

LIITE 2

TAMPEREEN ILMANLAADUN TARKKAILUSUUNNITELMA 2021 - 2025

TAMPEREEN KAUPUNKI

Kestävä kaupunki / ympäristönsuojelu

TAMPEREEN ILMANLAADUN TARKKAILUSUUNNITELMA 2021 - 2025

Sisällys

1. LAINSÄÄDÄNTÖ JA VELVOITTEET	3
2. TAMPEREEN ALUEELLA TOTEUTETTUJA ILMANLAADUN SELVITYKSIÄ, TUTKIMUKSIA JA MITTAUKSIA.....	6
3 ILMANLAADUN TARKKAILUTARVE	8
4. TARKKAILUN TOTEUTUS.....	15
5. PITOISUUSMITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET JA MENETELMÄT	17
6. LAADUNVARMENNUS, TULOSTUS JA RAPORTOINTI	20
7. KUSTANNUKSET	21

1. LAINSÄÄDÄNTÖ JA VELVOITTEET

1.1 Ympäristönsuojelulaki ja valtioneuvoston asetukset

Ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) tarkoituksena on: 1) ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja; 2) turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta; 3) edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia; 4) tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena; sekä 5) parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon.

Ympäristönsuojeluasetuksessa (YSA 713/2014) on lueteltu toiminnot, joihin tarvitaan ympäristölupa.

Valtioneuvoston ilmanlaatuasetuksella (VNA 79/2017) on annettu ohjeistusta ilmanlaadun seurannasta sekä raja-arvot, tavoitearvoja ja tiedotuskynnyksiä eri epäpuhtauksien pitoisuudelle ilmassa (taulukot 1.1 - 1.3). Myös valtioneuvoston päätös ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (480/1996) on edelleen voimassa.

Taulukko 1.1 Ilmanlaadun ohjearvot (VNp 480/1996).

Aine	Ohjearvo, 20°C	Tilastollinen määrittely
Hiilimonoksidi, CO	20 mg/m ³ 8 mg/m ³	tuntiarvo tuntiarvojen liukuva 8 tunnin keskiarvo
Rikkidioksidi, SO ₂	250 µg/m ³ 80 µg/m ³	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Typpidioksidi, NO ₂	150 µg/m ³ 70 µg/m ³	kuukauden tuntiarvojen 99. prosenttipiste kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo
Kokonaisleijuma, TSP	120 µg/m ³ 50 µg/m ³	vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset, PM ₁₀	70 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausikeskiarvo
Haisevien rikkidyhd. kok. määrä (TRS)	10 µg/m ³	kuukauden toiseksi suurin vuorokausikeskiarvo TRS ilmoitetaan rikkinä

Aineiston q. prosenttipiste on se pitoisuusarvo, jota pienempiä pitoisuusarvoja aineistossa on q %.

Taulukko 1.2 Raja-arvot (VNA 79/2017) ja ohjearvot (WHO 2006) ilman epäpuhtauksille.

Aine	Keskiarvon laskenta-aika	Raja-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sallittujen ylitysten lukumäärä kalenterivuodessa	Ajankohta, josta lähtien raja-arvot ovat olleet voimassa	WHO:n ohje-arvo $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Rikkidioksidi (SO_2)	1 tunti	350	24	1.1.2005	
	24 tuntia	125	3	1.1.2005	20
Typpidioksidi (NO_2)	1 tunti	200	18	1.1.2010	200
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2010	40
Hiilimonoksidi (CO)	8 tuntia	10 000	-	1.1.2005	
Bentseeni (C_6H_6)	kalenterivuosi	5	-	1.1.2010	
Lyijy (Pb)	kalenterivuosi	0,5	-	15.8.2001	
Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})	24 tuntia	50	35	1.1.2005	50 ¹⁾
	kalenterivuosi	40	-	1.1.2005	20
Pienhiukkaset ($\text{PM}_{2.5}$)	kalenterivuosi	25	-	1.1.2010	10
	24 tuntia				25
	Kansallinen altistumisen pitoisuuskatto 31.12.2015 alkaen $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$				¹⁾ Noudatettava 99 %:sti, max. 3 ylityskertaa

Taulukko 1.3 Tavoitearvot otsonille VNA (79/2017).

Peruste	Keskiarvon laskenta-aika tai tilastollinen tunnusluku	Tavoitearvo vuodelle 2010	Pitkän ajan tavoite
Terveyshaittojen ehkäiseminen ja vähentäminen	8 tuntia	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka saa ylittyä enintään 25 päivänä kalenterivuodessa kolmen vuoden keskiarvona	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kalenterivuoden aikana
Kasvillisuuden suojeleminen	AOT40 ¹⁾	$18\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$ viiden vuoden keskiarvona	$6000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ h}$

¹⁾AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$) tarkoittaa otsonin kuormitusta, joka ilmaistaan $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittävien otsonin tuntipitoisuuksien ja $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erotuksen kumulatiivisena summana määrityltä ajanjaksoilta laskettuna päivittäisistä tuntiarvoista

1.2. Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintoviraston (LSSAVI), Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (PIRELY) ja kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen tehtävät

Aluehallintovirasto toimii valtion ympäristölupaviranomaisena.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus ohjaa ja edistää ympäristönsuojelulaissa ja sen nojalla annetuissa säännöksissä tarkoitettujen tehtävien hoitamista alueellaan, valvoo näiden säännösten noudattamista sekä käyttää osaltaan ympäristönsuojelun yleisen edun puhevaltaa tämän lain mukaisessa päätöksenteossa siten kuin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksista annetussa laissa (897/2009) ja sen nojalla säädetään. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus tukee kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen toimintaa toimialaansa kuuluvissa asioissa.

Kunnalle kuuluvista tämän lain mukaisista lupa- ja valvontatehtävistä sekä ilmoitusmenettelyistä huolehtii kuntien ympäristönsuojelun hallinnosta annetussa laissa (64/1986) tarkoitettu kunnan ympäristönsuojeluviranomainen, joka käyttää osaltaan ympäristönsuojelun yleisen edun puhevaltaa tämän lain mukaisessa päätöksenteossa.

Ympäristölupa

Ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa.

