

YMPÄRISTÖRISKIEN TORJUNTATOIMENPITEIDEN TERVEYSHYÖTYJEN,  
KUSTANNUSTEN JA KOETTujen ARVOJEN VERTAILU

Juho Kutvonen  
Pro Gradu -tutkielma  
Ympäristötiede  
Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen laitos  
Helmikuu 2014

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta

Ympäristötiede

Juho Kutvonen: Ympäristöriskien torjuntatoimenpiteiden terveyshyötyjen, kustannusten ja koettujen arvojen vertailu

Pro gradu -tutkielma 80 sivua, 2 liitettä (16 sivua)

Tutkielman ohjaajat: Otto Hänninen (THL), Arja Asikainen (THL) ja Pertti Pasanen (UEF)

Helmikuu 2014

---

avainsanat: ympäristöterveys, tautikuorma, kustannustehokkuus, arvotehokkuus

## TIIVISTELMÄ

Väestö altistuu elinympäristössään haitallisille altisteille. Terveysvaikutuksiltaan merkittävimpiä ympäristöaltisteita ovat ulkoilman pienhiukkaset, ympäristömelu, passiivinen tupakointi ja sisäilman radon. Ympäristöaltisteiden tautikuormaa voidaan alentaa toimenpiteillä, jotka altistusten lisäksi vaikuttavat ihmisten elämään ja aiheuttavat kustannuksia. Toimenpiteiden kannattavuutta tarkastellaan usein kustannustehokkuuden näkökulmasta, joka ei huomioi toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja.

Opinnäytetyössä rakennettiin ekonometrinen malli, jolla selvitettiin, miten kustannus- ja arvotehokkaita ympäristöterveyttä edistävät toimenpiteet ovat. Kustannustehokkuus huomioi toimenpiteen terveyshyödyt ja kustannukset, arvotehokkuus edellisten lisäksi kansalaisten koetut arvot. Pienhiukkasille, radonille ja passiiviselle tupakoinnille sekä tupakoinnille laadittiin altistumista vähentävät toimenpide-ehdotukset, joille arvioitiin saavutettavat terveyshyödyt, kustannukset, ja toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot 50 vuodelle. Koettuja arvoja mitattiin yliopisto-opiskelijoille sekä Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen työntekijöille tehdyllä maksu- ja hyväksymishalukkuuteen perustuvalla kyselyllä.

Tarkastelluista toimenpiteistä tupakointikielto tuottaa suurimman terveyshyödyn passiivitupakoitsijat ja tupakoitsijat huomioituina (tautikuorman muutos 700 000 DALY/50 vuotta) Pienimmän terveyshyödyn tuottaa radonkorjaus rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  (tautikuorman muutos 600 DALY/50 vuotta). Pienhiukkasiin kohdistuvat toimenpiteet vähentävät pienhiukkasten tautikuormaa Suomessa vain 10 %.

Tupakointikielto osoittautui kustannus- ja arvotehokkaimmaksi toimenpiteeksi, kun terveyshyödyissä huomioitiin sekä passiivitupakoitsijat että tupakoitsijat (diskontatut nettohyödyt 100 miljardia euroa/50 vuotta). Puun pienpoltto rajoittavien toimenpiteiden kustannus- ja arvotehokkuus on 0,5-1 miljardia euroa/50 vuotta. Taajamien nopeusrajoituksen alentaminen on kustannustehokas (nettohyöty miljardi euroa/50 vuotta) toimenpide, mutta ei arvotehokas (nettotappio 6 miljardia euroa/50 vuotta). Radonkorjauksen kustannustehokkuus radonkorjauksen rajapitoisuuksilla  $>700$  ja  $>300 \text{ Bq/m}^3$  on n. 10 miljoonaa euroa/50 vuotta).

Tarkastelluista toimenpiteistä ainoastaan radonkorjaus korjauskynnyksellä  $>100 \text{ Bq/m}^3$  on kustannustehoton toimenpide. Arvotehokkuuden näkökulmasta katsottuna taajamien alennetut nopeusrajoitukset on arvotehoton toimenpide. Tämän vuoksi radonkorjausta ( $>100 \text{ Bq/m}^3$ ) ja taajamien alennettuja nopeusrajoituksia ei tule toteuttaa. Toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja voidaan mitata ja niiden huomioiminen voi olla päätöksenteossa tärkeää. Koettujen arvojen mittaamiseen liittyi epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi ihmisten koettuja arvoja tulee mitata uudelleen parannetulla kyselyllä.

## SUMMARY

The population is exposed to harmful agents in the environment and these environmental agents have an important effect on environmental health. Measured by health effects, the most important environmental agents in Finland are outdoor air PM<sub>2.5</sub>, environmental noise, passive smoking and indoor radon. Burden of disease caused by environmental agents can be reduced by actions but implementation of actions causes expenses. Cost-benefit analysis can be applied in decision making to find out whether an action is profitable or not. Cost-benefit analysis, however, doesn't consider people's perceived values regarding actions.

To find out how cost-effective and value-effective environmental health promoting actions are, an econometric model was developed in this Master's Thesis. Cost-effectiveness considers costs and health benefits of an action and value-effectiveness costs, health benefits and people's perceived values. PM<sub>2.5</sub> emissions from small scale wood combustion and urban road traffic, indoor air radon and active and passive smoking were developed action measures in which costs of actions, health benefits due to reduced exposure and perceived values regarding actions were estimated. People's perceived values were measured from university students in Kuopio and Helsinki and employees of the Finnish National Institute on Health and Welfare in Kuopio and Helsinki with a questionnaire based on willingness to pay and accept techniques.

Total ban of smoking produces the biggest health benefit (change of burden of disease 700 000 DALYs for 50 years). Radon amendment (amendment threshold >700 Bq m<sup>-3</sup>) produces the smallest health benefit (change of burden of disease 600 DALYs for 50 years). Actions restricting small-scale wood combustion in population centers and new speed limits to be placed in population centers decrease the burden of disease caused by PM<sub>2.5</sub> only by 10 % in Finland.

Total ban of smoking appeared to be the most cost and value-effective action. Within 50 years, total ban of smoking would yield a net profit about 100 billion € when health benefits for passive smokers and smokers were considered. Actions restricting small-scale wood combustion in population centers are cost and value-effective (net profit 0,5-1 billions € for 50 years). New speed limits to be placed in population centers is a cost-effective action (net profit of 1 billion € for 50 years) but not a value-effective action (net loss 6 billion € for 50 years). Radon amendment was the least cost-effective actions, yielding a net profit of 10 million € for 50 years.

Thesis shows all actions except radon amendment (amendment threshold >100 Bq m<sup>-3</sup>) are cost-effective. From the point of view of value-effectiveness, all actions except new speed limits to be placed in urban centers are value-effective. Based on these findings, all actions except new speed limits in population centers and radon amendment (amendment threshold >100 Bq m<sup>-3</sup>) should be executed. It is possible to measure people's perceived values and considering them in decision making can be important. Measuring people's perceived values involved many uncertainties which is why it would be wise to remeasure them with an enhanced questionnaire.

## ESIPUHE

Opinnäytetyöni oli osa Sosiaali- ja terveysministeriön rahoittamaa ”Ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arviointi kaikkeen suunnitteluun ja päätöksentekoon” (TEKAISU)-tutkimushanketta, jonka tavoite on muuttaa yhteiskunnallisia päätöksentekokäytäntöjä niin, että ympäristöterveystietoa ja -arviointeja käytetään olennaisena osana päätöksentekoa (Opasnet 2014).

Suurimmat kiitokset ansaitsevat ohjaajani dosentti Otto Hänninen, FT Arja Asikainen ja professori Pertti Pasanen. Otto Hännistä haluan erityisesti kiittää opinnäytetyöni kannalta merkittävistä keskusteluista, joista sain paljon inspiaraatiota. Hän oli opinnäytetyöni edistymisen kannalta hyvin tärkeä henkilö, jonka omistautuminen tieteelle teki minuun lähtemättömän vaikutuksen. Arja Asikaiselle osoitan erityiskiitokset suuresta käytännön avusta koettujen arvojen kyselyn teknisessä toteuttamisessa.

Lisäksi haluan kiittää Juha Hällströmiä, Olli Holmgrenia, Tuomas Valmaria, Laura Hiltusta, Isabell Rumrichia, Marko Tainiota, Sari Ung-Lankia ja Ismo Linnasmaata, jotka auttoivat minua työn eri vaiheissa.

Omistan opinnäytetyön perheelleni.

Juho Kutvonen

## LYHENTEET

CA	Conjoint analysis
CAFE	Clean Air for Europe –project
DALY	Disability adjusted life years
EBD	Environmental burden of disease
HYF	Helsingin yliopiston farmasian opiskelijat
HYY	Helsingin yliopiston ympäristötieteen opiskelijat
IARC	International Agency Research on Cancer
ISYF	Itä-Suomen yliopiston farmasian opiskelijat
ISYY	Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden opiskelijat
KATO	Kansantautien ehkäisyn osasto, THL
STM	Sosiaali- ja terveysministeriö
THL	Terveyden ja hyvinvoinnin laitos
VSL	Value of statistical life
WHO	World Health Organization
YMTO	Ympäristöterveyden osasto, THL

## MATEMAATTISET MERKIT

J	Joule
k	Kilo ( $1 \times 10^3$ )
M	Mega ( $1 \times 10^6$ )
P	Peta ( $1 \times 10^{15}$ )
Wh	Wattitunti

# SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	8
2	KIRJALLISUUSKATSAUS.....	9
2.1	TAUTIKUORMA TERVEYSVAIKUTUSTEN ARVIOINNISSA .....	9
2.2	TÄRKEIMMÄT YMPÄRISTÖALTISTEET .....	10
2.3	KUSTANNUSTEHOKKUUS JA SEN SOVELTAMINEN YMPÄRISTÖTERVEYDESSÄ .....	11
2.4	TOIMENPITEISIIN LIITTYVÄT KOETUT ARVOT .....	13
2.5	KOETTUIJEN ARVOJEN MITTAUSMENETELMÄT .....	15
3	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET.....	17
4	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	18
4.1	EKONOMETRINEN MALLI .....	18
4.2	ALTISTEKOHTAISET TOIMENPITEET .....	23
4.2.1	Puun pienpolton pienhiukkasaltistuksen vähentäminen .....	25
4.2.2	Liikenteen pienhiukkasaltistumisen vähentäminen .....	27
4.2.3	Tupakkaan liittyvät toimenpiteet .....	28
4.2.4	Radonaltistuksen alentaminen .....	29
4.3	TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET .....	33
4.3.1	Puun pienpolttokiellon kustannukset .....	34
4.3.2	Puun pienpolton puolittamisen kustannukset.....	35
4.3.3	Uusien nopeusrajoitusten kustannukset .....	36
4.3.4	Tupakointikiellon kustannukset.....	37
4.3.5	Tupakoinnin puolittamisen kustannukset .....	38
4.3.6	Radonkorjauksen kustannukset.....	39
4.4	KOETTUIJEN ARVOJEN KYSELYN TOTEUTTAMINEN .....	41
4.4.1	Edustavuusvirheiden tilastollinen korjaus (normittaminen) .....	44
5	TULOKSET.....	49
5.1	TOIMENPITEIDEN TERVEYSHYÖDYT .....	49
5.1.1	Terveystyötyjen rahalliset arvot.....	52
5.2	TOIMENPITEIDEN KUSTANNUSTEHOKKUUS.....	53
5.3	TOIMENPITEISIIN LIITTYVÄT KOETUT ARVOT .....	57
5.4	TOIMENPITEIDEN ARVOTEHOKKUUS .....	58
6	TULOSTEN TARKASTELU .....	61
6.1	TOIMENPITEIDEN VAIKUTUS TAUTIKUORMAAN .....	61
6.2	TOIMENPITEIDEN KUSTANNUSTEHOKKUUS.....	62
6.2.1	Toimenpiteiden kustannustehokkuus eri tahojen näkökulmasta.....	64

6.3	TOIMENPITEIDEN ARVOTEHOKKUUS .....	65
6.4	TARKASTELTUJEN TOIMENPITEIDEN PRIORISOINTI.....	67
6.5	TULOKSIIN LIITTYVÄT EPÄVARMUUSTEKIJÄT.....	68
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	71
	LÄHDELUETTELO.....	73
	LIITE 1 KUSTANNUSTEN ERITTELY .....	1
	LIITE 2 YMPÄRISTÖALTISTEKYSELY .....	7

# 1 JOHDANTO

Ihmiset altistuvat elinympäristössään fysikaalisille ja kemiallisille altisteille, joista vähintään muutamilla arvioidaan olevan merkittävä haitallinen vaikutus väestön terveyteen. Aikaisemmat tutkimukset ovat arvioineet, että muutamat altisteet (pienhiukkaset, ympäristömelu, radon ja passiivitupakointi) aiheuttavat suurimman osan ympäristöperäisistä terveyshaitoista (mm. Hänninen ja Knol 2011, Pekkanen 2010, Asikainen ym. 2013). Vaikuttaa siis siltä, että altisteiden aiheuttamia kansanterveysterveyshaittoja voitaisiin tehokkaimmin vähentää kohdistamalla altistusta vähentävät toimenpiteet näihin haitallisimpiin altisteisiin.

Kustannus-hyötyanalyysillä tarkastellaan toimenpiteiden kustannusten ja saavutettavien (terveys)hyötyjen välistä tasapainoa. Jos hyödyt ovat kustannuksia suurempia, toimenpide on taloudellisessa mielessä kannattava. (Boardman ym. 2011.)

Opinnäytetyö täydentää kustannus-hyötyanalyysiä ottamalla mukaan toimenpiteisiin liittyvät ei-rahalliset koetut arvot, joita ei ole yleensä kvantitatiivisesti huomioitu ympäristöterveyttä koskevissa tieteellisissä vaikutusarvioinneissa. Opinnäytetyössä koettuja arvoja tarkastellaan siitä näkökulmasta, millaisia haittoja tai hyötyjä ihmiset kokevat toimenpiteistä ja miten he arvottavat niitä rahassa. Koettujen arvojen huomioiminen päätöksenteossa saattaa olla tärkeää, koska ympäristöterveyttä edistävät toimenpiteet vaikuttavat kansalaisten elämään ja koska kansalaisten näkemykset tulisi huomioida jollakin tasolla päätöksenteossa.

Opinnäytetyössä tarkastellaan valittujen kansanterveydellisesti tärkeimpien ympäristöaltisteiden terveysvaikutuksia hyödyntäen aikaisempia tautikuorma-arvioita. Altisteille laaditaan altistusta alentavat toimenpide-ehdotukset. Ekonometrisella mallilla vertaillaan toimenpiteistä syntyviä terveyshyötyjä, kustannuksia ja toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja.



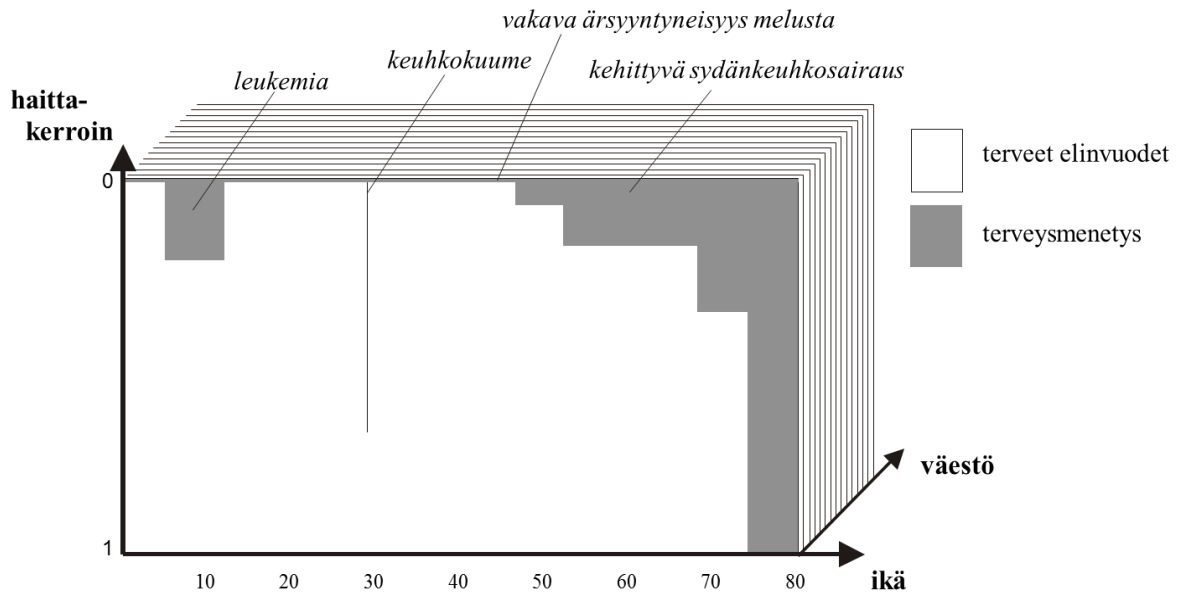
## **2 KIRJALLISUUSKATSAUS**

Kirjallisuuskatsauksessa käydään läpi opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen kannalta neljä olennaista asiakokonaisuutta: 1) tautikuorma terveysvaikutusten arvioinnissa, 2) kustannustehokkuus ja sen soveltaminen ympäristöterveydessä, 3) toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot ja 4) koettujen arvojen mittaamismenetelmät.

### **2.1 TAUTIKUORMA TERVEYSVAIKUTUSTEN ARVIOINNISSA**

Maailman terveysjärjestö (WHO) käyttää tautikuorma-käsitettä kuvaamaan terveyshaittoja siten, että voidaan huomioida sekä ennenäikaisten kuolemantapausten että sairauksien ja vammojen aiheuttama menetetty terveys. Käsite on sellaisenaan sovellettavissa myös ympäristöperäisen tautikuorman arviointiin. WHO:n rooli tautikuorman parissa on ollut merkittävä, sillä sen Global Burden of Disease- ohjelma alkoi jo 1990-luvulla, jolloin kartoitettiin yli sadan sairauden tai vamman terveysvaikutuksia eri puolella maapalloa ja otettiin käyttöön tautikuorman mittaamiseen uusi yksikkö, disability adjusted life years (DALY, haittapainotettu elinvuosi). DALY-yksikkö mullisti terveysvaikutusten arvioinnin mahdollistaessaan kvantitatiivisen vertailun eri altisteiden välillä. (WHO 2013.)

Tautikuorma yhdistää kuoleman ja sairauden vuoksi menetetyt terveyden yhdeksi suhdeluvuksi. Tautikuorma ottaa huomioon sekä ennenäikaisen kuoleman vuoksi menetetyt elinvuodet että elinvuodet, jotka ihminen elää sairauden kanssa. Sairauden vuoksi menetetyt elinvuodet lasketaan kertomalla sairaustapausten lukumäärä sairauden kestolla ja sairauden haittapainokertoimella (kuva 1). (Murray ja Lopez 1996.)



Kuva 1. Tautikuorman mittaaminen haittapainotettuina elinvuosina (DALY) huomioiden kuoleman takia menetetyt elinvuodet (kuvassa ikävuodet 75-80) ja sairauden takia osittain menetetyt elinvuodet (kuvassa mm. leukemia ja keuhkokuume) (de Hollander ym. 1999, kuvaa muokattu).

Alkuperäistä Global Burden of Disease (GBP) 1990- hanketta on päivitetty vuosina 2002, 2004 ja 2010. Tuoreinta GBP 2010 -hanketta on vetämässä Institute of Health Metrics and Evaluation, jota rahoittaa mm. amerikkalainen miljardööri Bill Gates. GBP 2010- hanke on tuottanut alueellisia kuolema- ja tautikuorma-arvioita vuosille 1990, 1995 ja 2010. (WHO 2013.)

## 2.2 TÄRKEIMMÄT YMPÄRISTÖALTISTEET

Ympäristöaltisteiden tautikuormaa ovat tutkineet mm. Pekkanen (2010), Hänninen ym. (2010), Hänninen ja Knol (2011) ja Asikainen ym. (2013), joiden mukaan kansanterveysvaikutuksiltaan tärkeimpiä ympäristöaltisteita ovat ulkoilman pienhiukkaset. Pienhiukkaset, joita syntyy palamisprosesseissa, ovat ilmassa esiintyviä nestemäisiä ja kiinteitä hiukkasia, joiden aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 µm (Pope ja Dockery 2006). Pienhiukkaset, joka on viime vuosien tutkituin ympäristöaltiste (Hänninen ja Knol 2011), aiheuttavat ympäristöaltisteista eniten terveyshaittoja (taulukko 1). Pienhiukkaset kulkeutuvat pienen kokonsa vuoksi keuhkorakkuloihin asti ja aiheuttavat hengityselin- ja verisuonisairauksia ja lisäävät ennen aikaista kuolleisuutta (Pope ja Dockery 2006). Uusimpien tutkimusten mukaan ympäristöaltisteen aiheuttaman tautikuorman perusteella

ympäristömelu olisi toiseksi haitallisimman ympäristöaltiste, jonka tautikuormasta suurin osa aiheutuu melun aiheuttamasta kiusallisuudesta ja unihäiriöistä (Asikainen ym. 2013). Kuolemantapauksia melu aiheuttaa viidenneksi eniten (taulukko 1).

Kolmanneksi merkittävin ympäristöaltiste tautikuorman perusteella Suomessa on asuntojen sisäilman radon (Asikainen ym. 2013). Radon on maaperän uraanista muodostuva radioaktiivinen kaasu, joka lisää keuhkosityöpäriskiä (mm. IARC 1988, Darby ym. 2004). Vuosittain vajaa 300 suomalaista kuolee radonin aiheuttamaan keuhkosityöpään, mikä on ympäristöaltisteiden aiheuttamista kuolemantapauksista kolmanneksi eniten. Neljänneksi suurimman tautikuorman ympäristöaltisteista aiheuttaa passiivitupakointi (altistuminen ympäristön tupakansavulle) (Asikainen ym. 2013), mutta kuolemantapauksia passiivitupakointi aiheuttaa toiseksi eniten (taulukko 1). Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos (IARC) on luokitellut tupakansavun syöpää aiheuttavaksi aineeksi. Passiivitupakointi aiheuttaa vastaavanlaisia terveyshaittoja kuin tupakointi eli hengityselinsairauksia, esim. keuhkosityöpää. (IARC 2004.)

Taulukko 1. Suomen viiden haitallisimman ympäristöaltisteen aiheuttamat vuosittaiset ennenaikaiset kuolemat ja viiveellä diskontatut tautikuormat.

Altiste	Kuolemia vuodessa	Tautikuorma (DALY)	Tautikuorma (DALY)
Pienhiukkaset	1 800	14 000	11 146
Passiivitupakointi	288	1 900	2 326
Radon	280	2 000	992
UV-säteily	146	1 200	ei arvioitu
Melu	30	8 100	1 378
Lähteet	Pekkanen (2010)	Asikainen ym. (2013)	Hänninen ja Knol (2011)

### 2.3 KUSTANNUSTEHOKKUUS JA SEN SOVELTAMINEN YMPÄRISTÖTERVEYDESSÄ

Ympäristöaltisteiden haittavaikutuksia voidaan vähentää erilaisilla altistusta alentavilla toimenpiteillä. Taloudellisesti on kannattavaa ehkäistä ympäristöaltisteiden aiheuttamia haittavaikutuksia ainakin silloin, kun toimenpiteen tuottamat terveyshyödyt ovat kustannuksia suuremmat. Kuvattua tilannetta voidaan tarkastella poliittisen päätöksenteon avuksi kehitetyllä menetelmällä nimeltään kustannus-hyötyanalyysi, joka vertailee

toimenpiteillä saavutettavia hyötyjä ja toimenpiteiden kustannuksia. Kustannus-hyötyanalyysillä voidaan vertailla eri toimenpiteiden kannattavuutta, mikä mahdollistaa kustannustehokkaimman toimenpiteen valinnan (Boardman ym. 2011).

Kustannustehokkuuden idea on, että toimenpiteen diskontatut hyödyt ovat suurempia kuin toimenpiteen diskontatut kustannukset (= nettohyöty). Diskonttaus tarkoittaa sitä, tulevaisuudessa ilmeneville kustannuksille tai hyödyille lasketaan niiden nykyarvo diskonttauskorolla. Diskonttaus on tärkeää kustannus-hyötyanalyysissä silloin, kun toimenpiteen kustannukset ja hyödyt vaihtelevat ajan mittaan. Käytännössä tämä ilmiö heijastuu siten, että tulevaisuudessa toimenpiteistä saatavia hyötyjä ja toimenpiteiden kustannuksia on diskontattava, jotta niiden nettohyöty saadaan selville. (Boardman ym. 2011.)

Kustannus-hyötyanalyysillä voi olla huomattava merkitys ympäristöä ja terveyttä koskevassa päätöksenteossa (mm. Arrow ym. 1996, Pearce ym. 2006). Ympäristöterveydessä kustannus-hyötyanalyysiä on käytetty arvioitaessa hankkeen yhteiskunnallista kannattavuutta, joka perustuu hyötyjen, mukaan lukien terveyshyötyjen, ja kustannusten arviointiin (Holland ym. 2005). Terveyshyötyjen arvioinnissa voidaan huomioida kuolleisuuden ja sairastuvuuden väheneminen sekä mielenterveyden edistäminen (Pearce ym. 2006).

Eräs kustannus-hyötyanalyysin tunnetuimmista sovellusalueista ympäristöterveydessä on ilmansaasteet (Pearce ym. 2006). Monissa tutkimuksissa on havaittu, että ilmansaasteiden torjunta on taloudellisesti kannattavaa, koska torjunnan myötä aiheutuneet (terveys)hyödyt ovat kustannuksia suuremmat (mm. Olsthoorn ym. 1997, Olsthoorn ym. 1999). Yksi laajimmista ilmansaasteiden piiriin kuuluvasta kustannus-hyötyanalyyseistä on tehty Euroopan unionin Clean Air for Europe, CAFE- hankkeessa, joka tavoitteli terveyden ja ympäristön suojelemista ilmansaasteilta (Euroopan yhteisön komissio 2001). CAFE-hankkeen kustannus-hyötyanalyysissä selvitettiin pienhiukkasten ja otsonin torjunnasta syntyviä kustannuksia sekä hyötyjä. Terveyshyötyjä arviointiin ilmansaasteiden aiheuttamalla kuolleisuudella ja sairastavuudella ja näiden rahallisella arvolla. Kuolleisuuden rahallisessa arvottamisessa käytettiin mm. tilastollisen elämän arvon käsitettä (value of statistical life, VSL). (Holland ym. 2005.) VSL:llä tarkoitetaan hintaa, jonka ihminen on halukas maksamaan vähentääkseen kuoleman riskiä (Boardman ym. 2011).

Kustannus-hyötyanalyysiä on sovellettu ympäristöterveydessä myös asuntojen sisäilman radonkorjauksessa (mm. Petersen ja Larsen 2006). Tällöin saavutettavina hyötyinä tarkastellaan radonkorjauksella vältettävien keuhkosyöpätapausten rahallista arvoa. Kustannus-hyötyanalyysin vaihtoehtona on käytetty kustannus-vaikuttavuusanalyysiä. Ero näiden kahden menetelmän välillä on mm. se, että jälkimmäisessä toimenpiteen vaikutukselle (tässä keuhkosyöpien vähenemiselle) ei anneta rahallista arvoa. (Boardman ym. 2011.)

Yhdysvalloissa kustannus-hyötyanalyysi tehdään kaikkien merkittävien ympäristöhankkeiden kohdalla, joilla on suuria kustannuksia ja kansantaloudellisia vaikutuksia. Euroopan unionissa kustannus-hyötyanalyysi toteutetaan useimpien direktiivien valmistelussa. (Pearce ym. 2006.) Arrow ym. (1996) esittävät, että kustannus-hyötyanalyysin tulisi olla yksi keskeisimmistä välineistä, joilla arvioidaan mm. kansanterveyden edistämiseksi ehdotettuja toimenpiteitä.

Kustannustehokkuutta voidaan kustannus-hyötyanalyysin (nettohyödyn) lisäksi mitata mm. takaisinmaksuajalla ja vuosituotolla. Takaisinmaksuaika kertoo, missä ajassa investoinnista syntyvät tuotot ylittävät investoinnin kustannukset eli missä ajassa investointi maksaa itsensä takaisin. Takaisinmaksuaikaa on kritisoitu siitä, että se ei huomioi takaisinmaksuajan jälkeen syntyviä tuottoja eikä tuottojen ajoitusta. (Lefley 1996). Ympäristöterveydessä takaisinmaksuaikaa on käytetty mm. asumisolosuhteiden parantamisen kannattavuuden tutkimisessa (mm. Chapman 2009, Stewart 2013, Fabian ym. 2013). Vuosituotolla, joka ilmoitetaan prosentteina, tarkoitetaan hankkeen tuottojen ja kulujen suhdetta (Phillips 1997).

## **2.4 TOIMENPITEISIIN LIITTYVÄT KOETUT ARVOT**

Ympäristöterveyttä edistävät toimenpiteet voivat vaikuttaa kansalaisten elämään (Heloma ym. 2012), minkä vuoksi kansalaisten koetut arvot tulisi huomioida päätöksenteossa. Toimenpiteisiin liittyvillä koetuilla arvoilla tarkoitetaan opinnäytetyössä niitä hyötyjä ja haittoja, joita kansalaiset kokevat ympäristöterveyttä edistävästä toimenpiteistä. Hyödyllä kuvataan yleisesti sitä tyytyväisyyden, onnellisuuden tai mielihyvän määrää, jonka ihminen saa jostain asiasta, esim. tupakoinnista (Kapteyn 1985). Haitta puolestaan mittaa sitä, kuinka paljon ihminen kokee harmitusta tai menetystä jostain asiasta. Hyödyn ja haitan näkökulmasta voidaan tarkastella ihmisten suhtautumista niihin toimintoihin, joihin toimenpiteet kohdistuvat. Lähtökohtaisesti tärkeä asia on myös tekemisen vapaus, jota toimenpiderajoitukset, esim. tupakointirajoitukset, vähentävät (Heloma ym. 2012).

Toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot eivät ole sama asia kuin koettu riski, vaikka ne sivuavatkin toisiaan. Koetulla riskillä tarkoitetaan sitä, miten suurena riskinä yksilö kokee jonkin riskiä aiheuttavan toiminnan. Arvokomponentin heijastuminen riskikäsityksessä näkyy siinä, että riskikäsitys sisältää erilaisia koettuihin arvoihin ja oikeudenmukaisuuteen liittyviä näkökulmia. (Mäkeläinen 2003.)

Koettujen arvojen vaikutus riskikäsitykseen tulee ilmi esim. suhtautumisessa puun pienpolttoon ja sen terveysriskeihin. Suomalaisten suhtautumista puun pienpolttoon ja sen terveysriskeihin selittää merkittävästi kulttuurinen konteksti. Suomalaisilla on ollut historiassa ja on nykypäivänäkin intohimoinen suhde puuhun. Puu koetaan monesta syystä tärkeäksi. Puulla voidaan lämmittää asuntoja, mikä säästää rahaa lämmityskuluissa, etenkin jos puu on peräisin omasta metsästä. Tähän liittyy myös ekologinen ajatus puusta ilmastoystävällisenä polttoaineena. Lisäksi puunpolttamiseen liittyy romanttisia tunteita. Suomalaiset pitävät puun pienpolttoa pienenä terveysriskinä vaikka todellisuudessa tilanne on päinvastainen. Tämä on yleinen ilmiö siitä, että maallikkojen ja asiantuntijoiden riskikäsitykset poikkeavat yleensä toisistaan. (Ung-Lanki ja Lanki 2013.)

Suomalaisten kevyestä suhtautumisesta nopeusrajoituksiin kertoo se, että vain neljä prosenttia suomalaisista noudattaa tiukasti nopeusrajoituksia. Yleisesti nopeusrajoituksen ylittämistä ei pidetä vakavana asiana eikä siihen sisältyvää riskiä mielletä suureksi. (Pöysti ja Rajalin 2008.) Ylinopeuttakin voitaneen selittää hyödyn ja haitan avulla. Voi olla, että kiireiset ihmiset voivat kokea hyötyvänsä, jos he nopeusrajoitukset ylittämällä säästävät kallista aikaansa. Joillekin nopeaa ajamista voi tuottaa suurta mielihyvää ja päinvastoin hitaasti ajaminen voi kiristää hermoja.

Tupakointirajoituksiin voidaan suhtautua kriittisesti, koska rajoitukset muuttavat nikotiiniriippuvaisten normaaleja tapoja ja rutiineja. Suomessa on tutkittu paljon tupakoivien ja tupakoimattomien suhtautumista tupakkapolitiikan rajoitustoimenpiteisiin. Yleisesti ottaen suomalaisten suhtautuminen tupakointiin on muuttunut negatiivisemmaksi 1970-luvulta lähtien. Vaikka rajoitukset tupakoinnista julkisissa tiloissa, mainonnasta ja myynnistä lähtökohtaisesti rajoittavat kansalaisten perusoikeuksia, tupakoitsijat ovat suhtautuneet melko hyvin tupakointipolitiikan rajoituksiin. (Heloma ym. 2012.) Tupakointipolitiikan

keskeisimpänä ohjausvälineenä on ollut lainsäädäntö (Heloma ym. 2012), jonka Helakorpi ym. (2004) arvioivatkin vaikuttaneen siihen, että tupakointia pidetään huonona asiana.

