

Arja Asikainen¹, Erkki Pärjälä², Tapio Kettunen², Marjo Niittynen¹
ja Jouni Tuomisto¹

¹ Terveysten ja Hyvinvoinnin laitos, Kuopion yksikkö

² Kuopion kaupunki, alueelliset ympäristönsuojelupalvelut

Kasvihuonekaasupäästöjen paikallisten vähentämistoimenpiteiden vaikutukset Kuopiossa

Johdanto

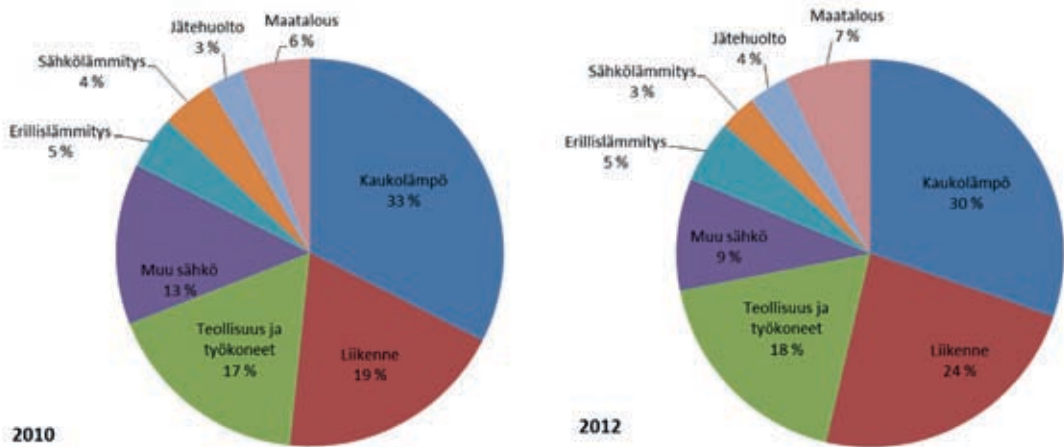
Kuopion kaupunki on toiminut pitkään ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Kaupungin ensimmäisen ilmastostrategia laadittiin vuonna 2003. Nykyinen vuosille 2009–2020 hyväksytty ilmastopoliittinen ohjelma sisältää 6 päämäärää:

- Kasvihuonekaasupäästöt Kuopiossa ovat vähentyneet vähintään 40 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä.
- Kaupungin omien toimintojen energian käyttö vuonna 2016 on vähentynyt vähintään 9 % vuoden 2005 tasoon verrattuna.
- Liikenteestä ja liikkumisesta aiheutuneet kasvihuonepäästöt ovat vähentyneet. Kevyt- ja joukkoliikenne ovat houkuttelevia liikkumismuotoja.
- Uusiutuvan energian osuutta energiantuotannossa on lisätty.
- Ilmastonmuutoksen vaikutukset Kuopion kaupungin toimintoihin on tunnistettu ja niihin on varauduttu.
- Kaikki ovat tietoisia valintojensa ja toimiansa vaikutuksista energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin.

Kuopion nykyinen ilmastopoliittinen ohjelma toimi lähtöasetelmana kansainvälisessä URGENCHE -hankkeessa (*Urban Reduction of Green House Gas Emissions in China and Europe*), jossa selvitettiin kasvihuonekaasupäästöjen paikallisten vähentämistoimenpiteiden vaikutusta ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Hankkeessa tutkittiin mm. eri polttoaineiden, lämmitys- ja liikennevaihtoehtojen, rakennusten energiatehokkuuden ja kaavoituksen kautta syntyviä vaikutuksia.

Suomesta hankkeessa olivat Kuopion kaupungin lisäksi mukana *Terveysten ja Hyvinvoinnin laitos* (THL) ja *Suomen Ympäristökeskus* (SYKE). Hankkeen muut tutkimuskaupungit olivat Basel, Stuttgart, Rotterdam ja Thessaloniki Euroopasta sekä Suzhou ja Xi'an Kiinasta. Hanketta rahoitti Euroopan Unionin 7. puiteohjelma.