Ympäristöluvan myöntäminen edellyttää, ettei toiminnasta, asetettavat lupamääräykset ja toiminnan sijoituspaikka huomioon ottaen, aiheudu yksinään tai yhdessä muiden toimintojen kanssa: 1) terveyshaittaa; 2) merkittävää muuta 5 §:n 1 momentin 2 kohdassa tarkoitettua seurausta tai sen vaaraa; 3) 16–18 §:ssä kiellettyä seurausta; 4) erityisten luonnonolosuhteiden huonontumista taikka vedenhankinnan tai yleiseltä kannalta tärkeän muun käyttömahdollisuuden vaarantumista toiminnan vaikutusalueella; 5) eräistä naapuruussuhteista annetun lain 17 §:n 1 momentissa tarkoitettua kohtuutonta rasiutusta.

Lupaviranomainen voi tarvittaessa ympäristöluvassa määrätä useat luvanhaltijat yhdessä tarkkailemaan toimintojensa vaikutusta tai hyväksyä toiminnan tarkkailemiseksi osallistumisen alueella tehtävään seurantaan.

2. TAMPEREEN ALUEELLA TOTEUTETTUJA ILMANLAADUN SELVITYKSIÄ, TUTKIMUKSIA JA MITTAUKSIA

2.1 Tampereen kaupungin suorittamat mittaukset

Tampereella on seurattu ilmanlaatua eri tutkimusmenetelmillä vuodesta 1970 alkaen. Tämänhetkinen mittaustoiminta on esitetty taulukossa 2.1. Tampereen ilmanlaadun mittauksista on laadittu vuotuinen yhteenvetoraportti vuodesta 1970 alkaen.

2.2 Erilliselvitykset

Tampereella on tehty vuosille 1970, 1979, 1990, 2002 ja 2013 päästökartoitus ja mallinnettu laskennallisesti ilmanlaatua. Mallinnusten yhteydessä on tehty vuosille 1995, 2000, 2020 ja 2030 myös päästö- ja pitoisuussennusteet.

Tampereen kantakaupunkialueen päästöt on kartoitettu ja ilmanlaatu mallinnettu siis noin 10 vuoden välein. Tietoja on hyödynnetty mm. maankäytön suunnittelussa ja mallinnustulokset ovat olleet yleisön saatavilla kaupungin karttapalvelussa osoitteessa <https://kartat.tampere.fi/oskari/>.

Vuonna 2002 laadittu selvitys kattoi myös Tampereen naapurikuntien alueita. Lisäksi kaupunki on teettänyt maankäytön suunnitteluun liittyen lukusia erillisiä kaupunginosan laajuisia ilmanlaatuselvityksiä viime vuosina.

Vuonna 2013 valmistuneessa kantakaupungin kattaneessa ilmanlaatuselvityksessä (Enwin Oy, 2013) mallinnettiin autoliikenteen, energiantuotannon ja teollisuuden päästöjen yhteisvaikutukset Tampereen ilmanlaatuun. Mallinnukset tehtiin typpidioksidille (NO₂) ja hiukkasille (PM₁₀ eli alle 10 µm:n hiukkaskoko ja PM_{2.5} eli alle 2.5 µm:n hiukkaskoko), jotka ovat kaupungin ilmanlaatuun keskeisesti vaikuttavat epäpuhtaudet.

Taulukko 2.1. Ilmanlaadun mittausasemat ja -tekniikat Tampereella vuonna 2019.

Mittauspaikka	komponentti	laite / menetelmä / mittauskorkeus
Kaleva	typen oksidit NO _x otsoni O ₃ pienhiukkaset PM _{2,5}	Thermo 42i / kemiluminesenssi / 4m API 400E / UV-absorptio / 4m TEOM 1400a / värähtelevä mikrovaaka
Pirkankatu	typen oksidit NO _x hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ PM ₁ , PM _{2,5} , PM ₄ , PM ₁₀ , PM _{Tot} ja N (em. kuusi komponenttia samalla laitteella) LDSA, N	Thermo 42i / kemiluminesenssi / 4m TEOM 1400a / värähtelevä mikrovaaka / 4m Fidas 200 / LED-valon sironta / 4 Pegasor AQ Urban sensori / 1,5 m
Pirkankatu	säätiedot tuulen suunta ja nopeus lämpötila kosteus paine ja sademäärä	WXT520 5 metriä maanpinnasta 5 metriä maanpinnasta 5 metriä maanpinnasta 5 metriä maanpinnasta)
Epilä	hengitettävät hiukkaset PM ₁₀ pienhiukkaset PM _{2,5} karkeat hiukkaset PM _{10-2,5} (em. kolme komponenttia samalla laitteella) LDSA, N	Grimm 180 / laserdiffraktio / 4 m Pegasor AQ Urban sensori / 1,5 m
Linja-autoasema	typen oksidit NO _x pienhiukkaset PM _{2,5}	Thermo 42i / kemiluminesenssi / 8 m TEOM1400a / värähtelevä mikrovaaka / 8 m
Keskustori, Kauppa-Hämeen kiinteistö	tuulitiedot lämpötila kosteus	WXT530 / 30 m WXT530 / 30 m WXT530 / 30 m

3 ILMANLAADUN TARKKAILUTARVE

Tampereen alueen ilmanlaadun yhteistarkkailun tavoitteena on:

seurata mittauksin ja erilliselvityksin Tampereen ilmanlaatua siten, että toiminnanharjoittajilta päästöjen vuoksi ympäristölupapäätöksissä annetun velvollisuuden (olla selvillä toimintansa vaikutuksista) myötä edellytetty ulkoilman typen oksidien, pienhiukkasten, hengitettävien hiukkasten ja otsonin pitoisuuden seuranta tulee toteutettua,

tarkkailla jatkuvatoimisin mittauksin Tampereen ilmanlaatua siten, että asukkaiden altistumista tärkeimmille ilman epäpuhtauksille voidaan luotettavasti arvioida sekä keskusta-alueella että asuntoalueilla,

olla selvillä Tampereen ilmanlaadusta siten, että tiedot palvelevat myös kaupungin maankäytön suunnittelua,

valvoa ilmansuojelua koskevien toimenpiteiden vaikutusta ilmanlaatuun ja

tiedottaa ilmanlaadusta siten, että lainsäädännössä ympäristönsuojeluviranomaisille annetut velvoitteet tulevat täytettyä.

3.1 Ilmanlaadun seurantarpeet

Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2019 kansallisen ilmansuojeluohjelman (YM 2019), jonka mukaan Suomessa on yleisesti hyvä ilmanlaatu ja pienet ilman epäpuhtauksien pitoisuudet. Alle on koottu otteita ohjelmasta komponenttikohtaisesti.