## 2.5 KOETTUJEN ARVOJEN MITTAUSMENETELMÄT

Toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja voidaan mitata maksu- ja hyväksymishalukkuudella. Itse asiassa kyse on siitä, miten ihmiset arvottavat toimenpiteistä syntyviä hyötyjä ja haittoja rahassa. Maksuhalukkuudella tarkoitetaan sitä suurinta hintaa, jonka ihminen on valmis maksamaan jostain asiasta. Maksuhalukkuuden mittaamiseen on olemassa useita vaihtoehtoja. Maksuhalukkuutta voidaan mitata mm. myyntidatan avulla, joka perustuu markkinoilla olevien tuotteiden maksuhalukkuuden mittaamiseen. Toinen vaihtoehto maksuhalukkuuden mittaamiseen on haastatteluaineiston käyttö, jossa voidaan valita conjoint analysis (CA) tai ehdollisen arvottamisen menetelmä. (Le Gall-Ely 2009, Wertenbroch ja Skiera 2002.)

CA-menetelmässä keskeistä on, että tuotteella, jota ihminen on ostamassa, on useita ominaisuuksia, josta hinta on vain yksi (Le Gall-Ely 2009). CA-menetelmän tavoitteena on kehittää sellaisia tuotteita, jotka ovat niiden ominaisuuksiensa perusteella kuluttajille mieleisiä. CA-menetelmässä kuluttajilta kysytään heidän mieltymyksiään johonkin tuotteeseen esim. autosta voidaan kysyä hintaa, merkkiä ja väriä (Urala ym. 2005). Maksuhalukkuus on johdettavissa kuluttajien ilmoittamista mieltymyksistä tai ominaisuuksien paremmuusjärjestyksestä (Le Gall-Ely 2009).

Ehdollisen arvottamisen menetelmässä on valittavana useita kysymystekniikoita. Maksukorttitekniikassa haastateltava valitsee valmiiksi annetuista vaihtoehdoista sen rahasumman, jonka hän on valmis maksamaan. Avoimessa kysymyksessä haastateltavalle ei esitetä valmiita vaihtoehtoja vaan hän ilmoittaa suurimman rahasumman, jonka hän on halukas maksamaan, esim. ”Kuinka paljon olisit valmis maksamaan tuotteesta X”? Tarjouspuuttekniikassa haastateltavalle esitetään maksuhalukkuuskysymyksiä niin kauan, kunnes hän ei ole valmis maksamaan enempää. Diskreetin valinnan tekniikassa haastateltavalle esitetään vain yksi maksuhalukkuuskysymys. Sama kysymys toistetaan tarpeeksi usealle henkilölle käyttäen eri rahasummaa, mikä mahdollistaa keskimääräisen maksuhalukkuuden arvioimisen. (Silvo ym. 2000.)

Maksuhalukkuuden mittaamisessa ehdollisen arvottamisen menetelmä on kätevä, koska sillä voidaan mitata lähes minkä tahansa asian rahallista arvoa. Parhaiten ehdollisen arvottamisen menetelmä maksuhalukkuuden mittaajana soveltuu sellaisiin asioihin, jotka on helppo ymmärtää. Ehdollisen arvottamisen menetelmällä on tosin useita heikkouksia. Informaatioharhalla tarkoitetaan maksuhalukkuuden yhteydessä sitä, että vastaajilta kysytään sellaisia asioita, joista heillä ei ole kokemusta. Toinen harhan muoto on strateginen harha, joka tarkoittaa, että ihminen ilmoittaa maksuhalukkuudekseen sellaisen summan, jota hän oikeasti ei ole valmis maksamaan, jotta vastaajan kannalta mieluinen lopputulos syntyisi. (Ecosystem valuation 2013.) Ympäristöterveydessä ehdollisen arvottamisen menetelmää on sovellettu mm. ilmansaasteiden aiheuttamien terveystaittojen arvottamisessa (mm. Alberini ym. 1997, Viscusi ym. 1991).

Kolmanneksi maksuhalukkuuden mittaamiseen soveltuu ns. ostotarjoukset. Tällöin käytetään joko Vickrey-huutokauppaa tai Beckerin, DeGrootin ja Marschakin (BDM)-lottoa. Vickrey-huutokaupassa huutokauppaan osallistujien tarjoukset jostakin tuotteesta kerätään ja suurimman tarjouksen tehnyt joutuu ostamaan tuotteen toiseksi suurimmalla tarjouksen summalla. BDM-lotossa osallistujat kirjoittavat esim. paperilapulle tarjotun tuotteen suurimman summan, jonka he ovat valmiita maksamaan tuotteesta. Paperilaput laitetaan uurnaan, josta otetaan sattumanvaraisesti yksi paperilappu. Tämä paperilappu kertoo tuotteen myyntihinnan. Jos paperilapulla oleva hinta on pienempi tai yhtä suuri kuin osallistujan ilmoittama maksuhalukkuus, osallistujan on ostettava kyseinen tuote. Jos hinta on suurempi kuin osallistujan ilmoittama maksuhalukkuus, osallistuja ei voi ostaa tuotetta. (Le Gall-Ely 2009, Wertenbroch ja Skiera 2002.)

Hyväksymishalukkuus, joka on maksuhalukkuuden vastakohta, voidaan määritellä ihmiselle maksettavaksi pienimmäksi rahasummaksi, jotta hän olisi valmis sietämään jotain negatiivista. Tutkimuksissa on havaittu, että ihmisten hyväksymishalukkuus on kolminkertainen verrattuna maksuhalukkuuteen. Tämän arvioidaan selittyvän sillä, että hyväksymishalukkuutta kysyttäessä ihmiset eivät huomioi taloudellisia tosiasioita. (Silvo ym. 2000.)



### 3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Opinnäytetyön terveysperusteisena lähtökohtana on selvittää, miten merkittävien ympäristöaltisteiden aiheuttamaa tautitaakkaa voidaan vähentää. Opinnäytetyössä täydennetään ympäristöaltisteiden terveysvaikutusten alentamisen kustannustehokkuuden arviointia ottamalla tarkasteluun myös toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot (arvotehokkuus). Koetut arvot ilmenevät hyötyinä (esim. vapautuminen parveketupakoinnin naapurihaitoista) tai haittoina (esim. nopeusrajoitusten aiheuttama viive tai tupakoinnin rajoittamisen aiheuttamat nautinnon menetykset). Opinnäytetyön erityisinä tavoitteina on:

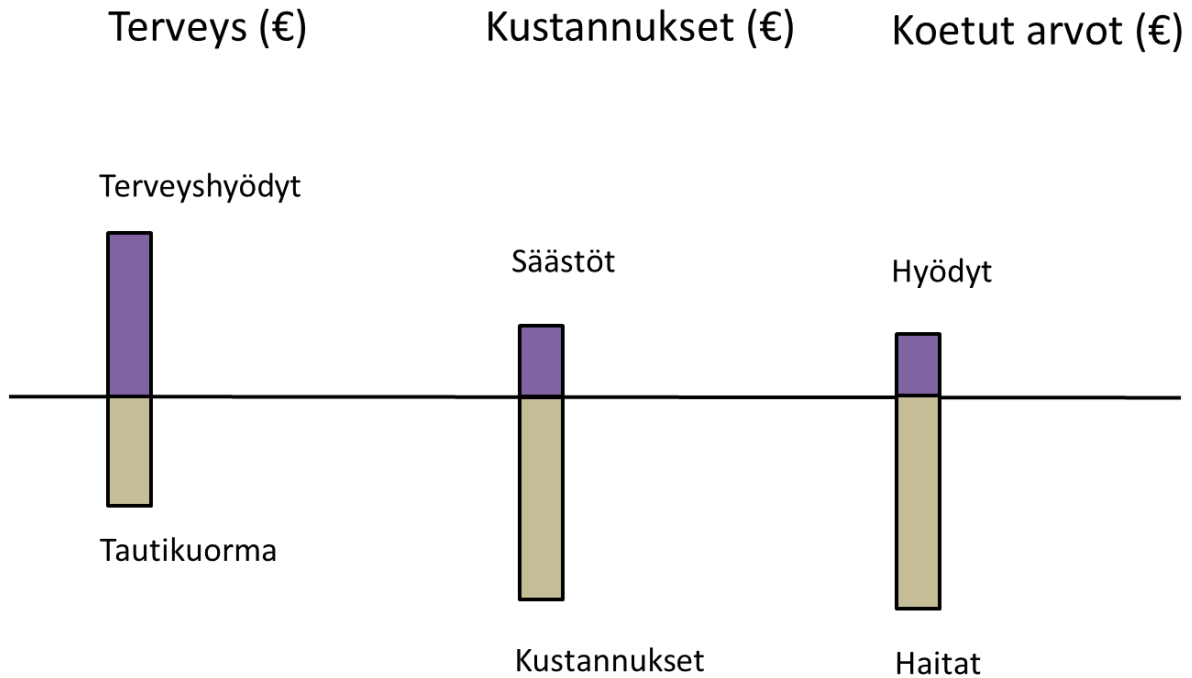
1. rakentaa ekonometrinen malli, jolla on mahdollista vertailla, millaisessa suhteessa toimenpiteistä syntyvät terveyshyödyt, toimenpiteiden kustannukset ja ihmisten koetut arvot ovat.
2. verrata valittujen ympäristöterveyden kannalta merkittävien altisteiden (pienhiukkasten, passiivisen tupakoinnin, ja radonin) sekä tupakoinnin altistuksen vähentämisestä johtuvia terveyshyötyjä, toimenpiteiden kustannuksia, ja toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja.
3. tarkastella ekonometrisen mallin avulla, miten koetut arvot vaikuttavat kustannustehokkuustarkasteluihin.
4. selvittää, miten kustannus- ja arvotehokkaita erilaiset ympäristöterveyttä edistävät toimenpiteet ovat.
5. pohtia, miten tarkastellut toimenpiteet sopivat ekonometriseen malliin.

## **4 AINEISTO JA MENETELMÄT**

Tämän luvun sisältö koostuu neljästä asiakokonaisuudesta: 1) ekonometrisestä mallista, 2) altisteiden torjuntatoimenpiteiden määrittelystä ja odotettavissa olevan terveyshyödyn arvioinnista, 3) toimenpiteiden kustannusten arvioinnista ja 4) toimenpiteisiin liittyvien koettujen arvojen mittaamisesta koettujen arvojen kyselyllä. Ekonometrinen malli esittää, mikä on toimenpiteistä syntyvien terveyshyötyjen, kustannusten, ja toimenpiteisiin liittyvien koettujen arvojen välinen suhde. Toimenpidetarkastelun ympäristöaltisteet (pienhiukkaset, passiivitupakointi ja radon) on valittu merkittävien haitallisten ympäristöterveydellisten vaikutusten perusteella (ks. luku 2.2: taulukko 1). Lisäksi tarkasteluun valittiin myös tupakointi, koska tupakointiin liittyviä koettuja arvoja ei olisi voitu mitata pelkästään passiivitupakoitsijoilta. Täten on perusteltua tarkastella tupakointiin liittyvistä toimenpiteistä myös tupakoitsijoille itselleen syntyviä terveyshyötyjä. Perinteisesti tupakointia ei pidetä varsinaisena ympäristöaltisteena. Toimenpidetarkastelussa valituille altisteille suunnitellaan yksi tai kaksi altistumista vähentävää toimenpidettä. Koettujen arvojen kyselyllä mitataan näihin toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja.

### **4.1 EKONOMETRINEN MALLI**

Tässä työssä kehitettävä ekonometrinen malli vertaa kolmen käsillä olevan komponentin suhdetta toisiinsa: 1) toimenpiteillä aikaansaatavia terveyshyötyjä, 2) toimenpiteiden rahallisia kustannuksia ja 3) toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja. Jokaiselle komponentille lasketaan ns. paras arvio, minimiarvio ja maksimiarvio. Tulokset-osio perustuu komponenttien parhaisiin arvioihin. Toimenpide tuottaa terveyshyötyjä alentamalla altisteen tautikuormaa. Jos toimenpidettä ei tehdä, altisteen tautikuorma ei laske. Toimenpiteet tuottavat kustannuksia, mutta toisaalta toimenpiteistä voi syntyä taloudellisia säästöjä. Ihmiset voivat toimenpiteiden seurauksena kärsiä haittaa (esim. tupakoitsijat kieltäessä tupakointi) tai hyötyä (ympäristön tupakansavulle altistumisen loppuminen) (kuva 2).



Kuva 2. Ekonometriseen malliin sisältyvät tuloskomponentit.

Toimenpiteiden terveyshyötyjä selvittäessä tarkastellaan altistumisen (E) eli käytännössä ympäristötautikuorman (EBD) muutosta altistekohtaisesti. Lähtökohtana on tilanne, jossa toimenpiteen kohteena oleva väestö altistuu jollekin altistelle, esim. taajamassa asuvat altistuvat puun pienpolton pienhiukkasille. Altistumisen ja tautikuorman vertailukohtana on vuosi 2010. Kun toimenpide toteutetaan, altistuminen ja sitä myötä tautikuorma pienenevät. Tautikuorman muutos lasketaan kaavalla 1:

$$\Delta EBD = \frac{\Delta E}{E} \times EBD, \quad \text{kaava (1)}$$

jossa  $\Delta EBD$  on ympäristöaltisteen tautikuorman muutos (DALY),

$\Delta E$  altistumisen muutos (pienhiukkasille  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , radonille  $\text{Bq}/\text{m}^3$ )

E altistuminen (pienhiukkasille  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , radonille  $\text{Bq}/\text{m}^3$ )

EBD ympäristöaltisteen tautikuorma (DALY) ja

Tautikuorman muutoksen laskentatekniikka vaihtelee altistekohtaisesti (ks. luvut 4.2.1–4.2.4). Puun pienpolton ja liikenteen pienhiukkasten sekä radonin kohdalla tautikuorman muutos lasketaan väestöpainotettuna keskiarvona. Tällöin tautikuorman muutoksen

laskemisessa huomioidaan sekä suomalaisten keskimääräinen altistus ja altistujien määrä että toimenpiteen kohteena oleva väestö ja sen keskimääräinen altistus.

Toimenpiteistä syntyvät kumulatiiviset terveyshyödyt lasketaan 50 vuodelle kolmen prosentin diskonttauskorolla (kaava 2), koska terveyshyödyt tulevat viiveellä. Puun pienpolton ja liikenteen pienhiukkaspäästöjen aiheuttamien keuhkosairauksien (pois lukien keuhkosityöpä) viiveen oletetaan olevan viisi vuotta. Radonin aiheuttaman keuhkosityövän viiveen oletetaan olevan 10 tai 30 vuotta. Passiivitupakoinnin ja tupakoinnin kohdalla keuhkosityövän viiveen oletuksena on 30 vuotta (kuva 3).

$$\Sigma\Delta EBD = \frac{\Delta EBD \times (1 - q^n)}{1 - q}, \quad \text{kaava (2)}$$

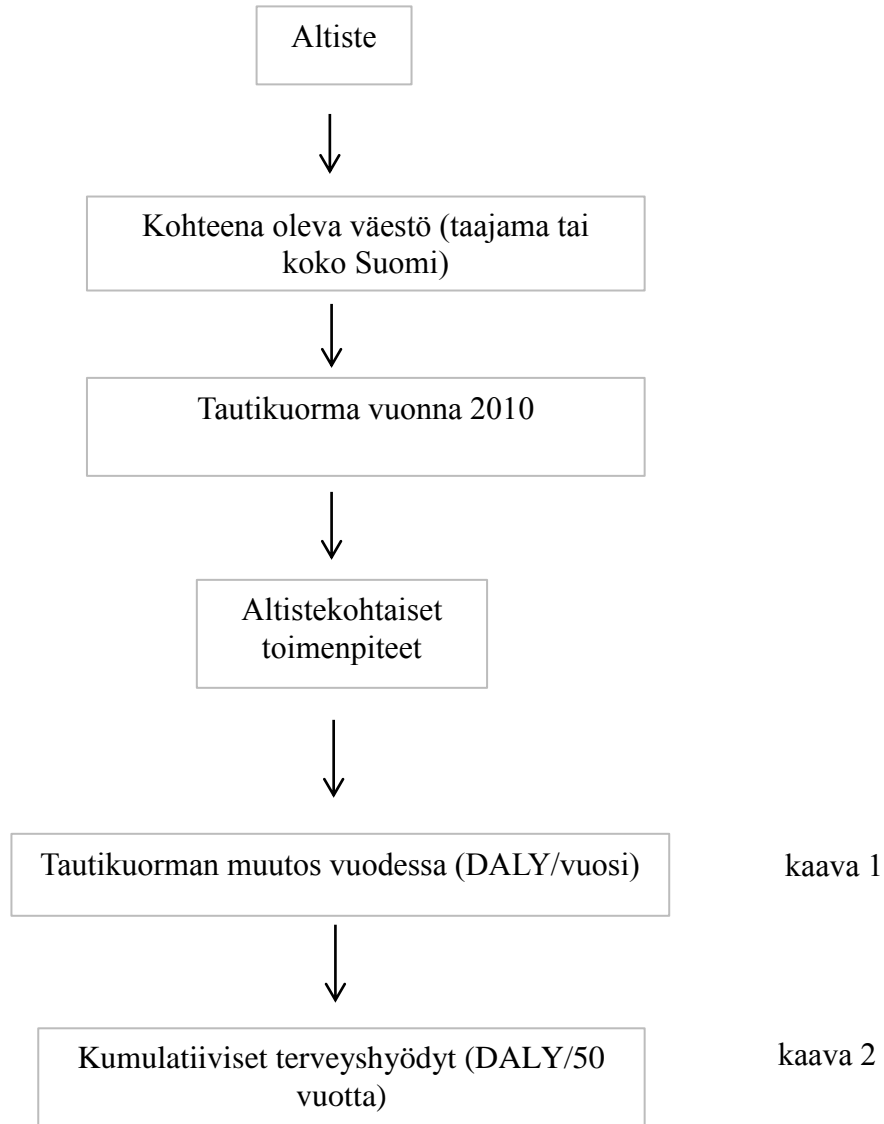
jossa  $\Sigma\Delta EBD$  on ympäristöaltisteen tautikuorman kumulatiivinen muutos (DALY/50 vuotta)

$\Delta EBD$  on ympäristöaltisteen tautikuorman viiveellä tapahtuva muutos (DALY/vuosi)

$q$  on kahden peräkkäisen luvun suhde (1/1,03) ja

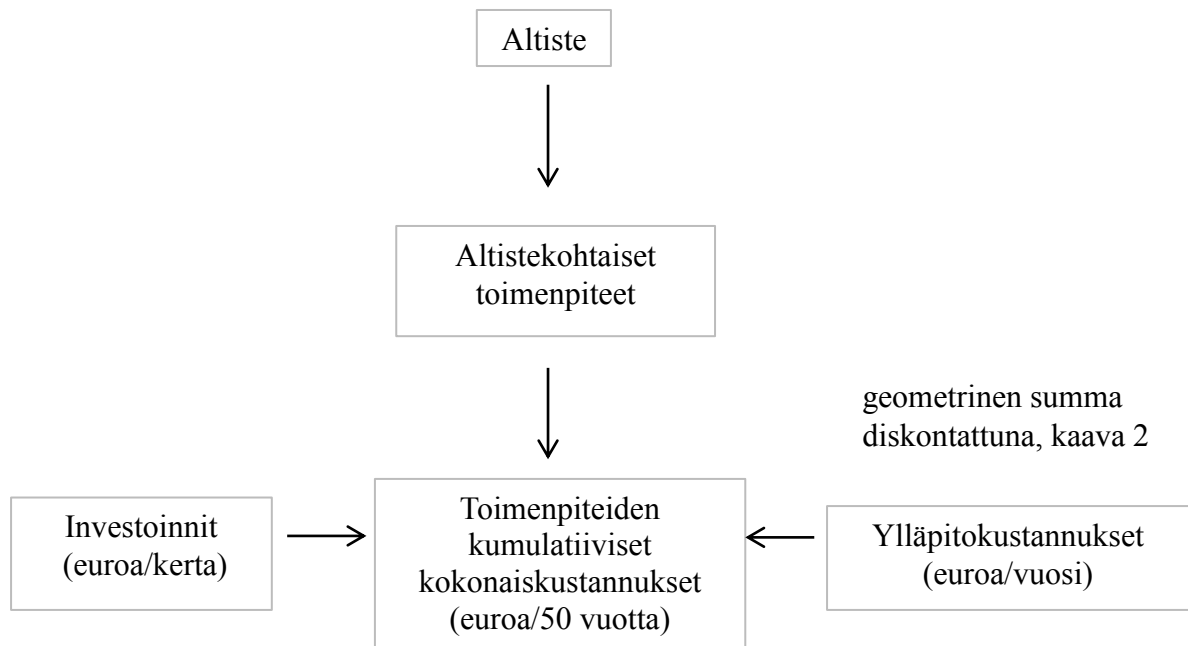
$n$  on toimenpiteen vaikutusaika (50 vuotta).

Tautikuorman kumulatiiviselle muutokselle annetaan rahallinen arvo (165 000 euroa/DALY), jonka laskemisessa on käytetty menetetyin elinvuoden arvoa. Menetetyn elinvuoden arvo perustuu tilastollisen elämän arvoon (VSL). Menetetyn elinvuoden arvo huomioi ne vuodet, jotka ihminen elää vältettyään ennenaikaisen kuolemaan ja näihin vuosiin liittyvän kuolemanriskin nousun. (Gynther ym. 2012.) Gynther ym. (2012) arvioivat suomalaisen menetetyin elinvuoden arvoksi 165 000 euroa (paras arvio), kun taas Friedrich ja Bickel (2001) arvioivat sen saksalaisille olevan 150 000 (minimiarvio)– 180 000 (maksimiarvio) euroa/DALY.



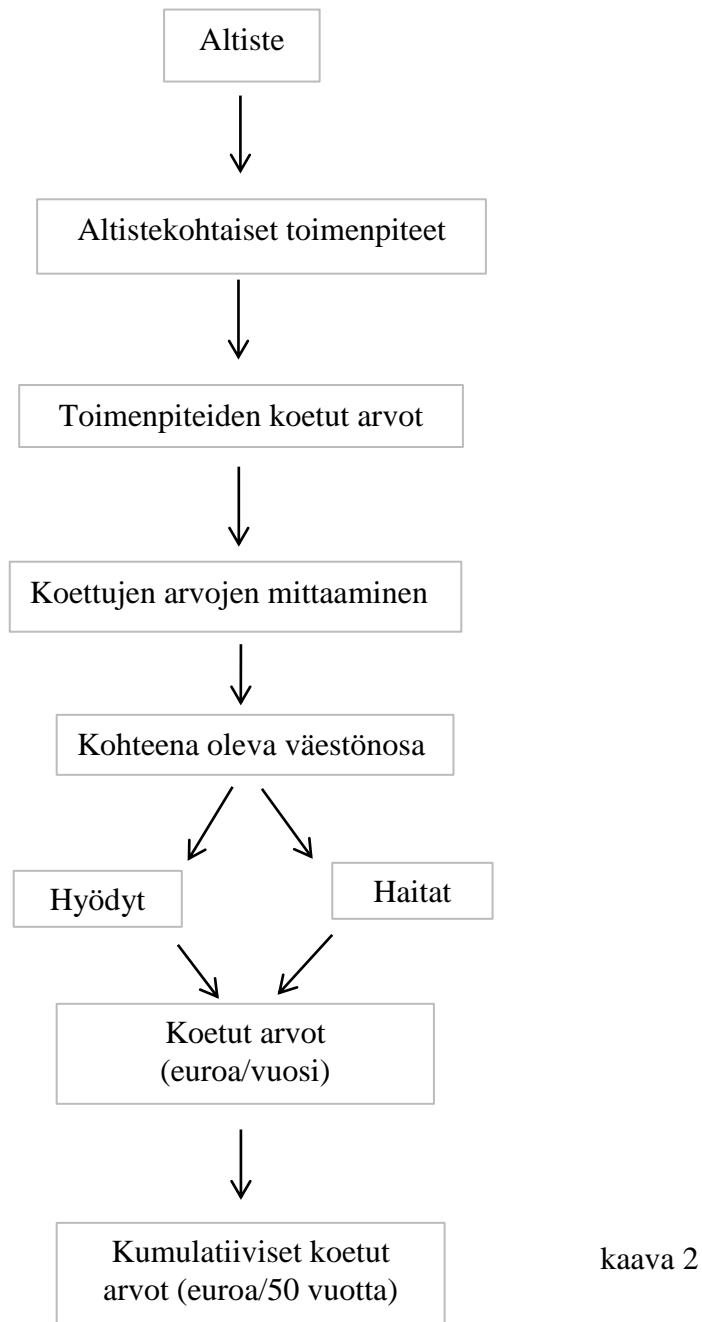
Kuva 3. Toimenpiteistä syntyvien terveyshyötyjen laskeminen

Toimenpiteestä aiheutuvia kustannuksia arvioitaessa otetaan huomioon erilaiset kustannuserät (ks. liite 1 ja luku 4.3). Investoinneista, esim. lainsäädännöstä, kustannuksia syntyy vain kerran. Ylläpidosta, esim. huollosta, syntyy kustannuksia joka vuosi. Ylläpitokustannukset lasketaan geometrisenä summana diskontattuna kolmen prosentin korolla (ks. kaava 2). Kustannuserät summataan yhteen, jolloin saadaan tietyn toimenpiteen kaikki kumulatiiviset kustannukset (kuva 4).



Kuva 4. Toimenpiteiden kustannusten laskeminen

Toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja mitataan koettujen arvojen kyselyllä aikuisväestöstä (20-65- vuotiailta) tupakoitsijoilta, passiivitupakoitsijoilta, puunpolttajilta, naapureiden puunsavulle altistujilta, autoilijoilta ja jalankulkijoilta (ks. liite 2 ja luku 4.4). Koettujen arvojen laskemisessa huomioidaan ryhmän edustajien määrä. Kansalaiset voivat kokea toimenpiteestä haittaa tai hyötyä. Koettujen arvojen oletetaan pysyvän vuodesta toiseen samana, ja kumulatiiviset koetut arvot lasketaan 50 vuodelle kolmen prosentin diskonttauskorolla (ks. kaava 2) (kuva 5).



Kuva 5. Ihmisten koettujen arvojen laskeminen.

## 4.2 ALTISTEKOHTAISET TOIMENPITEET

Toimenpiteiden tavoitteena on vähentää ympäristöaltisteen aiheuttamaa haittaa, tautikuormaa. Toimenpiteet oletetaan toteutettavan vuonna 2015. Vaikutukset arvioidaan vuoteen 2065 asti, jotta myös viiveellä ilmenevien terveyshyötyjen vaikutukset saadaan huomioitua. Vertailukohtana pidetään vuotta 2010. Tautikuormaltaan tärkeimmistä

ympäristöaltisteista toimenpidetarkasteluun valittiin pienhiukkaset, radon ja passiivinen tupakointi sekä tupakointi. Tarkasteltavia toimenpidevaihtoehtoja määritettäessä toimenpiteet pyrittiin kohdentamaan altistuksen kannalta olennaisiin tekijöihin.

Suomessa merkittäviä pienhiukkaslähteitä ovat puun pienpoltto, energiantuotanto ja liikenne, mutta ulkoilmapitoisuuden tärkein komponentti Suomessa on ulkomailta kaukokulkeutuneet pienhiukkaset (Alaviippola ja Pietarila 2011). Puun pienpoltto aiheuttaa 25 % ja liikenne 19 % Suomen pienhiukkaspäästöistä (Karvosenoja ym. 2008). Tässä työssä väestön altistumista pienhiukkasille vähennetään rajoittamalla puun pienpolttoa ja ajonopeuksia taajamissa. Puun pienpolton pienhiukkaspäästöjä vähennetään joko kieltämällä puun pienpoltto taajamissa tai puolittamalla se taajamissa verotuksella. Liikenteen pienhiukkaspäästöjä rajoitetaan asettamalla taajamiin 35 km/h nopeusrajoitukset (taulukko 2).

Passiivitupakointia ja tupakointia torjutaan vaihtoehtoisesti tupakointikiellolla tai tupakoinnin puolittamisella, joka tapahtuu tupakkatuotteiden hinnankorotuksella. Radonaltistusta vähennetään radonkorjauksella, jonka korjauskynnys vaihtelee. Korjauskynnys määritettiin käyttäen kustannushyöty- ja terveyshyötymenetelmiä (taulukko 2).

Taulukko 2. Tarkasteluun valittuihin ympäristöaltisteisiin kohdistuvat toimenpiteet.

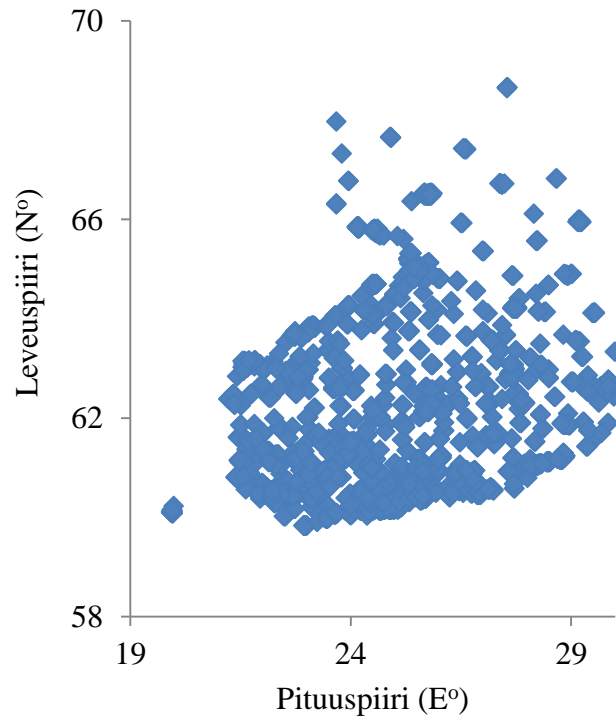
Altiste	Toimenpide
Pienhiukkaset	A.1. Puun pienpolttokielto taajamissa A.2. Puun pienpolton puolittaminen taajamissa poltetusta puukuutiosta perittävällä verolla A.3. 35 km/h nopeusrajoitukset taajamiin
Tupakka	B.1. Tupakointikielto <sup>a</sup> B.2. Tupakoinnin puolittaminen tupakkatuotteiden hinnan 2,35-kertaistamisella <sup>a</sup>
Radon	C.1. Radonkorjaus (rajapitoisuus korjaukselle 100, 300 tai 700 Bq/m <sup>3</sup> )

a Ympäristöterveydellinen näkökulma huomioi passiivitupakoinnin, kansanterveydellinen näkökulma passiivitupakoinnin ja tupakoinnin.

Toimenpiteet kohdennetaan altistumisen kannalta tärkeille alueille. Puun pienpolton rajoitustoimenpiteet ja uudet nopeusrajoitukset toteutetaan taajamissa, koska siellä huomattavasti isompi määrä ihmisiä altistuu pienhiukkasille kuin maaseudulla. Taajama on määritelty tässä työssä 1 km x 1 km kokoiseksi alueeksi, jolla asuu vähintään 200 henkilöä



(kuva 6). Tupakointiin liittyvät toimenpiteet koskevat koko maata. Radonaltistus on suurinta Itä-Uudellamaalla, Kymenlaaksossa, Päijät-Hämeessä, Kanta-Hämeessä, Pirkanmaalla ja Etelä-Karjalassa (Mäkeläinen ym. 2009), minkä vuoksi radonkorjaus suoritetaan tarvittaessa näissä maakunnissa.



Kuva 6. Työssä määritetty taajamaväestö ( $\geq 200$  asukasta/km<sup>2</sup>) (Karvosenoja ym. 2011).

#### 4.2.1 Puun pienpolton pienhiukkasaltistuksen vähentäminen

Puun pienpolton pienhiukkasten altistumisen rajoittamiseen on suunniteltu kaksi toimenpidevaihtoehtoa. Ensimmäisessä toimenpiteessä puun pienpoltto kielletään taajamissa. Tarkemmin sanottuna toimenpiteessä kielletään juuri arinapoltto, koska se tuottaa paljon pienhiukaspäästöjä (Karvosenoja ym. 2008). Toisessa toimenpiteessä puun pienpoltto taajamissa puolitetaan siten, että poltetusta puukuutiosta tulee maksaa veroa, joka määräytyy korvaavan lämmitysenergian (sähkön) mukaan. Oletuksena on, että puun polttaminen loppuu, kun korvaava lämmitysenergia on halvempaa kuin polttopuusta perittävä vero. Sähkö maksaa 154 €/MWh (Tilastokeskus 2012b). Yhden havupuukuution polttaminen tuottaa energiaa n. yksi MWh (Alakangas ym. 2008). Puun pienpoltto loppuu, jos perittävä vero on 155 euroa/m<sup>3</sup>, ja puolittuu, kun vero on 78 euroa/m<sup>3</sup>.

Puun pienpolton pienhiukkaspitoisuuksien laskemisessa on hyödynnetty Pienhiukkasten lähipäästöjen terveystarvit: puun pienpolto ja tieliikenne (PILTTI)- projektin pienhiukkasdataa, joka on vuodelta 2000. PILTTI-projektissa selvitetään leviämismallin avulla puun pienpolton ja tieliikenteen pienhiukkaspäästöjen keskimääräisiä pitoisuuksia 1 km x 1 km kokoisilla ruuduilla, joihin koko Suomi on jaettu. (Karvosenoja ym. 2011.) Lisäksi on saatavilla dataa ruutujen väestömääristä, jotka ovat vuodelta 2005.

