



ILMATIETEEN LAITOS

AROMAATTISTEN HIILIVETYJEN PITOISUUDET KUOPION ILMASSA VUONNA 2013



Kuva: Kuopion kaupunki

ILMAKEHÄN KOOSTUMUKSEN TUTKIMUS JA
ASiantuntijapalvelut 2014

**AROMAATTISTEN HIILIVETYJEN PITOISUUDET KUOPION ILMASSA
VUONNA 2013**

Heidi Hellén
Hannele Hakola
Risto Pesonen
Helena Saari

**ILMATIETEEN LAITOS
ILMAKEHÄN KOOSTUMUKSEN TUTKIMUS JA ASiantuntijapalvelut**

Helsinki 29.1.2014

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	5
2 MITTAUKSET	6
2.1 Mittauspaikkojen kuvaukset	6
2.2 Käytetyt näytteenotto- ja analyysimenetelmät	6
2.3 Mittausten epävarmuus.....	9
3 TULOKSET	9
4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	11
VIITELUETTELO	12
LIITETAULUKOT	
LIITEKUVAT	

1 JOHDANTO

Tutkimuksessa selvitettiin bentseenin ja muiden aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksia Kuopion ilmassa. Kolme aluetta, joilla mittauksia tehtiin, olivat Kasarmipuisto, Tasavallankatu ja Ukkokodintie (Niirala). Mittaukset kattoivat vuoden jakson, ne aloitettiin 10.1.2013 ja ne päättyivät 2.1.2014. Ympäristönsuojelutarkastaja Erkki Pärjälä Kuopion kaupungin ympäristönsuojelupalvelusta toimitti raporttiin kuvaukset ja valokuvat mittauspaikoista.

Mitatuista aromaattisista hiilivedyistä bentseeni on ilmanlaadun kannalta merkittävin. Se on karsinogeeni ja sen pitoisuudelle on olemassa raja-arvo. Euroopan unioni on antanut direktiivin ilmassa olevan bentseenin pitoisuuksista (2008/50/EY). Direktiivi edellyttää bentseenipitoisuuksien seuranta EU:n jäsenmaissa, ja mikäli vuosikeskiarvon raja-arvo $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ylittyy, tulee laatia suunnitelmia pitoisuuksien vähentämiseksi sekä jatkuva seuranta- ja varoitusjärjestelmä. Direktiivi antaa myös alemman ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ja ylemmän ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) arviointikynnyksen, joiden ylittyminen edellyttää eritasoisia mittauksia. Mittausveloitteiden laajuus riippuu raja-arvon lisäksi myös taajamien väestön määrästä. Em. direktiivi on saatettu voimaan Suomen lainsäädäntöön viimeksi vuonna 2011 annetulla ilmanlaatuasetuksella (Vna 38/2011).

Muille nyt tutkituille yhdisteille ei ole olemassa EU:n raja-arvoja, mutta maailman terveysjärjestö, WHO, on antanut suositukset tolueenin ja styreenin pitoisuuksien enimmäismääristä ilmassa. WHO:n ehdottamat raja-arvot 30 minuutin pitoisuuksille ovat tolueenille $1 \text{mg}/\text{m}^3$ ja styreenille $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2000).

Tutkimuksessa mitattiin seuraavien aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet ulkoilmassa: bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni, propyylibentseeni, o-ksyleeni, p/m-ksyleeni, styreeni, 2-etyylitolueeni, 3-etyylitolueeni ja 4-etyylitolueeni. Aromaattisia hiilivetyjä pääsee ilmaan muun muassa autojen pakokaasuista ja muusta fossiilisten polttoaineiden palamisesta, puun pienpoltosta, haihtumisesta autojen tankkauksen yhteydessä, polttoaineiden varastoinnista ja teollisuuden päästöistä. Ilmassa aromaattiset hiilivedyt esiintyvät pääasiassa kaasuina ja niiden elinikä ilmassa vaihtelee muutamasta tunnista useaan päivään tai kuukauteen riippuen lähinnä valon määrästä. Ne reagoivat valon vaikutuksesta, mistä syystä pienimmät pitoisuudet mitataan Suomessa yleensä kesällä ja suurimmat pitoisuudet talvella.

2 MITTAUKSET

2.1 Mittauspaikkojen kuvaukset

Keskusta, Kasarmipuisto

Mittauspiste sijaitsee Kasarmipuiston ilmanlaadun mittausasemalla noin 2 m:n korkeudella maanpinnasta. Kasarmipuiston mittausasema on luokiteltu kaupunkitaustasemaksi, joka kuvaa Kuopion keskusta-alueen keskimääräistä taustailmanlaatua.

Mittausasema sijaitsee noin 50 m:n etäisyydellä lähikaduista (Tulliportinkatu ja Puis tokatu) puiston keskellä (kuva 1). Lähimpien katujen liikennemäärä on noin 10 000 ajoneuvoa/d. Puistoalueella sijaitsee toimistorakennuksia.

Alueen ilmanlaatuun vaikuttaa ensisijaisesti keskustan tieliikenteen päästöt. Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitosten päästöt aiheuttavat alueelle taustapitoisuutta.



Kuva 1. Keskusta, Kasarmipuisto

Niirala, Tasavallankatu

Mittauspiste sijaitsi Tasavallankadun ilmanlaadun mittausasemalla noin 2 m:n korkeudella maanpinnasta. Tasavallankadun mittausasema on luokiteltu liikenneasemaksi, joka kuvaa Kuopion kuormitetuimman alueen ilmanlaatua.