Typpidioksidin vuosiraja-arvo ja hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo ovat satunnaisesti ylittyneet suurimmissa kaupungeissa ja vilkkaasti liikennöityjen teiden läheisyydessä. Lyijyn, hiilimonoksidin, bentseenin ja rikkidioksidin pitoisuudet Suomessa alittavat selvästi valtioneuvoston asetuksen mukaiset raja-arvot. Myös typpidioksidin tuntipitoisuuden ja hengitettävien hiukkasten vuosipitoisuuden sekä pienhiukkasten vuosipitoisuuden raja-arvo alittuu kaikkialla Suomessa.

Typpidioksidin ihmisen terveydelle haitallinen vuosiraja-arvo $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ on ylittynyt Suomessa ainoastaan Helsingissä. Ylityksiä on havaittu vuodesta 2005 lähtien yksittäisillä mittausasemilla. Typpidioksidin vuosiraja-arvo on ollut sitovana voimassa EU:ssa vuodesta 2010 lähtien.

Hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvo $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, joka saa ylittyä enintään 35 päivänä vuodessa, on ylittynyt Suomessa ainoastaan Helsingissä. Raja-arvo on ollut sitovana voimassa vuodesta 2005.

Suomen kaupungeissa havaitaan hengitettävien hiukkasten vuorokausiraja-arvon numeroarvon ylityksiä, joista merkittävä osa erityisesti talvisin ja keväisin liikenneympäristöissä. Pääsyyinä keväisin havaittaville korkeille pitoisuuksille on nastarenkaiden käytön ja talvihiekoituksen aiheuttama hiukkaskuormitus. Nastat kuluttavat asfalttia nastarengaskauden alusta alkaen. Myös hiekoitusmateriaali lisää pölyn määrää jauhautumalla renkaiden alla ja samalla kuluttamalla päällystettä nk. hiekkapaperi-ilmiön seurauksena.

Pääsääntöisesti **otsonin** tavoitearvot vuodelle 2010 eivät ylity Suomessa, mutta pitkän ajan tavoitteet ylittyvät erityisesti maaseututausta-asevilla. Terveyshaittojen ehkäisemiseksi vuorokauden korkein kahdeksan tunnin liukuva keskiarvo otsonilla saisi olla enintään $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kuitenkin 25 ylitystä vuodessa sallitaan. Maaseudun tausta-asevilla ylityksiä tapahtuu vuosittain. Ylitysmäärät ovat kuitenkin jääneet alle 25 kappaleeseen, joten tavoitearvo ei ylity.

Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuudet ovat Suomessa yleensä selvästi tavoitearvoja matalampia. Poikkeuksena ovat eräät teollisuuslaitokset, joiden vaikutusalueella pitoisuudet voivat ylittää tavoitearvot. Bentso(a)pyreenin vuosipitoisuudet voivat olla korkeita – lähellä tavoitearvopitoisuutta tai jopa sen yli – myös sellaisilla taajama-alueilla, joilla on runsaasti puun pienpolttoa. Bentso(a)pyreenin pitoisuuden vuosikeskiarvo ilmassa ei saa ylittää tavoitearvoa $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Suomessa **mustaa hiiltä** tulee pääasiassa puun pienpoltosta ja liikenteestä. Vuoteen 2030 mennessä puun pienpolton arvioidaan jäävän ainoaksi merkittäväksi mustan hiilen päästölähteeksi, koska liikenteen päästöt vähenevät moottoriteknologian kehittymisen myötä.

Toimet, joilla vähennetään pienhiukkaspäästöjä pienpoltosta, tehoavat hyvin myös mustan hiilen päästöihin. Arktinen neuvosto asetti yhteiseksi vapaaehtoiseksi tavoitteeksi 25 - 33 prosentin päästövähennyksen vuoteen 2025 mennessä, verrattuna vuoden 2013 päästötasoon. Suomen päästöjen kehitys noudattaisi tätä tavoitetta peruslinjassa.

Hiukkasten lukumäärä- ja pinta-alapitoisuuksia seurataan sensoreilla. Esimerkiksi liikenteen aiheuttamissa päästöissä hiukkasten lukumäärä on suuri, mutta niiden osuus massasta on vähäinen. Hengitettäessä hiukkaspitoista ilmaa osa hiukkasista jää keuhkoihin - esimerkiksi diffuusion takia tai painovoiman myötä. Tästä johtuen on alettu seurata hiukkasten keuhkodepositoituvaa pinta-alaa (lung-deposited surface area, LDSA). Oletuksena on, että vaikuttaakseen terveyteen hiukkasen on päädyttävä ihmisen hengitysteihin ja vuorovaikutus hiukkasen ja kudoksen välillä tapahtuu pinnan kautta. Lisäksi hiukkaset toimivat kondensaatioalustana kaasuille, jotka voivat olla terveydelle haitallisia.

Tampereella mitataan hiukkasten LDSA- ja lukumääräpitoisuuksia kahdella Pegasor Oy:n AQ Urban -sensorilla. Menetelmä perustuu hiukkasten sähköiseen varautumiseen. Laite mittaa hiukkasten aktiivista pinta-alaa ja viitteellisesti lukumäärä- ja massapitoisuutta.

LDSA-pitoisuuksille ja hiukkasten lukumääräpitoisuudelle ei ole annettu ohjearvoja eikä raja-arvoja, eikä niiden mittaamiselle ole nimetty referenssimenetelmää, joten sensorit on hankittu kokonaan kaupungin rahoituksella.

3.2 Tampereen ilmanlaadun seuranta komponenttikohtaisesti

MALLINNUKSET

Päästökartoitus ja mallinnus

Tampereella on tehty kantakaupungin laajuinen päästökartoitus ja päästöjen leviämiselvitys noin 10 vuoden välein. Puun pienpolton päästöjä ei ole selvityksissä huomioitu, koska luotettavaa arviota niistä ei ole saatavilla. Pienhiukkaspäästöjä syntyy monelta eri sektorilta, mutta puun pienpoltto on noussut merkittävimmäksi päästölähteeksi 2000-luvun aikana. Pienpolton päästöt on syytä kartoittaa kaudella 2021-2025.

Suunnitelma: Edellinen päästöjen leviämismallinnus tehtiin vuonna 2013, joten yleiskuvan saamiseksi, ilmanlaadun mittausten kohdentamiseksi ja maankäytön suunnittelun tarpeisiin ilmanlaatumallinnus (typen oksidien, hengitettävien hiukkasten ja pienhiukkasten osalta) on syytä uusia sopimuskaudella 2021-2025. Mallinnuksen keskeiset tulokset voidaan tallentaa kaupungin paikkatietojärjestelmään, jolloin ne ovat laajasti hyödynnettävissä mm. suunnittelussa, lupaharkinnassa ja lausuntomenettelyissä.

