmaan päästettävää savukaasua, josta hiilidioksidi oli poistettu. Hiilidioksidi sidotaan poistolaitoksessa väliaikaisesti amiineihin ja ilmaan päästettävälle amiiniyhdisteille asetettu pitoisuusraja oli hyvin matala, 0,4 ppm. Amiinipitoisuudet onnistuttiin koelaitoksen toiminnan aikana pitämään selvästi alle pitoisuusraja-arvon (The Chemical Engineer 2020).

Koelaitoksen säätäminen etenkin toiminnan alkuvaiheessa edellytti myös nopeita nestevirtojen analyyskejä, joten kenttälaboratorion rakentaminen oli välttämätöntä. Säädössä oli tärkeää tuntea nestevirtojen amiini- ja hiilidioksidipitoisuuksia. Projektiin kuului myös analyyskejä, jotka vaativat hienostunutta laboratorioanalytiikkaa. Tähän löytyi osaaminen Eurofinsin Lahden laboratoriosta. Mittaustietoa tarvittiin, jotta teknologialle voitiin hakea välttämätöntä CCS-sertifikaattia, joka sille myös kesällä 2019 myönnettiin. (Fortum 2019).

Talteen jopa 95 % hiilidioksidista

Koelaitos poisti savukaasuista 3,5 tonnia hiilidioksidia päivässä. Tulokset ovat lupaavia, koska tavoitteena ollut 90 prosentin erotusaste ylittyi selvästi. Erotusaste oli normaaliajolla noin 95 % ja ajoittain jopa yli 99 %. Hiilidioksidin poistossa käytettyjen amiinien hajoaminen oli maltillista (The Chemical Engineer 2020). Tutkimusten perusteella talteenottoteknologia on ympäristölle turvallista (Fortum 2019).

Prosessin energiankulutus on tällä hetkellä yksi CCS-teknologian yleistymisen haasteista, matalan CO₂-tonnin päästökauppahinnan lisäksi. Hiilidioksidin poistoon tarvittava energiamäärä on huomattava ja heikentää laitoksen sähköntuotantoa. Kyseiseen haasteeseen pystyy kuitenkin vaikuttamaan esimerkiksi hyödyntämällä matalalämpöisiä prosessivirtoja kaukolämmön tuottamiseen.

mical Engineer 2020). Lopullinen päätös laitoksen rakentamisesta tehdään vuodenvaihteessa tai on jo mahdollisesti tehty tämän lehden ilmestyessä (Fortum 2020).

Oslon suunniteltavassa CCS-laitoksessa hiilidioksidi poistettaisiin savukaasuista sitomalla se amiineihin. Myöhemmässä vaiheessa hiilidioksidi vapautetaan amiineista lämmittämällä. Savukaasusta tulee ennen hiilidioksidin talteenottoa poistaa mahdollisimman hyvin hiukkaset ja happamat päästökomponentit, kuten rikkidioksidi, koska nämä voivat aiheuttaa käytettävän amiinin hajoamista. (VTT 2009). Menetelmän voisikin olettaa sopivan parhaiten uusiin laitoksiin, joissa savukaasujen puhdistus on valmiiksi hyvällä tasolla.

Itse talteenottoteknologia on ollut kaupallista kymmeniä vuosia, mutta energiantuotantolaitosten suuret savukaasumäärät edellyttävät poikkeuksellisen suurta kokoluokkaa myös talteenottolaitokselle. Poistolaitoksen vaatima energiamäärä on merkittävä. Ener-giatehokkuuden edelleen kehittäminen tulee olemaan tärkeim-

piä osa-alueita, jos täysikokoinen CCS-laitos päätetään rakentaa.

Hiilidioksidin kuljetus ja loppusijoitus tuo oman haasteensa CCS-projekteihin. Tyypillisesti hiilidioksidi varastoidaan merellä kovaan paineeseen yli 800 metrin syvyyteen geologisiin muodostelmiin. Tärkein hiilidioksidin varastossaan pitävä voima ovat varastokerrosten päälliset kerrokset kiveä tai savea. Arvioiden mukaan joidenkin satojen vuosien kuluessa hiilidioksidi imeytyy varastomuodostelman sisältämään veteen, jolloin siitä tulee muuta vettä raskaampaa ja se painuu muodostelmassa alaspäin. Mineraleja hiilidioksidi voisi muodostaa tuhansien vuosien kuluessa. (VTT 2009).

Kansainvälinen paneeli arvioi, että 99 % sijoitetusta hiilidioksidista pysyy huolella valitussa sijoituskohteessa erittäin todennäköisesti yli 100 vuotta ja todennäköisesti yli tuhat vuotta (EU 2020). Oslon suunnitellun laitoksen hiilidioksidin kuljetuksesta ja loppusijoituksesta vastaisivat suuryhtiöt Equinor, Shell ja Total. Sijoitusprojekti on saanut nimen Northern Lights. (Equinor 2020.)