Kuopion pääasialliset kasvihuonekaasupäästölähteet ovat lämmitys, liikenne sekä teollisuus ja työkoneet (Kuva 1). Vuonna 2010 koko Kuopion alueen kokonaiskasvihuonekaasupäästöt olivat n. 1 040 kt/CO_{2-ekv} ja vuonna 2012 n. 809 kt/CO_{2-ekv} (CO₂-Raportti 2014). Päästöt ovat pienenevästi erityisesti siksi, että energiantuotannossa ollaan siirtymässä turpeesta biopolttoaineisiin ja teollisuuden energiankäyttö on vähentynyt.



Kuva 1. Eri päästölähteiden osuudet kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä Kuopiossa vuonna 2010 ja 2012.

Aineisto ja menetelmät

Arvioidut päästöjen vähennystoimenpiteet ja skenaariot

Rakennusten lämmitys ja liikenne tuottavat yli 60 % Kuopion alueen kasvihuonekaasupäästöistä, joten näihin sektoreihin vaikuttamalla voidaan tehokkaimmin vaikuttaa päästöihin. Realistisia ja osittain jo toteutuvia toimenpiteitä, joiden vaikutuksia tässä hankkeessa arvioitiin, olivat:

1. Lämmitysenergian tuotanto
 - a. Biomassan käytön lisääminen Kuopion Energia Oy:n Haapaniemen voimalaitoksella
 - b. Puun pienpolton lisääminen asuintalojen lämmityksessä
2. Rakennusten energiatehokkuus
 - a. Lämmöneristyksen parantaminen asuinrakennuksissa (uudet ja perusparannetut rakennukset)
3. Liikenne
 - a. Biopolttoaineiden käytön lisäys tieliikenteessä

Arviointi perustui vuoden 2010 nykytilanne -skenaariota vertaamiseen vuoden 2020 entisenkaltaisen toiminnan (business-as-usual, BAU) ja 2020 CO₂ interventio -skenaarioihin. 2020 BAU -skenaario kuvaa tilannetta, jossa asiat jatkuvat vuodesta 2010 vuoteen 2020 ilman aktiivisia päästövähennyksiä tähtääviä muutoksia ja 2020 CO₂ interventio -skenaario kuvaa tilannetta, jossa arvioitavat päästövähennystoimenpiteet ovat toteutuneet. Vertailun vuoksi arviointiin myös 2020 CO₂ interventio - ei puunpolttoa -skenaario, jossa puun pienpolttoa ei lisätty vaan määrän oletettiin pysyvän vuoden 2010 tasolla. 2020 BAU -skenaariossa oletetaan väestön, liikennemäärien, liikenneverkkojen, rakennuskannan ja lämmitysenergian kulutuksen muuttuvan ennakoitun kasvun mukaisesti ja 2020 CO₂ intervention -skenaariossa oletukset muotoutuvat arvioidavien toimenpiteiden mukaisesti (Taulukko 1).

Selvitys rajattiin koskemaan vain Kuopion keskeistä kaupunkialuetta välillä Pitkälahti Sorsasalo. Alueen koko on noin 15 km x 10 km ja kattaa 62 % koko Kuopion alueen asuinrakennuksista ja 87 % (noin 81 000) väestöstä. Kaikki esitetyt tulokset koskevat vain tätä Kuopion kaupunkialuetta, ei Kuopion maaseutualueita.

Taulukko 1. Arvioitujen skenaarioiden oletukset.