MITTAUKSET

Tampereella tarkkaillaan nykytilanteessa jatkuvatoimisesti hengitettävien hiukkasten (2 kpl) typpidioksidin (3 kpl), pienhiukkasten (4 kpl) ja otsonin (1 kpl) pitoisuutta. Kahdella hiukkasanalysointilaitteella voidaan mitata jo nyt kahden tai useamman eri kokoluokan hiukkasia (raportoivat kokoluokat ovat PM_{10} ja $PM_{2.5}$).

Ilmanlaatuasetuksen liitteissä on esitetty valtakunnalliset ilmanlaadun seuranta-alueet ja niiden luokittelu ilmanlaadun arviointia varten. Luokittelussa käytetään pitoisuustasoihin perustuvia arviointikynnyksiä.

Hengitettävät hiukkaset (PM_{10})

Hiukkaspäästöt Tampereella vuonna 2018 olivat 53 tonnia (ilman pienpolton osuutta). Viime vuosina Tampereella tehtyjen mittausten mukaan hengitettävien hiukkasten pitoisuudet ylittävät liikenneympäristöissä nykyisen ohjearvon ajoittain ja raja-arvon numeroarvon kymmenkunta kertaa vuodessa.

Suunnitelma: Hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuuksia mitataan sopimuskaudella yhteensä neljällä laitteella; Epilässä, Pirkankadun varrella, Kalevassa sekä Linja-autoasemalla, mikä edellyttää kahden käyttöikänsä loppuun tulleen Teom-analysointilaitteen korvaamista esim. optisilla mittauslaitteilla sopimuskauden aikana. Optisella laitteella voidaan mitata sekä PM_{10} että $PM_{2.5}$ pitoisuutta samanaikaisesti. Huolto- ja kalibrointikustannukset jyvitetään sopimusosapuolien kesken.

Pienhiukkaset (PM_{2.5})

Ilmatieteen laitoksen (IL 2014) raportin mukaan pienhiukkaspitoisuuksia olisi hyvä jatkossakin seurata väestön altistumisen ja terveysvaikutusten vuoksi erilaisissa päästöympäristöissä, vaikka arviointikynnykset alittuvat, sillä turvallista pitoisuustasoa pienhiukkaspitoisuuksille ei ole pystytty esittämään.

Suunnitelma: Pienhiukkasten pitoisuuksia mitataan sopimuskaudella yhteensä neljällä laitteella; Epilässä, Pirkankadun varrella, Kalevassa sekä Linja-autoasemalla, mikä edellyttää edellä mainitusti kahden käyttöikänsä päähän tulleen Teom-analysointilaitteen korvaamista esim. optisilla mittausteillä sopimuskauden aikana. Optisella laitteella voidaan mitata sekä PM₁₀ että PM_{2.5} pitoisuutta samanaikaisesti. Huolto- ja kalibrointikustannukset jyvitetään sopimusosapuolien kesken.

Typen oksidit (NO_x)

Tampereen typenoksidipäästöt vuonna 2018 olivat 1655 tonnia. Tampereen nykyisessä tarkkailujärjestelmässä typen oksidien mittaamiseen käytettäviä analysointilaitteita on kolme kappaletta. Analysointilaitteet on uusittu vuonna 2014, joten niiden osalta ei ole uusimistarvetta sopimuskauden aikana.

Suunnitelma: Typen oksidien pitoisuuden mittauksia jatketaan kolmella asemalla, eli Pirkankadun varrella, Kalevassa sekä Linja-autoasemalla. Huolto- ja kalibrointikustannukset jyvitetään sopimusosapuolien kesken.

Rikkidioksidi (SO₂)

Rikkidioksidin päästöt Tampereella vuonna 2018 olivat 29 t/a. Pitoisuudet olivat Tampereella hyvin matalia jo 2000-luvun alussa, jolloin mittaukset lopetettiin.

Suunnitelma: Rikkidioksidin pitoisuuden jatkuvatoimiselle seuraamiselle ei Tampereella ole tarvetta.

Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin

Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuudet ovat Suomessa pääsääntöisesti tavoitearvoja matalampia. Poikkeuksena ovat eräät teollisuuslaitokset, joiden vaikutusalueella pitoisuudet voivat ylittää tavoitearvot. Bentso(a)pyreenin vuosipitoisuudet voivat olla korkeita – lähellä tavoitearvopitoisuutta tai jopa sen yli – myös sellaisilla taajama-alueilla, joilla on runsaasti puun pienpolttoa.

Suunnitelma: Arseenin, kadmiumin, nikkelin ja bentso(a)pyreenin pitoisuuden jatkuvatoimiselle seuraamiselle ei Tampereella ole tarvetta.

Otsoni (O₃)

IL 2014: Otsonipitoisuudet ylittivät kaikilla seuranta-alueilla sekä terveyden että kasvillisuuden suojelemiseksi annetut pitkän ajan tavoitteet. Terveyden suojelemiseksi annettu pitkän ajan tavoite ylittyy eteläisen Suomen kaupunki-alueilla ja lähes koko Suomen tausta-alueilla. Kasvillisuuden suojelemiseksi annettu pitkän ajan tavoite ylittyy kaupunkialueilla Etelä-Suomessa ja tausta-alueilla Etelä- ja Keski-Suomessa. Otsonipitoisuuden jatkuvia mittauksia tulee suorittaa kaikilla seuranta-alueilla pitoisuuksista riippumatta.

Otsonilla on merkittävä osuus typen oksidien ilmakehiässä. Otsonin pitoisuuden tarkkailu typen oksidien tarkkailun yhteydessä antaa perusteellisemmän kuvan typen oksidien vaihtelusta ja siihen vaikuttavista tekijöistä.

Suunnitelma: Mittauksia jatketaan Kalevassa. Huolto- ja kalibrointikustannukset jyvitetään sopimusosapuolien kesken.

ERILLISHANKKEET

Musta hiili (BC) ja hiilidioksidi (CO₂)

Yksi merkittävä tekijä ilmastonmuutoksessa on ilmakehän hiukkasmainen musta hiili (Black Carbon, BC), jota syntyy epätäydellisessä palamisessa. Sen merkittäviä ihmisperäisiä lähteitä ovat liikenne, teollisuus ja kotitalouksien puun poltto. Suhteessa ilmaston lämpenemiseen ilmakehän mustan hiilen on todettu olevan ilmakehän tärkein auringon säteilyenergiaa sitova ja täten ilmakehää lämmittävä hiukkasmainen komponentti.