KUVAT: FORTUM OSLO VARME AS



Lähteet

Akervoll, Idar; Lindeberg, Erik; Lackner, Alf 2009. Feasibility of Reproduction of Stored CO₂ from the Utsira Formation at the Sleipner Gas Field. 1(1). Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610209006638?via%3Dihub>

The Chemical Engineer 2020. CCS pilot phase successfully completed on Norwegian waste-to-energy plant. [WWW]. Saatavissa: <https://www.thechemicalengineer.com/news/ccs-pilot-phase-successfully-completed-on-norwegian-waste-to-energy-plant/>

Equinor 2020a. Sleipner field centre to be partly electrified [WWW]. Saatavissa: <https://www.equinor.com/en/news/2020-06-09-sleipner-partly-electrified.html>

Equinor 2020b. Northern Lights CCS – Part of The

full-Scale CCS Project in Norway [WWW]. Viitattu 18.10.2020. Saatavissa: <https://www.equinor.com/en/what-we-do/northern-lights.html>

EU Observer 2017. After spending €587 million, EU has zero CO₂ storage plants [WWW]. Viitattu 18.10.2020. Saatavissa: <https://euobserver.com/investigations/139257>

Fortum 2020. A full-scale carbon capture and storage (CCS) project initiated in Norway. [WWW]. Saatavissa: <https://www.fortum.com/media/2018/11/full-scale-carbon-capture-and-storage-ccs-project-initiated-norway>

EU 2020. Carbon Capture and Geological Storage [WWW]. Viitattu 17.10.2020. Saatavissa: https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund/ccs_en

Fortum 2019. Positive test results from the carbon capture and storage pilot in Oslo [WWW]. Saatavissa: <https://www.fortum.com/about-us/blog-podcast/forthedoers-blog/positive-test-results-carbon-capture-and-storage-pilot-oslo>

Global CCS Institute 2019. Global Status of CCS: Targeting Climate Change. [WWW]. Saatavissa: <https://www.globalccsinstitute.com/resources/global-status-report/download/>

Helsingin Sanomat 2020. Norja tahtoo öljyn poraajasta hiilidioksidin hautaajaksi – uudessa kokeilussa teollisuuden päästöt muutetaan nesteeksi ja pumpataan mannerjalustaan [WWW]. Saatavissa: <https://www.hs.fi/ulkomaat/art-2000006650402.html>

IEA 2020. CCUS in Clean Energy Transitions [WWW]. Viitattu 18.10.2020. Saatavissa: <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions#> ja <https://www.iea.org/reports/ccus-in-clean-energy-transitions/a-new-era-for-ccus#abstract>

Ilmasto-opas 2020. Päästöjen vähentäminen Suomessa [WWW]. Viitattu 20.10.2020. Saatavissa: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/d88180dc-1fa8-436c-8036-441ae5ff252/paastojen-vahentaminen-suomessa.html>

Northern Lights Project 2019. A European CO₂ transport and storage network [WWW]. Saatavissa: <https://netl.doe.gov/sites/default/files/netl-file/RINGROSE-International-Panel-Northern-Lights-Project.pdf>

Talouselämä 2017. Lehti: Eu käytti 587 miljoonaa CCS-teknologian tukiin – tuloksia tuli pyöreä nolla [WWW]. Saatavissa: <https://www.talouselama.fi/uutiset/lehti-eu-kaytti-587-miljoonaa-ccs-teknologian-tukiin-tuloksia-tuli-pyorea-nolla/c5805374-246b-3a34-b1ec-22497f45e97d>

VTT 2009. VTT Tiedotteita. Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS). Teir, Sebastian; Tsupari, Eemeli; Koljonen, Tiina; Pikkarainen, Toni; Kujanpää, Lauri; Arasto, Antti; Tourunen, Antti; Kärki, Janne; Nieminen, Matti & Aatos, Soile. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2009/T2503.pdf>

VTT 2020. Hiilidioksidin talteenotto, käyttö ja varastointi (CCU ja CCS) [WWW]. Viitattu 20.10.2020. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/hiilidioksidin-talteenotto-kaytto-ja-varastointi-ccu-ja-ccs>

Yle 2020a. Westenergy pyrkii hiilineutraaliin tuotantoon vuoteen 2030 mennessä. [WWW]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-1173488>

Yle 2020b. Norjan hallitus kertoi jätti-investoinnista hiilidioksidin talteenottoon ja varastointiin – mukana myös suomalainen Fortum [WWW]. Viitattu 18.10.2020. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-11556808>