Puun pienpoltosta syntyvä väestöpainotettu pienhiukkaspitoisuus voidaan laskea koko Suomelle, taajamille (vähintään 200 asukasta/km<sup>2</sup>) ja maaseuduille painotetulla keskiarvolla. Tällöin huomioidaan tarkasteltavan alueen väestö ja väestöä vastaava pienhiukkaspitoisuus. Suomen väestöstä 74 % asuu taajamissa ja 26 % maaseudulla. Väestöpainotetut puun pienpolton pienhiukkaspitoisuudet ennen toimenpiteitä ovat koko Suomessa, taajamissa ja maaseuduilla 0,56 µg/m<sup>3</sup>, 0,67 µg/m<sup>3</sup> ja 0,25 µg/m<sup>3</sup>. Puun pienpolttokielion jälkeen puun pienpoltosta syntyvät pienhiukkaspitoisuudet ovat taajamissa 0 µg/m<sup>3</sup> ja maaseuduilla 0,25 µg/m<sup>3</sup> ja puolittamisessa 0,34 µg/m<sup>3</sup> ja 0,25 µg/m<sup>3</sup>. Taajamissa puun pienpoltosta peräisin olevien pienhiukkasten pitoisuus laskee taajamien puun pienpolttokieliossa 0,67 µg/m<sup>3</sup> ja puolittamisessa 0,34 µg/m<sup>3</sup>. (Karvosenoja ym. 2011.) Seuraavaksi lasketaan, kuinka paljon puun pienpolton pienhiukkaspitoisuus muuttuu koko Suomessa (kaava 3):

$$\Delta \bar{c} = f_1 \Delta c_1 + f_2 \Delta c_2, \quad \text{kaava (3)}$$

jossa  $\Delta \bar{c}$  on puun pienpolton väestöpainotettu pienhiukkaspitoisuuden muutos koko Suomessa (=ΔE)

$f_1$  on taajamissa asuvien osuus Suomen väestöstä

$\Delta c_1$  on altisteen pitoisuuden muutos taajamissa

$f_2$  on maaseuduilla asuvien osuus Suomen väestöstä ja

$\Delta c_2$  on altisteen pitoisuuden muutos maaseuduilla.

Taajamien puun pienpolttokieliossa pienhiukkaspitoisuuden muutos koko maassa on kaavaan 3 perusteella 0,50 µg/m<sup>3</sup> ja puolittamisessa 0,25 µg/m<sup>3</sup>.

Puun pienpolton pienhiukkasten pitoisuus Suomessa on 0,56 µg/m<sup>3</sup> (=E) (Karvosenoja ym. 2011). Pienhiukkasten keskimääräinen pitoisuus Suomessa on 9,6 µg/m<sup>3</sup> (Hänninen ja Knol

2011), joten puun pienpolton pienhiukkaset aiheuttavat pienhiukkasten kokonaistautikuormasta (11 146 DALY) 5,8 % eli 646 DALY. Kaavan 1 mukaan taajamien puun pienpolttokielto alentaa puun pienpolton pienhiukkasten tautikuormaa koko maassa 570 DALY ja puolittamisessa 285 DALY.

#### 4.2.2 Liikenteen pienhiukkasaltistumisen vähentäminen

Altistumista liikenteen resuspensiopienhiukkasille vähennetään taajamiin asetettavilla 35 km/h nopeusrajoituksilla. Ajonopeuden muutoksella ei ole vaikutusta pakokaasupienhiukkaspäästöihin (Granell ym. 2013). Kupiainen ja Pirjola (2011) totesivat PM<sub>10</sub>-päästöjen kasvavan lineaarisesti nopeuden kasvaessa. Käänteisesti tämä tarkoittaa, että PM<sub>10</sub>-päästöt laskevat nopeuden laskiessa. Ajonopeudella 50 km/h PM<sub>10</sub>-päästöt olivat 884 µg/m<sup>3</sup> ja ajonopeudella 40 km/h 650 µg/m<sup>3</sup>. Ajonopeudella 35 km/h PM<sub>10</sub>-päästöt ovat 533 µg/m<sup>3</sup>. PM<sub>10</sub>-päästöt alenivat 40 %, kun ajonopeus aleni 50 km/h:sta 35 km/h:een. (Kupiainen ja Pirjola 2011.) Toimenpiteessä oletetaan, että myös resuspensiopienhiukkaspäästöt laskevat 40 %, kun taajamien nykyiseksi nopeusrajoitukseksi oletetaan 50 km/h.

Resuspensiopienhiukkasten pitoisuuden muutos koko maassa lasketaan samalla tavalla kuin puun pienpolton pienhiukkasten pitoisuuden muutos (ks. luku 4.2.1).

Resuspensiopienhiukkasten väestöpainotettu pitoisuus ennen uusia nopeusrajoituksia on koko maassa 0,69 µg/m<sup>3</sup>, taajamissa 0,90 µg/m<sup>3</sup> ja maaseuduilla 0,10 µg/m<sup>3</sup> (Karvosenoja ym. 2011). Uudet 35 km/h nopeusrajoitukset vähentävät resuspensiopienhiukkaspitoisuutta 40 % (Kupiainen ja Pirjola 2011). Taajamien resuspensiopienhiukkaspitoisuus on toimenpiteen jälkeen täten 0,54 µg/m<sup>3</sup>. Pitoisuuden muutos taajamissa on tällöin 0,36 µg/m<sup>3</sup> (=Δc<sub>1</sub>). Koska resuspensiopienhiukkaspitoisuuden oletetaan pysyvän muuttumattomana maaseuduilla, pitoisuuden muutos on siellä 0 µg/m<sup>3</sup>. Uusien nopeusrajoitusten jälkeen resuspensiopienhiukkasten pitoisuuden muutos on koko maassa kaavan 3 mukaan 0,27 µg/m<sup>3</sup>.

Uusien nopeusrajoitusten vaikutus tautikuormaan lasketaan kaavalla 1. Liikenteen resuspensiopienhiukkasten pitoisuus Suomessa on 0,69 µg/m<sup>3</sup> (=E). Pienhiukkasten keskimääräinen pitoisuus Suomessa on 9,6 µg/m<sup>3</sup> (Hänninen ja Knol 2011), joten liikenteen

resuspensiopienhiukkaset aiheuttavat pienhiukkasten kokonaistautikuormasta (11 146 DALY) 7,2 % eli 803 DALY. Kaavan 1 mukaan taajamien uudet nopeusrajoitukset poistavat koko maassa liikenteen resuspensiopienhiukkasten tautikuormasta 310 DALY.

#### 4.2.3 Tupakkaan liittyvät toimenpiteet

Suomessa passiivitupakointia on menestyksekkäästi rajoitettu työpaikoilla, ravintoloissa ja julkisissa tiloissa ja kulkuvälineissä (THL 2014). Opinnäytetyössä passiivitupakointia ja tupakointia rajoitetaan tupakointikiellolla tai tupakoinnin puolittamisella. Suomen aktiivisesta ja kunnianhimoisesta tupakkapolitiikasta kertoo se, Suomesta aiotaan tehdä savuton vuoteen 2040 mennessä (Hallituksen esitys 180/2009).

Vaihtoehto tupakointikiellolle on tupakan kulutuksen puolittaminen hintapoliittisin keinoin. Kyse on kuluttajien hintajoustosta, joka kuvaa sitä, kuinka paljon hyödykkeen suhteellinen kulutus muuttuu hinnan muuttuessa. Nguyen ym. (2012) selvittivät, että tupakan reaalihinnan nostaminen yhdellä prosentilla vähensi kulutusta 0,3–0,4 % lyhyellä aikavälillä. Nguyen ja Pekurinen (2010) totesivat tupakan reaalihinnan nostamisen 10 %:lla vähentävän savukkeiden kulutusta 2,7–3,5 % lyhyellä aikavälillä, mikä on samansuuntainen tulos kuin Nguyeninilla ym. (2012).

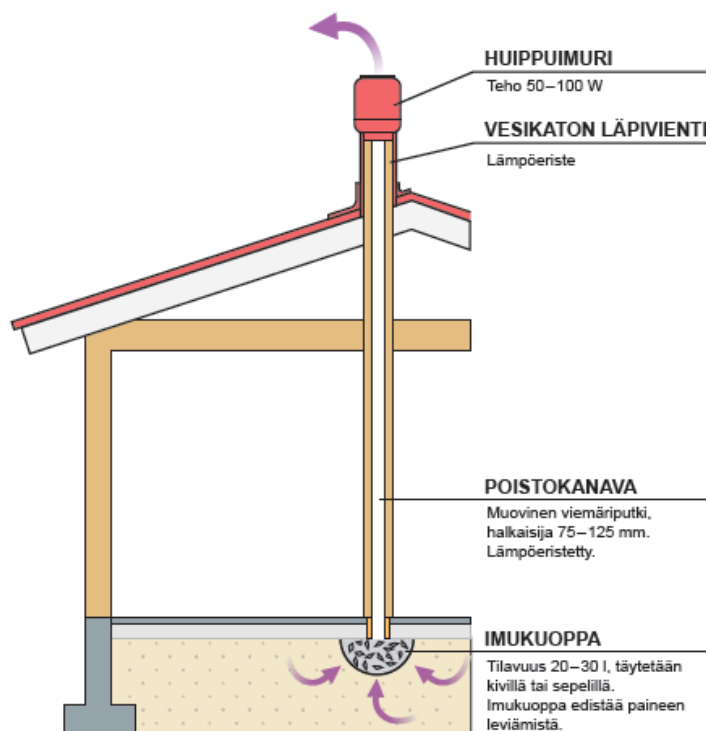
Pitkällä aikavälillä savukkeiden hintajousto on -0,37 (Nguyen ja Pekurinen 2010). Keskimäärin 20 savukkeeseen savukeaski maksaa 5,1 euroa (Kuopion Sokos 2013). Hintajouston (-0,37) avulla voidaan laskea, kuinka paljon savukeaskin tulisi maksaa, jotta kulutus puolittuisi. Jos savukeaskin hintaa nostetaan 100 %, kulutus laskee 37 %. Nyt tulee selvittää, kuinka monta prosenttia savukeaskin hintaa tulee nostaa, jotta kulutus laskee 50 %. Verrannolla laskettuna savukeaskin hintaa tulee nostaa 135 %, jotta tupakointi puolittuu. Savukeaskin uudeksi hinnaksi muodostuu n. 12 euroa.

Tupakointirajoituksista syntyviä terveyshyödyissä huomioidaan joko pelkästään passiivitupakoitsijat (ympäristönäkökulma) tai sekä passiivitupakoitsijat että tupakoitsijat (kokonaisterveysnäkökulma) Canha ym. (2012) ovat selvittäneet passiivitupakoinnin ja tupakoinnin tautikuormaa. Passiivitupakoinnin tautikuorma on 278 DALY. Tupakoinnin ja passiivitupakoinnin yhteenlaskettu tautikuorma on 35 964 DALY. (Canha ym. 2012.)

Tupakointikiellossa tautikuorma poistuu kokonaan ja tupakoinnin puolittamisessa se puolittuu.

#### 4.2.4 Radonaltistuksen alentaminen

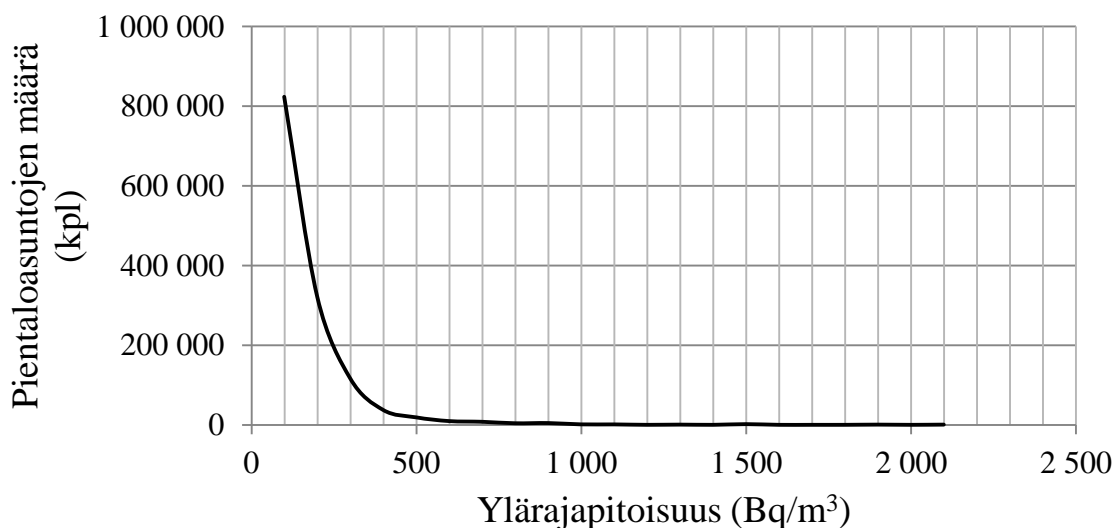
Radonaltistus on erityisen suurta Itä-Uudellamaalla, Kymenlaaksossa, Päijät-Hämeessä, Kanta-Hämeessä, Pirkanmaalla ja Etelä-Karjalassa (Mäkeläinen ym. 2009). Asuntojen korkeita radonpitoisuuksia voidaan kustannustehokkaimmin alentaa radonimurilla, joka alentaa pientaloasunnon radonpitoisuutta 70–95 %. Radonimuri soveltuu alueille, joissa talojen lattialaatan alla on soraa tai hiekkaa, koska ne läpäisevät ilmaa. Radonimuri luo alipaineen lattialaatan alle, jolloin maaperän radonpitoisen ilman siirtyminen taloon heikkenee. Alipaine syntyy, kun taloon asennetaan puhallin, joka imee korkeapitoista radonilmaa maaperään tehdystä imukuopasta. Lopulta radon kulkeutuu kuljetusaukon kautta ulkoilmaan (kuva 7). (Arvela ym. 2012.)



Kuva 7. Radonimurin toimintaperiaate (Arvela ym. 2012).

Suomessa on n. 1,35 miljoonaa pientaloasuntoa, joista 800 000 pientaloasunnossa kohteen radonpitoisuus on alle  $100 \text{ Bq/m}^3$ . Pientaloasuntojen määrä laskee jyrkästi radonpitoisuuden

kasvaessa aina 500 Bq/m<sup>3</sup> asti. Pientaloasuntoja, joissa radonpitoisuus on korkea (600-2 100 Bq/m<sup>3</sup>), on korkeintaan muutamia tuhansia (kuva 8). (Valmari 2013.)



Kuva 8. Pientaloasuntojen määrä radonin ylärajapitoisuuden funktiona.

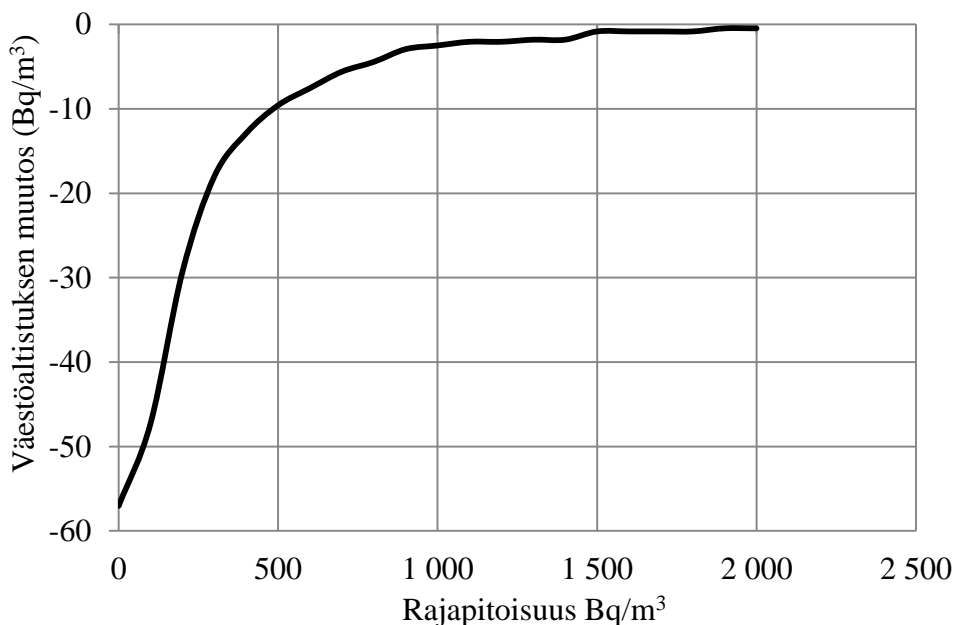
Radonkorjaustarpeen selvittämiseksi kaikki em. maakunnissa sijaitsevien pientaloasuntojen sisäilman radonpitoisuus mitataan. Pientaloasuntojen määrä arvioitiin maakuntien väestön, Suomen väkiluvun (Tilastokeskus 2013) ja Suomen pientaloasuntojen määrän (Valmari 2013) perusteella. Tämän arvion mukaan em. maakunnissa on 319 318 pientaloasuntoa (taulukko 3).

Taulukko 3. Pientaloasuntojen määrät korkean radonaltistuksen maakunnissa.

Maakunta	Väestö (kpl)	Osuus Suomen väkiluvusta (%)	Pientaloasuntoja (kpl)	Lähde maakunnan väestölle
Itä-Uusimaa	94 353	1,75	23 567	Wikipedia (2013a)
Kymenlaakso	181 829	3,37	45 416	Tilastokeskus (2012a)
Päijät-Häme	202 236	3,74	50 513	Tilastokeskus (2012a)
Kanta-Häme	175 230	3,24	43 768	Tilastokeskus (2012a)
Pirkanmaa	491 472	9,10	122 756	Tilastokeskus (2012a)
Etelä-Karjala	133 311	2,47	33 297	Tilastokeskus (2012a)
<b>Yhteensä</b>			<b>319 318</b>	

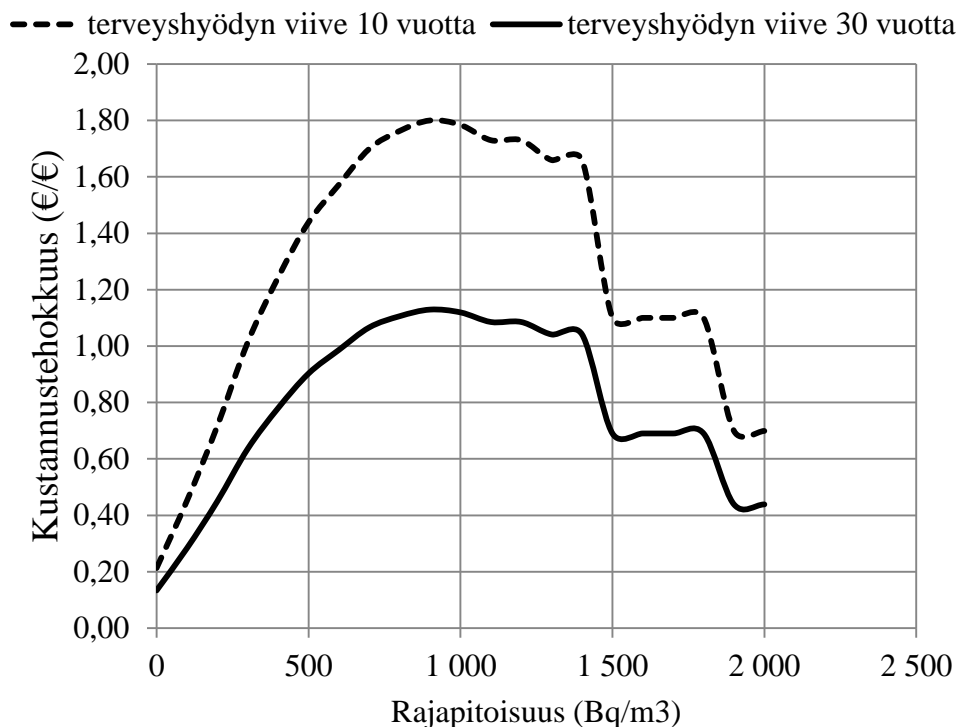
Radonkorjauksen rajapitoisuuden valintaa voidaan tarkastella ympäristöterveyden tai kustannustehokkuuden näkökulmasta. WHO:n suositusten mukaan kaikki pientaloasunnot, joiden sisäilman radonpitoisuus on vähintään 100 Bq/m<sup>3</sup>, radonkorjataan (WHO 2000).

Radonkorjauksesta syntyvät terveyshyödyt ovat sitä suuremmat, mitä pienemmäksi radonkorjauksen rajapitoisuus asetetaan. Radonkorjauksen rajapitoisuudella  $100 \text{ Bq/m}^3$  koko väestön keskimääräinen altistuminen vähenisi  $50 \text{ Bq/m}^3$  (kuva 9).



Kuva 9. Koko väestön keskimääräisen radonaltistuksen muutos Suomessa radonkorjauksen radonpitoisuuden funktiona.

Jos radonkorjaus suoritettaisiin kaikissa pientaloasunnoissa, joissa kohteen sisäilman radonpitoisuus on vähintään  $100 \text{ Bq/m}^3$ , radonkorjauksesta syntyvät kustannukset olisivat hyvin suuret. Kustannustehokkuuden näkökulmasta olennaista on löytää radonkorjaukselle se pitoisuus, jossa radonkorjauksesta syntyvät rahaksi muutetut terveyshyödyt ovat suuremmat kuin radonkorjauksen kustannukset. Radonkorjauksen kustannustehokkuus riippuu siitä, kuinka pitkän ajan jälkeen radonkorjauksella saadut terveyshyödyt saavutetaan. Tämä johtuu siitä, että keuhkosityöpäriski pienenee hitaasti. Jos terveyshyötyjen oletetaan ilmaantuvan 10 vuodessa, radonkorjaus muodostuu kustannustehokkaaksi, jos pientaloasunnot, joiden radonpitoisuus on  $>700 \text{ Bq/m}^3$ , radonkorjataan. Jos terveyshyötyjen viive on 30 vuotta, radonkorjaus on kustannustehokas silloin, kun pientaloasunnon radonpitoisuus on  $>300 \text{ Bq/m}^3$  (kuva 10).



Kuva 10. Radonkorjauksen kustannustehokkuus pientaloasunnoissa radonpitoisuuden funktiona.

Pientaloasuntoja, joiden sisäilman radonpitoisuus on  $>700 \text{ Bq/m}^3$ , on 13 905 kpl. Vastaavasti pientaloasuntoja, joissa radonpitoisuus on  $>300 \text{ Bq/m}^3$ , on 86 992 kpl. (Valmari 2013.) Näiden kohteiden oletetaan sijaitsevan korkeiden radonpitoisuuksien maakunnissa. Radoniin kohdistuvassa toimenpiteessä siis mitataan 319 318 pientaloasuntoa, jotta löydetään ne 13 905 tai 86 992 kohdetta, joissa suoritetaan radonkorjaus radonimurilla. Vuosi radonkorjauksesta korjattujen pientaloasuntojen radonpitoisuus mitataan uudelleen.

Radonkorjauksen vaikutus radonaltistukseen lasketaan väestöpainotettuna keskiarvona (ks. kaava 3). Sellaisissa pientaloasunnoissa, joiden radonpitoisuus ylittää  $700 \text{ Bq/m}^3$ , asuu 0,67 % ( $=f_1$ ) Suomen väestöstä. Tämän väestönosan keskimääräinen altistuminen radonille on  $1016 \text{ Bq/m}^3$ . Radonkorjauksen jälkeen em. väestönosan altistuminen on  $178 \text{ Bq/m}^3$  (Valmari 2013). Altistumisen muutos em. väestönosassa on siis  $838 \text{ Bq/m}^3$  ( $=\Delta c_1$ ). Radonkorjauksen ulkopuolelle jäävissä kohteissa altistumisen muutos on nolla ( $=\Delta c_2$ ) Kaavan 3 mukaan radonkorjaus (rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) alentaa altistumista koko Suomessa  $5,6 \text{ Bq/m}^3$ .

Niissä pientaloasunnoissa, joiden radonpitoisuus on  $>300 \text{ Bq/m}^3$ , asuu 4,17 % Suomen väestöstä ( $=f_1$ ). Tämän väestönosan keskimääräinen altistuminen radonille on  $523 \text{ Bq/m}^3$ .



Radonkorjauksen jälkeen em. väestönosan altistuminen on  $91,5 \text{ Bq/m}^3$ . (Valmari 2013.) Altistumisen muutos em. väestönosassa on siis  $431,5 \text{ Bq/m}^3 (= \Delta c_1)$ . Kaavan 3 mukaan toimenpide vähentää altistumista koko Suomessa  $18 \text{ Bq/m}^3$ .

Niissä pientaloissa, joiden radonpitoisuus ylittää  $100 \text{ Bq/m}^3$ , asuu 25,2 % Suomen väestöstä. Tämän väestönosan keskimääräinen radonaltistus on  $227,2 \text{ Bq/m}^3$ . Radonkorjauksen jälkeen em. väestönosan altistuminen on  $39,8 \text{ Bq/m}^3$ . (Valmari 2013.) Altistumisen muutos em. väestönosassa on siis  $187,4 \text{ Bq/m}^3 (= \Delta c_1)$ . Kaavan 3 mukaan radonkorjaus vähentää altistumista koko Suomessa  $47,2 \text{ Bq/m}^3$ .

Suomalaisten keskimääräinen radonaltistus on  $120 \text{ Bq/m}^3 (=E)$ , ja radonin aiheuttama vuosittainen tautikuorma 992 DALY (Hänninen ja Knol 2011). Kaavan 1 mukaan radonkorjauksen suorittaminen niissä pientaloasunnoissa, joissa radonpitoisuus on  $>700$ ,  $>300$  ja  $>100 \text{ Bq/m}^3$ , alentaa tautikuormaa koko Suomessa 46, 149 ja 391 DALY.

#### **4.3 TOIMENPITEIDEN KUSTANNUKSET**

Opinnäytetyössä on pyritty arvioimaan toimenpiteiden olennaiset kustannukset. Opinnäytetyössä kustannukset jaetaan kahteen eri kustannuslajiin, jotka ovat luonteeltaan joko kerran tehtäviä investointikustannuksia (esim. lainsäädäntö) tai vuosittaisia ylläpitokustannuksia (esim. radonkorjauslaitteiden huolto). Kustannuksia syntyy mm. valtiolle ja toiminnanharjoittajille, esim. puun polttajille. Toimenpiteet eivät ainoastaan aiheuta kustannuksia, sillä tupakointiin liittyvissä toimenpiteissä ja puun pienpolton puolittamisessa syntyy tuottoja (taulukko 4). Yksityiskohtaiset kustannuslaskelmat ovat liitteessä 1.

Taulukko 4. Toimenpiteiden kustannuslajien erittely.

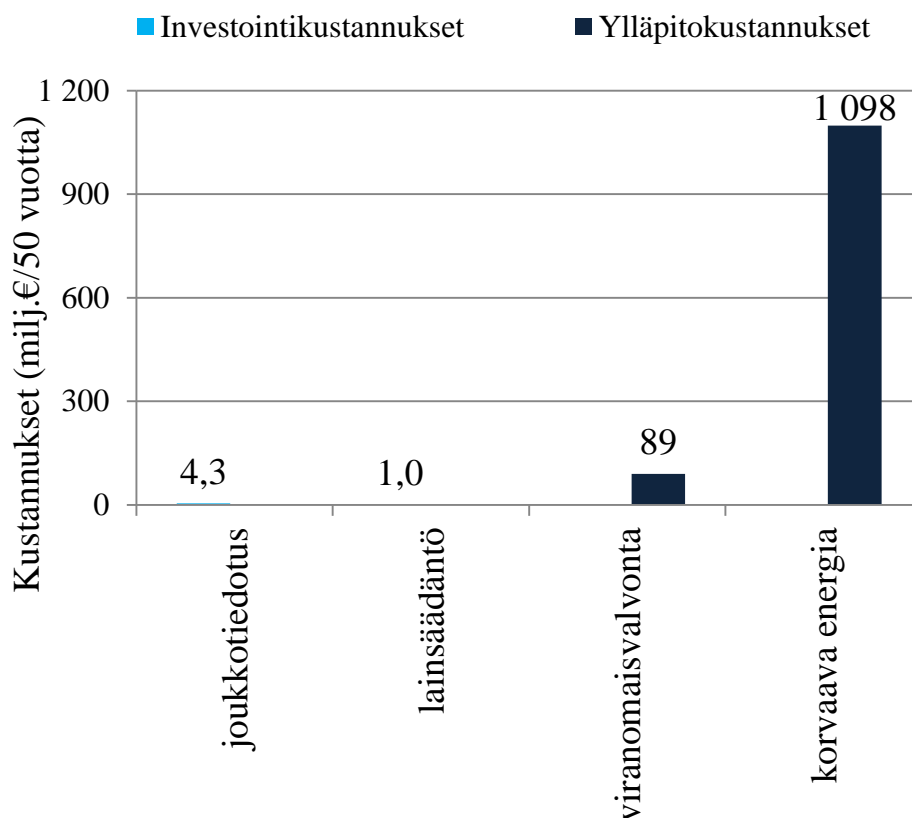
Toimenpide	Kustannuslaji	Kuvaus
A.1. Puun pienpolttokielto	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Investointi (€/kerta)	Joukkotiedotus
	Ylläpito (€/vuosi)	Viranomaisvalvonta
	Ylläpito (€/vuosi)	Korvaava energia
A.2. Puun pienpolton puolittaminen	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Ylläpito (€/vuosi)	Polttoreskisterin ylläpito
	Ylläpito (€/vuosi)	Korvaava energia
	Ylläpito (€/vuosi)	Kirjanpito
	Ylläpito (€/vuosi)	Verotulot valtiolle
A.3. 35 km/h nopeusrajoitukset	Investointi (€/kerta)	Polttopuun vero
	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Investointi (€/kerta)	Joukkotiedotus
	Investointi (€/kerta)	Uudet liikennemerkkit
	Ylläpito (€/vuosi)	Nopeusvalvonta <sup>a</sup>
B.1. Tupakointikielto	Ylläpito (€/vuosi)	Uudet kamerat <sup>a</sup>
	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Investointi (€/kerta)	Joukkotiedotus
	Investointi (€/kerta)	Nikotiinipurukumi
	Ylläpito (€/vuosi)	Viranomaisvalvonta
	Ylläpito (€/vuosi)	Tupakkaveron menetys
B.2. Tupakoinnin puolittaminen	Ylläpito (€/vuosi)	Tupakoitsijoiden säästämä raha
	Ylläpito (€/vuosi)	Säästetyt hoitokustannukset
	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Investointi (€/kerta)	Nikotiinipurukumi
	Ylläpito (€/vuosi)	Savukkeisiin käytetty raha
	Ylläpito (€/vuosi)	Verotulot valtiolle
C.1. Radonkorjaus	Ylläpito (€/vuosi)	Säästetyt hoitokustannukset
	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö
	Investointi (€/kerta)	Radonin mittaaminen
	Investointi (€/kerta)	Radonkorjaus
	Ylläpito (€/vuosi)	Huolto
	Ylläpito (€/vuosi)	Tarkistusmittaaminen

<sup>a</sup> Ei huomioida kustannusten parhaassa arvioissa

#### 4.3.1 Puun pienpolttokiellon kustannukset

Puun pienpoltto kielletään taajamissa lainsäädännöllä. Lainsäädännön kustannukset muodostuvat virkamiesten valmistelutyöstä, valiokuntakäsittelystä, istuntokäsittelyistä ja toimeenpanosta. Lainsäädännön toimeenpanokustannukset syntyvät lain päivittämisestä Finlex-tietokantaan, Suomen Laki- kirjaan ja hallinnollisista tiedotteista. Taajamien puun pienpolttokiellosta pidetään erillinen joukkotiedostuskampanja. Koska puun pienpoltto

kielletään taajamissa, toimenpidettä varten tarvitaan viranomaisvalvontaa, jota suorittavat poliisit. Kustannuksia syntyy myös korvaavasta energiasta, kun puuta ei saa polttaa enää taajamissa. Korvaava energia on sähköenergiaa. Korvaavassa energiassa on huomioitu sähköenergian kustannukset ja puun polton loppumisesta syntyneet säästöt. Puun pienpolttokiellon 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset ovat n. 1,2 miljardia euroa (kuva 11).

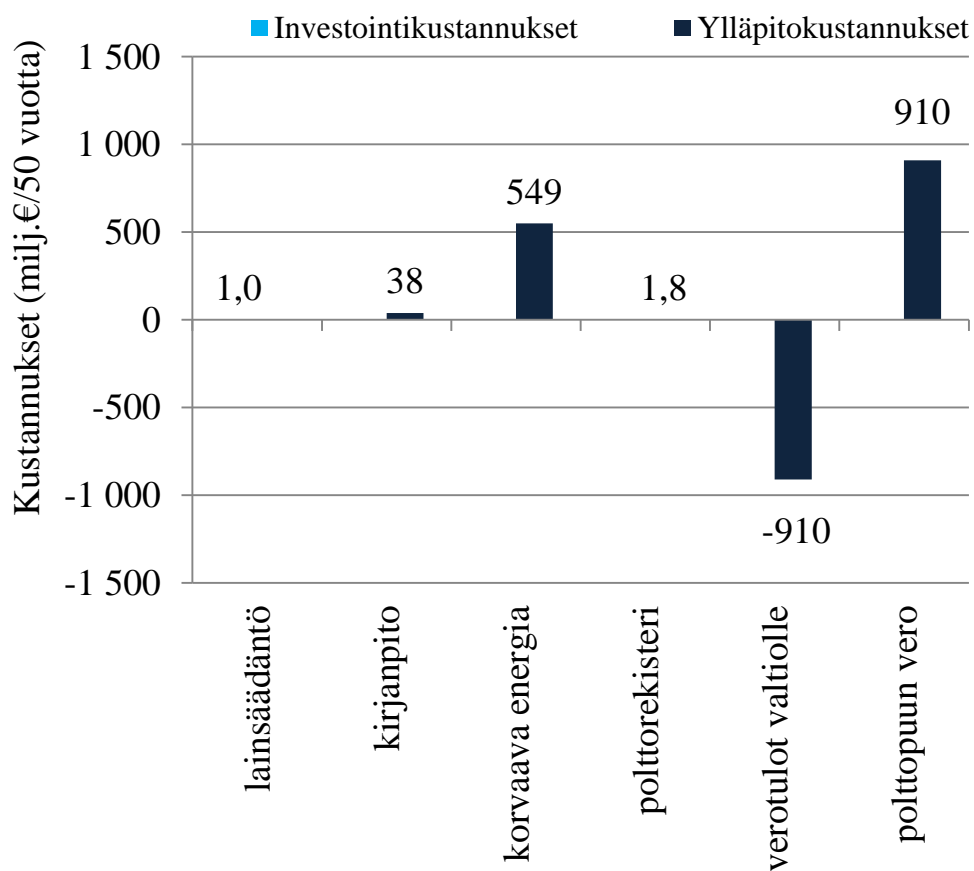


Kuva 11. Puun pienpolttokiellon 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset.