Mittausasema sijaitsee noin 15 m:n etäisyydellä Tasavallankadun lähimmästä ajoradasta. Tasavallankadun liikennemäärä on noin 22 000 ajoneuvoa/d. Kadulla on paljon raskasta liikennettä (kuva 2).

Alueen ilmanlaatuun vaikuttaa ensisijaisesti tieliikenteen päästöt. Asema sijaitsee Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitosten lähivaikutusalueella. Asema sijaitsee Niiralan asuntoalueen reunalla, jonka kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt voivat vaikuttaa myös alueen ilmanlaatuun.



Kuva 2. Niirala, Tasavallankatu

Niirala, Ukkokodintie 27

Mittauspiste sijaitsi Ukkokodintiellä Niiralan omakotialueen keskellä kadun varressa. Keräin oli sijoitettu sähköpylvääseen noin 2 m:n korkeudelle maanpinnasta.

Mittauspiste sijaitsee laajan omakotialueen keskellä (kuva 3). Omakotialue ei ole kaukolämpöverkon piirissä. Alueen kiinteistöjen lämmitykseen käytetään jonkin verran puuta ja öljyä. Ukkokodintien liikennemäärä on alle 1 000 ajoneuvoa/d.

Alueen ilmanlaatuun vaikuttavat merkittävimmin alueen kiinteistökohtaisen lämmityksen päästöt sekä alueen tieliikenteen päästöt. Kuopion Eenergia Oy:n Haapaniemen voimalaitoksen päästöt aiheuttavat alueelle taustapitoisuutta.



Kuva 3. Niirala, Ukkokodintie 27

2.2 Käytetyt näytteenotto- ja analyysimenetelmät

Tutkimuksessa käytettiin ns. passiivista näytteenottoa. Näytteenottoaika oli kaksi viikkoa ja näytteitä otettiin aina kaksi kerrallaan. Käytetyt diffuusioputket tilattiin valmiiksi täytettyinä. Adsorbenttina käytettiin Carbopack-B:tä. Passiivisessa näytteenotossa mitattava yhdiste kulkeutuu diffuusion avulla keräimen kiinteään materiaaliin. Kun keräysnopeus tiedetään, voidaan näytteen pitoisuus näytteenottoilmassa laskea seuraavasta yhtälöstä.

$$C_m = \frac{F - B}{U \cdot t}$$

C_m =yhdisteen pitoisuus näytteenottoilmassa.

F=yhdisteen massa näytteessä

B=yhdisteen massa nollanäytteessä

U=keräysnopeus

t=keräysaika

Työssä käytetyt keräysnopeudet ovat standardista ISO 16017-2 bentseenille, tolueenille, ksyleeneille ja etyylibentseenille. Muille yhdisteille keräysnopeudet on määritetty Ilmatieteen laitoksella, koska niille ei ole kirjallisuudessa esitetty keräysnopeuksia. Keräysnopeudet on korjattu vastaamaan ulkoilman lämpötiloja. Kaikille mittausasemille on käytetty Kuopion Savilahden lämpötilahavaintoja.

Kerätyt näytteet analysoitiin kaasukromatografilla (Perkin-Elmer Clarus 600), jossa on massaselektiivinen detektori (Perkin-Elmer Clarus 600T). Näytteensyöttäjänä oli Perkin-Elmerin termodesorptiolaite (Perkin-Elmer, Turbo Matrix 650). Kalibrointi suoritettiin käyttäen nestemäisiä standardeja. Viisi erivahvuista standardia metanoliliuoksessa injektioitiin näyteputkiin, liuotin haihdutettiin ja standardit analysoitiin kuten näytteet. Käytetyllä analyysimenetelmällä m-ksyleeni ja p-ksyleeni eivät eroa ja siitä syystä niiden pitoisuudet on ilmoitettu summana. Yksityiskohtainen kuvaus näytteenotosta ja analyysistä on lähteessä (Hellén, 2006).

2.3 Mittausten epävarmuus

Taulukossa 1 on esitetty passiivisesti kerättyjen aromaattisten hiilivetyjen toteamisraja (LOD), määrittäysraja (LOQ) ja mittausepävarmuus (MU). Yhdisteiden epävarmuudet on laskettu osaepävarmuuksista artikkelin Hellén et al. (2002) mukaan. Aromaattisten hiilivetyjen keräys- ja analyysimenetelmä on akkreditoitu mittausmenetelmä (sisäinen menetelmä MK101, joka perustuu standardeihin SFS-EN ISO 16017-2:2003 ja SFS-EN ISO 14662-4:2005).

Taulukko 1. Toteamisraja (LOD), määrittäysraja (LOQ) ja mittauksen epävarmuus (MU) mitatuille yhdisteille.

Yhdiste	LOD (ng/m ³)	LOQ (ng/m ³)	MU (%)
bentseeni	54	180	15
tolueeni	70	233	14
etyylibentseeni	43	143	15
p/m-ksyleeni	60	200	15
styreeni	11	37	22
o-ksyleeni	23	77	15
propyylibentseeni	9	60	16
2-etyylitolueeni	8	27	19
3-etyylitolueeni	16	53	18
4-etyylitolueeni	7	23	19