Tampereen kaupunki on mukana vuosina 2019 - 2021 Tampereen yliopiston koordinoimassa BC Footprint –tutkimushankkeessa, jossa arvioidaan mustan hiilen päästöjä ja pitoisuuksia mm. Tampereen kaupunkialueella. Ilmakehän musta hiili kiihdyttää ilmaston lämpenemistä ja vaikuttaa ihmisten terveyteen.

Tampereen yliopiston Aerosolifysiikan laboratorio on toivonut, että kaupunki aloittaisi mustan hiilen ja hiilidioksidipitoisuuden mittaamisen jollakin liikenneasemallaan. Pitoisuusmittaustuloksia voitaisiin hyödyntää liikenteen mustahiilipäästöjen kertoimia määrittäessä.

Suunnitelma: Mustan hiilen ja hiilidioksidin pitoisuuksille ei ole annettu ohjearvoja eikä raja-arvoja, eikä niiden mittaamiselle ole nimetty referenssimenetelmää. Tavoitteena on, että kaupunki hankkii kauden aikana BC-analysointilaitteen ja CO₂-sensorin hankintakustannukset (noin 40 k€) ja maksaa niiden vuotuiset huolto- ja kalibrointikustannukset (noin 4 k€/vuosi). BC/CO₂-laitteilla saatujen tulosten käsittely- ja raportointikustannukset jyvitetään.

Hiukkasten lukumäärä- ja pinta-alapitoisuus (N ja LDSA)

Tampereella mitataan hiukkasten LDSA- ja lukumääräpitoisuuksia kahdella AQ Urban -sensorilla. Menetelmä perustuu hiukkasten sähköiseen varautumiseen. Laite mittaa hiukkasten aktiivista pinta-alaa ja viitteellisesti lukumäärä- ja massapitoisuutta.

Suunnitelma: LDSA-pitoisuuksille ja hiukkasten lukumääräpitoisuudelle ei ole annettu ohjearvoja eikä raja-arvoja, eikä niiden mittaamiselle ole nimetty referenssimenetelmää, joten sensorit on hankittu kokonaan kaupungin rahoituksella. Mittauksia jatketaan kahdella sensorilla, kaupunki maksaa niiden huolto- ja kalibrointikustannukset. Sensoreilla saatujen tulosten käsittely- ja raportointikustannukset jyvitetään.

3.3 Tarkkailutulosten hyödyntäminen

Koko kaupunkialueen kattavalla tarkkailulla kyetään arvioimaan kokonaisuudessaan paikallista ilmanlaatua. Pitkäaikaismittauksilla saadaan näkyviin kehityssuuntia. Yhteistarkkailulla saadaan luotettavaa tietoa päästölähteiden yhteisvaikutuksista ilmanlaatuun. Jossakin määrin tarkkailulla pystytään arvioimaan myös teollisuuslaitoksilla esiintyvien häiriöiden ja poikkeuksellisten sääolojen vaikutusta ilmanlaatuun. Tarkkailulla saadaan alueellisesti merkittävää aineistoa arvioitaessa jo tehtyjen ilmansuojelutoimien tehokkuutta ja mahdollisia jatkotoimia.

4. TARKKAILUN TOTEUTUS

4.1 Vastuukysymykset ja järjestäminen käytännössä

Tampereen ilmanlaadun tarkkailun järjestämisestä vastaa Tampereen kaupungin ympäristönsuojeluyksikkö. Ympäristönsuojeluyksikön ympäristötarkastaja huolehtii päivittäisestä kenttätyöstä, tulosten käsittelystä, raportoinnista ja tiedottamisesta. Ympäristötarkastajan varahenkilönä toimii toinen mittausjärjestelmän perustehtäviin perehtynyt ympäristötarkastaja.

Laboratorioanalyseja ja laitteiden huoltoa ostetaan palveluna tarvittaessa. Itse tehtävien kalibrointien luotettavuuden ylläpitämiseksi vertailukalibrointeja ostetaan ulkopuolisilta konsulteilta. Erillismittauksissa ja -tutkimuksissa palveluja ostetaan tarpeen mukaan ulkopuolisilta konsulteilta. Ympäristönsuojeluyksikkö osallistuu Ilmatieteen laitoksen vähintään viiden vuoden välein järjestämiin vertailumittauksiin.

Jatkuvatoimisia pitoisuusmittauksia tehdään kolmella kiinteällä ja yhdellä siirrettävällä mittausasemalla. Näiden lisäksi suoritetaan projektiluonteisia vertailumittauksia tarpeellisiksi katsottavissa paikoissa yhteistyössä esim. tutkimushankkeisiin liittyen.

Pirkankadun kiinteä mittausasema

Nykyinen, huonokuntoinen vuokrattu parakki on tarkoitus uusia sopimuskauden aikana.

Pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten (molemmat samalla laitteella) sekä typen oksidien pitoisuuden mittauksia jatketaan Pirkankadun mittausasemalla. Asemalla on myös vuonna 2014 hankittu säälähetin. Pirkankadulla jatketaan myös nanohiukkasten pitoisuuksien mittauksia AQ Urban-sensorilla.

Kaupungin kauden aikana mahdollisesti hankkima BC-analysaattori ja CO₂-sensori sijoitetaan Pirkankadun tai Epilän mittausasemalle.

Kalevan kiinteä mittausasema

Kalevassa mitataan sopimuskaudella pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten (molemmat jatkossa yhdellä uudella laitteella) sekä typen oksidien ja otsonin pitoisuuksia.

Muulla kuin pääkaupunkiseudulla kaupunkitaustapitoisuuksien seuranta pienhiukkasten osalta ei ole ympäristönsuojelulain puitteissa välttämätöntä tehdä. Toisaalta Ilmatieteen laitoksen mukaan pienhiukkaspitoisuuksia on syytä edelleen tarkkailla muuallakin Suomessa - kuten Tampereella - terveysvaikutusten vuoksi. Otsonianalysaattori on mahdollisesti uusittava kauden aikana.

Linja-autoasema

Linja-autoasemalla jatketaan pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten (molempia mahdollista mitata jatkossa samanaikaisesti yhdellä uudella laitteella) ja typen oksidien pitoisuuden seuraamista.