AX-SUUNNITTELU KERTOO ILMASI LAADUN

Ilmansuojeluselvitykset

Sisäilmaselvitykset ja -mittaukset

Teollisuuden- ja työhygieniamittaukset

Energiakatselmukset ja -mallinnukset

Kemikaalien riskiarvioinnit sekä onnettomuus- ja leviämismallinnukset

Melu- /ympäristöselvitykset ja -mittaukset, hajupaneeli ja asukaskyselyt



www.ax.fi

Toimintamme on
sertifioitu
ISO 9001
standardin mukaisesti

ORGANISATION
CERTIFIED BY
Inspecta
ISO 9001

FINAS
Finnish Accreditation Service
T232 (EN ISO/IEC 17025)

Insinööritoimisto AX-LVI Oy:n päästömittaus-toiminta on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T232. Akkreditoinnin pätevyysalue löytyy FINASin sivuilta. Toimielin täyttää standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 vaatimukset.

Tekniikan moniosaajat kumppanina

HALLITUS / STYRELSE

Puheenjohtaja / Ordförande

Anu Kousa

Varapuheenjohtaja / Viceordförande

Maija Leino

Jäsenet / Medlemmar

Suvi Haaparanta
Helena Kivi-Koskinen
Ville-Veikko Paunu
Kari Wellman

Varajäsenet / Suppleanter

Antti Hyvärinen
Rea Oikkonen
Tuula Pelliikka
Janne Ruuth

ILMANSUOJELUYHDISTYS

Ilmansuojeluyhdistys (ISY) toimii alansa valtakunnallisena ympäristönsuojelujärjestönä. Ilmansuojeluyhdistyksen tarkoituksena on edistää ilmansuojelua ja ilmansuojelututkimusta Suomessa sekä toimia yhdessä ilmansuojelun parissa työskentelevien henkilöiden ja yhteisöjen välillä Suomessa ja ulkomailla.

Ilmansuojeluyhdistys pyrkii toiminnallaan edistämään ilmansuojelualalla toimivien henkilöiden ammattitaitoa. Ilmansuojeluyhdistys on perustettu vuonna 1976.

Ilmansuojeluyhdistys:

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

LUFTVÅRDSFÖRENINGEN

Luftvårdsföreningen fungerar som nationell miljövårdsförening. 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 yrkesskickligheter 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 luftvårdsarbetet

YHTEYSTIEDOT / KONTAKT

Ilmansuojeluyhdistys ry.

Sihteeri Essi Haapaniemi
PL 136,
00251 Helsinki
Puh. 045 1335989
sihteeri@isy.fi

www.isy.fi

[@ISY_fi](https://twitter.com/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

PORI

Mittaajatapaaminen Porin Yyterissä 05.-06.05.2021



**ILMANSUOJELU-
YHDISTYS ry.**



Tule mukaan kuulemaan
ajankohtaista tietoa ilmanlaadun
seurannasta!

Yrityksillä mahdollisuus esittäytyä
omalla ständillä.

Ota yhteyttä: sihteeri@isy.fi

Kuva: Visit Pori/Topi Vuoti

4/2020 KIRJOITTAJAT

JANNE HOUNI

Mittausinsinööri, DI
Ramboll Finland Oy
Air Quality
040 551 6768
janne.houni@ramboll.fi

TUIJA JOKINEN

Tutkimuskoordinaattori, FT
Helsingin Yliopisto
Ilmakehätieteiden keskus INAR
044 508 9909
tuija.jokinen@helsinki.fi

NELLI KASKI

Ilmansuojeluasiantuntija
Helsingin seudun ympäristöpalvelut
-kuntayhtymä HSY
Seutu- ja ympäristötieto /
ilmansuojeluyksikkö
PL 100
00066 HSY
050 363 0220
nelli.kaski@hsy.fi

TIINA KOLJONEN

Tutkimustiimin päällikkö
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy
PL 1000
02044 VTT
tiina.koljonen@vtt.fi

KIRSIKKA NEVALAINEN

Ympäristöasiantuntija
Helsingin kaupunki
Kaupunkiympäristön toimiala
Ympäristöpalvelut
Työpajankatu 8
00580 Helsinki
kirsikka.nevalainen@hel.fi

JARI RANTSI

Liikenneinsinööri
Helsingin kaupunki
Kaupunkiympäristön toimiala
Maankäyttö ja kaupunkirakenne
Työpajankatu 8
00580 Helsinki
jari.rantsi@hel.fi

PEKKA VUORINEN

Ympäristö- ja energiaohtaja
Rakennusteollisuus RT
pekka.vuorinen@rakennusteollisuus.fi