3 TULOKSET

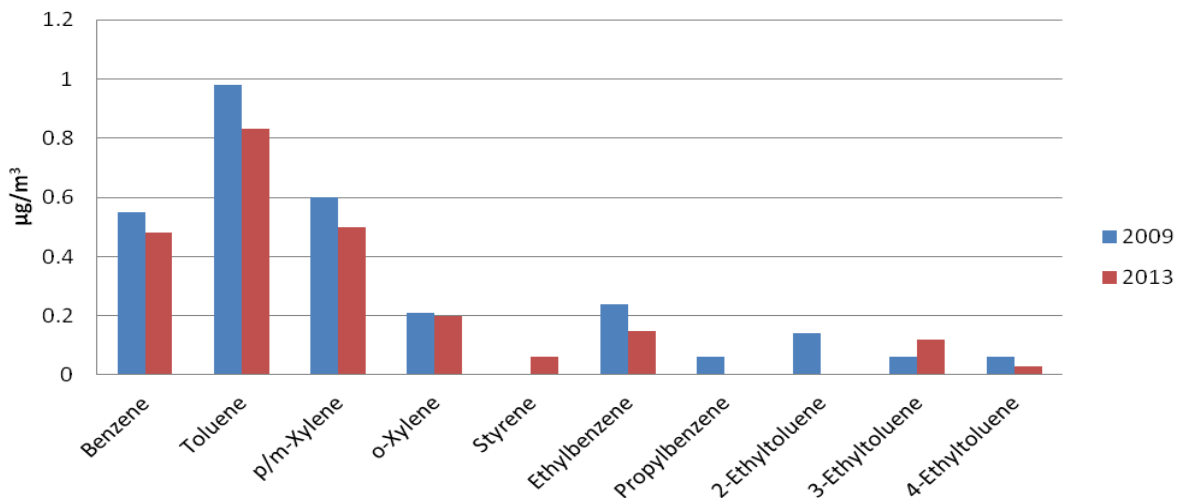
Liitetaulukossa 1 on esitetty kaikkien mitattujen yhdisteiden pitoisuuksien vuosikeskiarvot vuodelta 2013 ja pitoisuudet keskimäärin eri vuodenaikoina. Raportin lopussa liitekuviissa on esitetty kaikkien Kuopiossa mitattujen yhdisteiden koko vuoden pituisen mittausjakson aikasarjat kullakin Kuopion mittausasemalla.

Korkeimmat pitoisuudet kaikille yhdisteille mitattiin Tasavallankadun mittauspisteessä. Tämä on odotusten mukaista, koska paikka on vilkkaasti liikennöity. Bentseenipitoisuuden vuosikeskiarvo Tasavallankadun pisteessä oli 0,76 µg/m³ vuonna 2013 ja

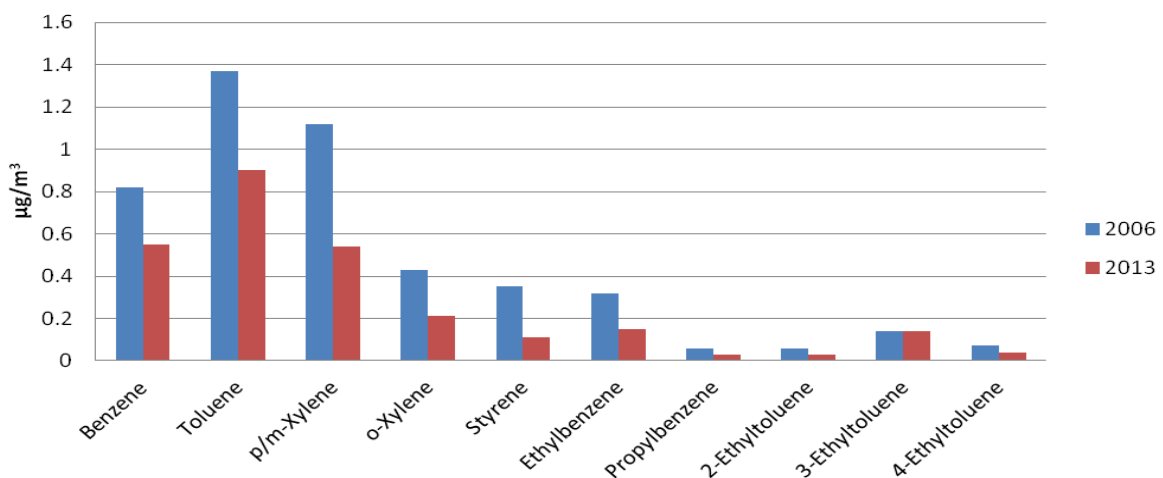
korkein yksittäinen kahden viikon pitoisuus mitattiin tammi-helmikuun vaihteessa ($1,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Kasarminpuiston ja Ukkokodintien mittauspisteissä korkeimmat arvot ($0,9$ ja $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mitattiin helmikuussa. Kaikki vuosikeskiarvot ja korkeimmat mitatut pitoisuudet jäivät selkeästi alle arvitointikynnyksen ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Matalimmat bentseenipitoisuudet mitattiin kesällä. Aromaattiset hiilivedyt reagoivat ilmassa valon vaikutuksesta, ja siitä syystä kesällä mitatut pitoisuudet ovat yleisesti pienempiä kuin talvella. Myös päästöt muun muassa lämmityksestä ja autojen kylmäkäynnistyksestä johtuen ovat talvella suuremmat. Nyt tehdyissä mittauksissa toluenin, etyylibentseenin ja ksyleenien pitoisuudet olivat kuitenkin kesällä korkeammat. Ko. yhdisteitä käytetään mm. liuottimina. Styreeni-, etyylibentseeni-, propyylibentseeni- ja etyylitolueenien pitoisuudet olivat hyvin alhaisia, lähellä tai jopa alle mittausten havaintorajan.