Epilän siirrettävä mittausasema

Siirrettävällä mittausasemalla jatketaan pienhiukkasten ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuden mittaamista (molemmat yhdellä laitteella). Mittausasemaa voidaan käyttää liikenneympäristöissä, teollisuus- ja energiantuotantolaitosten vaikutusalueilla sekä erillistutkimusten suorittamisessa.

Epilässä jatketaan myös nanohiukkasten pitoisuuksien mittauksia AQ Urban-sensorilla.

Sää tiedot

Sää tietojen keräämistä jatketaan Keskustorin lounaiskulmassa Kauppa-Hämeen kiinteistön katolla sijaitsevaa säälähetintä käyttäen, jotta sään vaikutus voidaan huomioida mittaustuloksia raportoitaessa. Pirkankadulla jatketaan vuonna 2015 aloitettua asemakohtaista säämittausta. Myös Ilmatieteen laitoksen avointa dataa voidaan hyödyntää varsinkin sademäärätietoja tarkasteltaessa.

4.2 Muut tarkkailuun liittyvät tutkimukset

Muiden yhteistarkkailuun liittyvien tutkimusten tarvetta arvioidaan vuosittain. Pääsääntöisesti erillishankkeisiin osallistumisen kustantaa kaupunki.

5. PITOISUUSMITTAUKSISSA KÄYTETTÄVÄT LAITTEET JA MENETELMÄT

5.1 Mittauskalusto – ohjelmisto ja päivitystarpeet

Ohjelmistot

Käytössä olevalla, vuonna 2018 hankitulla Win10 -ympäristössä toimivalla Envista-ARM ohjelmistopakettilla hoidetaan tiedonkeräys, raportointi ja datan toimittaminen ilmanlaatuportaaliin. Pakettiin liittyvät ohjelmistot ovat Communication Center (tiedonkeräys), Envista Air Resources Manager (raportointi) ja FTP (mittausdatan toimittaminen portaaliin).

Mittausdata kerätään tietokantaan GSM-modeemien välityksellä tunneittain ja tarkistamaton mittausdata lähetetään ilmanlaatuportaaliin seuraavan tunnin aikana. Laittevioista ym. johtuvat virheelliset tiedot päivitetään portaaliin jälkikäteen virka-ajan puitteissa. Kauden aikana on syytä varautua siihen, että asemakohtaiset modeemit on korvattava laajakaistayhteydellä.

Tarkistetut mittau tulokset toimitetaan vuosittain Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään ympäristönsuojelun tietojärjestelmään. Tiedot julkaistaan valtakunnallisessa ilmanlaatuportaalissa www.ilmanlaatu.fi. Tietoja käytetään myös tiedottamisessa yleisölle sekä tietojen raportoinneissa komissiolle ja Euroopan ympäristökeskukselle.

Sopimuskauden aikana mahdollisesti hankittavien sensoreiden mittausdata kootaan joko tähän Envista-ARM -järjestelmään tai erilliseen kaupungin kustantamaan järjestelmään.

Mittauslaitteet ja -tekniikat

Typen oksidit, NO_x (Thermo 42i)

Typen oksidien mittauksiin käytetään kemiluminesenssi -menetelmää (SFS 5425). Ilmanäyte johdetaan analysaattorissa olevaan konvertteriin, jossa typen oksidit (NO ja NO₂) pelkistyvät NO:ksi. NO:n ja laitteen tuottaman otsonin reagoitessa syntyy virittyneitä NO₂-molekyylejä, jotka perustilaan palatessaan emittoivat säteilyä. Säteilyn voimakkuus riippuu lineaarisesti pelkistetyn ilmanäytteen NO-pitoisuudesta. Mittaamalla rinnan pelkistettyä ja pelkistämätöntä ilmanäytettä, saadaan NO₂-pitoisuus typen oksidien kokonaispitoisuuden (pelkistetty näyte) ja NO-pitoisuuden (pelkistämätön näyte) erotuksena.

Otsoni, O₃ (API 400 E)

Otsonimittaukset suoritetaan jatkuvatoimisina UV-fotometriaan perustuvina mittauksina, Tampereella API 400E -analysaattoria käyttäen. Menetelmässä otsonin absorptio mitataan kahdella eri kyvetillä samanaikaisesti. Toisesta

mittauskanavasta on katalyyttisesti poistettu otsoni. Toisella kanavalla mitataan siten samaan aikaan mahdollisesti häiritsevät aineet sekä otsoni, ja toisella taas mitataan pelkästään häiritsevät aineet ilman otsonia. Kumpaakin mittauskammiota vuorotellaan molempiin mittauksiin, näin saadaan poistettua eri kanavien mahdollinen eroavuus toisiinsa nähden. Kanavien vaihto tapahtuu magneetti-venttiilien avulla. Pitoisuus lasketaan Beer-Lambertin lain mukaan.

Hiukkaset (PM₁₀, PM_{2.5})

Teom 1400

Nykyisin Tamperella mitataan yhdellä Teom-analysointilaitteella PM_{10:n} pitoisuutta ja kahdella Teomilla PM_{2.5:n} pitoisuutta, eli laitteella voi mitata jompaakumpaa komponenttia PM_{2.5}-inlet lisäämällä tai poistamalla. Mittausmenetelmä perustuu värähtelevään mikrovaakaan. Teom-analysointilaitteita on 3 kpl ja niiden hankintavuodet ovat 2004, 2006 ja 2006. Taattu varaosien saanti niihin on jo päättynyt. Kaikki kolme Teomia korvataan tarpeen mukaan sopimuskauden aikana esim. optisilla analysointilaitteilla (joilla voidaan mitata sekä PM₁₀ ja PM_{2.5}-pitoisuutta yhtä aikaa).

Grimm 180

Hiukkasten (sekä PM_{2.5} ja PM₁₀ yhtä aikaa samalla laitteella) pitoisuutta seurataan Tampereella (Epilässä) yhdellä Grimm-merkkisellä analysointilaitteella laserdiffraktio-menetelmää käyttäen. Laite laskee ja mittaa koon kaikista (98%) optisen polttopisteen kautta menevistä partikkeleista mitaten samalla partikkelien välisen etäisyyden. Grimm -laitteita on 1 kpl ja sen hankintavuosi 2009, joten sitä ei tarvinnut uusien kauden aikana.