#### 4.3.2 Puun pienpolton puolittamisen kustannukset

Puun pienpoltto puolitetaan taajamissa verotuksella, joka pannaan voimaan lainsäädännöllä. Poltetusta puukuutiosta perittävä vero määräytyy korvaavan energian (sähköenergian) hinnan mukaan. Poltetusta puukuutiosta kerättävät verotulot menevät valtiolle. Puun polttajat pitävät kirjaa polttamastaan puusta. Tämän vuoksi perustetaan poltetun puun rekisterijärjestelmä.

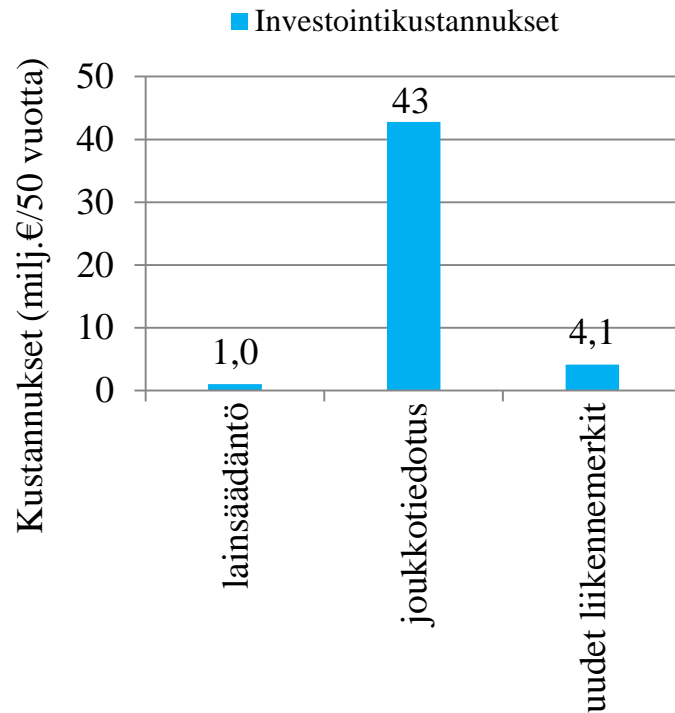
Puun pienpolton puolittamisen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset ovat 580 miljoonaa euroa (kuva 12).



Kuva 12. Puun pienpolton puolittamisen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset.

#### 4.3.3 Uusien nopeusrajoitusten kustannukset

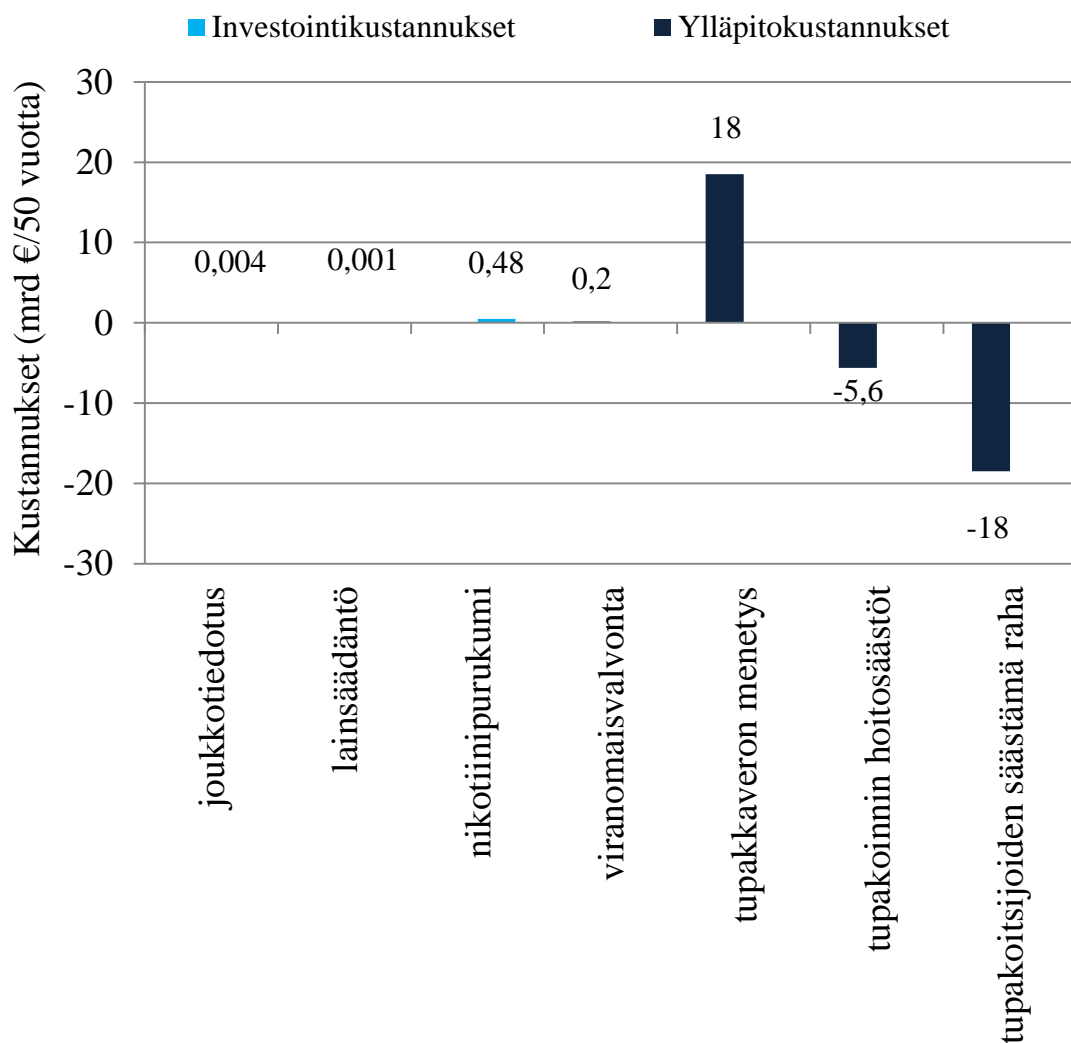
Taajamien uusista nopeusrajoituksista säädetään uusi laki. Lisäksi uusista nopeusrajoituksista pidetään erillinen joukkotiedotuskampanja, ja uudet nopeusrajoitusmerkit tulee valmistaa sekä asentaa. Uusien nopeusrajoitusten kustannukset ovat yhteensä n. 50 miljoonaa euroa (kuva 13).



Kuva 13. Uusien nopeusrajoitusten 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset.

#### 4.3.4 Tupakointikiellon kustannukset

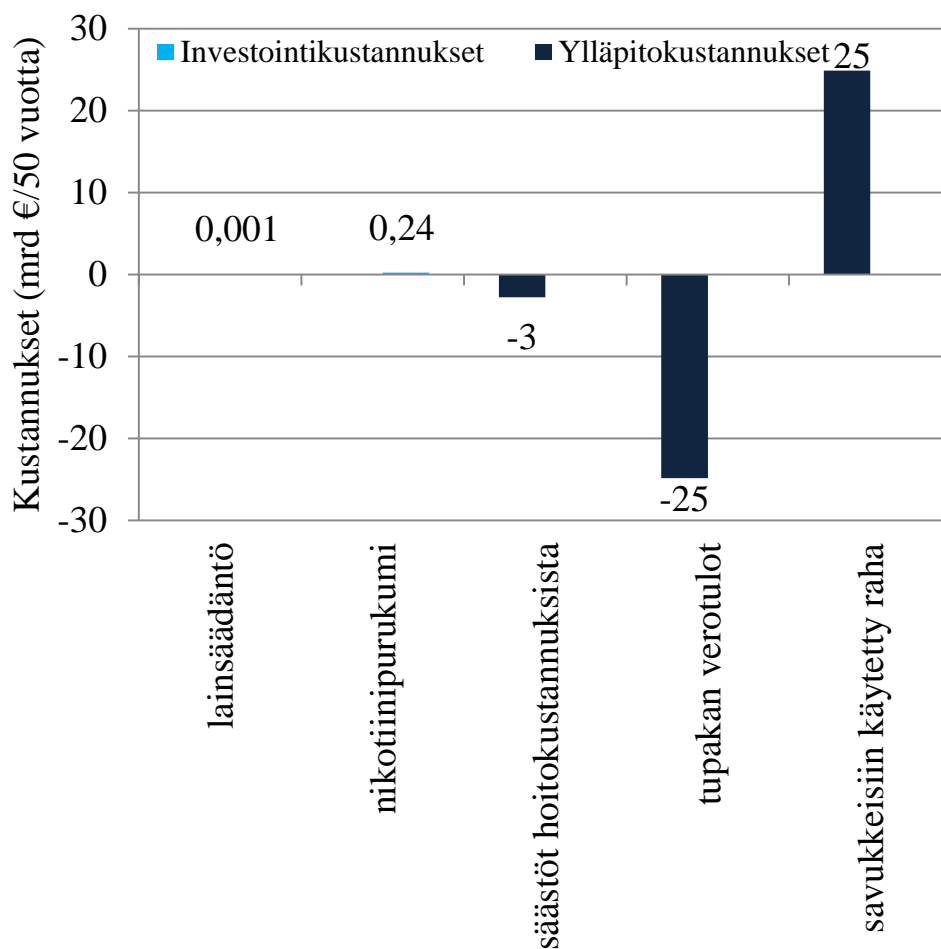
Tupakointi kielletään lainsäädännöllä. Tupakointikiellosta pidetään erillinen joukkotiedotuskampanja. Tupakointikielto vaatii viranomaisvalvontaa, jota tekevät poliisit. Entiset tupakoitsijat hoitavat nikotiiniriippuvuuttaan nikotiinipurukumilla. Tupakointikiellon seurauksena entiset tupakoitsijat säästävät tupakkaan käytetyn rahan, mutta toisaalta valtio menettää tupakkaveron tuoton. Valtio säästää tupakoinnista aiheutuneiden sairauksien hoitokustannukset. Tupakointikielto tuottaa 5 miljardia euroa 50 vuodessa (kuva 14).



Kuva 14. Tupakointikiellon 50 vuodelle diskonttatut kumulatiiviset kustannukset.

#### 4.3.5 Tupakoinnin puolittamisen kustannukset

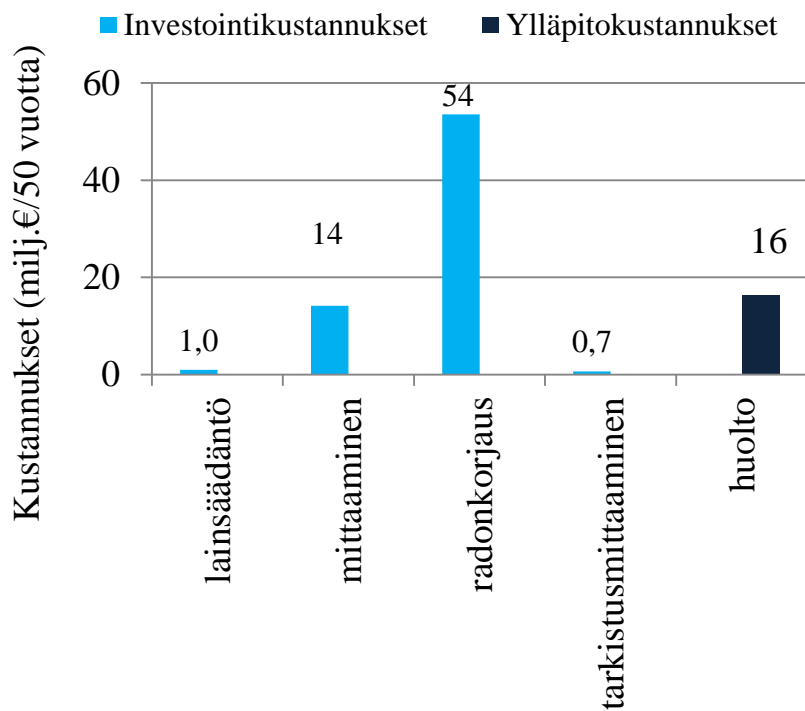
Tupakointi puolitetaan Suomessa tupakkatuotteiden hinnankorotuksella, josta säädetään laki. Tupakkatuotteiden hinnankorotuksesta valtio saa enemmän verotuloja. Savukkeiden kulutus puolittuu, mutta ihmiset maksavat niistä enemmän. Tupakoinnista aiheutuvien sairauksien aiheuttamat hoitokulut ja nikotiinipurukumin kustannukset puolittuvat. Tupakoinnin puolittaminen tuottaa 50 vuodessa 2,5 miljardia euroa (kuva 15).



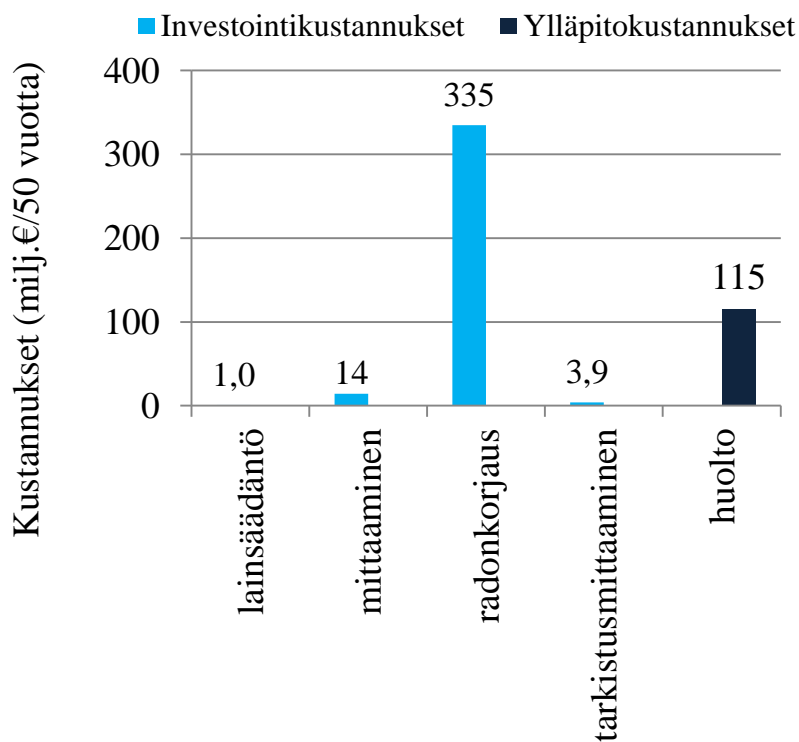
Kuva 15. Tupakoinnin puolittamisen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset.

#### 4.3.6 Radonkorjauksen kustannukset

Pientaloasuntojen radonpitoisuuden mittaamisvelvollisuudesta säädetään laki. Myös radonin mittaaminen ja radonkorjaus aiheuttavat kustannuksia. Radonkorjauksessa asennettava radonimuri tarvitsee sähköä, josta aiheutuu huoltokustannuksia. Radonkorjatuissa pientaloasunnoissa radonpitoisuus mitataan vuoden päästä uudelleen. Radonkorjauksen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset ovat 85 (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) tai 465 miljoonaa euroa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>300 \text{ Bq/m}^3$  (kuvat 16 ja 17).



Kuva 16. Radonkorjauksen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$ .



Kuva 17. Radonkorjauksen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset kustannukset radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$ .



#### 4.4 KOETTUJEN ARVOJEN KYSELYN TOTEUTTAMINEN

Talvella 2013 toteutettiin suomenkielinen, ehdollisen arvottamisen menetelmään perustuva kysely, joka mittasi ihmisten maksu- ja hyväksymishalukkuutta tupakointiin ja puun pienpolttoon liittyvistä rajoitustoimenpiteistä sekä taajamien uusista nopeusrajoituksista syntyvistä hyödyistä ja haitoista. Kyselyssä ei mitattu radonkorjaukseen liittyviä koettuja arvoja, koska siihen ei kohdistu muihin toimenpiteisiin verrattavaa hyöty- tai haittanäkökulmaa. Kyselypopulaatioon valittiin opiskelijoita sekä työelämässä olevia, jotka ovat alansa puolesta tekemisissä terveyteen liittyvissä asioissa. Opiskelijoita edustivat Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteiden (ISYY) ja farmasian (ISYF) opiskelijat sekä Helsingin yliopiston ympäristötieteiden (HYY) ja farmasian opiskelijat (HYF). Työelämässä olevia edustivat Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) Kuopion yksikön ympäristöterveyden osasto (YMTO) ja Helsingin yksikön kansantautien ehkäisyn osasto (KATO).

Kysely lähetettiin 1946 henkilölle hyödyntäen opiskelijoiden ja työntekijöiden sähköpostilistoja. Kaksi viikkoa ensimmäisen kyselykutsun jälkeen lähetettiin kaksi muistutusta kahden viikon välein. Vastausprosentin parantamiseksi vastaajien kesken ilmoitettiin arvottavan kolme yllätyspalkintoa. Kyselyyn vastasi 468 henkilöä. Eniten kyselykutsuja lähetettiin Helsingin yliopiston farmasian opiskelijoille (784) ja vähiten THL:n Ympäristöterveyden osastolle (120). Suhteellisesti eniten kyselyyn vastasi Ympäristöterveyden osasto (56 %) ja vähiten Helsingin yliopiston farmasian opiskelijat (3 %). Kaikki muut ryhmät paitsi juuri Helsingin yliopiston farmasian opiskelijat vastasivat melko aktiivisesti. Kyselyn tutkimuspopulaatiosta 24 % vastasi kyselyyn (taulukko 5).

Taulukko 5. Kyselyn kutsu- ja vastausmäärät sähköpostilistoittain.

Lista	Koko nimi	Kutsuja (kpl)	Vastauksia (kpl)	Vastaus-% (%)
YMTO	THL, Ympäristöterveyden osasto	120	67	56
KATO	THL, Kansantautien ehkäisyn osasto	241	107	44
HYY	Helsingin yliopiston ympäristötieteilijät ja opettajat	150	76	51
HYF	Helsingin yliopiston farmasian opiskelijat	784	24	3
ISYY	Itä-Suomen yliopiston ympäristötieteen opiskelijat	131	44	34
ISYF	Itä-Suomen yliopiston farmasian opiskelijat	520	150	29
Yhteensä		1946	468	24

Kyselyssä ihmiset jaettiin orientaatiokysymysten (1, 7, ja 11) perusteella kuuteen ryhmään: 1) tupakoitsijat, 2) passiivitupakoitsijat (passiivisesti tupakansavulle altistuvat ei tupakoivat henkilöt), 3) puunpolttajat, 4) naapureiden puunsavulle altistujat, 5) autoilijat ja 6) jalankulkijat. Taustamuuttujina kysyttiin sukupuolta, ikää, asuinaluea, tulotasoa ja koulutusta. Kussakin taustamuuttujassa oli 2-3 luokkaa (taulukko 6).

Taulukko 6. Taustamuuttujat ja niiden luokat.

Muuttuja	Luokka		
Sukupuoli	Mies	Nainen	
Ikä	Nuoret <sup>a</sup>	Työikäiset <sup>b</sup>	Iäkkäät työikäiset <sup>c</sup>
Asuinalue	Pääkaupunkiseutu <sup>d</sup>	Kuopio <sup>e</sup>	Muu <sup>f</sup>
Tulotaso	Matala <sup>h</sup>	Keski <sup>i</sup>	Korkea <sup>j</sup>
Koulutus	Keski <sup>k</sup>	Korkea <sup>l</sup>	

a 20–24- vuotiaat

b 25–39- vuotiaat

c 40–65- vuotiaat

d Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Vantaa

e Edustaa kaikkia Suomen taajamia paitsi pääkaupunkiseudun taajamaa

f Maaseutuväestö

h Verotettavat tulot vuonna 2011 < 20 000 euroa

i Verotettavat tulot vuonna 2011 20 000–39 000 euroa

j Verotettavat tulot vuonna 2011 > 40 000 euroa

k Kaikki muu koulutus pois lukien akateeminen tutkinto

l Akateeminen tutkinto

Tupakoitsijoita oli 468 vastaajan joukossa vain 28 kpl (6 %), mutta koko väestössä tupakoitsijoita arvioidaan olevan 20 % (Jääskeläinen 2011). Tupakoinnin ja puun pienpolton ryhmissä oli muutamia kymmeniä vastaajia. Eniten ihmisiä oli liikenteen ryhmissä. Naisia oli kaikissa ryhmissä miehiä enemmän. Iäkkäitä työntekijöitä (40–65-vuotiaat) oli vähiten, kun taas nuorten ja työikäisten määrä vaihteli tasaisesti enemmistönä eri ryhmissä. Aluetarkastelussa kuopiolaisia oli eniten lähes kaikissa osaryhmissä. Korkeatuloisia oli vähiten ja matalatuloisia, todennäköisesti opiskelijoita, eniten (taulukko 7).

Taulukko 7. Kyselyn vastaajien jakautuminen sukupuolen, iän ja sosioekonomisten muuttujien mukaisiin ryhmiin.

Muuttuja	Luokka	Ryhmä						
		Tupakointi		Puunpoltto		Liikenne		Yht. (kpl)
		Poltto (28)	Passiivi (57)	Poltto (71)	Altistuvat (59)	Autoilijat (264)	Jalan-kulkijat (204)	
Sukupuoli	Miehet	6	11	19	20	73	46	119
Sukupuoli	Naiset	22	46	51	39	190	158	348
Ikä	Nuoret	8	34	7	26	93	112	205
Ikä	Työikäiset	15	17	27	17	94	63	157
Ikä	Työikäiset	5	6	36	15	76	28	104
Asuin-alue	Pääkaupunkiseutu	16	18	17	16	76	93	169
Asuin-alue	Kuopio	11	37	27	36	147	92	239
Asuin-alue	Muu	1	2	27	7	41	17	58
Tulotaso	Matala	14	39	9	30	112	141	253
Tulotaso	Keski	9	13	37	20	95	52	147
Tulotaso	Korkea	5	5	25	9	55	9	64
Koulutus	Keski	12	23	20	23	97	93	190
Koulutus	Korkea	16	34	50	36	166	110	276

Iän, sukupuolen ja sosioekonomisten muuttujien jakaumat eivät vastanneet koko väestön odotusarvoja. Kyselyssä oli esimerkiksi moninkertaisesti matalatuloisia (54 %), nuoria (44 %) sekä toisaalta korkeakoulutettuja (59 %) ja kuopiolaisia (51 %) Suomen odotusarvoon nähden. Aluemuuttujan luokkaa ”muu” ei huomioida, koska 58 vastaajaa oli ilmoittanut asuinpaikkakunnakseen tutkimusalueiden ulkopuolella sijainneen paikkakunnan (taulukko 8).

Taulukko 8. Luokkien jakaumat ja niiden odotusarvot Suomessa.

Muuttujan luokka	Osuus aikuisväestössä (%)	Odotettu osuus kyselyssä (%)	Havaittu osuus kyselyssä (%)	Lähde osuudelle aikuisväestössä
Miehet	50	50	25	
Naiset	50	50	75	
Nuoret (20–24)	10	10	44	Tilastokeskus 2013
Työikäiset (25–39)	30	30	44	Tilastokeskus 2013
Työikäiset (40–65)	60	60	12	Tilastokeskus 2013
Pääkaupunkiseutu	26	26	36	Wikipedia 2013b
Kuopio	74	74	51	Kuopion kaupunki 2012
Matalatuloiset	9	9	54	Tilastokeskus 2011
Keskituloiset	34	34	32	Tilastokeskus 2011
Korkeatuloiset	57	57	15	Tilastokeskus 2011
Keskikoulutetut	91	91	41	Tilastokeskus 2012c
Korkeasti koulutetut	9	9	59	Tilastokeskus 2012c

Taustamuuttujien havaittiin aiheuttavan vastauksiin suurta vaihtelua. Voimakkaimmin vastaukset vaihtelivat arvokysymyksissä K6 (Kuinka paljon enemmän olisitte valmis maksamaan asunnosta (esim.kerros-tai rivitalo) sellaisessa talonyhtiössä, jossa tupakointi olisi kielletty ulko- ja sisätiloissa (euroa kertamaksuna)?) ja K15 (Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon jalankulkijana tai pyöräilijänä olisitte valmis maksamaan nopeusrajoitusten alentamisesta johtuvista hyödyistä (euroa kuukaudessa)? Jos vastaatte kohtaan "Joku muu, mikä?", kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (euroa kuukaudessa)) ja vähiten puolestaan arvokysymyksessä K13 (Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon Teille tulisi maksaa, jotta hyväksyisitte nopeusrajoitusten alentamisesta koituvat haitat (euroa kuukaudessa)? Jos vastaatte kohtaan "Joku muu, mikä?", kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (euroa kuukaudessa).).

#### 4.4.1 Edustavuusvirheiden tilastollinen korjaus (normittaminen)

Koska taustamuuttujien luokkien jakauma kyselyssä ei vastannut todellista tilannetta Suomessa ja koska muuttujien luokkien havaittiin aiheuttavan vaihtelua vastauksiin (taulukko 9), vastaukset normitettiin.

Taulukko 9. Muuttujien luokkien väliset keskirirheet.

Arvo- kysymys	Sukupuoli	Ikä <sup>a</sup>	Ikä <sup>b</sup>	Ikä <sup>c</sup>	Tulo <sup>d</sup>	Tulo <sup>e</sup>	Tulo <sup>f</sup>	Koulutus	Alue <sup>g</sup>
K3 Tupakka-aski	<b>5,9</b>	1,4	1,5	0,1	1,2	<b>3,4</b>	2,2	0,1	1,8
K4 Tupakkavero	2,3	<b>2,8</b>	0,6	<b>3,4</b>	0,3	2,0	<b>2,2</b>	1,0	<b>3,8</b>
K5 Savuton asunto	<b>2,1</b>	1,1	1,0	0,0	0,2	<b>4,8</b>	<b>4,6</b>	2,2	1,2
K6 Savuton asunto	0,1	<b>3,5</b>	<b>2,2</b>	1,3	1,6	<b>8,2</b>	<b>9,8</b>	1,4	<b>5,0</b>
K9 Puun polttovero	0,3	0,1	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>4,3</b>	<b>3,4</b>	0,9	2,2	<b>5,1</b>
K10 Puun polttoaltistus	1,1	0,4	0,5	1,0	<b>5,1</b>	<b>4,1</b>	0,9	1,7	2,2
K12 Nopeusrajoitushyöty (autoilija)	0,8	0,6	1,9	<b>2,4</b>	1,0	<b>4,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,1</b>	<b>3,4</b>
K13 Nopeusrajoitushaitta (autoilija)	0,8	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	0,0	0,6	1,1	1,7	0,2	0,4
K14 Nopeusrajoitusmaksu (autoilija)	1,5	0,1	1,4	1,3	<b>3,2</b>	<b>3,0</b>	0,2	0,9	<b>3,8</b>
K15 Nopeusrajoitushyöty (jalankulkija)	0,6	1,8	<b>8,9</b>	<b>7,0</b>	1,6	<b>6,3</b>	<b>7,8</b>	2,8	<b>3,2</b>
K16 Nopeusrajoitushaitta (jalankulkija)	0,9	1,9	0,4	<b>2,4</b>	1,7	0,3	<b>2,1</b>	2,7	2,2

Lihavoitu luku indikoi keskirirheen olevan ryhmien värillä erittäin suuri (SE >3)

Lihavoitu ja kursivoitu luku indikoi keskirirheen olevan ryhmien värillä suuri (SE= 2-3)

Kursivoitu luku indikoi keskirirheen olevan ryhmien värillä melko suuri (SE= 1-2)

a Vertailu nuorten ja työikäisten (25–39) välillä

b Vertailu työikäisten (25–39) ja työikäisten (40–65) välillä

c Vertailu nuorten ja työikäisten (40–65) välillä

d Vertailu matala- ja keskituloisten välillä

e Vertailu keski- ja korkeatuloisten välillä

f Vertailu matala- ja korkeatuloisten välillä

g Vertailu pääkaupunkiseutulaisten ja kuopolaisten välillä

Kyselyvastausten numeeristen arvojen oikaisu vastaamaan taustamuuttujien (sukupuoli, ikä, asuinalue, tulotaso ja koulutustaso) väestön odotusjakaumaa tapahtui viidessä vaiheessa.

$$1. \quad poq = \frac{p_{ijq}}{p_{ijt}}$$

jossa poq on luokan havaittu osuus kyselyssä (proportion observed in questionnaire responses)

p on todennäköisyys (probability)

i on taustamuuttuja (esim. sukupuoli, tulotaso jne.)

j on taustamuuttujan luokka (esim. sukupuoliesta mies tai nainen)

q on luokkaan kuuluvien ihmisten määrä kyselyssä

t on kyselyyn vastanneiden ihmisten määrä

$$2. \quad s_{ij} = \frac{peq}{poq}$$

$s_{ij}$  on raaka painokerroin

$peq$  on luokan odotettu osuus kyselyssä

$$3. \quad sn_{ij} = \sum_j \frac{s_i(j)}{\sum_i s_i(i)}$$

jossa  $sn_{ij}$  on taustamuuttujan luokkakohtainen painokerroin, joka ei huomioi taustamuuttujien määrää

$$4. \quad n_{ij} = \frac{sn_{ij}}{5}$$

jossa  $n_{ij}$  on taustamuuttujan luokkakohtainen painokerroin, joka huomioi taustamuuttujien määrän

$$5. \quad \bar{x}^a = \sum n_{ij} \times \bar{x}^b$$

jossa  $x^a$  on kyselyn kysymyiskohtainen taustamuuttujilla normitettu keskiarvo

$n_{ij}$  on taustamuuttujan luokan painokerroin

$x^b$  on kyselyn kysymyiskohtainen normittamaton keskiarvo (taulukko 10)

Ihmisten maksu- ja hyväksymishalukkuudessa esiintyi paljon vaihtelua. Lähes jokaisessa arvokysymyksessä oli vastaajia, jotka ilmoittivat maksuhalukkuudekseen nolla euroa. Toisaalta vastaajien joukossa oli muutamia ihmisiä, joiden maksuhalukkuus oli tuhansia euroja. Normitetut keskiarvot olivat samaa luokkaa kuin normittamattomat keskiarvot. (taulukko 10).

Taulukko 10. Arvokysymysten tunnusluvut.

Arvo-kysymys		n (kpl)	$\bar{x}^a$	$\bar{x}^b$	Max	Min	SD	SE	
K3	Tupakka-aski	€/aski	28	10,3	9,2	40	4	7,8	5,2
K4	Tupakkavero	€/kk	28	3,4	5,1	50	0	12,3	4,7
K5	Savuton asunto	€/a	56	118,0	112,8	1 000	0	198,2	150,6
K6	Savuton asunto	€	56	1997,0	2490,0	50 000	0	7 109,7	2 938,4
K9	Puunpolttovero	€/a	67	43,1	46,1	100	0	97,9	41,5
K10	Puunpolttoaltistus	€/kk	59	4,2	3,3	450	0	6,6	3,7
K12	Nopeusrajoitushyöty (autoilijat)	€/kk	241	17,8	18,9	25	0	37,3	7,3
K13	Nopeusrajoitushaitta (autoilijat)	€/kk	239	37,8	40,2	2 000	0	200,0	39,1
K14	Nopeusrajoitusmaksu (autoilijat)	€/kk	247	4,3	5,0	200	0	18,5	3,3
K15	Nopeusrajoitushyöty (jalankulkijat)	€/kk	182	16,6	15,8	160	0	25,7	11,8
K16	Nopeusrajoitushaitta (jalankulkijat)	€/kk	25	7,0	7,3	50	0	99,5	332,1

a normitettu keskiarvo

b normittamaton keskiarvo

Ryhmän edustajien laskennassa huomioitiin ryhmän edustajien prosentuaalinen määrä kyselyssä ja Suomen vuoden 2011 väkiluku (Tilastokeskus 2013). Tupakoitsijoiden määrä perustuu kirjallisuuteen (Jääskeläinen 2011). Ryhmän edustajia oli ryhmissä vaihteleva määrä. Eniten ihmisiä oli autoilijoissa ja jalankulkijoissa, vähiten puolestaan passiivitupakoitsijoissa ja puun polttajissa (taulukko 11). Ryhmän edustajien epävarmuuden laskemisessa käytettiin kaavaa 8:

$$b \pm z \sqrt{\frac{1}{n} b(1 - b)}, \quad (\text{kaava 8})$$

b on ryhmän normitettu vastausprosentti

z on satunnaismuuttujan arvo 95 % todennäköisyydellä (1,96)

n on kyselyn vastausmäärä (468)

Taulukko 11. Ryhmien edustajien määrä Suomessa arvokysymyksittäin.