Liitetaulukossa 2 on esitetty vuosikeskiarvot kaikista Kuopiossa tehdyistä aromaattisten hiilivetyjen mittauksista. Nyt mitatuissa paikoista on tehty aiemmin mittauksia Kasarminpuistossa v. 2009 ja Ukkokodintiellä v. 2006. Kaikkien yhdisteiden pitoisuudet olivat korkeampia näissä aiemmissa mittauksissa lukuunottamatta 3-etyylitolueeniä, jonka pitoisuus Kasarminpuistossa oli matalampi ja Ukkokodintiellä samalla tasolla (kuva 4).

a)



b)



Kuva 4. Aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet Kuopiossa a) Kasarminpuistossa v. 2009 ja 2013 ja b) Ukkokodintiellä v. 2006 ja 2013.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tasavallankadulla mitattiin korkeimmat pitoisuudet kaikille yhdisteille, mikä osoittaa liikenteen olevan merkittävin VOC yhdisteiden päästölähde. Bentseenipitoisuudet olivat suurempia talvella johtuen hitaammista poistumisreaktiosta sekä suuremmista päästöistä kuten kylmäkäynnistyksestä ja puun pienpoltosta. Tolueenille, ksyleeneille ja etyylibentseeneille mitattiin korkeampia pitoisuuksia kesällä. Nämä yhdisteet ovat tyypillisesti peräisin esim. maaleista ja liuottimista.

Pitoisuudet olivat yleisesti pieniä, bentseenipitoisuudet selvästi alle EU:n asettaman raja-arvon ja arviointikynnysten. Bentseenin vuosikeskiarvot olivat vuonna 2013 Tasavallankadulla, Ukkokodintiellä ja Kasarmipuistossa 0,76, 0,55 ja 0,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Kasarmipuistossa on mitattu VOC yhdisteitä aiemmin vuonna 2009 ja Ukkokodintiellä vuonna 2006. Pitoisuudet ovat laskeneet molemmilla paikoilla aiemmista mittauksista. Vuodesta 2006 bentseenipitoisuudet ovat laskeneet 33 % ja tolueenipitoisuudet 34 %. Ksyleenit ja etyylibentseeni ovat laskeneet vielä enemmän n. 40-50 %. Vuodesta 2009 pitoisuudet ovat laskeneet bentseenille 13 %, tolueenille 15 %, ksyleeneille 5-17 % ja etyylibentseenille 38 %. Etyylitolueenien ja styreenin pitoisuudet ovat olleet jo aiemmin lähellä mittausten havaintorajaa tai sen alapuolella.

Pitoisuuksien tasainen laskeminen johtunee liikenteen päästöjen pienenemisestä autokannan uudistuessa.

Vaikka Kuopion aromaattisten hiilivetyjen pitoisuudet ovat laskeneet vuodesta 2006 eikä bentseenipitoisuuksien jatkuvaan raja-arvovalvontaan ole tarvetta, Ilmatieteen laitos suosittelee ko. aineiden mittaustarpeen arviointia tulevina vuosina aika-ajoin. Tämä on sopusoinnussa ilmanlaatuasetuksen 711/2001 hengen kanssa. Asetuksessa todetaan, että ilmanlaadun seurannan riittävyys, ts. esimerkiksi ilman epäpuhtauspitoisuuksien suhde arviointikynnyksiin, tulee tarkistaa *ainakin viiden vuoden välein*.

VIITELUETTELO

2000/69/EY. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ilmassa olevan bentseenin ja hiilimonoksidin pitoisuuksien raja-arvoista. Annettu 16.11.2000.

HELLÉN, H., 2006. Sources and concentrations of volatile organic compounds in urban air. *Finnish Meteorological Institute Contributions 56*. PhD thesis.

HELLÉN H., HAKOLA H., LAURILA T., HILTUNEN V. and KOSKENTALO T., 2002. Aromatic hydrocarbon and methyl tert-butyl ether measurements in ambient air of Helsinki (Finland) using diffusive samplers. *Science of the Total Environment 298*, pp. 55–64.

HSY, Seutu ja ympäristötieto, 2010. Tulokset Helsingin Kalliossa ja Vartiokylässä sekä Vantaan Tikkurilassa vuonna 2009 mitatuista aromaattisten hiilivetyjen pitoisuuksista.

Vna 711/2001. Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta. Annettu Helsingissä 9.8.2001.

WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. *WHO Regional Publications, European Series No. 23*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

LIITETAULUKOT

Liitetaulukko 1. Mitattujen yhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuudet vuonna 2013 Kuopion mittaus-
 asemilla ja keski-arvopitoisuudet eri vuodenaikoina. Yksikkö $\mu\text{g m}^{-3}$.

	Bentseeni	Toluenei	p/m-Ksyleeni	o-Ksyleeni	Styreeni	Etyyliibentseeni	propyylibentseeni	2-Etyyliitolueeni	3-Etyyliitolueeni	4-Etyyliitolueeni
Kasarmipuisto										
Vuosi 2013	0.48	0.83	0.50	0.20	0.06	0.15	<LOQ	<LOQ	0.12	0.03
talvi	0.75	0.83	0.46	0.19	0.05	0.15	0.03	0.03	0.14	0.04
kevät	0.44	0.76	0.45	0.18	0.04	0.13	<LOQ	<LOQ	0.08	<LOQ
kesä	0.32	0.94	0.59	0.22	0.05	0.16	<LOQ	<LOQ	0.13	0.03
syksy	0.43	0.76	0.49	0.19	0.09	0.14	<LOQ	<LOQ	0.12	0.03
Tasavallankatu										
Vuosi 2013	0.76	1.98	1.23	0.49	0.16	0.34	0.08	0.09	0.31	0.10
talvi	0.95	1.42	0.87	0.36	0.13	0.26	0.06	0.07	0.24	0.08
kevät	0.70	1.66	0.96	0.38	0.06	0.26	0.05	0.06	0.18	0.07
kesä	0.62	2.62	1.67	0.65	0.14	0.45	0.09	0.12	0.46	0.10
syksy	0.77	2.12	1.36	0.54	0.31	0.37	0.09	0.10	0.34	0.13
Ukkokodintie										
Vuosi 2013	0.55	0.90	0.54	0.21	0.11	0.15	0.03	0.03	0.14	0.04
talvi	0.83	0.65	0.33	0.13	0.08	0.11	0.02	0.02	0.09	0.02
kevät	0.53	0.73	0.34	0.13	0.04	0.09	0.02	0.03	0.08	0.03
kesä	0.38	1.26	0.92	0.33	0.10	0.24	0.05	0.05	0.23	0.06
syksy	0.51	0.90	0.53	0.21	0.23	0.15	0.03	0.03	0.13	0.03