Sektori	2010 nykytilanne	2020 BAU	2020 CO ₂ interventio ⁽¹⁾
Haapaniemen voimalaitos	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 4 % biomassaa * Tuotantomäärä vuoden 2010 toteutuma 	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 4 % biomassaa * Tuotantomäärä arvioitu uusien, korjattujen ja vanhojen rakennusten määrän ennusteiden mukaan 	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 50 % biomassaa * Tuotantomäärä arvioitu uusien, korjattujen ja vanhojen rakennusten määrän ennusteiden mukaan
Tieliikenne	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 5 % biopolttoaineita * Polttoaineen käyttö vuoden 2010 toteutuma * Autokanta EURO3-päästöluokituksella 	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 20 % biopolttoainetta * Polttoaineen käyttö arvioitu ennustetun liikennekasvun pohjalta * Autokanta EURO4-päästöluokituksella 	<ul style="list-style-type: none"> * Polttoaineesta 30 % biopolttoaineita * Polttoaineen käyttö arvioitu ennustetun liikennekasvun pohjalta * Autokanta EURO5-päästöluokituksella
Asuntojen energiatehokkuus ja erillislämmitys	<ul style="list-style-type: none"> * Asuntojen lämmitysenergian tarve keskimäärin 166 kWh/m² (perustuu todelliseen kaukolämmön käyttöön) * Asuntojen lämmitysmenetelmät jakaantuvat kuten 2010 	<ul style="list-style-type: none"> * 3 % asunnoista energiakorjataan vuosittain 2010-2020 välillä * Korjattujen ja uusien rakennusten lämmitysenergian tarve 70 kWh/m² * Asuntojen lämmitysmenetelmät jakaantuvat kuten 2010 	<ul style="list-style-type: none"> * 3 % asunnoista energiakorjataan vuosittain 2010-2020 välillä * Korjattujen ja uusien rakennusten lämmitysenergian tarve 25 kWh/m² * Öljylämmitys korvataan puun pienpoltolla * Puuta käytetään tukilämmityksenä kaksinkertainen määrä verrattuna vuoteen 2010

⁽¹⁾ Vertailun vuoksi arvioitiin myös 2020 CO₂ interventio – ei puunpolttoa -skenaario, jossa puun pienpolttoa ei lisetty vaan määrän oletettiin pysyvän vuoden 2010 tasolla.

Terveys- ja hyvinvointivaikutusarviointi

Terveysvaikutukset arvioitiin käytettiin tautitaakka-menetelmää, jonka yksikkönä on DALY/vuosi (*disability-adjusted-life-year*). Tautitaakka yhdistää sairauden kanssa elätyn ajan (YLD) ja sairauden aiheuttaman enneaikaisen kuoleman takia menetetyn elinajan (YLL):

$$DALY = YLD + YLL$$

YLD lasketaan kertomalla altisteen vuosittain aiheuttamien tautikohtaiset uusien tapausten määrä sairauden kestolla ja sairauden hättäpainokertoimella. YLL lasketaan keskimääräisen elinajanodotteen ja sairauskohtaisen keskimääräisen kuolin iän avulla. Tautitaakan laskentamenetel-

mää ovat kuvanneet tarkemmin Hänninen ja Knol (2011), Hänninen (2012) ja Asikainen ym. (2013).

Koska kasvihuonekaasuilla itsessään ei ole suoria terveysvaikutuksia, tehtiin terveysvaikutusarviointi energiantuotannon ja tieliikenteen pääasiallisille terveysvaikutuksia aiheuttaville epäpuhtauksille eli pienhiukkasille (PM_{2,5}). Altistuksen arvioitiin tarvittavat pienhiukkaspitoisuudet perustuivat Ilmatieteenlaitoksen tekemiin leviämismallinnuksiin sekä Kuopion todelliseen mittausaineistoon vuodelta 2010. Terveysvaikutusarvioinnissa käytetty menetelmä ja aineistot on kuvattu tarkemmin Kuopion tapaustutkimuksen loppuraportissa (Asikainen ym. 2014).