Arvokysymys	Ryhmä	Ryhmän edustajia kyselyssä (%)	Ryhmän edustajia (kpl)	Epävarmuus ryhmän edustajien määrässä
K3 Tupakka-aski	Tupakoitsijat	6	656 925	-
K4 Tupakkavero	Tupakoitsijat	6	656 925	-
K5 Savuton asunto	Passiivitupakoitsijat	10	249 013	±66 777
K6 Savuton asunto	Passiivitupakoitsijat	10	249 013	± 66 777
K9 Puunpolttovero	Puun polttajat	12	296 849	± 72 105
K10 Puunpolttoaltistus	Puunsavulle altistujat	13	310 032	± 73 461
K12 Nopeusrajoitushyöty (autoilijat)	Autoilijat	57	1 387 871	± 108 740
K13 Nopeusrajoitushaitta (autoilijat)	Autoilijat	57	1 387 871	± 108 740
K14 Nopeusrajoitusmaksu (autoilijat)	Autoilijat	57	1 387 871	± 108 740
K15 Nopeusrajoitushyöty (jalankulkijat)	Jalankulkijat	43	1 042 750	± 103 242
K16 Nopeusrajoitushaitta (jalankulkijat)	Jalankulkijat	43	1 042 750	± 103 242

Tupakoitsijoiden kokemaa haittaa tupakointiin kohdistuvasta rajoitustoimenpiteestä mitattiin arvokysymyksellä K3 (Oletetaan, että tupakkavero nousee. Mikä on suurin summa, jonka suostuisitte maksamaan 20 savukkeen tupakka-askista vähentämättä tupakointianne (euroa kertamaksuna)?). Passiivitupakoitsijoiden rajoitustoimenpiteestä kokemaa hyötyä mitattiin arvokysymyksellä K6 (Kuinka paljon enemmän olisitte valmis maksamaan asunnosta (esim.kerros-tai rivitalo) sellaisessa talonyhtiössä, jossa tupakointi olisi kielletty ulko- ja sisätiloissa (euroa kertamaksuna)?). Tässä oletettiin, että henkilö asuu asunnossa kymmenen vuotta. Puun polttajien kokemaa haittaa rajoitustoimenpiteestä mitattiin arvokysymyksellä K9 ((Oletetaan, että talojen puun pienpoltto asetetaan energianverotuksen piiriin. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan tätä veroa vähentämättä puunpoltoa (euroa vuodessa)?). Puun pienpolton savuille altistuvien toimenpiteestä kokemaa hyötyä mitattiin arvokysymyksellä 10 ((Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan siitä, että toteutetaan järjestely, joka estää altistuksenne puunsavulle (euroa kuukaudessa)?). Autoilijoiden koettuja arvoja mitattiin arvokysymyksillä K12 ja K13 ja jalankulkijoiden arvokysymyksillä K15 ja K16.



## 5 TULOKSET

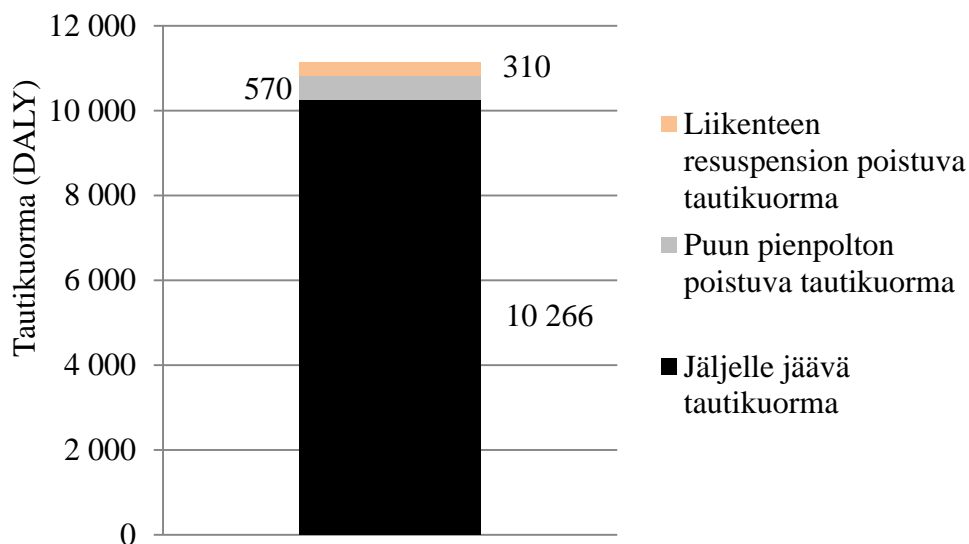
Tässä luvussa esitetään tarkasteluun valituilla toimenpiteillä saavutettavat terveyshyödyt (tautikuorman muutokset) ja niitä vastaavat kustannus- ja arvotehokkuudet. Kustannustehokkuudessa vertaillaan toimenpiteiden terveyshyötyjen rahallisia arvoja ja kustannuksia, arvotehokkuudessa edellisten lisäksi ihmisten koettuja arvoja. Toimenpiteiden terveyshyödyt, kustannukset ja koetut arvot arvioitiin 50 vuodelle, koska terveyshyödyt ilmenevät viiveellä. Puun pienpolttokielto, sen puolittaminen ja uudet nopeusrajoitukset rajattiin taajamiin, joissa niiden vaikutus altistuksen alentamiseen on paras. Tupakointiin liittyvät toimenpiteet tupakointikielto ja tupakoinnin puolittaminen toteutettiin koko Suomessa. Radonkorjaukset kohdennettiin korkean radonaltistuksen maakuntiin.

### 5.1 TOIMENPITEIDEN TERVEYSHYÖDYT

Väestön keskimääräinen kotipaikan ulkoilman pienhiukkaspitoisuus Suomessa on  $9,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Hänninen ja Knol 2011). Puun pienpoltosta peräisin olevien pienhiukkasten pitoisuus on Suomessa  $0,56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Karvosenoja ym. 2011), josta valtaosa voitiin poistaa taajamien puun pienpolttokiellolla. Kiellon jälkeen tämä altistusosuus arvioitiin olevan  $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Siten taajamien puun pienpolttokiellolla koko väestön altistuksen alenemaksi arvioitiin  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vastaavasti puun pienpolton pienhiukkasten aiheuttama tautikuorma arvioitiin olevan 646 DALY/vuosi, josta puun pienpolttokielto poistaisi 570 DALY/vuosi. Taajamien puun pienpolttokielto poistaa koko maassa pienhiukkasten tautikuormasta n. 5 % ja puun pienpolton pienhiukkasten aiheuttamasta tautikuormasta n. 90 %.

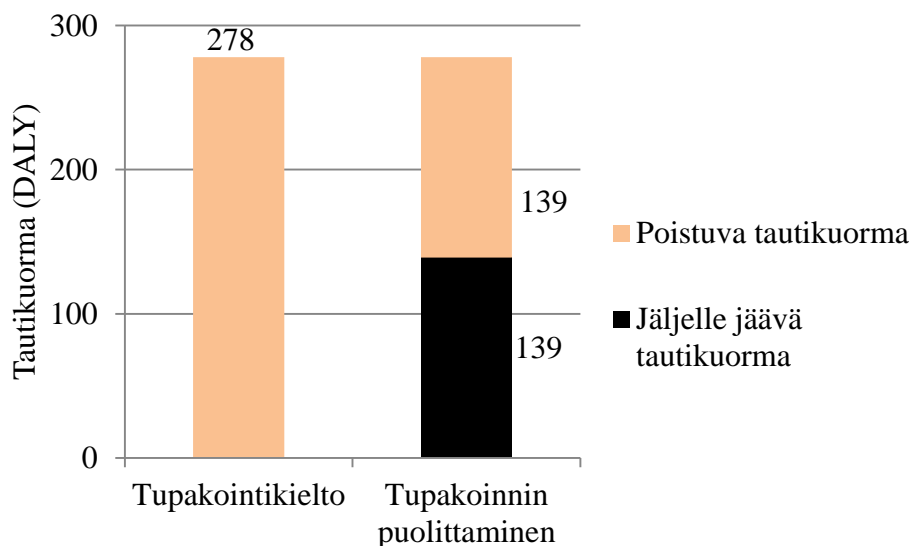
Liikenteen resuspensiopienhiukkasten pitoisuus on Suomessa  $0,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Karvosenoja ym. 2011), ja taajamien uusien nopeusrajoitusten jälkeen se on  $0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Siten alennettujen nopeusrajoitusten vaikutus koko väestön pienhiukkasaltistukseen arvioitiin olevan n.  $0,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , tai noin 2,5 % väestön koko pienhiukkasaltistuksesta. Vastaavasti liikenteen resuspensiopienhiukkasten aiheuttama tautikuorma arvioitiin olevan 803 DALY/vuosi, josta taajamien uudet nopeusrajoitukset poistavat 310 DALY/vuosi. Taajamien uudet nopeusrajoitukset vähentävät koko maassa liikenteen resuspensiopienhiukkasten aiheuttamaa tautikuormaa 38 %.

Pienhiukkasten kokonaistautikuorma on 11 146 DALY/vuosi (Hänninen ja Knol 2011). Jäljelle jäävä pienhiukkasten aiheuttama tautikuorma on 10 266 DALY/vuosi. Siten taajamien puun pienpolttokiello ja uudet nopeusrajoitukset poistavat pienhiukkasten aiheuttamasta tautikuormasta alle 10 % (kuva 18).

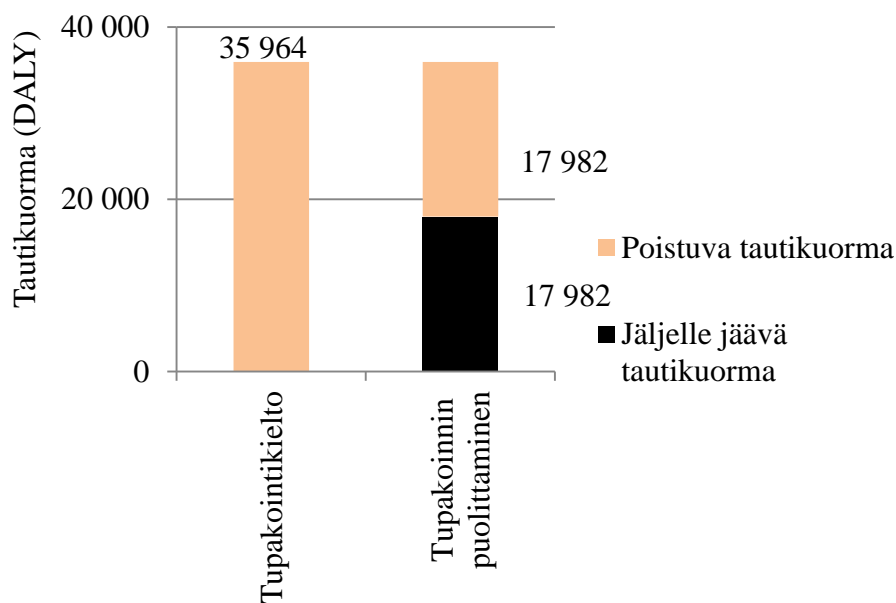


Kuva 18. Uusien ajonopeuksien ja puun pienpolttokiellon vaikutukset liikenteen resuspensiopienhiukkasten ja puun pienpolton pienhiukkasten aiheuttamaan tautikuormaan.

Passiivitupakoinnin tautikuorma on 278 DALY/vuosi (Canha ym. 2012). Tupakointikielto poistaa passiivitupakoinnin aiheuttaman tautikuorman. Jos tupakointikiellossa huomioidaan passiivitupakoinnin aiheuttaman tautikuorman lisäksi tupakoinnin tautikuorma, poistuva tautikuorma on 35 964 DALY/vuosi (Canha ym. 2012). Tupakoinnin puolittamisessa tautikuormat puolittuvat (kuvat 19 ja 20).

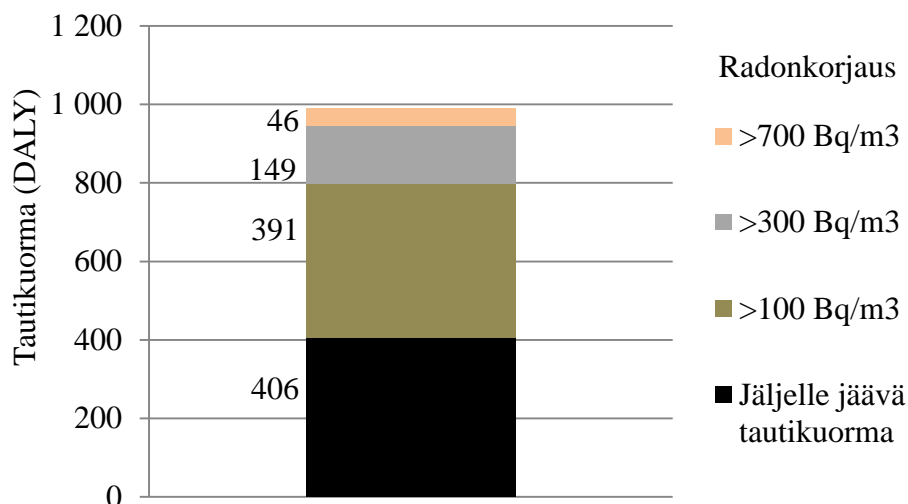


Kuva 19. Passiivitupakointiin kohdistuvien toimenpiteiden vaikutus tautikuormaan.



Kuva 20. Tupakointiin kohdistuvien toimenpiteiden vaikutus tautikuorman.

Radonin aiheuttama tautikuorma on 992 DALY/vuosi (Hänninen ja Knol 2011). Radonkorjaus vähentää radonin aiheuttamaa tautikuormaa 46, 149 tai 391 DALY/vuosi riippuen radonkorjauksen rajapitoisuudesta ( $>700$ ,  $>300$  ja  $>100$  Bq/m<sup>3</sup>). Radonkorjaus poistaa radonin aiheuttamasta tautikuormasta 5–40 % (kuva 21).



Kuva 21. Radonkorjauksen poistama tautikuorma eri rajapitoisuuksilla.

### 5.1.1 Terveysshyötyjen rahalliset arvot

Puun pienpolttokiellosta syntyvien kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on 50 vuodelle diskontattuna 2,1 miljardia euroa. Nopeusrajoitusten tuottamien kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on 1,1 miljardia euroa/50 vuotta. Tupakointikiellosta syntyvien kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on 50 vuodelle diskontattuna 1,09 miljardia euroa, jos vain passiivitupakoitsijoille syntyvät terveyshyödyt huomioidaan. Jos passiivitupakoitsijoille syntyvien terveyshyötyjen lisäksi huomioidaan tupakoitsijoille syntyvät terveyshyödyt, kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on tupakointikiellossa yli 100 miljardia euroa/50 vuotta. Radonkorjauksen tuottamien kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on 0,09 miljardia euroa/50 vuotta radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  ja 0,47 miljardia euroa/50 vuotta radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$  (taulukko 12).

Taulukko 12. Toimenpiteiden terveyshyötyjen 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset rahalliset arvot.

Toimenpide	Tautikuorman muutos (DALY/vuosi)	Rahallinen arvo (mrd €/50 vuotta)
A.1. Puun pienpolttokielto	570	2,11
A.2. Puun pienpolton puolittaminen	285	1,05
A.3. 35 km/h nopeusrajoitukset	310	1,13
B.1. Tupakointikielto		
ympäristönäkökulma	278	1,09
kokonaisterveysnäkökulma	35 964	113,00
B.2. Tupakoinnin puolittaminen		
ympäristönäkökulma	139	0,54
kokonaisterveysnäkökulma	17 982	56,50
D.1. Radonkorjaus (>700 Bq/m <sup>3</sup> )	46	0,09
Radonkorjaus (>300 Bq/m <sup>3</sup> )	149	0,47

## 5.2 TOIMENPITEIDEN KUSTANNUSTEHOKKUUS

Puun pienpolttokiellosta syntyvien terveyshyötyjen rahallinen arvo 50 vuodelle diskontattuna on yli 2 miljardia euroa ja kustannukset n. miljardi euroa, joten nettohyödyksi muodostuu miljardi euroa/50 vuotta. Puun pienpolton puolittamisesta syntyvä nettohyöty on 50 vuodelle diskontattuna 0,5 miljardia euroa. Puun pienpolttoon kohdistuvissa toimenpiteissä terveyshyötyjen ja kustannusten osuudet ovat 60 % ja 40 % (taulukko 13 ja kuvat 22 ja 24).

Taajamien uusista nopeusrajoituksista syntyvien terveyshyötyjen rahallinen arvo on yli miljardi euroa/50 vuotta, ja kustannukset 50 miljoonaa euroa/50 vuotta, joten nettohyödyksi muodostuu n. miljardi euroa/50 vuotta. Nopeusrajoitustoimenpiteessä terveyshyötyjen ja kustannusten osuudet ovat 96 % ja 4 % (taulukko 13 ja kuvat 22 ja 24).

Ympäristöterveydellisestä näkökulmasta tarkasteltuna (vain passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioidaan) tupakointikiellon ja tupakoinnin puolittamisen nettohyödyt ovat 50 vuodelle diskontattuna 6 ja 3 miljardia euroa/50 vuotta. Jos tupakointirajoituksissa huomioidaan sekä passiivitupakoitsijoille että tupakoitsijoille syntyneet terveyshyödyt, tupakointikielto tuottaa 50 vuodelle diskontattuna yli 100 miljardin euron nettovoiton, ja tupakoinnin puolittaminen 60 miljardin euron nettovoiton (taulukko 13 ja kuvat 22–24).

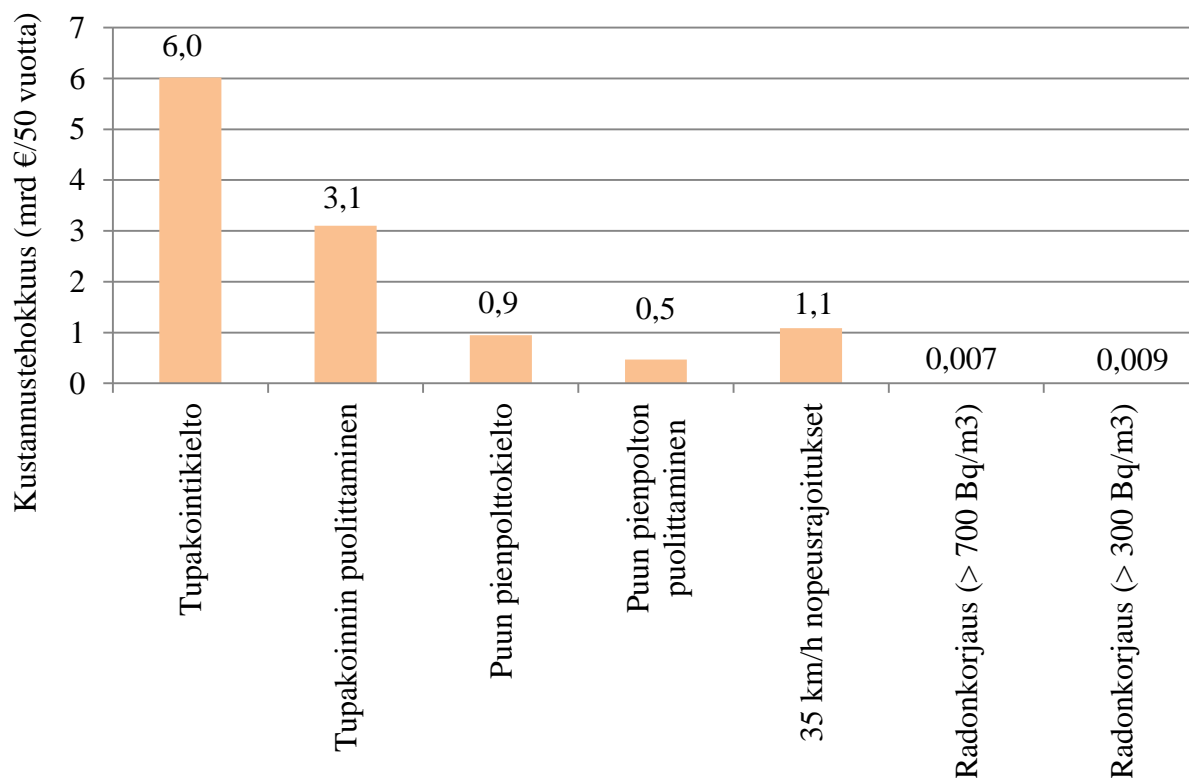
Radonkorjauksen nettohyöty on 7 miljoonaa euroa/50 vuotta radonkorjauksen rajapitoisuudella >700 Bq/m<sup>3</sup>. Rajapitoisuudella >300 Bq/m<sup>3</sup> radonkorjauksen nettohyöty on

10 miljoonaa euroa/50 vuotta. Rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  radonkorjauksen terveyshyödyt ja kustannukset jakaantuvat suhteessa 52 % ja 48 % ja rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$  50,5 % ja 49,5 % (taulukko 13) (kuvat 22 ja 23).

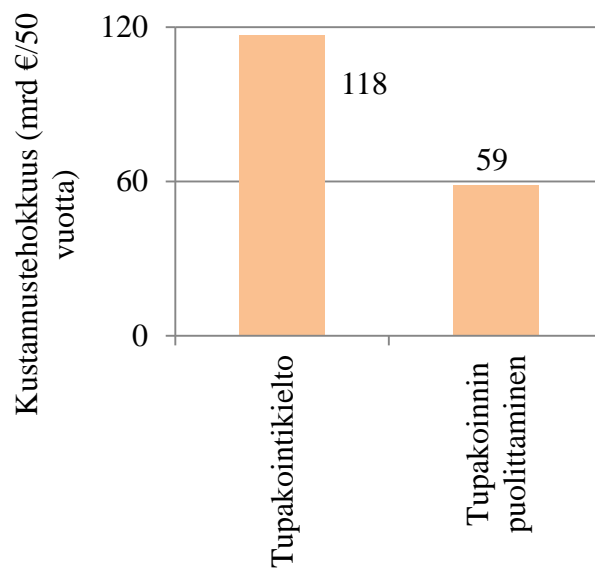
Taulukko 13. Toimenpiteiden 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset terveyshyödyt ja kustannukset.

Toimenpide	Terveyshyödyt (mrd €/50 vuotta)	Kustannukset <sup>a</sup> (mrd €/50 vuotta)	Nettohyöty (mrd €/50 vuotta)
A.1. Puun pienpolttokielto	2,11	-1,16	0,95
A.2. Puun pienpolton puolittaminen	1,05	-0,58	0,47
A.3. Uudet nopeusrajoitukset	1,13	-0,05	1,08
B.1. Tupakointikielto			
ympäristönäkökulma	1,09	4,93	6,02
kokonaisterveysnäkökulma	113,00	4,93	117,93
B.2. Tupakoinnin puolittaminen			
ympäristönäkökulma	0,54	2,56	3,10
kokonaisterveysnäkökulma	56,50	2,56	59,06
C.1. Radonkorjaus ( $>700 \text{ Bq/m}^3$ )	0,09	-0,09	0,00
Radonkorjaus ( $>300 \text{ Bq/m}^3$ )	0,47	-0,46	0,01

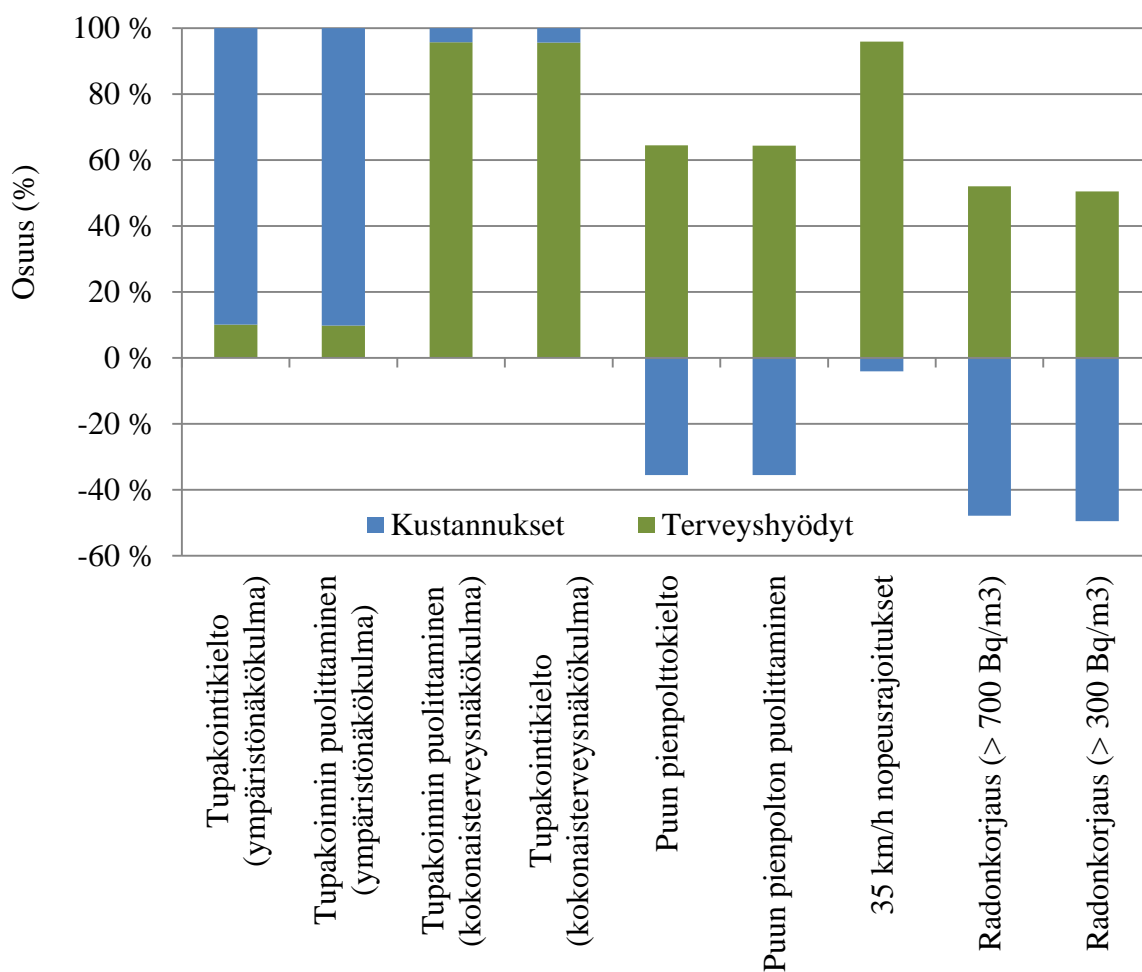
a Positiivinen luku on tuotto, negatiivinen luku kustannus.



Kuva 22. Toimenpiteiden 50 vuodelle diskontattu kumulatiivinen kustannustehokkuus. Tässä kuvassa tupakointirajoitusten terveyshyödyissä huomioitu vain passiivitupakoitsijat (ympäristönäkökulma).



Kuva 23. Tupakointirajoitusten 50 vuodelle diskontattu kumulatiivinen kustannustehokkuus. Tässä kuvassa tupakointirajoitusten terveyshyödyissä huomioitu sekä passiivitupakoitsijat että tupakoitsijat (kokonaisterveysnäkökulma).



Kuva 24. Ekonometrisen mallin suhteelliset tulokset (summa kussakin tapauksessa 100 %)

Puun pienpolttota rajoittavissa toimenpiteissä säästetty haittapainotettu elinvuosi maksaa 91 000-115 000 euroa/DALY. Taajamien uusissa nopeusajoituksissa säästetyn haittapainotetun elinvuoden kustannus on n. 7 000 euroa/DALY. Tupakointikiellosta ja tupakoinnin puolittamisesta syntyvä säästetty haittapainotettu elinvuosi ei maksa mitään, vaan päinvastoin terveyshyötyjen lisäksi tupakointitoimenpiteet tuottavat rahaa. Radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  säästetty haittapainotettu elinvuosi maksaa n. 150 000 euroa/DALY ja rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$  n. 160 000 euroa/DALY (taulukko 14).

Toimenpiteiden kustannustehokkuutta voidaan arvioida myös vuosituotolla. Taajamien puun pienpolttokiellon vuosituotto on 0,7 % ja taajamien puun pienpolton puolittamisen vuosituotto on 0,5 %. Nopeusrajoitustoimenpiteen vuosituotto on 6,5 %. Tupakointikiellon ja tupakoinnin puolittamiset vuosituotot ovat 0,5 % ja 0,2 % passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioituina. Tupakoitsijoiden ja passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioituina tupakointirajoitukset tuottaisivat n. 4 % tai 2 % vuosituoton. Radonkorjauksen rajapitoisuuksilla  $>700$  ja  $>300 \text{ Bq/m}^3$  vuosituotot ovat 0,2 % ja 0,02 % (taulukko 14).



Taulukko 14. Toimenpiteiden 50 vuodelle diskontatut kustannustehokkuudet.

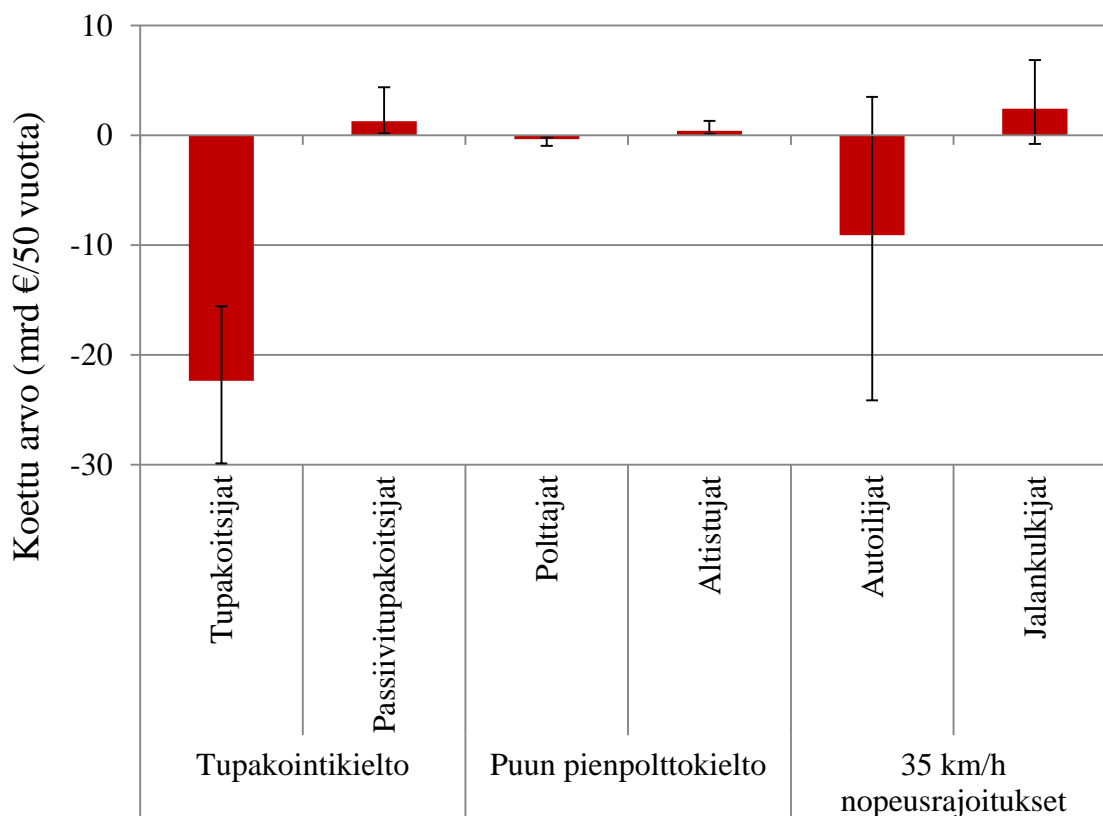
Toimenpide	Kustannukset (milj.€/50 vuotta)	Tuotot (milj.€/50 vuotta)	Terveyshyödyt (DALY/50 vuotta)	Terveyshyödyt (milj.€/50 vuotta)	Haitta- painotetun elinvuoden kustannus (€/DALY)	Vuosi- tuotto (%)
Puun pienpolttokielto	1 161	0	12 775	2 108	115 382	0,7
Puun pienpolton puolittaminen	1 513	932	6 388	1 054	90 884	0,5
35 km/h nopeusrajoitukset	48	0	6 858	1 132	6 988	6,5
Tupakointikielto <sup>a</sup>	19 162	24 092	684 842	112 999	-	4,0
Tupakoinnin <sup>a</sup> puolittaminen	25 098	27 654	342 421	56 499	-	2,4
Tupakointikielto <sup>b</sup>	19162	24 092	3 372	556	-	0,5
Tupakoinnin <sup>b</sup> puolittaminen	25 098	27 654	1 686	278	-	0,2
Radonkorjaus (> 700 Bq/m <sup>3</sup> )	86	0	561	92	153 036	0,2
Radonkorjaus (> 300 Bq/m <sup>3</sup> )	469	0	2 876	475	163 135	0,0

a Huomioi tupakoitsijoiden ja passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt (kokonaisterveysnäkökulma)

b Huomioi passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt (ympäristönäkökulma)

### 5.3 TOIMENPITEISIIN LIITTYVÄT KOETUT ARVOT

Tupakoitsijoiden kokema haitta tupakointikiellosta oli yli 20 miljardia euroa/50 vuotta. Passiivitupakoitsijat kokivat tupakointikiellosta syntyvän hyödyn miljardin euron arvoiseksi 50 vuodelle tarkastateltuna. Tupakointikiellon koettu nettoarvo oli siten n. -20 miljardia euroa/50 vuotta. Puun polton savulle altistuvien kokema hyöty taajamien puun pienpolttokiellosta oli 0,4 miljardia euroa/50 vuotta ja puun polttajien kokema haitta oli 0,3 miljardia euroa/50 vuotta, joten puun pienpolton koettu nettoarvo on 0,1 miljardia/50 vuotta. Autoilijoiden kokema haitta uusista nopeusrajoituksista oli n. 10 miljardia euroa/50 vuotta ja jalankulkijoiden kokema hyöty oli 2,4 miljardia euroa/50 vuotta. Autoilijoiden ja jalankulkijoiden koetuissa arvoissa oli selvästi eniten epävarmuutta, sillä maksimiarvion mukaan nopeusrajoitustoimenpiteestä koettu nettohyöty on yli 10 miljardia euroa/50 vuotta, kun taas parhaimman arvion mukaan nettohaitta on reilut seitsemän miljardia euroa/50 vuotta (kuva 25).