Liitetaulukko 2. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vuosikeskiarvopitoisuudet ($\mu\text{g m}^{-3}$) Kuopion aiemmissa mittauksissa.

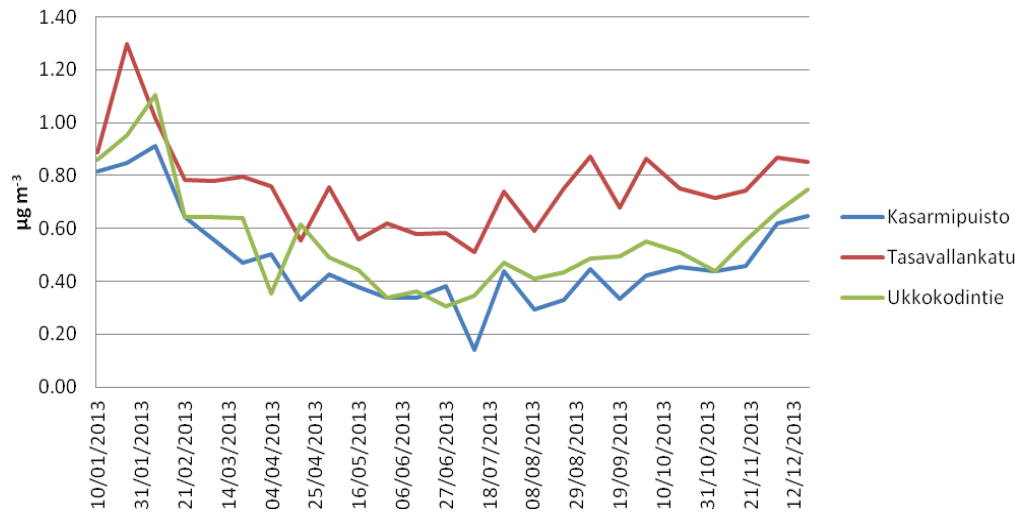
	Vuosi	Benzene	Toluene	p/m-Xylene	o-Xylene	Styrene	Ethylbenzene	Propylbenzene	2-Ethyltoluene	3-Ethyltoluene	4-Ethyltoluene
Haapaniemi	2006	0.65	1.23	1.49	0.55	0.46	0.40	0.06	0.06	0.14	0.07
Itkonniemi	2006	0.63	4.06	1.50	0.54	0.09	0.43	0.06	0.06	0.14	0.07
Kelloniemi	2006	0.65	1.26	0.60	0.24	0.05	0.20	0.05	0.05	0.10	0.05
Maaherrankatu	2006	1.39	4.86	3.21	1.25	0.17	0.98	0.23	0.24	0.60	0.28
Sorsasalo	2006	0.60	3.34	0.70	0.22	0.05	0.22	0.04	0.04	0.08	0.05
Väliköntie	2006	0.72	2.24	1.38	0.53	10.40	0.40	0.09	0.09	0.20	0.10
Väliköntie	2008	0.45	2.05	0.73	0.27	17.72	0.23	0.05	0.06	0.15	0.08
Väliköntie	2010*	0.26	1.79	0.83	0.32	44.10	0.29	0.07	0.09	0.19	0.07
Paavola	2007**	0.40	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pelastusopisto	2007**	0.40	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Siikaniemi	2008	0.42	0.77	0.42	0.17	0.97	0.14	0.04	0.05	0.13	0.06
Tasavallankatu	2013	0.76	1.98	1.23	0.49	0.16	0.34	0.08	0.09	0.31	0.10
Kasarmipuisto	2009	0.55	0.98	0.60	0.21	<LOQ	0.24	0.06	0.14	0.06	0.06
Kasarmipuisto	2013	0.48	0.83	0.50	0.20	0.06	0.15	<LOQ	<LOQ	0.12	0.03
Ukkokodintie	2006	0.82	1.37	1.12	0.43	0.35	0.32	0.06	0.06	0.14	0.07
Ukkokodintie	2013	0.55	0.90	0.54	0.21	0.11	0.15	0.03	0.03	0.14	0.04