Fidas 200

Pirkankadun mittausasemalla seurataan hiukkaspitoisuuksia myös Fidas-analysointilaitteella. Fidas 200 on aerosolispektrometri, joka analysoi jatkuvatoimisesti pienhiukkasten lukumääriä kokoluokissa 180 nm - 18 µm. Mittaustuloksista lasketaan PM₁₀ ja PM_{2.5} -hiukkasten massapitoisuudet (µg/m³). Samalla määritetään PM₄₋, PM_{tot}- ja Cn-pitoisuudet (kpl/cm³).

Fidas käyttää LED-valolähdettä (180 nm) ja näytteen virtaus on 0,3 m³/h. Laite kalibroidaan tasakokoisia hiukkasia sisältävää testiaerosolia käyttäen.

Ultrapienet hiukkaset PN ja LDSA (halkaisija 10 - 400 nm) (AQ Urban)

Tampereella aloitettiin ultrapienien hiukkasten pitoisuuksien mittaaminen kesäkuussa 2018 tamperelaisen Pegasor Oy:n AQ Urban -sensoreilla Epilässä ja Pirkankadulla. Menetelmä perustuu hiukkasten sähköiseen varautumiseen. Laitteen toiminta-alue on 10 - 400 nm ja sillä mitataan ja hiukkasten aktiivista pinta-alaa (µm²/cm³) ja viitteellisesti hiukkasten lukumäärää

(kpl/cm³). Näiden komponenttien pitoisuuksille ulkoilmassa ei ole annettu raja-arvoja eikä ohjearvoja. Referenssimenetelmää lukumääräpitoisuuksien mittaamiselle ei ole nimetty. Lukumääräpitoisuuden yksikkönä on käytetty N-kirjainta, eri lähteissä hiukkasten lukumääräpitoisuudelle on laitetyypistä riippuen käytetty tunnuksena myös mm. PNC, N_c, N_{tot} ja N_p.

Säämastot

Jatketaan nykyisten kahden WXT-säälähettimien käyttämisestä. Säälähettimet sijaitsevat Kauppa-Häme -rakennuksen katolla ja Pirkankadun mittausasemalla.

6. LAADUNVARMENNUS, TULOSTUS JA RAPORTOINTI

6.1 Mittausten laadunvarmennus

Analysaattoreiden hoidosta ja käyttökalibroinnista vastaa kaupungin ympäristönsuojeluyksikkö. Muita tarvittavia kalibroitopalveluja ostetaan konsulteilta. Mittauksissa on käytössä laatukäsikirja.

6.2 Käsittely ja raportointi

Tietokantaan kerättävää jatkuvatoimisten mittauslaitteiden tuottamaa dataa seurataan päivittäin mahdollisten teknisten vikojen havaitsemiseksi. Tietokantaan kerättyä dataa tarkastellaan ja editoidaan kuukausittain. Neljä kertaa vuodessa aineistosta laaditaan väliraportti, joka toimitetaan tarkkailuun osallistuville toiminnanharjoittajille ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle.

Kalenterivuosittain kootaan yhteenvetoraporttina katsaus Tampereen ilmanlaatuun, jossa arvioidaan vuositason mittaus tuloksia, muita ilmanlaatu tietoja, päästöjen kehittymistä sekä esitetään suunnitelma tarkkailun muutostarpeista. Raportit toimitetaan sopimusosapuolille sähköisessä (pdf) -muodossa sekä tallennetaan ympäristönsuojelun internet-sivuille.

Tarkistetut mittaus tulokset toimitetaan joka kevät erikseen Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään kansalliseen ilmanlaadun tietojärjestelmään.

6.3 Tiedottaminen

Laajempien erillisselvitysten valmistumisesta tiedotetaan. Neljännesvuosiraporttien ja vuosiraportin valmistumisesta tiedotetaan internet-sivujen tai ympäristö- ja rakennusjaoston listojen kautta.

Tietoa Tampereen ilmanlaadusta tarjotaan yleisölle Ilmatieteen laitoksen ylläpitämän internet-portaalin www.ilmanlaatu.fi välityksellä tunneittain päivitettävää ilmanlaatuindeksiä käyttäen. Ilmanlaatuindeksillä kuvataan ilmanlaatua arvosanoilla hyvä, tyydyttävä, välttävä, huono ja erittäin huono. Yleisradion aamutelevisio hyödyntää ilmanlaatuindeksiä kertoessaan kaupunkien ilmanlaadusta säätiedotuksen yhteydessä.

Ilmanlaatuportaalista tarkistamaton mittausdata toimitetaan edelleen Ilmatieteen laitoksen ylläpitämään verkkopalveluun, jonka kautta voi hakea, katsella ja ladata tietoaineistoja koneluettavassa muodossa maksutta.

Kansainväliset nettisivustot poimivat suomalaisten kaupunkien ilmanlaadun mittausdatan edellä mainitusta portaalista, joten Tampereenkin pitoisuuksia voidaan seurata tunnin viiveellä eri puolilla maailmaa.

7. KUSTANNUKSET

7.1 Ilman laadun tarkkailun kustannukset

Tarkkailun kustannukset muodostuvat mm. investoinneista, mittausasemien ylläpidosta, laitteiden kalibroinneista, tiedonsiirrosta, raportoinnista, mahdollisista laboratoriokustannuksista, varaosista, ostohuolloista sekä tarkkailuun liittyvien muiden tutkimusten kustannuksista. Suunnitelmaan kirjaamattomia laitehankintoja sopimuskaudella ei tehdä ilman kehittämistyöryhmän päätöstä.

Työkustannuksiin on laskettu 65% tulosten käsittelystä ja raportoinnista vastaavan ympäristötarkastajan 1 työaikakustannuksista sekä 30% mittausverkon ylläpidosta ja huollosta vastaavan ympäristötarkastajan 2 työaikakustannuksista.

Investointeihin ja selvityksiin viisivuotiskaudelle on budjetoitu 240 000 euroa (Pirkankadun mittausaseman uusiminen, kaksi hiukkasanalysointia, BC-analysointia ja CO₂-sensori, päästökartoitus ja päästöjen leviämismallinnus).

Edellä mainituista hankinnoista noin 75 000 €:n osuus (BC-analysointia ja CO₂-sensori huoltokuluineen ja pienpolton päästökartoitus) maksetaan suoraan kaupungin budjetista, eli noin 165 000 €:n osuus jyvitetään sopimusosapuolien kesken. Raportointikulut (eli palkkakustannukset) jyvitetään komponentista riippumatta.