Hyvinvointivaikutusten arviointi suori-

tettiin laadullisella tasolla hankkeessa suoritetun kyselytutkimuksen aineistoa analysoimalla. Määrällistä arviointia ei voitu suorittaa, koska sopivaa aineistoa arvioitavien päästövähennystoimenpiteiden yhteydestä hyvinvointitekijöihin ei ollut saatavilla.

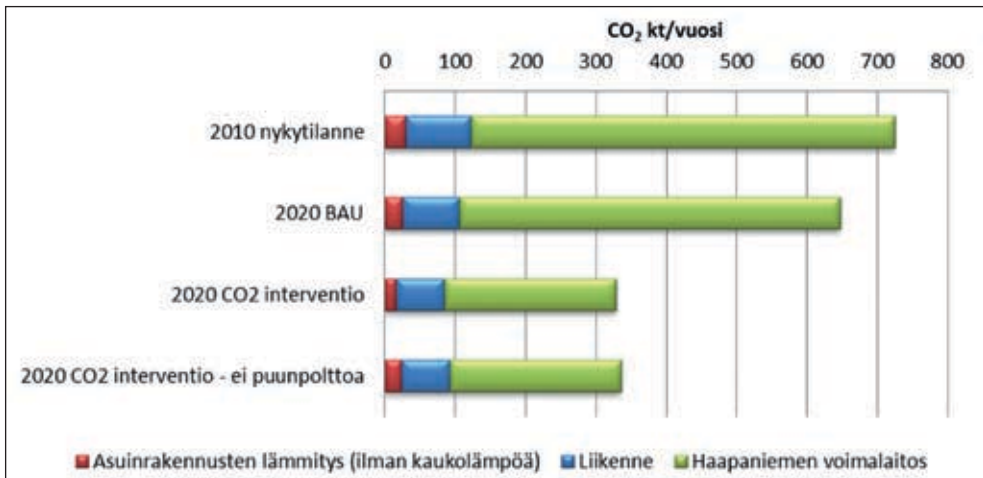
Tulokset

Päästövaikutukset

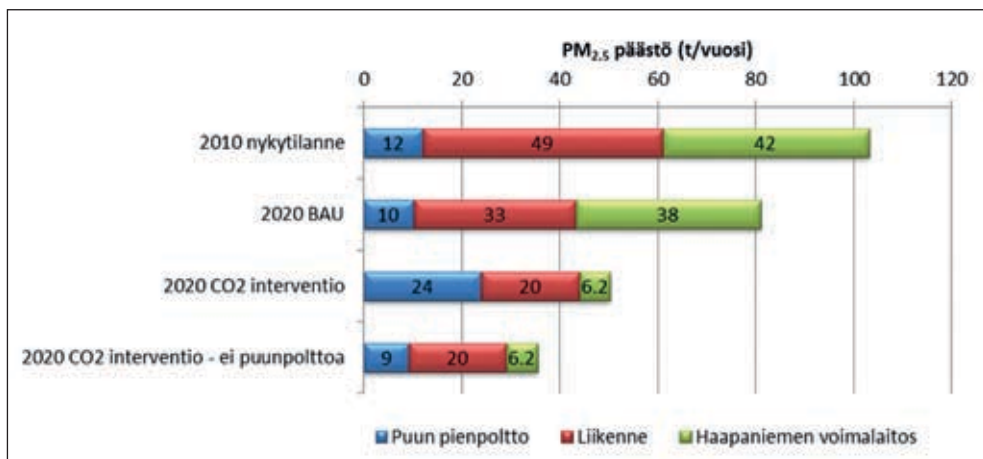
Tarkastellut toimenpiteet vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä Kuopion kaupunki-

alueella jopa 55 % vuoteen 2020 mennessä. Puun pienpolton lisääminen ei juuri vaikuta kasvihuonekaasupäästöjä vähentävästi, sillä ilman tätä toimenpidettä päästöt vähenevät 54 %. Suurin osa päästövähennyksestä johtuu Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen alenemisesta (Kuva 2).