*vain 16.6-18.6, 20.6-23.6, 28.6-3.7 ja 5.7-8.7., **vain 28.2.-1.6.2007

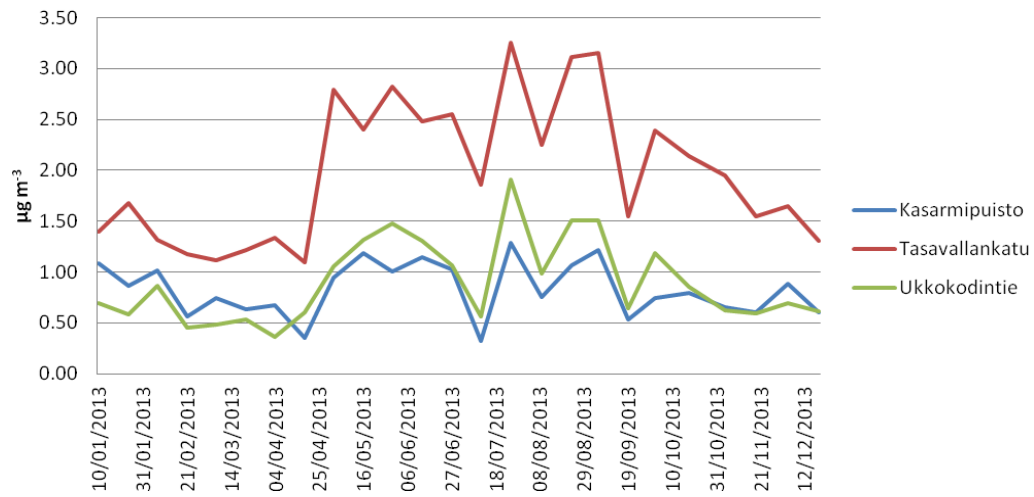
LIITEKUVAT

Aikasarjat v. 2013 mitatuista pitoisuuksista kaikilla Kuopion mittausasemilla

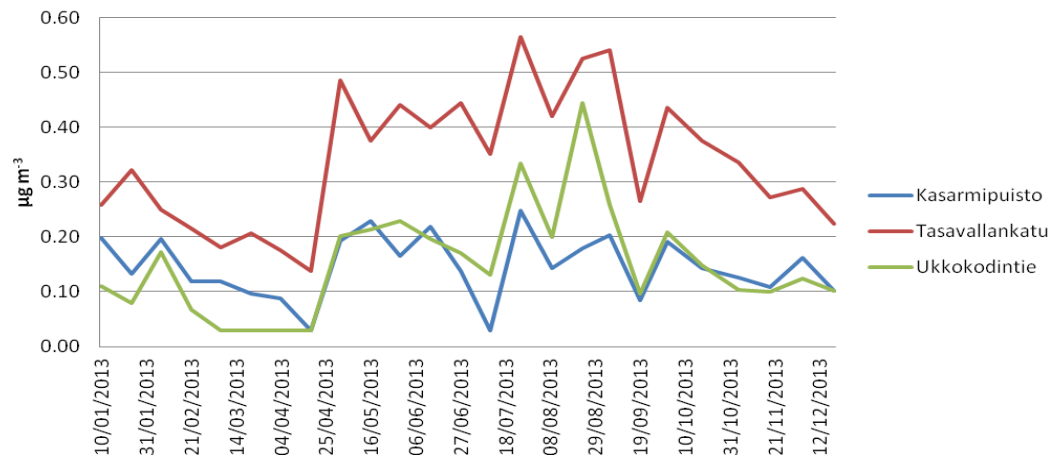
Bentseeni



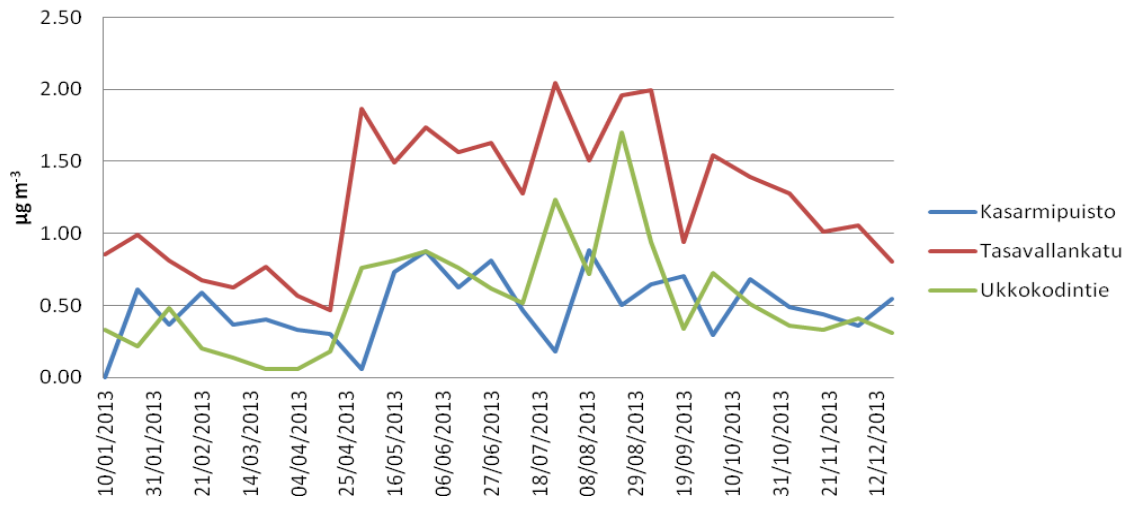
Toluene



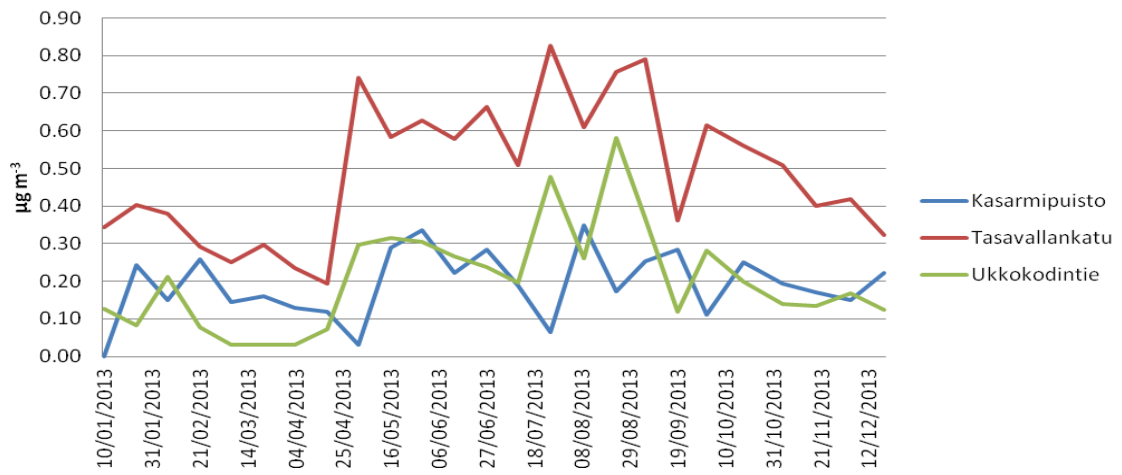