Vuonna 2020 ympäristötarkastajan 1 (65% kuluista huomioiden) ja ympäristötarkastajan 2 (30% kuluista huomioiden) työaikakustannukset sosiaalikuluneen tulevat olemaan yhteensä noin 60 000 euroa. Kesälomaym. sijaisuuksia hoitaa tarvittaessa myös muu ympäristönsuojeluyksikön henkilökunta, jonka työaikakustannuksia ei sisällytetä tarkkailun kustannuksiin. Tarkkailun järjestämiseen liittyvän koulutuksen kustannukset ovat noin 1200 euroa vuodessa. Työaikakustannuksille lasketaan vuosittain 5% nousu.

Tarvittavia varaosia ovat mm. analysointilaitteiden valonlähteet, pumput, letkut, suodattimet, kalibrointikaasut, aktiivihiihet ja erilaiset molekyyliseulat. Kustannukset on eritelty mitattavien yhdisteryhmien kesken. Ostohuoltoja ovat esimerkiksi huolto- ja asennustyöt sekä ulkopuolisilta konsulteilta ostettavat kalibrointipalvelut. Arvioidut varaosa- ja ostohuoltokustannukset ovat 20 000 euroa vuodessa. Huoltokustannukset kasvavat laitteiden ikääntyessä.

Ilmanlaadun yhteistarkkailun arvioidut, eriteltyt kokonaiskustannukset yhdisteryhmittäin vuosina 2021 – 2025 on esitetty taulukossa 2. Ilmanlaadun yhteistarkkailun arvioidut kokonaiskustannukset viisivuotiskaudella ovat siis noin 652 000 euroa.

7.2 Kustannusten jako

Ilmanlaadun tarkkailusta koituvien kustannusten jaosta sopivat kaupunki ja toiminnanharjoittajat tarkkailusopimuksen yhteydessä.

Kirjallisuutta

IL 2014

http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/julkaisu/pdf/Raportti_Ilmanlaadun_seurantarpeen_arviointi.pdf

YM 2019. Kansallinen ilmansuojeluohjelma 2030.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161467>

Taulukko 2. Ilmanlaadun yhteistarkkailun arvioidut kokonaiskustannukset yhdisteryhmittäin vuosille 2021 - 2025.

Taulukko 1. Arvio ilmanlaadun tarkkailun kokonaiskustannuksista v. 2021-2025					päivitys 13.8.2020				
Violetti fontti: laitteella mitataan usempaa hiukkaskokoa	2018	ennuste		2021	2022	2023	2024	2025	YHT
Investoinnit ja kertaerät punaisella	toteuma	per a							arvio
A SEMA, Laite ja sen hankintavuosi	1000 €	1000 €	1000 €						1000 €
PM 10 (kauden lopussa käytössä 4 kpl hiukkaslaitteita, joilla mitataan sekä PM 2.5 että PM 10)	26	28		16	42	46	20	18	141
.KAL UUSI 2023 (PM 10+PM 2.5 analysaattori)			27	0	0	27	0	0	
..EPI Grimm 2009 huollot ym. (puolet kuluista PM2.5 osiossa)			6	1	1	1	1	1	
...PIR Fidas 2018, huollot, (puolet kuluista PM25-osiossa)			6	1	1	1	1	1	
....UUSIEN LAS/KAL PM-laitteiden huollot, (puolet kuluista PM25-osiossa)			3	0	0	1	1	1	
PIR Teom 2004 (suotimet ym.). Tämä PM 10 mittauslaite poistoon kauden lopussa.			9	2	2	2	2	0	
Raportointi			66	12	13	13	14	15	
leviämismallinnus PM 10:n osuus			25		25				
PM 2.5 (kauden lopussa käytössä 4 hiukkaslaitteita, joilla mitataan sekä PM 2.5 että PM 10)	26	31		18	44	53	21	18	154
.LAS UUSI 2023 (PM 10+PM 2.5 analys.+kaappi)			33	0	0	33	0	0	
..EPI Grimm 2009:n suotimet, korjaukset (puolet kuluista PM 10-osiossa)			6	1	1	1	1	1	
...PIR Fidas 2018, huollot, (Puolet kuluista PM 10-osiossa)			6	1	1	1	1	1	
....UUSIEN LAS/KAL PM-laitteiden huollot, (puolet kuluista PM 10-osiossa)			3	0	0	1	1	1	
KAL Teom 2006:n suotimet ym. Tämä PM2.5 mittauslaite poistoon kauden lopussa.			8	2	2	2	2	0	
LAS Teom 2006:n suotimet ym. Tämä PM2.5 mittauslaite poistoon kauden lopussa.			8	2	2	2	2	0	
Raportointi			66	12	13	13	14	15	
leviämismallinnus PM 2.5 osuus			25		25				
NOx (3kpl) + Horiba kalibraattori (1 kpl)	20	22		15	41	17	17	18	108
investoinnit			0	0	0	0	0	0	
Laimennin, NO-kaasu, NO2-putket, kalibroinnit, varaosat			17	3	3	3	3	4	
Raportointi			66	12	13	13	14	15	
leviämismallinnus NOx osuus			25		25				
O3 (1 kpl)	18	8		5	5	6	6	16	38
investoinnit O3-analysaattorin uusiminen			10	0	0	0	0	10	
suotimet, korjaukset, vertailumittaus			6	1	1	1	1	1	
Raportointi			22	4	4	4	5	5	
PC (7 kpl), Sääät (2 kpl), AQU (2 kpl), ICT	18	23		45	16	17	17	18	113
Pirkankadulle ostoparake vuokratilalle			30	30	0	0	0	0	
päivitykset, huollot, korjaukset			6	1	1	1	1	1	
ylläpito, varmuuskopointi, tiedonsiirto			77	14	15	15	15	17	
Erillishankkeet: BC-analysaattori + CO2-sensori	0	15		46	6	7	7	7	73
Investointi (BC-analysaattori ja CO2-sensori, kaupunki)			40	40	0	0	0	0	
BC ja CO2 huollot ja kalibroinnit (kaupunki)			11	2	2	2	2	2	
Raportointi (jyvitykseen)			22	4	4	4	5	5	
Erillishankkeet pienpoltto	0			0	25	0	0	0	25
Pienpolton päästökartoitus (kaupunki)			25	0	25	0	0	0	
Yhteensä									
Yhteensä 1000 €	108		652	145	179	144	88	96	652
Kustannukset yhteensä		125						5 v kausi	651889
Arvio sisältää 0,95 hiötyövuoden aiheuttamat kustannukset vuosittain	57000							1 vuosi	130378