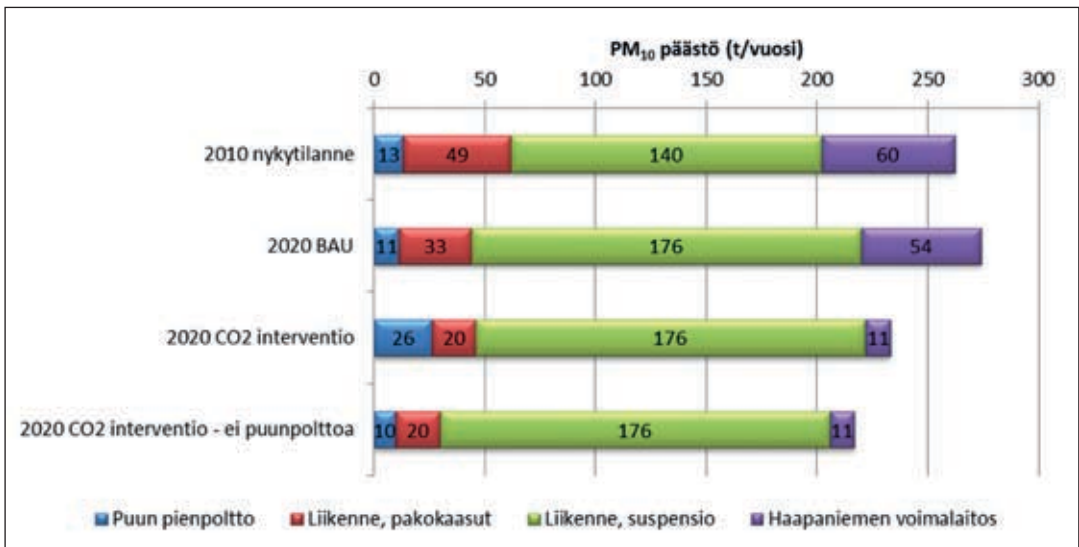
Kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimenpiteet vastaavasti vähentävät tarkasteltujen paikallisten päästölähteiden pienhiukkaspäästöjä (PM_{2,5}) Kuopion kaupunkialueella 103 tonnista (vuonna 2010) 50 tonniin vuodessa (2020 CO₂ interventio -skenaario), joka tarkoittaa 51 %:n vähenemää (Kuva 3).



Kuva 2. CO₂-päästöt (kilotonnia/vuosi) tarkastelluille lähteille eri skenaarioissa Kuopion kaupunkialueella.



Kuva 3. PM_{2,5}-kokonaispäästöt (tonnia/vuosi) arvioiduissa skenaarioissa.



Kuva 4. PM₁₀-päästöt (tonnia/vuosi) arvioiduissa skenaarioissa.

Suurin osa vähennyksestä johtuu Haapaniemen voimalaitoksen alentuneista päästöistä (vähemmän 85 %) ja osittain vähentyneistä liikennepäästöistä (vähemmän 59 %). Sitä vastoin PM_{2,5}-kokonaispäästöt puun pienpoltosta yli kaksinkertaistuvat verrattuna vuoteen 2010. Jos puun pienpolttoa ei lisätä nykytilanteesta vuoteen 2020 (2020 CO₂ interventio – ei puunpolttoa -skenaario), PM_{2,5}-kokonaispäästöt laskevat 35 tonniin/vuosi eli päästövähennys olisi 66 % nykytilanteeseen verrattuna.