Kuva 25. Toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot 50 vuodelle diskontattuna.

#### 5.4 TOIMENPITEIDEN ARVOTEHOKKUUS

Taajamien puun pienpolttokiello tuottaa 50 vuodelle diskontattuna 1,4 miljardin euron nettohyödyn. Puun pienpolton puolittaminen tuottaa 50 vuodelle diskontattuna 0,7 miljardin euron nettohyödyn. Puun pienpoltoa rajoittavissa toimenpiteissä terveyshyötyjen rahallisten arvojen, kustannusten ja koettujen arvojen prosentuaaliset osuudet ovat 63 %, 35 % ja 2 % (taulukko 15 ja kuvat 26 ja 28).

Taajamien uudet nopeusrajoitukset muodostuvat arvotehottomaksi toimenpiteeksi (nettotappio 5,6 miljardia/50 vuotta). Terveyshyötyjen rahalliset arvot, kustannukset ja koetut arvot jakaantuvat suhteessa 14 %, 1 % ja 85 % (taulukko 15 ja kuvat 26 ja 28).

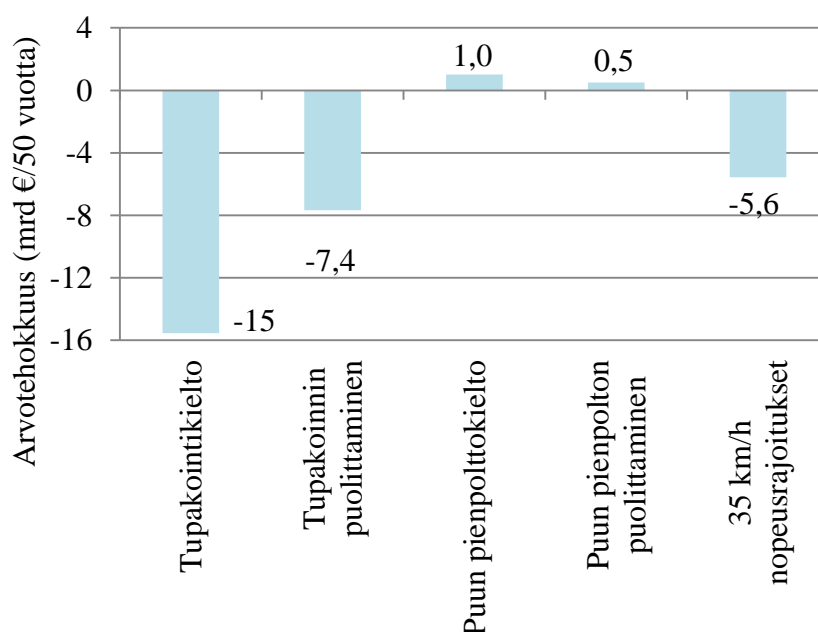
Tupakointikielto muodostuu arvotehottomaksi toimenpiteeksi (nettotappio 50 vuodelle diskontattuna 15 miljardia euroa), jos terveyshyödyissä huomioidaan ainoastaan passiivitupakoitsijat. Vastaavasti tupakoinnin puolittaminen tuottaa 50 vuodelle diskontattuna 7 miljardin euron nettotappion. Jos tupakointirajoituksissa huomioidaan lisäksi

tupakoitsijoiden terveyshyödyt, tupakointikielto ja tupakoinnin puolittaminen tuottavat 50 vuodelle diskontattuna 100 miljardin ja 50 miljardin nettohyödyn. Passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioituna tupakointikiellosta syntyvät terveyshyödyt, kustannukset (tuotot) ja koetut arvot jakaantuvat suhteessa 4 %, 19 % ja 77 %. Passiivitupakoitsijoiden ja tupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioituna terveyshyötyjen, kustannusten (tuottojen) ja koettujen arvojen osuudet ovat 81 %, 4 % ja 15 % (taulukko 15 ja kuvat 26–28).

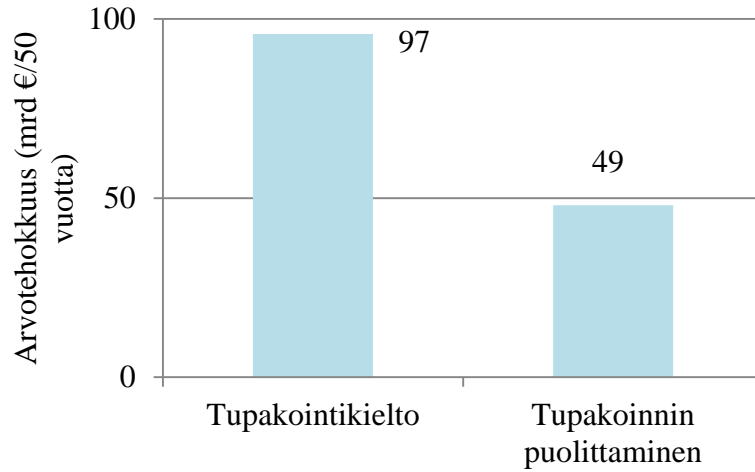
Taulukko 15. Toimenpiteiden 50 vuodelle diskontatut kumulatiiviset terveyshyödyt, kustannukset ja arvot.

Toimenpide	Terveyshyödyt (mrd €/50 vuotta)	Kustannukset <sup>a</sup> (mrd €/50 vuotta)	Arvot (mrd €/50 vuotta)	Nettohyöty (mrd €/50 vuotta)
A.1. Puun pienpolttokielto	2,11	-1,16	0,07	0,88
A.2. Puun pienpolton puolittaminen	1,05	-0,58	0,04	0,43
A.3. 35 km/h nopeusrajoitukset	1,13	-0,05	-6,64	-5,56
B.1. Tupakointikielto				
ympäristönäkökulma	1,09	4,93	-21,04	-15,02
kokonaisterveysnäkökulma	113,00	4,93	-21,04	96,89
B.2. Tupakoinnin puolittaminen				
ympäristönäkökulma	0,54	2,56	-10,52	-7,42
kokonaisterveysnäkökulma	56,50	2,56	-10,52	48,54

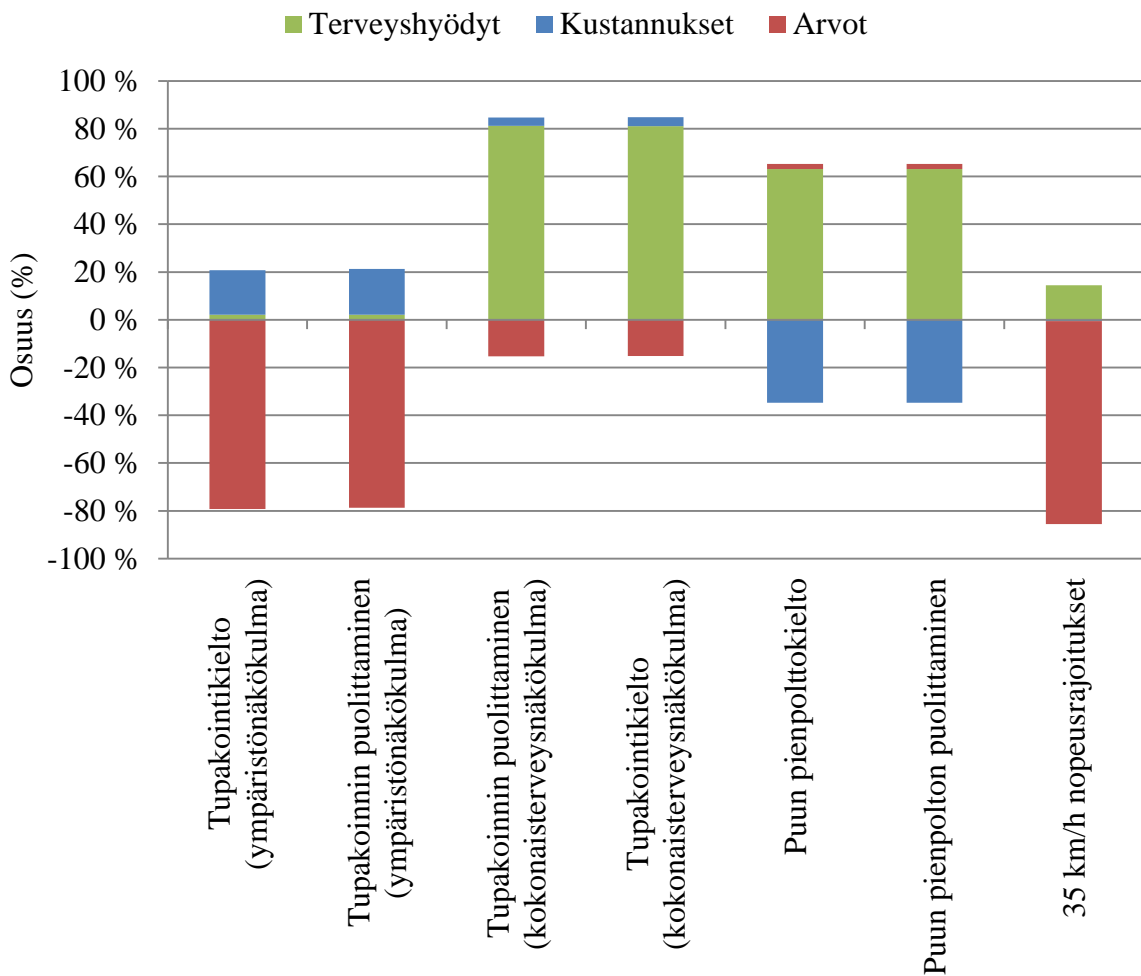
a Positiivinen luku on tuotto, negatiivinen luku on kustannus.



Kuva 26. Toimenpiteiden 50 vuodelle diskontattu kumulatiivinen arvotehokkuus. Tupakointirajoitusten terveyshyödyissä huomioitu vain passiivitupakoitsijat (ympäristönäkökulma).



Kuva 27. Tupakointirajoitusten 50 vuodelle diskontattu kumulatiivinen arvotehokkuus. Terveysyödyissä huomioitu sekä passiivitupakoitsijat että tupakoitsijat (kokonaisterveysnäkökulma).



Kuva 28. Ekonometrisen mallin suhteelliset tulokset (summa kussakin tapauksessa 100 %).

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 TOIMENPITEIDEN VAIKUTUS TAUTIKUORMAAN

Puun pienpoltosta peräisin olevien pienhiukkasten on arvioitu aiheuttavan vuosittain Suomessa n. 250 ennen aikaista kuolemaa (Kukkonen ym. 2007). Suomalaisten puun pienpoltto on 2000-luvulla lisääntynyt 50 % (Tilastokeskus 2012d). Euroopan unionin tavoite vuodelle 2020 on, että 20 % energiasta tuotetaan uusiutuvilla luonnonvaroilla, jolloin puun pienpoltto todennäköisesti edelleen kasvaa (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY). Tärkeästä ympäristöterveydellisestä vaikutuksesta huolimatta puun pienpoltton pienhiukkaspäästöjen torjunta ei ole ollut riittävän tehokasta (Salonen 2006). Ympäristöterveyshaittojen torjunnassa taajamien puun pienpolttokielto on toimenpiteenä tehokas, sillä koko maassa se poistaa puun pienpoltton pienhiukkasten aiheuttamasta tautikuormasta lähes 90 %. Tarkastelluista toimenpiteistä taajamien puun pienpolttokielto poistaa tautikuormaa kolmanneksi eniten, kun poistuvaa tautikuormaa mitataan DALY-yksiköllä.

Liikenteen pienhiukkaspäästöt koostuvat pakokaasu- ja resuspensiopäästöistä, joista pakokaasupäästöjä on rajoitettu Euroopan unionissa ns. EURO-standardeilla (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 715/2007). Resuspensiopäästöjä ei ole vastaavalla tavalla rajoitettu. Taajamien uusien nopeusrajoitusten tuottama terveyshyöty on puolet taajamien puun pienpolttokiellon tuottamasta terveyshyödystä.

Opinnäyteyössä tarkasteltujen pienhiukkaspäästöihin kohdistuvien tehokkaimpien toimenpiteiden (taajamien puun pienpolttokiellon ja uusien nopeusrajoitusten) vaikutus pienhiukkasten kokonaistautikuormaan jää vähäiseksi, sillä toimenpiteet alentavat pienhiukkasten aiheuttamaa tautikuormaa vain alle 10 %. Suurin osa Suomessa esiintyvistä pienhiukkasista on peräisin muualta Euroopasta (Alaviippola ja Pietarila 2011), ja tätä kaukokulkeumaa Suomi ei yksin kykene torjumaan. Kaukokulkeuman torjuntaan tarvitaan ylikansallisia sopimuksia. Euroopan unioni on määrittänyt tavoitteen, jonka mukaan vuoteen 2015 mennessä kalenterivuoden pienhiukkaspitoisuuden keskiarvo saa olla jäsenvaltiossa korkeintaan  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Suomi ei joudu toteuttamaan lisävähennyksiä, koska vuosien 2009–

2011 pitoisuuskeskiarvo oli alle vaaditun  $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (keskimääräisen altistumisen indikaattori). (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/50/EY.)

Tupakoinnin rajoitustoimenpiteet vähentävät tautikuormaa ylivoimaisesti eniten. Tupakointikielto poistaa sekä passiivitupakoinnin ja tupakoinnin tautikuorman kokonaan ja tupakoinnin puolittaminen puolittaa tautikuormat. Tupakointikiellon tuottama terveyshyöty on 60-kertainen verrattuna puun pienpolttokieltoon silloin, kun poistuvassa tautikuormassa huomioidaan passiivitupakoitsijat ja tupakoitsijat. Tupakoinnin torjunnassa on viime vuosina otettu merkittäviä edistysaskelia (Heloma ym. 2012) ja opinnäytetyön tupakointikielto sopii hyvin siihen tavoitteeseen, että Suomi on savuton vuonna 2040 (Hallituksen esitys 180/2009).

Radonkorjauksen vaikutus tautikuormaan riippuu radonkorjauksen toimenpiderajasta. Parhaimmillaan radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>100 \text{ Bq}/\text{m}^3$  radonin tautikuormasta poistuu 40 %, jolloin radonkorjaus tuottaa DALY-yksiköllä mitattuna sadasosan siitä terveyshyödystä, joka on saavutettavissa tupakointikiellolla. Jos korjausraja asetetaan  $>700 \text{ Bq}/\text{m}^3$ , radonkorjaus poistaa radonin tautikuormasta vain 5 %. Tautikuormassa tämä on 1/800 tupakointikiellon vaikutuksesta.

## **6.2 TOIMENPITEIDEN KUSTANNUSTEHOKKUUS**

Puun pienpolton rajoitustoimenpiteiden kustannukset ovat puolet terveyshyötyjen rahallisesta arvosta, kun taas nopeusrajoitustoimenpiteen kustannukset ovat kahdeskymmenesosa terveyshyötyjen rahallisesta arvosta. Puun pienpolttokielto ja uudet nopeusrajoitukset tuottavat lähes yhtä suuren nettohyödyn, mutta vuosituotolla mitattuna taajamien puun pienpolttokiellon vuosituotto on kymmenesosa nopeusrajoitustoimenpiteen vuosituotosta. Puun pienpolttoa rajoittavissa toimenpiteissä säästetyn haittapainotetun elinvuoden (DALY) hinta on kymmenkertainen nopeusrajoitustoimenpiteeseen verrattuna. Nyt tulee huomioida, että puun pienpolttokiellossa ei ole huomioitu sähköyhtiölle korvaavasta energiasta syntyviä myyntituloja (vertaa esim. puun pienpolton puolittamisessa valtiolle vero on tulo, puun polttajalle meno). Jos se olisi huomioitu em. tavalla, puun pienpolttokiellon vuosituotto olisi ollut 1,2 % ja haittapainotettu elinvuosi olisi maksanut 30 000 euroa/DALY (taulukot 13 ja 14).

Tupakointirajoitukset ovat kustannustehokkaimpia toimenpiteitä, kun tupakointitoimenpiteissä huomioidaan sekä passiivitupakoitsijoiden että tupakoitsijoiden terveyshyödyt. Tupakointirajoitusten tuotot ovat kahdeskymmenesosa terveyshyötyjen rahallisesta arvosta. Tupakointikiellon nettohyöty on satakertainen verrattuna kustannustehokkaimpaan ei-tupakointitoimenpiteeseen, taajamien nopeusrajoitustoimenpiteeseen. Jos tupakointirajoitusten terveyshyödyissä huomioidaan vain passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt, terveyshyötyjen rahallinen arvo on kymmenkertainen verrattuna tupakointirajoitusten tuottoihin. Tällöin tupakointikiellon nettohyöty on viisinkertainen nopeusrajoitustoimenpiteen nettohyötyyn verrattuna (taulukko 13).

Radonkorjauksen kannattavuutta on tarkasteltu kustannus-vaikuttavuuden näkökulmasta (mm. Stigum ym. 2003), mutta kustannustehokkuuteen nojautuvasta radonkorjauksen kannattavuudesta on vähän tieteellistä kirjallisuutta. Petersen ja Larsen (2006) selvittivät radonkorjauksen kustannustehokkuutta Tanskassa ennen vuotta 1998 rakennettuihin asuntoihin, joihin ei kohdistu radonteknisiä rakennusvelvoitteita. Jos tällaisten asuntojen radonpitoisuus ylittää  $200 \text{ Bq/m}^3$ , asunto radonkorjataan.

Petersen ja Larsen (2006) totesivat, että asuntojen radonkorjaus ei ole taloudellisesti kannattavaa, koska radonkorjauksen nykyarvoon lasketut kustannukset (141 miljoonaa euroa) ylittävät radonkorjauksella saavutettavat nykyarvoon lasketut terveyshyödyt (vältettyjen keuhkosityöpien rahallinen arvo 79 miljoonaa euroa). Nykyarvoa laskettaessa Petersen ja Larsen (2006) käyttivät diskonttauskorkona kuutta prosenttia, mikä teki radonkorjauksesta taloudellisesti kannattamattoman. Jos diskonttauskorkona olisi käytetty korkeintaan 4,3 prosenttia, radonkorjaus olisi ollut taloudellisesti kannattavaa (Petersen ja Larsen 2006).

Tässä opinnäytetyössä kustannusten ja terveyshaitan aleneman rahallisen arvon nykyarvon laskemisessa käytettiin WHO:n suosittelemaa/käyttämää kolmen prosentin diskonttauskorkoa (WHO 2014). Tällöin rahaksi muutetut terveyshyödyt olivat 50 vuodelle diskontattuna n. 150 miljoonaa euroa (rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) ja n. 475 miljoonaa euroa (rajapitoisuus  $>300 \text{ Bq/m}^3$ ). Radonkorjauksen diskontatut kumulatiiviset kustannukset 50 vuodelle diskontattuna olivat 85 miljoonaa euroa (rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) ja 465 miljoonaa euroa (rajapitoisuus  $>300 \text{ Bq/m}^3$ ). Molemmissa tapauksissa radonkorjaus muodostuu juuri ja juuri taloudellisesti kannattavaksi, koska radonkorjauksen nettohyöty on 7-9 miljoonaa euroa/50 vuotta.

Radonkorjauksen vuosituotto on rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  0,2 %, mutta rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$  vain 0,02 %. Radonkorjauksen vuosituotto on 1/30–1/300 nopeusrajoitustoimenpiteen vuosituotosta. Radonkorjauksessa säästetty haittapainotettu elinvuosi maksoi 150 000-160 000 €/DALY, mutta nopeusrajoitustoimenpiteessä vain 7 000 €/DALY. Radonkorjaus on tarkastelluista toimenpiteistä kustannustehottomin toimenpide (taulukot 13 ja 14).

Radonkorjauksen rajapitoisuuden valitsemisessa terveys ja raha ovat vastakkain. Jos ajatellaan ensisijaisesti terveyttä, WHO:n suosituksen mukaan kaikki pientaloasunnot, joissa sisäilman radonpitoisuus ylittää  $100 \text{ Bq/m}^3$ , tulisi radonkorjata (WHO 2000). Näiden kohteiden radonkorjaus ei ole taloudellisesti kannattavaa. Radonkorjaus voidaan tehdä kustannustehokkaasti, mutta silloin saavutettavat terveyshyödyt jäävät pienemmiksi. Valinta kustannusten ja terveyshyötyjen välillä ei ole helppo.

Radonin haitoista noin 85 % aiheutuu tupakoiville henkilöille. Siten tämä osuus radonin haitoista voidaan poistaa tupakointikiellolla ilman ylimääräisiä kustannuksia. Toisaalta tupakoijien keuhkosityöpärisä itse tupakoinnista on huomattavasti korkeampi kuin radonin siihen aiheuttama lisäys; siten radonin torjunta on tehoton keino alentaa tupakoitsijoiden keuhkosityöpärisä. (Mäkeläinen 2010). Jos Savuton Suomi 2040- tavoite toteutuu, radon-ongelma supistuu huomattavasti, vaikkakaan ei aivan kokonaan poistu.

### **6.2.1 Toimenpiteiden kustannustehokkuus eri tahojen näkökulmasta**

Tähän mennessä 6.2 luvussa tarkastelluissa toimenpiteiden kustannustehokkuudessa on huomioitu yhteiskunnallinen näkökulma. Toimenpiteen kannattavuutta voidaan katsoa myös valtion tai toiminnanharjoittajan (tässä yhteydessä esim. tupakoitsijan tai puun polttajan) näkökulmasta. Valtion näkökulmasta taajamien puun pienpolttokiellosta syntyy 100 miljoonaa euron kustannukset/50 vuotta, mutta puun polttajille syntyvät kustannukset ovat miljardi euroa/50 vuotta, jos oletetaan että polttopuu on ollut markkinahintaista ja korvaava energia ostetaan sähköenergian mukaan laskettuun markkinahintaan. Puun pienpolton puolittamistoimenpiteessä valtio saa toimenpiteessä tuloja n. miljardi euroa/50 vuotta, mutta puun polttajille toimenpide kustantaa n. 1,5 miljardia euroa.



Tupakointikiellossa tupakoitsijat säästävät 19 miljardia euroa/50 vuotta, kun taas valtio menettää rahaa n. 13 miljardia euroa/50 vuotta. Tupakoinnin puolittamisessa valtio saa tuloja lähes 30 miljardia euroa/50 vuotta, mutta tupakoitsijoille syntyvät kustannukset ovat 25 miljardia euroa/50 vuotta. Tupakoinnin hintapoliittisen rajoittamisen kustannushyötytarkastelussa verotuksen vaikutusta ei ole eritelty vaan verotus on laskettu tupakoitsijalle kuluksi ja valtiolle tuotoksi, jolloin vaikutus nettohyötyyn on nolla. Tupakoinnin puolittaminen verotusta kiristämällä kuitenkin johtaa valtion verokertymän huomattavaan kasvuun nykyiseen tasoon verrattuna, jota voitaisiin periaatteessa käyttää argumenttina toimenpidevaihtoehdon arvioinnissa. Tupakoinnin täyskielto tietenkin poistaa tupakkatuotteisiin kuluvan summan kokonaan kuluista, mutta poistaa myös tupakkaverokertymän kokonaan valtion budjetista.

Valtion näkökulmasta katsottuna tuottoisin toimenpide on tupakoinnin puolittaminen, kun taas yhteiskunnallisesti tuottoisin toimenpide on tupakointikielto. Päätöksenteossa on tärkeää huomioida toimenpiteiden kannattavuutta eri tahojen näkökulmasta.

### **6.3 TOIMENPITEIDEN ARVOTEHOKKUUS**

Pienhiukkasiin kohdistuvissa toimenpiteissä (taajamien puun pienpolton rajoitustoimenpiteissä ja uusissa nopeusrajoituksissa) ihmisten koetut arvot vaikuttivat kokonaistehokkuuteen eri tavalla. Taajamien puun pienpolton rajoitustoimenpiteissä puun polttajien kokema haitta ja puunsavulle altistujien kokema hyöty ovat lähes yhtä suuria (kuva 25). Taajamien puun pienpolttorajoitustoimenpiteistä koettu nettoarvo on kolmaskymmenesosa puun pienpolton rajoitustoimenpiteistä syntyvistä terveyshyödyistä ja kahdeskymmenesosa toimenpiteiden kustannuksista. Tarkastelluista toimenpiteistä taajamien puun pienpolttokiello on kolmanneksi arvotehokkain toimenpide ja puun pienpolton puolittaminen neljänneksi arvotehokkain toimenpide. Puun pienpolttotoimenpiteiden arvotehokkuus on sadasosa tupakointirajoitusten arvotehokkuudesta (taulukko 15).

Taajamien nopeusrajoitustoimenpiteessä autoilijoiden koetut haitat ovat nelinkertaiset verrattuna jalankulkijoiden kokemiin hyötyihin (kuva 25). Alennetuista nopeusrajoituksista syntyvä koettu nettoarvo on kuusinkertainen terveyshyötyihin verrattuna ja satakertainen arvioituihin kustannuksiin verrattuna. Kyselyssä autoilijat kokivat

35 km/h nopeusrajoituksesta aiheutuvan heille suurta haittaa, esim. mm. matka-aikojen pidentymistä tai ajamisen nautinnon laskemista. Taajamien uudet nopeusrajoitukset on kaikista tarkastelluista toimenpiteistä nettohyödyn perusteella kolmanneksi arvotehottomin. Opinnäytetyössä tarkastelluista pienhiukkasiin kohdistuvista toimenpiteistä taajamien uudet nopeusrajoitukset on arvotehottomin toimenpide. Nopeusrajoitustoimenpiteen arvotehokkuus on seitsemäsosa arvotehokkaimmasta pienhiukkasiin kohdistuvasta toimenpiteestä eli taajamien puun pienpolttokiellosta (taulukko 15).

Kaikista toimenpiteistä tupakoitsijat kokivat tupakointikiellosta syntyvän haitan suurimmaksi: tupakoitsijoiden kokema haitta on 20-kertainen verrattuna passiivitupakoitsijoiden kokemaan hyötyyn (kuva 25). Tupakoinnin rajoitustoimenpiteiden arvotehokkuuteen vaikutti voimakkaasti se, keiden terveyshyödyt toimenpiteissä huomioidaan. Vain passiivitupakoitsijoiden terveyshyödyt huomioituina (ympäristönäkökulma) tupakointikielto ja tupakoinnin puolittaminen olivat tarkastelujen arvotehottomimpia toimenpiteitä. Jos tupakoinnin rajoitustoimenpiteissä huomioidaan sekä passiivitupakoitsijoiden että tupakoitsijoiden terveyshyödyt, tupakointikielto on arvotehokkain toimenpide ja tupakoinnin puolittaminen toiseksi arvotehokkain toimenpide. Tällöin tupakointikiellon arvotehokkuus on arvotehokkaimpaan ei-tupakointitoimenpiteeseen, taajamien puun pienpolttokieltoon, verrattuna satakertainen. Sekä passiivitupakoitsijoiden ja tupakoitsijoiden terveyshyötyjen huomioiminen on perusteltua, koska koettujen arvojen kyselyssä tupakointiin liittyviä arvoja kysyttiin sekä tupakoitsijoilta että passiivitupakoitsijoilta (taulukko 15).

Vaikka tupakointiin liittyvät toimenpiderajoitukset koettiin kaikista haitallisimmiksi, tupakointikieltotoimenpiteessä diskontattujen kumulatiivisten terveyshyötyjen rahallinen arvo on viisinkertainen toimenpiteestä aiheutuviin haittoihin verrattuna (kokonaisterveysnäkökulma) (taulukko 15). Tämän perusteella tupakoitsijat eivät näyttäisi toimivan rationaalisesti. Tupakointiin liittyviä koettuja arvoja mitattiin vain vajaalta 30 korkeastikoulutetulta henkilöltä, mikä voi vääristää tupakointiin liittyviä koettuja arvoja. Vaikka tupakoitsijat suhtautuvat tupakointirajoituksiin myönteisemmin, tupakointiin kohdistuvat rajut toimenpiteet (esim. parveketupakointikielto) näytetään vielä torjuvan (Heloma ym. 2012).

#### **6.4 TARKASTELTUIJEN TOIMENPITEIDEN PRIORISOINTI**

Tarkasteltujen toimenpiteiden priorisointia voidaan tarkastella toimenpiteen tuottaman terveyshyödyn, kustannustehokkuuden tai arvotehokkuuden perusteella. Kokonaisterveyden näkökulmasta katsottuna tupakointikielto tulisi toteuttaa tarkastelluista toimenpiteistä ensimmäisenä, koska se on eri priorisointimittareiden perusteella kannattavin toimenpide. Ympäristönäkökulmasta katsottuna tupakointirajoituksia ei tulisi toteuttaa ensimmäisenä, koska tupakointirajoitukset saavat melko suuria priorisointinumeroita. Pienhiukkasiin kohdistuvista toimenpiteistä taajamien nopeusrajoitustoimenpide tulisi kustannustehokkuuden perusteella toteuttaa ensimmäisenä, mutta arvotehokkuuden perusteella puun pienpolton rajoitustoimenpiteet tulisi toteuttaa pienhiukkasiin kohdistuvista toimenpiteistä ensimmäisenä. Radonkorjaus tulisi toteuttaa kustannustehokkuuden mukaan viimeisenä (taulukko 16).

Taulukko 16. Toimenpiteiden priorisointijärjestys.

Toimenpide	Prioriteettiperuste				
	Terveys	Kustannustehokkuus		Arvotehokkuus	
		Nettohyöty	Vuosituotto	Koetut arvot	Nettohyöty
Puun pienpolttokielto	3	6	4	1	3
Puun pienpolton puolittaminen	5	7	5	2	4
Alennetut nopeusrajoitukset	4	5	1	3	5
Tupakointikielto <sup>a</sup>	1	1	2	5	1
Tupakoinnin puolittaminen <sup>a</sup>	2	2	3	4	2
Tupakointikielto <sup>b</sup>	6	3	6	-	7
Tupakoinnin puolittaminen <sup>b</sup>	7	4	7	-	6
Radonkorjaus (>300)	8	8	9	-	-
Radonkorjaus (>700)	9	9	8	-	-

a Kokonaisterveysnäkökulma

b Ympäristönäkökulma

Mitä pienempi numero, sitä korkeampi prioriteetti.

## 6.5 TULOKSIIN LIITTYVÄT EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Opinnäytetyön kolmeen komponenttiin (terveyshyötyihin, kustannuksiin ja koettuihin arvoihin) liittyy monia epävarmuustekijöitä.

Tautikuormalaskelmiin epävarmuutta aiheuttaa altistustasojen ja niiden aiheuttamien terveysvasteiden määrä: radon aiheuttaa pääasiassa keuhkosityöpää, mutta pienhiukkaset useita hengityselinsairauksia. On mahdollista, että pienhiukkasten tautikuorma-arvioissa ei ole identifioitu kaikkia vasteita. Epävarmuutta liittyy myös pienhiukkasten haitallisuuteen. Työssä oletettiin, että puun pienpoltosta ja liikenteestä syntyvät pienhiukkaset ovat koostumukseltaan yhtä haitallisia kuin pienhiukkaset keskimäärin. Näin ei kuitenkaan välttämättä ole.

Opinnäytetyössä terveyshyödyille laskettiin rahallinen arvo (165 000 €/DALY), jotta terveyshyötyjä, kustannuksia ja koettuja arvoja voidaan vertailla. Terveystyödyn muuttamiseen rahaksi liittyy kuitenkin epävarmuutta, koska terveyshyödyn rahallisen arvon määrittämisessä käytetään maksuhalukkuutta, johon liittyy monia ongelmia. Lisäksi arviot terveyden rahallisesta arvosta vaihtelevat huomattavasti. Muissa tutkimuksissa terveyden

rahallinen arvo on vaihdellut 41 000–120 000 €/DALY. Terveyden rahallinen arvo riippuu myös elintasosta. (Gynther ym. 2012.)

Toimenpidekohtaiset kustannukset perustuvat arvioihin ja niissä on pyritty huomioimaan olennaiset kustannuserät suuruusluokittain.

Oma epävarmuutensa liittyy toimenpiteisiin liittyvien koettujen arvojen mittaamiseen kyselyllä. Kysely toteutettiin pilottina, jossa kyselypopulaationa oli korkeakoulutettuja tutkijoita ja/korkeaan koulutukseen tähtääviä yliopisto-opiskelijoita sekä Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen työntekijöitä Kuopiosta ja Helsingistä. Tämän vuoksi kyselyssä on todennäköisesti suuri edustavuuden ongelma, koska kyselypopulaatiossa painottuivat akateemiset henkilöt. Vaikka kyselyn vastaukset normitettiin taustamuuttujien mukaan, normituksella ei välttämättä voida korjata kyselyn vääristynyttä edustavuutta.

Kunkin kohderyhmän edustajien määrä huomioitiin koettujen arvojen laskemisessa. Ryhmän edustajien määrästä luotettavaa kirjallisuuteen perustuvaa tietoa oli pelkästään tupakoitsijoista. Muiden ryhmien, kuten taajamissa asuvien puun polttajien määrä arvioitiin normitetulla kysymyskohtaisella vastausprosentilla. Näistä autoilijoiden ja jalankulkijoiden määrät vaikuttivat järkeviltä, mutta puun polttajien ja puun polton savuille altistuvien määrät ovat kaikista epävarmimmat. Ryhmän edustajien määrä on mahdollinen virhelähde.