Etylibentseeni



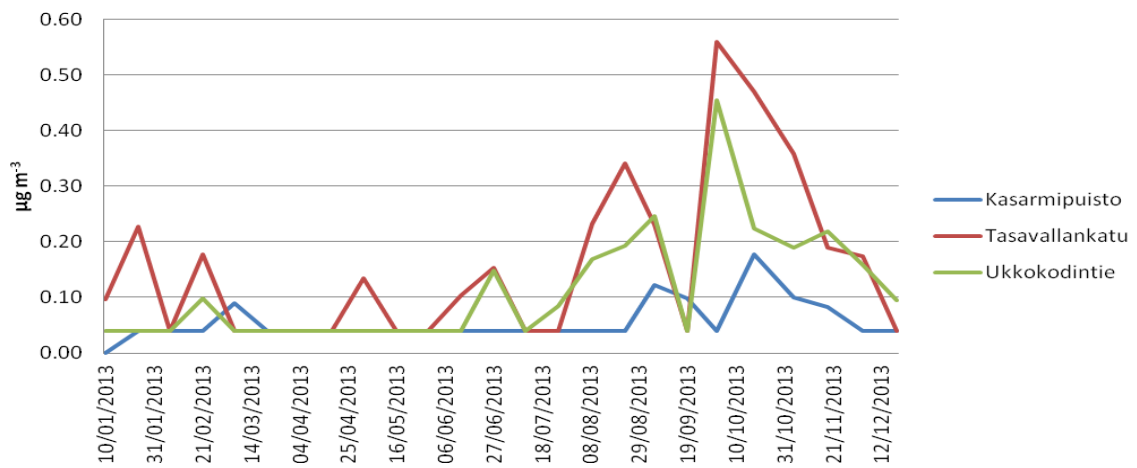
p/m-ksyleeni



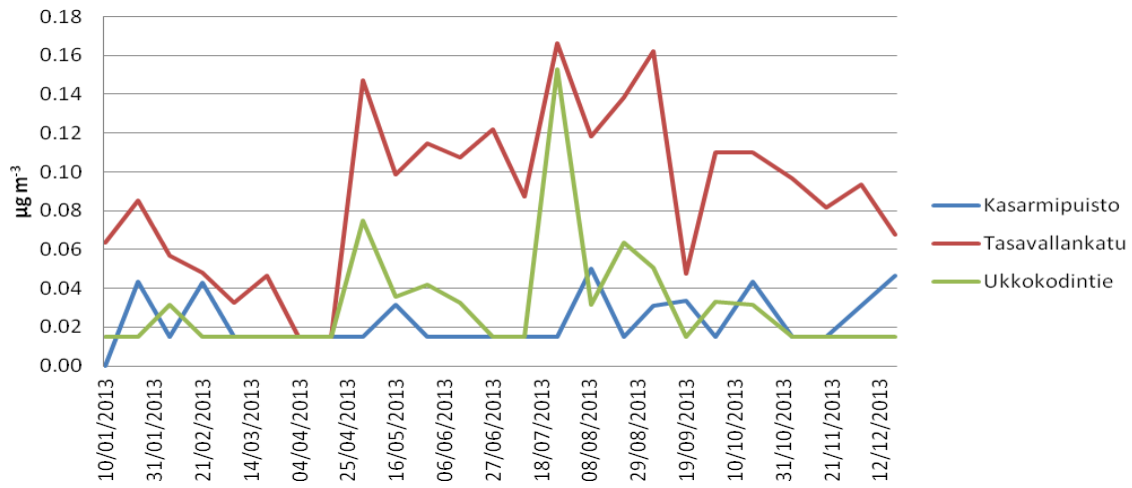
o-ksyleeni



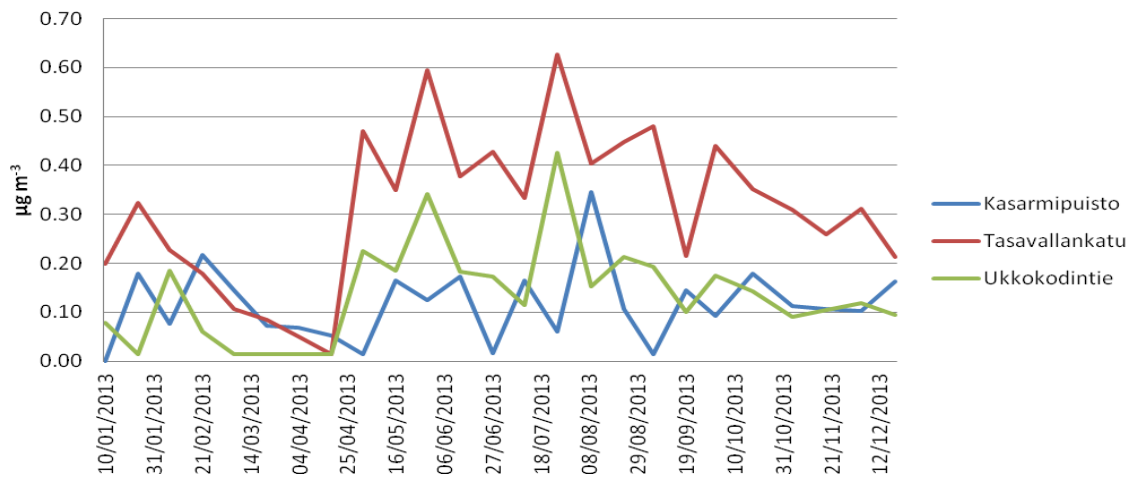
Styreeni



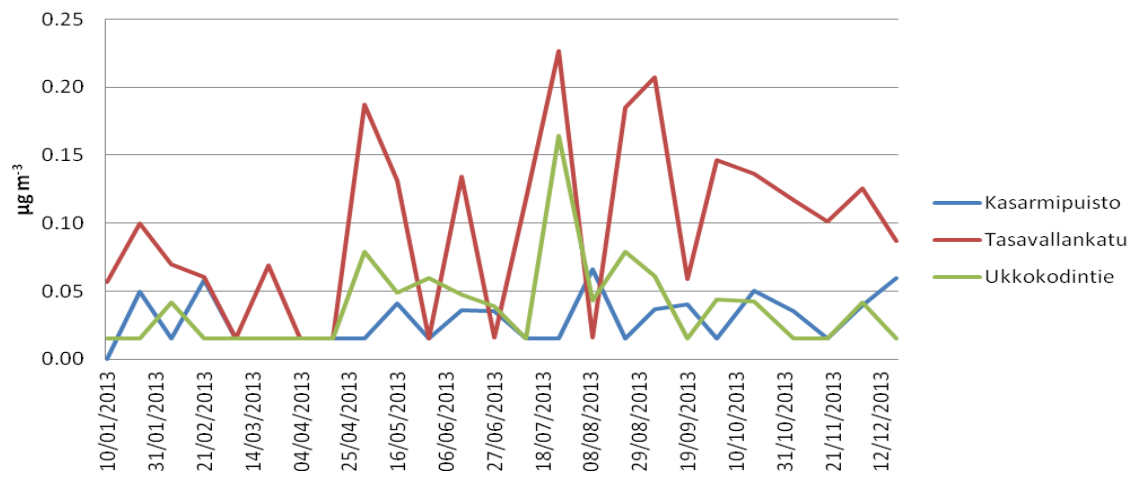
2-etyylitolueeni



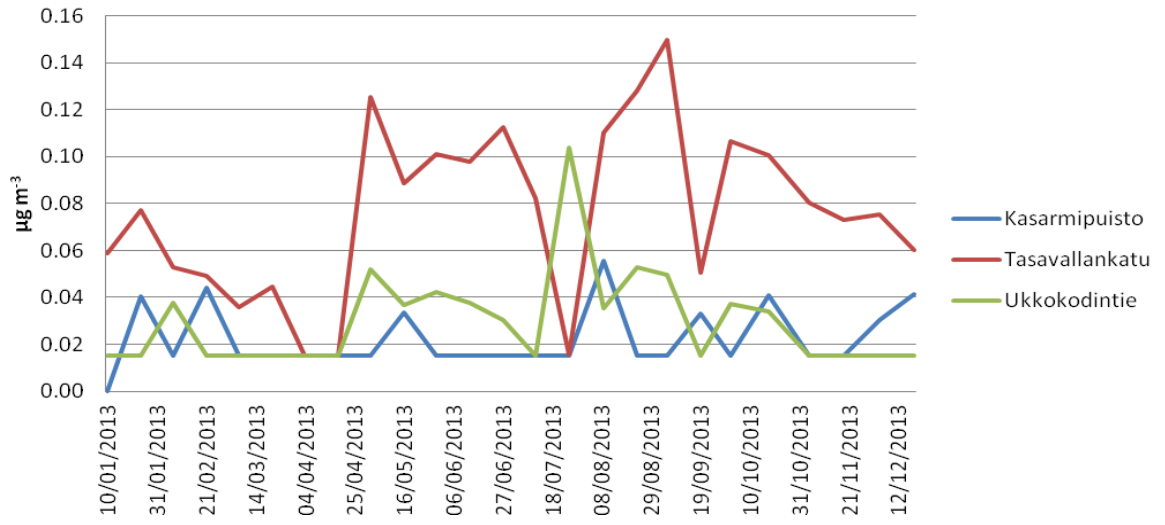
3-etyylitolueeni




4-etyylitolueeni



Propyylibentseeni



A decorative graphic consisting of a solid blue wave shape that curves across the page. It is composed of multiple thin, parallel lines that create a sense of movement and depth. The wave starts on the left, dips down, and then rises to the right, crossing the center of the page.

Ilmatieteen laitos
Erik Palménin aukio 1
PL 503, 00101 Helsinki
Puh. 029 539 1000
ilmatieteenlaitos.fi