Sitä vastoin tarkasteltaessa hengittävien hiukkasten (PM₁₀) päästöjä, tilanne on hyvin erilainen kuin pienhiukkaspäästöjen kohdalla. PM₁₀-päästöt nimittäin nousevat 2010 nykytilanteesta vuoden 2020 BAU -tilanteeseen 262 tonnista 274 tonniin vuodessa (Kuva 4). Tämä kasvu johtuu lisääntyneestä autoliikenteestä, joka johtaa 26 % suurempaan tien pinnasta irtoaviin PM₁₀-päästöihin (resuspensio). PM₁₀-päästöt kuitenkin vähenevät 11 % vuonna 2020, kun päästövähennystoimenpiteet otetaan käyttöön (2020 CO₂ interventio -skenaario). Liikenteen resuspensio-päästöjen kasvu

kompensoituu Haapaniemen voimalaitoksen päästöjen vähentyessä biopoltto-aineiden käytön lisäyksen myötä. Suurin päästövähennys (-17 %) PM₁₀-päästöissä saavutetaan, jos puun pienpolttoa ei lisätä vuoden 2010 tasosta (2020 CO₂ interventio – ei puunpolttoa -skenaario).

Terveys- ja hyvinvointivaikutukset

Terveysvaikutukset tautitaakkana esitetään Taulukossa 2 (DALY/100 000 asukasta). Tarkastelun perusteella terveyshyötyjä saavutetaan vuoden 2020 BAU -tilanteessa ja tämä selittyy oletetulla liikenteen PM_{2,5}-päästöjen vähenemisellä autokannan muuttuessa vähäpäästöisemmäksi. Tarkastelluilla CO₂-vähennystoimenpiteillä saavutettava maksimaalinen hyöty (65 DALY/100 000 asukasta) vuoden 2010 nykytilanteesta vuoden 2020 CO₂ interventio – ei puunpolttoa -skenaarioon verrattuna muodostuu pääasiassa muutamasta säästetystä ennenaikaisesta kuolemasta.

Hyvinvointivaikutusten analysointi kyselytutkimusaineiston pohjalta osoitti, että

Taulukko 2. Arvioitujen skenaarioiden terveysvaikutukset (DALY/100 000 asukasta).

Terveysvaste	2010 nykytilanne	2020 BAU	2020 CO ₂ interventio	2020 CO ₂ interventio – ei puunpolttoa
Kokonaiskuolleisuus	470	430	428	420
Menetetetyt työpäivät (WLDs)	0,7	0,6	0,6	0,6
Rajoitetun aktiivisuuden päivät (RADs)	0,2	0,2	0,2	0,2
Vastasyntyneiden kuolleisuus (<1 v.)	7	7	7	6
Krooninen keuhkoputkentulehdus (>15 v.)	137	126	125	123
Sydän- ja verisuonisairauksien sairaalahoito	0,0	0,0	0,0	0,0
Hengitystiesairauksien sairaalahoito	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	615	564	561	550

asuntojen ilmanvaihto ja siihen liittyen sisäilman laatu sekä sisätilojen lämpötila ovat yhteydessä väestön tyytyväisyyteen ja koettuun hyvinvointiin. Asuntojen energiaparannuksilla on mahdollista vaikuttaa myönteisesti hyvinvointiin asuntojen sisälämpötilan kohotessa talvikaudella, mutta toimenpiteet voivat vastaavasti vaikuttaa myös negatiivisesti korottaen sisälämpötiloja kesäkaudella sekä huonontamalla sisäilman laatua. Kyselytietojen tarkastelu myös osoitti puun pienpolton savujen laskevan väestön hyvinvointia.

Tässä arvioinnissa esitetyn PM_{2,5}-altistuksen aiheuttamien terveysvaikutusten kokonaiskustannukset (sisältäen sairaudenhoitokulut, toimintakyvyn ja hyvinvoinnin madaltumisen ja elinvuosien menetyksen) olivat Kuopion kaupunki-alueella noin 33 miljoonaa euroa vuonna 2010. Tässä arviossa tarkastelluilla CO₂-päästövähennystoimenpiteillä voitaisiin tästä summasta säästää noin 1,5 miljoonaa euroa vuosittain. Säästö muodostuu pääasiassa säästetyistä elinvuosista sekä kroonisen bronkiitin ja menetettyjen työ-

päivien aiheuttamien kuulujen säästöistä PM_{2,5}-altistuksen alentuessa.