On myös olennaista pohtia, kuinka hyvin ehdollisen arvottamisen menetelmä ja avoimen kysymyksen tekniikka sopivat koettujen arvojen mittaamiseen. Ehdollisen arvottamisen menetelmä on sinänsä kätevä, koska sillä voidaan kysyä lähes minkä tahansa asian rahallista arvoa. Ehdollisen menetelmän heikkous ja vahvuus on samaan aikaan se, että kyseessä on kuvitteellinen toimenpide. Toimenpide ei välttämättä koskaan toteudu eli ihmisten ei tarvitse maksaa oikeasti mitään. Ehdollisen arvottamisen menetelmä sopinee parhaiten materiaana olemassa olevien tavaroiden rahalliseen arvottamiseen, koska ihmisillä on niistä käytännön kokemusta. Tämän vuoksi ympäristöterveyttä edistävästä toimenpiteistä syntyvien hyötyjen ja haittojen rahallinen arvottaminen voi olla vaikeaa. Avoimen kysymyksen tekniikassa on se heikkous, että ihmisten vastauksia ei voida asettaa mitta-asteikolle. Lisäksi ihmiset ovat voineet vastata tarkoituksella väärin, jotta syntyisi vastaajan kannalta mieluinen lopputulos. (Ecosystem valuation 2013.) Kysymyksiin liittyy myös se ongelma, että ne eivät välttämättä

kykene mittaamaan ryhmän edustajien koettuja arvoja. Kyselyssä oletettiin, että ihmisten koetut arvot eivät muutu 50 vuoden aikana, vaikka todellisuudessa ne voivat muuttua.

Epävarmuutta sisältyy myös kuluttajien hintajousto, jota hyödynnettiin tupakoinnin puolittamisessa. Hintajouston oletettiin käyttäytyvän lineaarisesti, mutta käytännössä hinnan noustessa paljon hintajousto laskee eksponentiaalisesti. Täten voi olla, että savukeaskin hinnan korottaminen 12 euroon ei todellisuudessa puolita ihmisten tupakointia.

Ekonometrisen mallin vakaudessa oli toimenpidekohtaisesti eroavaisuuksia. Vakain ekonometrinen malli oli tupakointiin liittyvissä toimenpiteissä, kun toimenpiteiden terveyshyödyissä huomioitiin passiivitupakoitsijat ja tupakoitsijat, ja puun pienpolton puolittamisessa, koska toimenpiteen kannattavuuteen (kustannus- ja arvotehokkuuden nettohyöty  $>0$  miljardia euroa/50 vuotta) ei vaikuttanut, mitä arviota terveyshyötyjen rahalliselle arvolle, kustannuksille ja koetuille arvoille (paras, minimi tai maksimi) käytettiin. Tupakointikiellon kustannustehokkuus oli 100–130 miljardia euroa/50 vuotta ja arvotehokkuus 90–100 miljardia euroa/50 vuotta. Tupakoinnin puolittamisen kustannustehokkuus oli 50–64 miljardia euroa/vuotta ja arvotehokkuus 40–58 miljardia euroa/50 vuotta. Puun pienpolton puolittamisen kustannustehokkuus oli 0,4–0,6 miljardia euroa/50 vuotta ja arvotehokkuus 0,1–0,9 miljardia euroa/50 vuotta.

Melko vakaa ekonometrinen malli oli nopeusrajoitustoimenpiteessä ja puun pienpolttokiellossa. Nopeusrajoitustoimenpiteen kustannustehokkuus oli  $-0,3+1$  miljardia euroa/50 vuotta ja arvotehokkuus  $-26+12$  miljardia euroa/50 vuotta. Puun pienpolttokielion kustannustehokkuudeksi muodostui  $-0,6+1,2$  miljardia euroa/50 vuotta ja arvotehokkuudeksi  $-0,1+1,8$  miljardia euroa/50 vuotta. Epävakaimmaksi ekonometrinen malli osoittautui radonkorjauksessa. Radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>700$  Bq/m<sup>3</sup> kustannustehokkuus oli  $-70+150$  miljoonaa euroa/50 vuotta ja rajapitoisuudella  $>300$  Bq/m<sup>3</sup>  $-470+700$  miljoonaa euroa/50 vuotta.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä verrattiin ympäristöaltisteiden torjuntatoimenpiteistä syntyviä terveyshyötyjä, kustannuksia ja toimenpiteisiin liittyviä koettuja arvoja. Opinnäytetyössä havaittiin, että tupakointia lukuun ottamatta tarkasteltujen ympäristöaltisteiden tautikuorman poistaminen kokonaan on erittäin vaikeaa. Silloinkin, kun se on teknisesti mahdollista (tupakointikielto), siihen liittyy vakavia koettuihin arvoihin ja kansalaisten vapauksiin liittyviä ongelmia.

Taajamien puun pienpolttokiellon kustannus- ja arvotehokkuus on 1,3–1,4 miljardia euroa/50 vuotta. Taajamien nopeusrajoitustoimenpiteen kustannustehokkuus on 1,3 miljardia euroa/50 vuotta. Radonkorjauksen kustannustehokkuus on rajapitoisuuksilla  $>700$  ja  $>300$  Bq/m<sup>3</sup> n. 10 miljoonaa euroa/50 vuotta. Rajapitoisuudella 100 Bq/m<sup>3</sup> radonkorjaus ei ole enää kustannustehokas, mutta tuottaa kustannustehokkaita interventiotasoja suuremman terveyshyödyn. Tupakointiin liittyvät toimenpiteet ovat kustannus- ja arvotehokkaimpia (nettohyödyt jopa yli 100 miljardia euroa/50 vuotta) silloin, kun terveyshyödyissä huomioidaan passiivitupakoitsijat ja tupakoitsijat. Jos tarkastelussa rajaudutaan vain ei-tupakoitsijoiden altistukseen (ympäristönäkökulma), tupakointirajoitukset eivät ole arvotehokkaita (nettohyöty -15– -7 miljardia euroa/50 vuotta).

Opinnäytetyössä saatujen tulosten perusteella kaikki toimenpiteet, paitsi radonkorjaus rajapitoisuudella  $>100$  Bq/m<sup>3</sup>, ovat kustannustehokkaita ja ne tulisi sen perusteella toteuttaa. Arvotehokkuuden näkökulmasta katsottuna kaikki toimenpiteet taajamien nopeusrajoitustoimenpidettä lukuun ottamatta tulisi toteuttaa. Arvotehokkuusarvioihin sisältyy tässä pilottitutkimuksessa epävarmuuksia, joiden osalta menetelmiä on perusteltua tarkentaa.

Toimenpiteiden kustannustehokkuus on hyödyllistä laskea, jotta tiedetään, onko toimenpiteen toteuttaminen taloudellisesti kannattavaa. Arvotehokkuuden näkökulmasta tarkastellut toimenpiteet sopivat melko hyvin ekonometriseen malliin, koska toimenpiteiden arvotehokkuudessa havaittiin eroja. Ekonometrinen malli osoittaa, että toimenpiteisiin liittyvien koettujen arvojen huomioiminen kustannushyötytarkasteluissa voi muuttaa toimenpiteiden kannattavuutta. Arvotehokkuuden kannalta erityisen kiinnostaviksi

osoittautuivat tupakointitarkastelut: jos uskomme kyselyn tuloksia, käy ilmi, ettei tupakoitsija toimi talousteorian mukaisesti vaan heidän kokemansa nautinto jää huomattavasti heidän kannettavakseen kohdistuvia terveystaloukskustannuksia pienemmäksi.

Ympäristöterveyttä edistäviin toimenpiteisiin liittyvien koettujen arvojen mittaaminen on teknisesti mahdollista ja hyödyllistä, koska koettujen arvojen huomioiminen päätöksenteossa voi olla tärkeää. Ekonometrinen malli onnistui huomioimaan toimenpiteisiin liittyvät koetut arvot teknisessä mielessä hyvin. Koettujen arvojen mittaamiseen liittyi monia epävarmuustekijöitä, minkä vuoksi jatkossa koettuja arvoja olisi hyödyllistä mitata tarkemmin menetelmin.



## LÄHDELUETTELO

Alberini A., Copper M., Fu T.T., Krupnick A., Liu J.T., Shaw D. ja Harrington W. 1997. Valuing Health Effects of Air Pollution in Developing Countries: The Case of Taiwan. *Journal of environmental economics and management* 34: 107–126

Alakangas E., Erkkilä A. ja Oravainen H. 2008. Tehokas ja ympäristöä säästävä tulisijälämmitys. Polttopuun tuotanto ja käyttö. Valtion teknillinen tutkimuslaitos (VTT). Saatavilla osoitteessa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2008/VTT-R-10553-08.pdf>

Alaviippola B. ja Pietarila H. 2011. Ilmanlaadun alustava arviointi Suomessa. Pienhiukkaset (PM<sub>2,5</sub>). Ilmatieteen laitos. Helsinki. Saatavilla osoitteessa: [http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/julkaisu/pdf/pienhiukkasten\\_alustava\\_arviointi\\_2011\\_2.pdf](http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/julkaisu/pdf/pienhiukkasten_alustava_arviointi_2011_2.pdf)

Arrow K.J., Cropper M.L., Eads G.C., Hahn R.W., Lave L.B., Noll R.G., Portney P.R., Russel M., Schmalensee R., Smith V.K., Stavins R.N. 1996. Is There a Role for Benefit-Cost Analysis in Environmental, Health and Safety Regulation. *Science* 1996 (272): 221–222. Saatavilla osoitteessa: <http://regulation2point0.org/wp-content/uploads/downloads/2010/04/php59.pdf>

Arvela H., Holmgren O. ja Reisbacka H. 2012. Asuntojen radonkorjaaminen. STUK-A252. Helsinki. Saatavilla osoitteessa: [http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/tiivistelmat/a\\_sarja/fi\\_FI/stuk-a252/\\_files/87009790138778914/default/stuk-a252.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a252/_files/87009790138778914/default/stuk-a252.pdf)

Asikainen A., Hänninen O. ja Pekkanen P. 2013. Ympäristöaltisteisiin liittyvä tautitaakka Suomessa. *Ympäristö ja Terveys-lehti* 5: 2013, 44 vsk. s.68–74.

Boardman A.E., Greenberg D.H., Vining A.R. ja Weimer D.L. 2011. *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. New Jersey.

Canha N, Asikainen A, Hänninen O 2012. Tautikuorma-malliluonnos, THL, Ympäristöterveyden osasto.

Chapman R., Howden-Chapman P., Viggers H., O’Dea H. ja Kennedy M. 2009. Retrofitting houses with insulation: a cost-benefit analysis of a randomised community trial. *Journal of Epidemiology and Health*: 63(4):271-277.

Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F., Deo H., Falk R., Forastiere F., Hakama M., Heid I., Kreienbrock L., Kreutzer M., Lagarde F., Mäkeläinen I., Muirhead C., Obereigner W., Pershagen G., Ruano-Ravina A., Ruosteenoja E., Schaffrath-Rosario A., Tirmarche M., Tomasek L., Whitley E., Wichmann H.E. ja Doll R. 2004. Radon in homes and lung cancer risk\_ collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *British Medical Journal* 330: 223–226. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC546066/pdf/bmj33000223.pdf>

de Hollander A.E.M., Melse J.M., Lebret E. ja Kramers P.G.N. 1999. An Aggregate Public Health Indicator to Represent the Impact of Multiple Environmental Exposures. *Epidemiology* 10(5): 606–617. Saatavilla osoitteessa: [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/methods/en/hollander.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/methods/en/hollander.pdf)

Ecosystem Valuation. 2013. [http://www.ecosystemvaluation.org/contingent\\_valuation.htm#advantage](http://www.ecosystemvaluation.org/contingent_valuation.htm#advantage). Viitattu 30.9.2013

Eduskunta.fi. 2013. Kansanedustajan palkkio. Saatavilla osoitteessa: <http://web.eduskunta.fi/Resource.phx/eduskunta/tervetuloa/palkkiot.htx> Viitattu 26.11.2013

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 715/2007. Saatavilla osoitteessa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:171:0001:0016:FI:PDF> Viitattu 12.2.2014

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/50/EY. Saatavilla osoitteessa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:FI:PDF> Viitattu 13.2.2014

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/28/EY. Saatavilla osoitteessa: <http://old.eu-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:FI:PDF> Viitattu 14.1.2014

Euroopan yhteisön komissio 2001. KOMMISSION TIEDONANTO. Puhdasta ilmaa Eurooppaan -ohjelma: Kohti ilmanlaadun teemakohtaista strategiaa. Saatavilla osoitteessa: [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001\\_0245fi01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fi/com/2001/com2001_0245fi01.pdf)

Fabian M.P., Adamkiewicz G, Stout N.K., Sandel M. ja Levy J.I. 2013. A simulation model of building intervention impacts on indoor environmental quality, pediatric asthma, and costs. *Tulossa*. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0091674913009135#>

Friedrich R. ja Bickel P. 2001 *Environmental External Costs of Transport*. Stuttgart.

Granell J., Ho C., Tang T. ja Clagget M. 2013. Analysis of MOBILE6.2's PM Emission Factor Estimating Function. Saatavilla osoitteessa: <http://www.epa.gov/ttnchie1/conference/ei13/mobile/granell.pdf>

Gynther L., Tervonen J., Hippinen I., Lovén K., Salmi J., Soares J., Torkkeli S. ja Tilkka T. 2012. Liikenteen päästökustannukset. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 23/2012 Saatavilla osoitteessa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts\\_2012-23\\_liikenteen\\_paastokustannukset\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2012-23_liikenteen_paastokustannukset_web.pdf)

Hallituksen esitys 180/2009. Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi toimenpiteistä tupakoinnin vähentämiseksi annetun lain ja lääkelain 54 a ja 54 e §:n muuttamisesta. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2009/20090180>

Hallituksen esitys 111/2013. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi tupakkaverosta annetun lain liitteen muuttamisesta. Saatavilla osoitteessa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2013/20130111> Viitattu 26.11.2013

Helakorpi S., Martelin T., Torppa J., Patja K., Vartiainen E. ja Uutela A. 2004. Did Finland's Tobacco Control Act of 1976 have an impact on ever smoking? An examination based on male and female cohort trends. *Journal of Epidemiology and Community Health* 58(8):649–654. Saatavilla osoitteessa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1732851/pdf/v058p00649.pdf>

Heloma A., Ollila H., Danielsson P., Sandström P. ja Vakkuri J. 2012. Kohti savutonta Suomea. Tupakoinnin ja tupakkapolitiikan muutokset. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Tampere. Saatavilla osoitteessa: [https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/90868/URN\\_ISBN\\_978-952-245-640-3.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/90868/URN_ISBN_978-952-245-640-3.pdf?sequence=1)

Helsingin Sanomat. 2011. Polttopuun hinta. Saatavilla osoitteessa: <http://www.hs.fi/kotimaa/a1305549262224> Viitattu 1.10.2013.

Holland M., Hunt A., Hurley F., Navrud S. ja Watkiss P. 2005. Service Contract for Carrying out Cost-Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 1: Overview of Methodology. s.1–112 Saatavilla osoitteessa: [http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/cba\\_methodology\\_vol1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/cba_methodology_vol1.pdf)

Hänninen O., Leino O., Kuusisto E., Komulainen H., Meriläinen P., Haverinen-Shaughnessy U., Miettinen I. ja Pekkanen J. 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. *Ympäristö ja Terveys-lehti* 3:12-35.

Hänninen O. ja Knol A. 2011. European Perspectives on Environmental Burden of Disease: Estimates for Nine Stressors in Six European Countries. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Raportti 1/2011. Saatavilla osoitteessa: <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/b75f6999-e7c4-4550-a939-3bccb19e41c1>

IARC. 1988. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Man-made Mineral Fibers. Volume 43. Saatavilla osoitteessa: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol43/mono43.pdf> Viitattu 18.9.2013

IARC. 2004. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Tobacco Smoke and Involuntary Smoking. Volume 83. Saatavilla osoitteessa: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol83/mono83.pdf> Viitattu 18.9.2013

Jääskeläinen M. 2011. Tupakkatilasto 2010. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. Saatavilla osoitteessa: [http://www.stakes.fi/tilastot/tilastotiedotteet/2011/Tr44\\_11.pdf](http://www.stakes.fi/tilastot/tilastotiedotteet/2011/Tr44_11.pdf)

Kapteyn A. 1985. Utility and Economics. *De Economist* 133(1): 1–20. Saatavilla osoitteessa: <http://arno.uvt.nl/show.cgi?fid=69331>

Karvosenoja N., Tainio M., Kupiainen K., Tuomisto J.T., Kukkonen J. ja Johansson M. 2008. Evaluation of the emissions and uncertainties of PM<sub>2.5</sub> originated from vehicular traffic and domestic wood combustion in Finland. *Boreal Environment Research* 13: 465–474

Karvosenoja N., Kangas L., Kupiainen K., Kukkonen J., Karppinen A., Sofiev M., Tainio M., Paunu V.-V., Ahtoniemi P., Tuomisto T.T., Porvari P. 2011. Integrated modeling assessments of the population exposure in Finland to primary PM<sub>2.5</sub> from traffic and domestic wood combustion on the resolutions of 1 and 10 km. *Air quality, Atmosphere and Health* 2011 4:179–188.

Kukkonen J., Karppinen A., Sofiev M., Kangas L., Karvosenoja N., Johansson M., Porvari P., Tuomisto J., Tainio M., Koskentalo T., Aarnio P., Kousa A., Pirjola L. ja Kupiainen K. 2007. Kokonaismalli pienhiukkasten päästöjen leviämisen ja riskin arviointii – KOPRA. Ilmatieteen laitos. Helsinki. s. 7–41. Saatavilla osoitteessa: <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/1141/tut1.pdf?sequence=2>

Kuopion kaupunki. 2012. Kuopion väestö iän ja sukupuolen mukaan 1990–2012. Saatavilla osoitteessa. <http://www.kuopio.fi/web/kaupunkitietoa/tilastotietoa> Viitattu 23.8.2013.

Kuopion Sokos. 2013. Savukeaskien hinnat. Viitattu 5.3.2013.

Kupiainen K.J. ja Pirjola L. 2011. Vehicle non-exhaust emissions from the tyre-road interface e effect of stud properties, traction sanding and resuspension. *Atmospheric Environment* 45: 4141–4146. Saatavilla osoitteessa: [http://files.kotisivukone.com/nastatutkimus.kotisivukone.com/tiedostot/kupiainen\\_-\\_pirjola\\_2011\\_vehicle\\_non-exhaust\\_emissions\\_from\\_the\\_tyre\\_-\\_road\\_interface.pdf](http://files.kotisivukone.com/nastatutkimus.kotisivukone.com/tiedostot/kupiainen_-_pirjola_2011_vehicle_non-exhaust_emissions_from_the_tyre_-_road_interface.pdf)

Lardot R. 2010. Poliisin kehitysnäkymät ja rikollisuus Suomessa. Saatavilla osoitteessa: [www.sahkoinfo.fi/Download.ashx?type=1&id=24669](http://www.sahkoinfo.fi/Download.ashx?type=1&id=24669) Viitattu 16.2.2014

Laatukilpi. 2011. Liikennemerkkien hinnat. Saatavilla osoitteessa: <http://www.laatukilpi.fi/files/Laatukilpi%20hinnasto%202011.pdf> Viitattu 16.2.2014

Lefley F. 1996. The payback method of investment appraisal: A review and synthesis. *International Journal of Production Economics* 44(3):207–224. Saatavilla osoitteessa: [http://ac.els-cdn.com/0925527396000229/1-s2.0-0925527396000229-main.pdf?\\_tid=92588096-55c3-11e3-8493-00000aacb360&acdnat=1385378601\\_a37251552d67ed4f2cc2ffc924128fb1](http://ac.els-cdn.com/0925527396000229/1-s2.0-0925527396000229-main.pdf?_tid=92588096-55c3-11e3-8493-00000aacb360&acdnat=1385378601_a37251552d67ed4f2cc2ffc924128fb1)

Le Gall-Ely M. 2009. Definition, Measurement and Determinants of the Consumer's Willingness to Pay: a Critical Synthesis and Avenues for Further Research. *Recherche et Applications en Marketing* 24(2): 91–112.

Murray C.J.L. ja Lopez A.D. 1996. The global burden of disease: a comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in 1990 and projected to 2020. Harvard School of Public Health on behalf of the World Health Organization and the World Bank. Cambridge.

Mäkeläinen I. 2003. Säteilyn ja kemiallisten aineiden riskifilosofiat ja suojeluperusteet. STUK-A201. Saatavilla osoitteessa: <http://www.stuk.fi/julkaisut/stuk-a/stuk-a201.pdf>

Mäkeläinen I., Kinnunen T., Reisbacka H., Valmari T. ja Arvela H. 2009. Radon suomalaisissa asunnoissa: Otantatutkimus 2006. STUK-A242. Saatavilla osoitteessa: [http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/tiivistelmat/a\\_sarja/fi\\_FI/stuk-a242/\\_files/82960641985937432/default/stuk-a242.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/tiivistelmat/a_sarja/fi_FI/stuk-a242/_files/82960641985937432/default/stuk-a242.pdf)

Mäkeläinen I. 2010. Kuka saa syövän radonista? Ympäristö ja Terveys-lehti 3:2010, 41 vsk. s.60–63.

Nguyen L. ja Pekurinen M. 2010. Savukkeiden ja piipputupakan kulutus Suomessa – purevatko hintapolitiikka ja tupakoinnin vastaiset toimenpiteet? Teoksessa: Terveystaloustiede 2010 (toim. Klavus J). Terveysten ja hyvinvoinnin laitos Saatavilla osoitteessa: <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/80363/20d4785d-e13e-49de-a54e-0e7285854736.pdf?sequence=1>

Nguyen L., Rosenqvist G. ja Pekurinen M. 2012. Demand for Tobacco in Europe. An Econometric Analysis of 11 Countries for the PPACTE Project. Terveysten ja hyvinvoinnin laitos. Raportti 6/2012.

Saatavilla osoitteessa: <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/79f62ba5-c1ac-4170-b22f-f7b9131ad0f1>

Olsthoorn X., Amann N., Bartonova A., Clench-Aas J., Dorland K., Guerreiro H., Henriksen J.F., Jansen H., Larssen ja van Drunen M. 1997. Economic evaluation of air quality targets for sulphur dioxide, nitrogen dioxide, fine and suspended particulate matter and lead.

European Commission. Saatavilla osoitteessa:

[http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbookshop.europa.eu%2Fen%2Feconomic-evaluation-of-air-quality-targets-for-sulphur-dioxide-nitrogen-dioxide-fine-and-suspended-particulate-matter-and-lead-pbCR1298594%2Fdownloads%2FCR-12-98-594-EN-C%2FCR1298594ENC\\_001.pdf%3Bpgid%3Dy8dIS7GUWmdSR0EAIMEUUsWb0000MwKaCUTK%3Bsid%3DMpmcjQJGfu6ctVPk9LUCKmBjkFrg3QWVNEo%3D%3FFilename%3DCR1298594ENC\\_001.pdf%26SKU%3DCR1298594ENC\\_PDF%26CatalogueNumber%3DCR-12-98-594-EN-C&ei=ITSTUvn3I-jOygnPN1ILwCQ&usq=AFQjCNFNVM4CFRXQSOUuhNvVKpxhLzlk3A&bvm=bv.56988011,d.bGQ](http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbookshop.europa.eu%2Fen%2Feconomic-evaluation-of-air-quality-targets-for-sulphur-dioxide-nitrogen-dioxide-fine-and-suspended-particulate-matter-and-lead-pbCR1298594%2Fdownloads%2FCR-12-98-594-EN-C%2FCR1298594ENC_001.pdf%3Bpgid%3Dy8dIS7GUWmdSR0EAIMEUUsWb0000MwKaCUTK%3Bsid%3DMpmcjQJGfu6ctVPk9LUCKmBjkFrg3QWVNEo%3D%3FFilename%3DCR1298594ENC_001.pdf%26SKU%3DCR1298594ENC_PDF%26CatalogueNumber%3DCR-12-98-594-EN-C&ei=ITSTUvn3I-jOygnPN1ILwCQ&usq=AFQjCNFNVM4CFRXQSOUuhNvVKpxhLzlk3A&bvm=bv.56988011,d.bGQ)

Olsthoorn X., Amann N., Bartonova A., Clench-Aas J., Cofala J., Dorland K., Guerreiro H., Henriksen J., Jansen H ja Larssen T. 1999. Cost Benefit Analysis of European Air Quality Targets for Sulphur Dioxide, Nitrogen Dioxide and Fine and Suspended Particulate Matter in Cities. Environmental and Resource Economics 14: 333–351. Saatavilla osoitteessa:

[http://download.springer.com/static/pdf/482/art%253A10.1023%252FA%253A1008362631700.pdf?auth66=1385551831\\_2fca33deb0ed37ab532b574ae77ba3bf&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/482/art%253A10.1023%252FA%253A1008362631700.pdf?auth66=1385551831_2fca33deb0ed37ab532b574ae77ba3bf&ext=.pdf)

Opasnet. 2014. Tekaisu. Saatavilla osoitteessa: [fi.opasnet.org/fi/Tekaisu](http://fi.opasnet.org/fi/Tekaisu) Viitattu 12.1.2014

Pearce D., Atkinson G. ja Mourato S. 2006. Cost-Benefit Analysis and the Environment: Recent Developments. OECD. Saatavilla osoitteessa:

[http://www.lne.be/themas/beleid/milieuconomie/downloadbare-bestanden/ME11\\_cost-benefit%20analysis%20and%20the%20environment%20oeso.pdf](http://www.lne.be/themas/beleid/milieuconomie/downloadbare-bestanden/ME11_cost-benefit%20analysis%20and%20the%20environment%20oeso.pdf)

Pekkanen J. 2010. Elin- ja työympäristön riskit Suomessa. Ympäristö ja Terveys-lehti 3:2010, 41 vsk. s.4–5.

Petersen M.L. ja Larsen T. 2006. Cost-benefit analyses of radon mitigation projects. Journal of Environmental Management 81:19–26. Saatavilla osoitteessa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479705003245>

Phillips J.J. 1997. Measuring Return on Investment. Saatavilla osoitteessa: [http://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=EJB5rUuDhCYC&oi=fnd&pg=PR6&dq=return+on+investment&ots=5HCAdepI I&sig=GnJXvAi6bcvTgUeO3ZwNKIZb8k&redir\\_esc=y#v=onepage&q=return%20on%20investment&f=false](http://www.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=EJB5rUuDhCYC&oi=fnd&pg=PR6&dq=return+on+investment&ots=5HCAdepI I&sig=GnJXvAi6bcvTgUeO3ZwNKIZb8k&redir_esc=y#v=onepage&q=return%20on%20investment&f=false)

Pope C.A. ja Dockery D.W. 2006. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines That Connect. Journal of the Air & Waste Management Association 56: 709–724. Saatavilla osoitteessa: <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10473289.2006.10464485>

Pöysti L. ja Rajalin S. 2008. Tutkimustuloksia kuljettajien suhtautumisesta ylinopeudella ajamiseen. Liikenneturva. Saatavilla osoitteessa: [http://www.liikenneturva.fi/www/fi/tutkimus/erillisselvitykset/liitetiedostot/Nopeustutkimus\\_2008.pdf](http://www.liikenneturva.fi/www/fi/tutkimus/erillisselvitykset/liitetiedostot/Nopeustutkimus_2008.pdf)

Salonen R.O. 2006. Puun pienpolton terveyshaittatutkimusta uusien teknologioiden kehittämisen tueksi. Saatavilla osoitteessa: <http://webd.savonia-amk.fi/projektit/markkinointi/EBC/users/commonFiles/LIITU-p%20C3%A4iv%20esityksi%20C3%A4/Puun%20pienpolton%20terveyshaittatutkimusta%20uusien%20teknologioiden%20kehitt%20miseksi.pdf> Viitattu 10.1.2014

Silvo K., Melanen M., Gynther L., Torkkeli S., Seppälä J., Kärmeniemi T. ja Pesari J. 2000. Yhtenäinen päästöjen ja ympäristövaikutusten arviointi. Lähestymistapoja ympäristölupaprosessin tueksi. OSA II Ympäristövaikutusten taloudellinen arvottaminen. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Saatavilla osoitteessa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40554/SY\\_373.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40554/SY_373.pdf?sequence=1)

Stigum H., Strand T. ja Magnus P. 2003. SHOULD RADON BE REDUCED IN HOMES? A COST-EFFECT ANALYSIS. Health Physics February 84(2): 227–235.

Stewart J. 2013. Effective Strategies and Interventions: environmental health and the private housing sector. s.1-80. Saatavilla osoitteessa: <http://www.cieh.org/assets/0/72/1126/1212/1216/1218/18e5b22f-3127-48de-a254-1c941748ad62.pdf>

Säteilyturvakeskus. 2013. Radonmittauksen hinta. Saatavilla osoitteessa: <http://www.stuk.fi/palvelut/radonmittaukset/> Viitattu 8.11.2013.

THL. 2013a. Saatavilla osoitteessa: [http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopakettit/tupakointi/tupakoimattomuus/terveydenhuolto](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopakettit/tupakointi/tupakoimattomuus/terveydenhuolto) Viitattu 26.11.2013

THL. 2013b. Tupakkavero Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/tupakointi/lainsaadanto/tupakkavero](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/tupakointi/lainsaadanto/tupakkavero) Viitattu  
 26.11.2013

THL.2014. Ympäristön tupakansavu. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.thl.fi/fi\\_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/tupakointi/ympariston\\_tupakansavu](http://www.thl.fi/fi_FI/web/fi/aiheet/tietopaketit/tupakointi/ympariston_tupakansavu) Viitattu  
 12.1.2014

Tilastokeskus. 2008. Joukkoviestintämarkkinat 2007. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.stat.fi/til/jvie/2007/jvie\\_2007\\_2008-12-31\\_tie\\_001.html](http://www.stat.fi/til/jvie/2007/jvie_2007_2008-12-31_tie_001.html). Viitattu 7.1.2014

Tilastokeskus. 2011. Tulot ja kulutus. Tulonsaajat tuloluokittain. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_tulot.html](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_tulot.html) Viitattu 13.8.2013

Tilastokeskus. 2012a. Maakuntien väestömäärät v. 2011. Saatavilla osoitteessa:  
<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCoQFjAA&url=http%3A%2F%2F194.251.35.222%2FLiiteTiedostoNayta.asb%3FDokumenttiID%3D32380%26TauluNimi%3DTiedote%26NakymaID%3D515%26TiedoteID%3D18018&ei=Qq5nUpKLFcXDTQaNi4GAAQ&usg=AFQjCNFjpNPLZ-9Yu6zmlALgLQAPOrwvBQ&bvm=bv.55123115,d.Yms> Viitattu 23.10.2013

Tilastokeskus. 2012b. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.stat.fi/til/ehi/2011/03/ehi\\_2011\\_03\\_2011-12-15\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2011/03/ehi_2011_03_2011-12-15_tie_001_fi.html). Viitattu  
 7.1.2014

Tilastokeskus. 2012c. Väestön koulutus rakenne 2011. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.stat.fi/til/vkour/2011/vkour\\_2011\\_2012-12-04\\_fi.pdf](http://www.stat.fi/til/vkour/2011/vkour_2011_2012-12-04_fi.pdf) Viitattu 13.8.2013.

Tilastokeskus. 2012d. Energiatilasto. Vuosikirja 2011. Helsinki. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene\\_enev\\_201100\\_2012\\_6164\\_net.pdf](http://www.stat.fi/tup/julkaisut/tiedostot/julkaisuluettelo/yene_enev_201100_2012_6164_net.pdf)

Tilastokeskus. 2013. Väestö iän (1-v.) ja sukupuolen mukaan alueittain 1980 – 2012. Saatavilla osoitteessa:  
[http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=050\\_vaerak\\_tau\\_104&ti=V%E4est%F6+i%E4n+%281%2Dv%2E%29+ja+sukupuolen+mukaan+alueittain+1980+%2D+2012&path=../Database/StatFin/vrm/vaerak/&lang=3&multilang=fi](http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=050_vaerak_tau_104&ti=V%E4est%F6+i%E4n+%281%2Dv%2E%29+ja+sukupuolen+mukaan+alueittain+1980+%2D+2012&path=../Database/StatFin/vrm/vaerak/&lang=3&multilang=fi)

Ung-Lanki S. ja Lanki T. 2013. Elinympäristöstä aiheutuviin terveysriskeihin suhtautuminen Suomessa. Yhdyskuntasuunnittelu 51 (3):10-28

Urala N., Lähteenmäki L., Huotilainen A., Tuorila H., Ollila S., Hautala N. ja Tuomi-Nurmi S. 2005. Kuluttajien odotusten ja asenteiden mittaaminen. Kuluttajalähtöinen tuotteistaminen-hankkeen tuloksia. TEKES. Saatavilla osoitteessa:  
[http://www.tekes.fi/Julkaisut/kuluttajien\\_odotukset.pdf](http://www.tekes.fi/Julkaisut/kuluttajien_odotukset.pdf)

Valmari T. 2013. Pientaloasuntojen radonjaukauma Suomessa. Henkilökohtainen tiedonanto.

Viscusi W.K., Magat W.A. ja Huber J. 1991. Pricing Environmental Risks: Survey Assessments of Risk-Risk and Risk-Dollar Trade-Offs for Chronic Bronchitis. *Journal of environmental economics and management* 21:32–51

Wertenbroch K. ja Skiera B. 2002. Measuring Consumers' Willingness to Pay at Point of Purchase. *Journal of Marketing Research* 39 (2): 228–241

Wikipedia. 2013a. Itä-Uudenmaan maakunta. Saatavilla osoitteessa: [http://fi.wikipedia.org/wiki/It%C3%A4-Uudenmaan\\_maakunta](http://fi.wikipedia.org/wiki/It%C3%A4-Uudenmaan_maakunta) Viitattu 23.10.2013

Wikipedia. 2013b. Saatavilla osoitteessa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/P%C3%A4%C3%A4kaupunkiseutu> Viitattu 7.8.2013

World Health Organization (WHO). 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. Saatavilla osoitteessa: [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)

World Health Organization (WHO). 2013. About the Global Burden of Disease. Saatavilla osoitteessa: [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/about/en/index.html](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/about/en/index.html) Viitattu 17.7.2013

World Health Organization (WHO). 2014. Saatavilla osoitteessa: [http://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/daly\\_disability\\_weight/en/](http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/daly_disability_weight/en/) Viitattu 19.2.2014



## LIITE 1(1)

### LIITE 1 KUSTANNUSTEN ERITTELY

Taulukko 17. Diskonttaamattomat investointi- ja ylläpitokustannukset.

Toimenpide	Kustannuslaji	Kuvaus	Arvio (milj.€)		
			Paras	Min	Max
A.1. Puun pienpolttokielto	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0	5
	Investointi (€/kerta)	Joukkotiedotus	4	0	43
	Ylläpito (€/vuosi)	Viranomaisvalvonta	3	2	34
	Ylläpito (€/vuosi)	Korvaava energia	40	40	40
A.2. Puun pienpolton puolittaminen	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0	3
	Ylläpito (€/vuosi)	Poltorekisterin ylläpito	0	0	0
	Ylläpito (€/vuosi)	Korvaava energia	20	20	20
	Ylläpito (€/vuosi)	Kirjanpito	1	1	1
	Ylläpito (€/vuosi)	Polttopuun vero	35	35	35
	Ylläpito (€/vuosi)	Verotulot valtiolle	-35	-35	-35
A.3. 35 km/h nopeusrajoitukset	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0	5
	Investointi (€/kerta)	Joukkotiedotus	43	4	214
	Investointi (€/kerta)	Uudet liikennemerkit	4	4	4
	Ylläpito (€/vuosi)	Nopeusvalvonta	0	0	28
	Ylläpito (€/vuosi)	Uudet kamerat	0	0	14
	B.1. Tupakointikielto	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0
Investointi (€/kerta)		Joukkotiedotus	4	0	43
Ylläpito (€/vuosi)		Viranomaisvalvonta	7	2	338
Ylläpito (€/vuosi)		Nikotiinipurukumi	480	480	480
Ylläpito (€/vuosi)		Tupakkaveron menetys	698	698	698
Ylläpito (€/vuosi)		Tupakoitsijoiden säästämä raha	-698	-698	-698
Ylläpito (€/vuosi)		Säästetyt hoitokustannukset	-250	-250	-250
B.2. Tupakoinnin puolittaminen		Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0
	Investointi (€/kerta)	Nikotiinipurukumi	240	240	240
	Ylläpito (€/vuosi)	Savukkeisiin käytetty raha	938	938	938
	Ylläpito (€/vuosi)	Verotulot valtiolle	-938	-938	-938
	Ylläpito (€/vuosi)	Säästetyt hoitokustannukset	-125	-125	-125
C.1. Radonkorjaus	Investointi (€/kerta)	Lainsäädäntö	1	0	5
	Investointi (€/kerta)	Radonin mittaaminen	14	14	14
	Investointi (€/kerta)	Radonkorjaus (>700 Bq/m <sup>3</sup> )	54	35	77
	Investointi (€/kerta)	Radonkorjaus (>300 Bq/m <sup>3</sup> )	335	217	478
	Investointi (€/kerta)	Tarkistusmittaaminen (>700 Bq/m <sup>3</sup> )	1	1	1
	Investointi (€/kerta)	Tarkistusmittaaminen (>300 Bq/m <sup>3</sup> )	4	4	4
	Ylläpito (€/vuosi)	Huolto (>700 Bq/m <sup>3</sup> )	1	1	1
	Ylläpito (€/vuosi)	Huolto(>300 Bq/m <sup>3</sup> )	4	4	4

### **Puun pienpolttokiellon kustannusten erittely**

Kansanedustajan palkkio on 6 355 euroa/kuukausi (Eduskunta.fi 2013). Kun oletetaan, että kansanedustaja työskentelee päivittäin 7,15 tuntia ja kuukaudessa 20 arkipäivää, kansanedustajan tuntipalkkio on 44 euroa. Lakialoitteen kustannukset ovat 88 881 euroa/laki, jos oletetaan, että lakia valmistelee 20 henkilöä sadan tunnin ajan 44 euron tuntipalkkiolla. Lähetekeskustelusta syntyy kustannuksia 35 552 euroa/laki, kun 200 kansanedustajaa työskentelevät istunnossa neljä tuntia. Valiokuntakäsittelyn kustannukset ovat 377 745, kun 17 kansanedustajaa käsittelee lakia 500 tuntia. Ensimmäisessä käsittelyssä 200 kansanedustajaa käsittelevät lakia 50 tuntia, jolloin ensimmäisen käsittelyn kustannukset ovat 444 406 euroa/laki. Toisen käsittelyn kustannukset ovat 17 776 euroa/laki, jos oletetaan, että 200 kansanedustajaa käsittelevät lakia kaksi tuntia.

Lainsäädännön toimeenpanokustannukset syntyvät lain päivittämisestä Finlex-tietokantaan, Suomen Laki- kirjaan ja hallinnollisista tiedotteista. Kaikissa näissä kolmessa työntekijän tuntipalkaksi oletetaan 10 euroa. Lain päivittämiseen Finlex-tietokantaan tarvitaan 10 työntekijää, jotka työskentelevät kukin 10 tuntia, jolloin kustannuksia syntyy 3 000 euroa/laki. Lain päivittämiseen Suomen Laki- kirjaan tarvitaan 10 työntekijää, jotka työskentelevät kukin 5 tuntia, jolloin kustannuksia syntyy 1 500 euroa/laki. Hallinnolliset tiedotteet maksavat 30 000 euroa/laki, kun oletetaan, että niiden parissa työskentelee sata ihmistä 10 tunnin ajan. Kaiken kaikkiaan lainsäädännöstä syntyvät kustannukset ovat n. miljoona euroa/laki.

Taajamien puun pienpolttokiellosta pidetään tiedotuskampanja johon käytetään promille vuoden 2007 joukkoviestinnän liikevaihdosta, joka oli 4 278 miljoonaa euroa (Tilastokeskus 2008). Tästä yksi promille on n. 4,3 miljoonaa euroa.

Puun polttajat maksavat hankkimastaan puusta 55 euroa/irtokuutio (Helsingin Sanomat 2011). Puun pienpolttokiellon seurauksena puun polttajat säästävät rahaa. Taajamassa poltetun puun määrän laskemisessa hyödynnettiin Karvosenojan ym. (2008) laskemia puun

## LIITE 1(3)

puenpolton pienhiukkasten päästökertoimia ja pienhiukkaspäästöjä. Puun pienpoltosta syntyy pienhiukkaspäästöjä vuosittain 6270 Mg. Puun pienpoltosta syntyvien pienhiukkasten päästökerroin oli 356,4 mg/MJ. (Karvosenoja ym. 2008.) Täten puun pienpoltosta syntyy energiaa Suomessa 17 590 469 802 MJ/vuosi. Kilowattitunteina se on 4 886 632 511 kWh/vuosi (1 MJ=0,2778 kWh, Alakangas ym. 2008). Puun (havupuun) lämpöarvo on 1350 kWh/pinokuutio (Alakangas ym. 2008). Pinokuutioina puuta poltettiin 3 619 728 kuutiota vuonna 2000. Yksi irtokuutio on 1,68 pinokuutiota (Alakangas ym. 2008), joten vuonna 2000 Suomessa poltettiin 5 936 354 irtokuutiota puuta. Taajamissa poltetun puun määrän laskemisessa oletetaan, että puun poltto jakaantuu pienhiukkaspitoisuuden mukaan. Taajamissa poltetaan 15 % kaikesta poltetusta puusta Suomessa (Karvosenoja ym. 2008) eli 912 196 irtokuutiota.

Puulla tuotettu energia korvataan sähköenergialla. Oletetaan, että puun polttolaitteiden hyötysuhde on 80 %. Täten puulla tuotetaan energiaa taajamissa 586 354 MWh/vuosi. Sähkön hinta on 154 euroa/MWh (Tilastokeskus 2012b), joten korvaava lämmitysenergia tuottaa kuluja n. 90 miljoonaa euroa/vuosi. Kun tästä vähennetään puun polton loppumisesta syntyneet säästöt (50 miljoonaa euroa/vuosi), korvaavan energian kustannuksiksi jää n. 40 miljoonaa euroa/vuosi, joka 50 vuodelle diskontattuna on n. miljardia euroa. Puun pienpolttokiellon 50 vuodelle diskontatut kustannukset ovat yhteensä n. 1,2 miljardia euroa.

### **Puun pienpolton puolittamisen kustannusten erittely**

Puun pienpolton veronalaisuudesta säädetään lainsäädännöllä, jonka kustannukset ovat n. miljoona euroa/laki (ks. 4.4.1). Puun pienpoltto puolitetaan verotuksella. Puun polttajille vero on kustannus, mutta valtiolle se on tulo. Veron suuruus määräytyy korvaavan lämmitysenergian (sähkön) hinnan perusteella.

Puun pienpolton puolittamisessa korvaavan energian kustannukset ovat n. 20 miljoonaa euroa/vuosi, joka 50 vuodelle diskontattuna on n. puoli miljardia euroa. Puun polttajat pitävät kirjaa poltetun puun määrästä. Puun polttajalta menee tunti vuodessa polttamansa puun kirjaamiseen. Tämä työ on arvoltaan 10 euroa/tunti. Kyselyn mukaan puun polttajia on Suomessa 288 597. Kirjanpidon oletetaan olevan talouskohtainen. Jos taloudessa asuu keskimäärin kaksi henkilöä, Suomessa on n. 144 299 puuta polttavaa taloutta. Tällöin puun

## LIITE 1(4)

pienpoltosta syntyvät kirjanpitokustannukset ovat n. 1,5 miljoonaa euroa/vuosi ja 50 vuodelle diskontattuna n. 40 miljoonaa euroa. Suomeen luodaan poltetun puun rekisteri. Rekisterissä on kymmenen työntekijää, joiden tuntipalkka on 20 euroa. Työntekijöiden päivittäinen työaika on 7,15 tuntia ja he työskentelevät viitenä päivänä viikossa. Rekisterijärjestelmä maksaa vuodessa 343 200 euroa ja 50 vuodelle diskontattuna n. 9 miljoonaa euroa. Puun pienpolton puolittamisen 50 vuodelle diskontatut kustannukset ovat n. 580 miljoonaa euroa.

### **Uusien nopeusrajoitusten kustannukset**

Taajamien uusista nopeusrajoituksista säädetään uusi laki, jonka kustannukset ovat n. miljoona euroa/laki (ks. luku 4.4.1). Uusista nopeusrajoituksista pidetään ihmisille tiedotuskampanja, johon käytetään prosentti vuoden 2007 joukkoviestinnän liikevaihdosta, joka oli 4 278 miljoonaa euroa (Tilastokeskus 2008). Tästä yksi prosentti on n. 43 miljoonaa euroa. Uusien nopeusrajoitusten kustannuksiin kuuluvat myös uudet liikennemerkit ja niiden asennus. Kuopiossa on 80 katu- tai tieosuuskohtaista nopeusrajoitusliikennemerkkiä ja 384 aluenopeusrajoitusmerkkiä (Hällström 2013). Suomen taajamissa olevien vastaavien nopeusrajoitusmerkkien määrä arvioidaan väkiluvun perusteella. Suomessa on tämän arvion perusteella 4 320 katu- tai tieosuuskohtaista nopeusrajoitusliikennemerkkiä ja 20 736 aluenopeusrajoitusmerkkiä. Katu- tai tieosuuskohtainen nopeusrajoitusliikennemerkki maksaa 79 euroa/kpl ja aluenopeusrajoitusmerkki 87 euroa/kpl (Laatukilpi 2011). Suomen taajamiin tarvittavat uudet nopeusrajoitusliikennemerkit maksavat n. 2 miljoonaa euroa. Liikennemerkkien asennukseen oletetaan tarvitsevan 1 000 asennustyöntekijää, joiden tuntipalkka on 10 euroa/tunti. Asennuksen oletetaan vievän sata tuntia, jolloin asennuksen kustannukset ovat n. 2 miljoonaa euroa. Uusista nopeusrajoitusmerkeistä syntyy neljän miljoonan euron kustannukset. Nopeusrajoitusten kustannukset ovat yhteensä n. 50 miljoona euroa.

### **Tupakointikiellon kustannukset**

Tupakointikielto säädetään lailla, jonka kustannukset ovat miljoona euroa/laki (ks. luku 4.4.1). Tupakoinnin loputtua kaikkien tupakoitsijoiden oletetaan käyttävän

## LIITE 1(5)

nikotiinipurukumia vuoden ajan. Vuonna 2010 suomalaisista tupakoi 20 % (Jääskeläinen 2011). Suomen aikuisväestön väkiluku vuonna 2010 oli 3 284 623 (Tilastokeskus 2013). Täten Suomessa aikuisväestössä on 656 925 tupakoitsijaa. Jos kaikki tupakoitsijat syövät 10 purukumityynyä joka päivä vuoden ajan, ja purukumityyny maksaa 0,2 euroa/kpl, nikotiinipurukumin kustannukset tupakoitsijoille ovat yhteensä n. 480 miljoonaa euroa/kerta. Tupakointikielto vaatii viranomaisvalvontaa, jota tekevät poliisit. Tässä oletetaan, että 793 poliisia (10 % vuoden 2010 poliiseista Suomessa, Lardot 2010) käyttää työajastaan (7,15 tuntia) 20 % tehtävän suorittamiseen. Poliisin keskipalkaksi arvioidaan 3 000 euroa/kuukausi, jolloin tuntipalkka on 20 euroa. Näillä oletuksilla viranomaisvalvonnasta aiheutuu vuosittain n. 7 miljoonan euron kustannukset ja 50 vuodelle diskontattuna 179 miljoonaa euroa.

Tupakointikiellon seurauksena Suomen valtio menettää verotuloja vajaa 700 miljoonaa euroa vuodessa (Hallituksen esitys 111/2013) ja 50 vuodelle diskontattuna n. 18 miljardia euroa. Toisaalta tupakoitsijat säästävät tämän rahan. Tupakoinnin aiheuttamien terveyshaittojen vuosittaisiksi hoitokustannuksiksi arvioidaan Suomessa 250 miljoonaa euroa (THL 2013a). Kun tupakointi kielletään, valtio säästää vuodessa nuo 250 miljoonaa euroa (50 vuodelle diskontattuna 6,6 miljardia euroa). Tupakointikiellon 50 vuodelle diskontatut kustannukset ovat -5 miljardia euroa eli tupakointikielto tuottaa 5 miljardia euroa.

### **Tupakoinnin puolittamisen kustannukset**

Kun tupakointi puolitetaan tupakkatuotteiden 2,35-kertaisella hinnankorotuksella, lainsäädännöstä oletetaan syntyvän yhtä suuret kustannukset kuin tupakointikiellossa eli miljoona euroa/laki. Monet tupakointikiellon kustannukset puolittuvat. Nikotiinipurukumin kustannukset tupakoitsijoille yhteensä olisi siten n. 240 miljoonaa euroa/kerta. Tupakoinnin vähennyttyä puoleen tupakoinnista aiheutuvien terveyshaittojen hoitokustannukset olisivat 120 euroa/vuosi ja 50 vuodelle diskontattuna n. 3 miljardia euroa. Savukkeiden verotusaste on n. 80 % (THL 2013b). Savukeaskin keskimääräinen hinta on 5,1 euroa (Kuopion Sokos 2013), joten savukeaskista on veroa 4,08 euroa. Hinnankorotuksen jälkeen savukeaski maksaa 12 euroa, josta veroa on 11 euroa. Tupakkatuotteiden hinnankorotus tuo valtiolle verotuloja vuodessa n. miljardi euroa vuodessa ja 50 vuodelle diskontattuna n. 25 miljardia

## LIITE 1(6)

euroa. Vastaavasti tupakoitsijoille nuo luvut ovat kustannuksia. Tupakoinnin puolittamisen kustannukset ovat 50 vuodelle diskontattuna -2,5 miljardia euroa eli tupakoinnin puolittaminen tuottaa 2,5 miljardia euroa.

### **Radonkorjauksen kustannukset**

Radonin mittaamisen velvollisuudesta säädetään uusi laki, jonka kustannukset ovat n. miljoona euroa/laki (ks. 4.4.1). Radonin mittaaminen maksaa 44,33 euroa/pientaloasunto/kerta (Säteilyturvakeskus 2013). Kun 319 318 pientaloasuntoa mitataan kerran, kustannuksia syntyy 616 391 euroa. Radonkorjaus maksaa 3850 euroa/pientaloasunto (Arvela ym. 2012). Radonkorjaus maksaa radonkorjauksen rajapitoisuudella  $>700 \text{ Bq/m}^3$  n. 54 miljoonaa euroa ja rajapitoisuudella  $>300 \text{ Bq/m}^3$  335 miljoonaa euroa. Radonkorjauksen jälkeen korjatuissa kohteissa tehdään kerran tarkastusmittaus, joka maksaa yhteensä 616 409 euroa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) tai 4 miljoonaa euroa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ). Radonimuri vaatii toimiakseen sähköä, jonka vuosittaiset kustannukset ovat 50 euroa/pientaloasunto (Arvela ym. 2012). Sähköstä syntyvät huoltokustannukset ovat 50 vuodelle diskontattuna n. 16 miljoonaa euroa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) tai n. 116 miljoonaa euroa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>300 \text{ Bq/m}^3$ ). Radonkorjauksen ja radonin mittaamisen kustannukset ovat yhteensä n. 85 miljoonaa (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>700 \text{ Bq/m}^3$ ) euroa/50 vuotta tai 465 miljoonaa/50 vuotta (radonkorjauksen rajapitoisuus  $>300 \text{ Bq/m}^3$ ).

## LIITE 2 YMPÄRISTÖALTISTEKYSELY

### Kyselyn sisältö

Kysely on osa Itä-Suomen yliopistossa tehtävää opinnäytetyötä, jonka tavoite on vertailla tärkeimpien ympäristöaltisteiden torjuntatoimenpiteiden rahallisia kustannuksia, terveysvaikutuksia ja ihmisten toimenpiteisiin liittyviä arvoja. Vertailu toteutetaan tarkastelemalla, millaisessa tasapainossa altisteiden torjuntatoimenpiteet, niistä saatavat terveyshyödyt ja ihmisten koetut hyödyt tai menetykset ovat.

Kyselyn tarkoituksena on selvittää suomalaisten arvoja liittyen aktiiviseen ja passiiviseen tupakointiin, puulämmitykseen, liikenteen nopeusrajoituksiin ja maantien maisemointiin käyttämällä maksuhalukkuustekniikkaa. Maksuhalukkuudella tarkoitetaan sitä suurinta hintaa, jonka ihminen on valmis maksamaan jostain asiasta. Kysely jakautuu kolmeen eri osaan:

- I) Aktiivinen ja passiivinen tupakointi
- II) Puulämmitys
- III) Liikenteen nopeusrajoitukset

Kyselyn täyttämiseen kuluu aikaa noin 10 minuuttia. Vastatessanne kysymyksiin ottakaa huomioon taloudellinen tilanteenne. Jos vastauksenne johonkin kysymykseen on nolla (0), niin älkää jättäkö vastauslaatikkoa tyhjäksi vaan kirjoittakaa pelkkä numero (0). Jotkut kysymykset on merkitty tähdellä, mikä tarkoittaa sitä, että kysymys on pakollinen. Valintanne näissä kysymyksissä vaikuttaa kyselyn sisältöön Teidän kohdallanne.

Vastaajien kesken arvotaan kolme yllätyspalkintoa.

### OSA I Aktiivi- ja passiivitupakointi

#### 1. Tupakoitteko tai altistutteko ympäristön tupakansavulle asuinympäristössänne? \*

En polta enkä altistu.

En polta, mutta altistun naapureiden tupakansavulle asuinympäristössäni.

En polta, mutta joku muu taloudessani polttaa.

Poltan itse.

## Aktiivitupakointi

2. Kuinka monta savuketta poltatte keskimäärin päivässä?

---

3. Oletetaan, että tupakkaverot nousee. Mikä on suurin summa, jonka suostuisitte maksamaan 20 savukkeen tupakka-askista vähentämättä tupakointianne (euroa kertamaksuna)?

---

4. Oletetaan, että tupakointi on tulevaisuudessa sallittua ainoastaan, jos siitä maksaa kuukausittain veroa. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan tätä veroa (euroa kuukaudessa)?

---

## Passiivitupakointi

Passiivitupakointi on tupakoimattomien altistumista tupakansavulle.

5. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan teknisestä ratkaisusta, joka kokonaan estäisi tupakansavun kulkeutumisen asuntoon, parvekkeellenne tai terassillenne (euroa vuodessa)?

---

6. Kuinka paljon enemmän olisitte valmis maksamaan asunnosta (esim.kerros- tai rivitalo) sellaisessa talonyhtiössä, jossa tupakointi olisi kielletty ulko- ja sisätiloissa (euroa kertamaksuna)?

---

## OSA II Puulämmitys

7. Poltatteko puuta kotona säännöllisesti tai altistutteko puunsavulle asuinympäristössänne? \*

En säännöllisesti polta puuta enkä altistu puunsavulle.

En polta, mutta altistun naapureiden puunsavulle ajoittain.

Poltan puuta säännöllisesti.



## Puulämmitys

8. Arvioikaa, kuinka monta kuutiota puuta poltatte vuodessa.

---

9. Oletetaan, että talojen puun pienpoltto asetetaan energianverotuksen piiriin. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan tätä veroa vähentämättä puunpolttoa (euroa vuodessa)?

---

## Puulämmitys

10. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan siitä, että toteutetaan järjestely, joka estää altistuksenne puunsavulle (euroa kuukaudessa)?

---

## OSA III Liikenteen nopeusrajoitukset

11. Ajatteko kuukausittain henkilöautolla taajamassa? \*

Kyllä

Ei

## Liikenteen nopeusrajoitukset

12. Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan nopeusrajoitusten alentamisesta johtuvista hyödyistä (€ kuukaudessa)? Jos vastaatte kohtaan "Joku muu, mikä?", kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (euroa kuukaudessa).

Hyödyt

Liikenneturvallisuus

---

Puhtaampi kaupunki-ilma

---

Joku muu, mikä?

---

---

---

Joku muu, mikä?

**13.** Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon Teille tulisi maksaa, jotta hyväksyisitte nopeusrajoitusten alentamisesta koituvat haitat (€ kuukaudessa)? Jos vastaatte kohtaan "Joku muu, mikä?", kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (euroa kuukaudessa).

Haitat

Matka-aikojen pidentyminen

---

Ajamisen nautinnon laskeminen

---

Joku muu, mikä?

---

---

---

Joku muu, mikä?

**14.** Oletetaan, että taajaman 35 km/h:n nopeusrajoituksen saa kohtuudella ylittää maksua vastaan. Kuinka paljon olisitte valmis maksamaan kyseistä maksua voidaksenne autoilla vapaammin (euroa kuukaudessa)?

---

### Liikenteen nopeusrajoitukset

**15.** Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon jalankulkijana tai pyöräilijänä olisitte valmis maksamaan nopeusrajoitusten alentamisesta johtuvista hyödyistä (euroa kuukaudessa)? Jos vastaatte kohtaan "Joku muu, mikä?", kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (euroa kuukaudessa).

Hyödyt

Liikenneturvallisuus

---

Puhtaampi kaupunki-ilma

---

Liikennemelun vähentyminen

---

Joku muu, mikä?

---

---

---

Joku muu, mikä?

---

---

---

## LIITE 2(12)

16. Taajamassa nopeusrajoituksia päätetään laskea 35:een km/h. Kuinka paljon Teille tulisi maksaa, jotta hyväksyisitte nopeusrajoituksista aiheutuvat haitat (€ kuukaudessa)? Kirjoittakaa vastauksenne ja sen rahallinen arvo (€ kuukaudessa). Jos ette koe haittaa, jättäkää vastaamatta.

Haitta 1

---

---

Haitta 2

---

---

Kiitos arvokkaista vastauksistanne. Tulosten tulkitsemiseksi pyydämme Teiltä vielä seuraavia taustatietoja.

**17.** Mikä on ikänne? (vuotta)

**18.** Mikä on sukupuolenne?

Mies

Nainen

**19.** Mikä on asuinpaikkakuntanne?

---

**20.** Asutteko taajamassa vai maaseudulla? \*

Taajama

Maaseutu

**21.** Mikä on koulutuksenne?

Akateeminen tutkinto

Ammattikorkeakoulu

Opistotasoinen koulutus

Ammatillinen koulutus

Ylioppilas

Kansa-tai peruskoulu

## LIITE 2(13)

**22.** Arvioikaa vuosittaiset kokonaisverotettavat tulonne.

alle 20 000 €

20 000- 29 999 €

30 000- 39 999 €

40 000- 59 999 €

yli 60 000 euroa

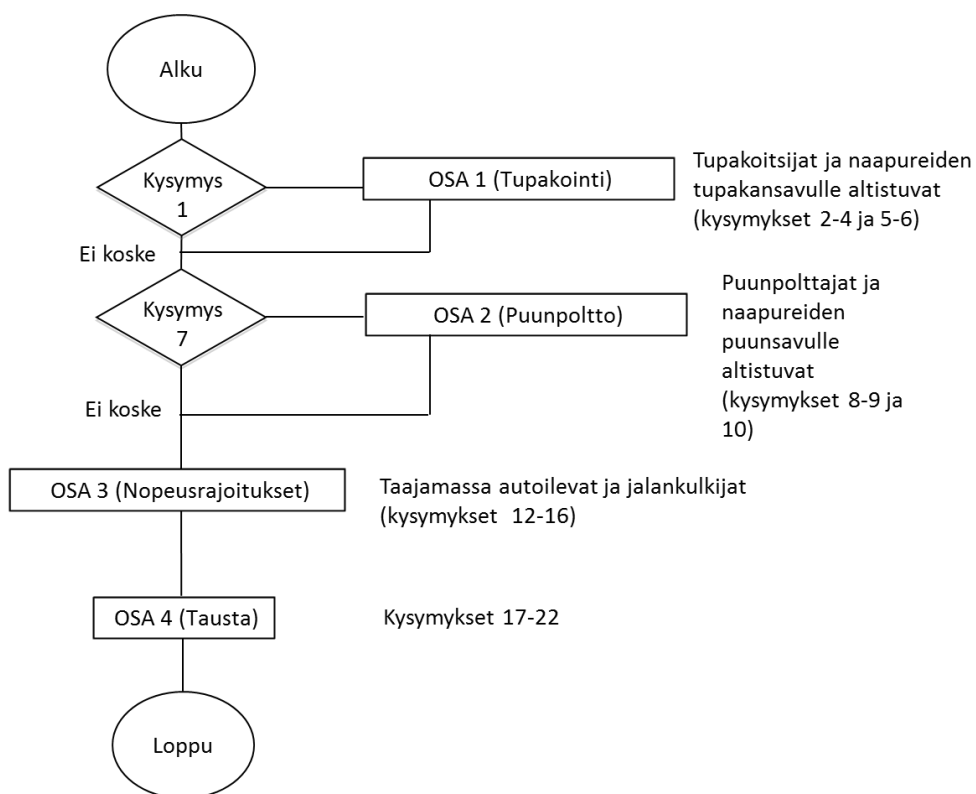
**23.** Mikäli haluatte osallistua yllätyspalkinnon arvontaan, kirjoittakaa sähköpostiosoitteenne.

---

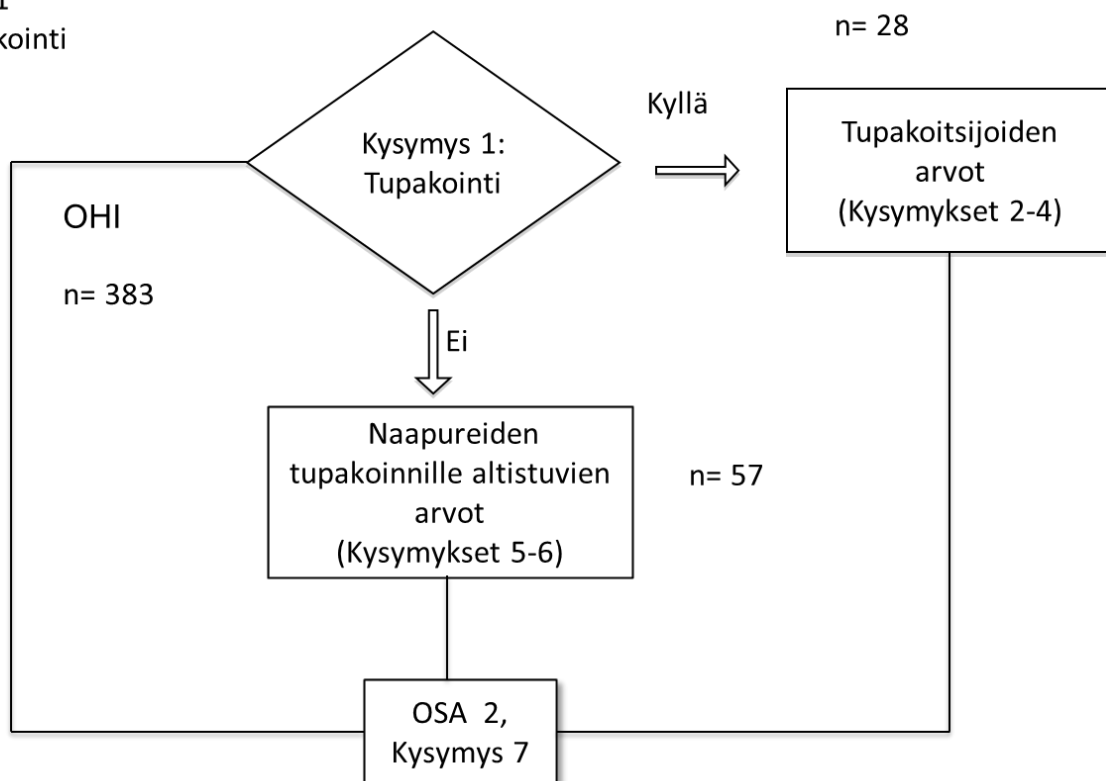
## LIITE 2(14)

Kyselyn kulku

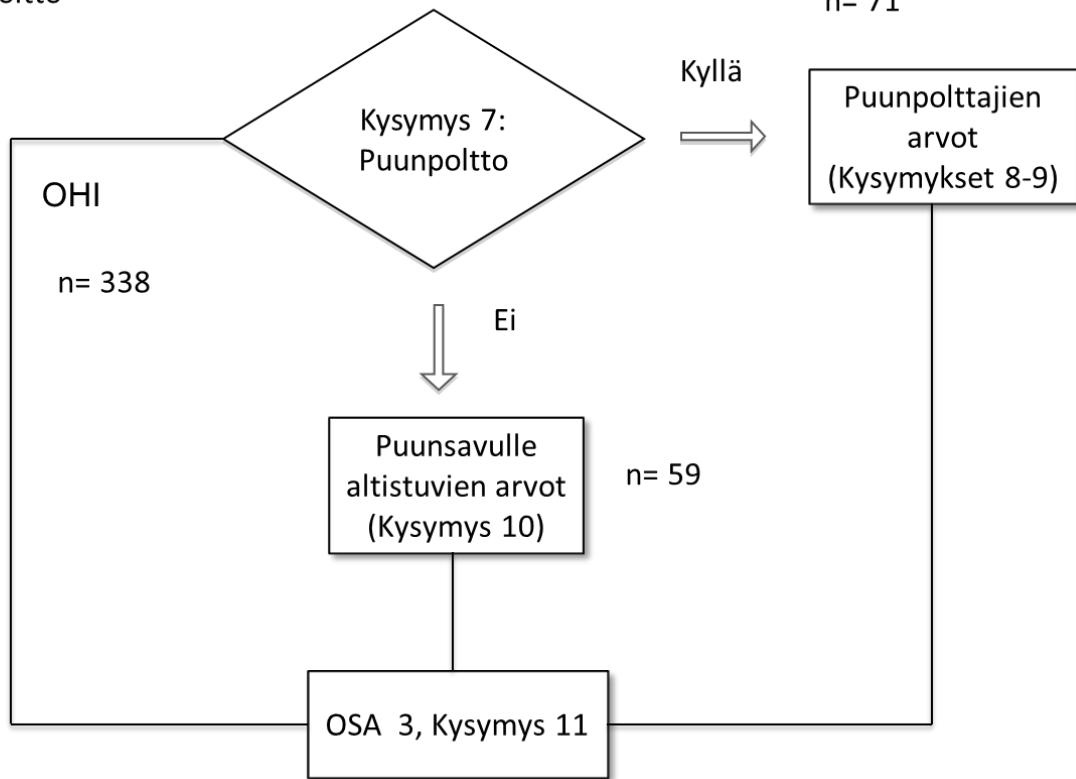
n= 468



OSA 1  
Tupakointi



OSA 2  
Puunpoltto



OSA 3  
Nopeusrajoitukset