Johtopäätökset

Arvioidut CO₂-päästövähennystoimenpiteet osoittautuivat tehokkaiksi vähentäen tarkasteltujen päästölähteiden CO₂-päästöjä 55 %:lla vuodesta 2010 vuoteen 2020 mennessä (vähennys olisi 54 % ilman puun pienpolton lisäämistä).

Päästövähennys on pääasiassa tulosta biomassan käytön lisäyksestä Haapaniemen voimalaitoksella. Arvion mukaan voimalaitoksen CO₂-päästöt vähenevät 60 % vuoden 2010 nykytilanteesta vuoteen 2020 mennessä, jos puolet käytetystä polttoaineesta olisi biomassaa. Samalla vähenevät myös voimalaitoksen muiden yhdisteiden päästöt ilmaan huomattavasti.

Arvion mukaan puun pienpolton lisäys ei vähennä merkittävästi Kuopion alueen CO₂-päästöjä, mutta se kasvattaa PM_{2,5}-päästöjä asuinalueilla ja johtaa negatiivisiin terveys- ja hyvinvointivaikutuksiin. Tästä syystä puun pienpolton lisäämistä

ei voida suositella CO₂-päästövähennystoimenpiteenä.

Tarkastellut CO₂-päästövähennystoimenpiteet vaikuttavat hyvin vähän Kuopion PM_{2,5}-vuosikeskiarvopitoisuuksiin, koska suurin osa (n. 90 %) Kuopion pienhiukkaspitoisuudesta on kaukokulkeuman aiheuttamaa. Tästä johtuen paikalliset toimenpiteet eivät vaikuta merkittävästi kuopiolaisien asukkaiden pienhiukkasaltistukseen ja terveysvaikutuksiin, joten tarkastelluilla toimenpiteillä saavutetaan vain matala terveyshyöty. Alentuneen PM_{2,5}-pitoisuuden myötä estettäisiin muutama enneaikainen kuolema ja muutaman kroonisen keuhkoputkentulehduksen kehittyminen sekä säästettäisiin n. 400 sairauslomapäivää (vastaa 65 DALY / 100 000 asukasta = -11 % vuoden 2010 tilanteesta).

Viitteet

- Asikainen A, Hänninen O, Pekkanen J, 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. *Ympäristö ja Terveys* 44(5):68–74.
- Asikainen A, Pärjälä E, Kettunen T, Savastola M, Niittynen M, Tuomisto J, 2014. URGENCHE: Kasvihuonekaasupäästöjen

vähennystoimenpiteiden vaikutukset päästöihin sekä väestön terveyteen ja hyvinvointiin Kuopiossa, 33 s. (verkkojulkaisu Kuopion kaupungin sivuilla)

- Asikainen A, Pärjälä E, Kettunen T, Savastola M, Niittynen M, Tuomisto J, 2014. URGENCHE WP10: Effects of CO₂ emission reduction measures in City of Kuopio, 35 s. (verkkojulkaisu Kuopion kaupungin sivuilla)
- CO₂-raportti 2014, Kuopion kasvihuonekaasupäästöt 1990, 2006, 2008–2012, ennakkotieto vuodelta 2013 Benviroc Oy
- Hänninen O, Knol A (eds.), 2011. European perspectives on Environmental Burden of Disease; Estimates for nine stressors in six countries. *THL Reports* 1/2011, Helsinki, Finland. 86 pp + 2 appendixes. ISBN 978-952-245-413-3. <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1> (viitattu 2011-03-23).
- Hänninen O, 2012. Kansanterveyden ympäristöuhat puntarissa: Ilmansaasteet merkittävässä roolissa. *Ympäristö ja Terveys* 3/2012: 24–29. ■