

M2T0137

**LIIKENTEEN
HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT JA NIIDEN
VÄHENTÄMISPOTENTIAALIT
SUOMESSA**

**Hanna Kalenoja, Jorma Mäntynen
TTKK Liikenne- ja kuljetustekniikka**

MOBILE2-vuosiraportti 2002Raportointiaika
RaportointikausiTammikuu 2003
1.1.2002 – 31.12.2002

Projektin koodi	M2T0137		
Projektin nimi	Liikenteen hiilidioksidipäästöt ja niiden vähentämispotentiaalit Suomessa		
Vastuuorganisaatio	Tampereen teknillinen korkeakoulu, liikenne- ja kuljetustekniikan laitos		
Projektin vastuhenkilö	Professori Jorma Mäntynen		
Projektin yhteyshenkilö	erikoistutkija Hanna Kalenoja		Osoite
Puhelinnumero	03 – 3115 3436	Telefax	03 – 3115 3447
			Sähköpostiosoite
			hanna.kalenoja@tut.fi
			PL 541 33101 Tampere

Muut tahot:

Organisaatio	Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite
VTT Rak. ja yhdysk.tekn.	Kari Mäkelä	09-456 4586	kari.s.makela@vtt.fi
VTT Prosessit	Juhani Laurikko	09-456 5463	juhani.laurikko@vtt.fi

Hankkeen alkamisaika	Hankkeen suunniteltu kesto	Hankkeen suunniteltu päättymisaika
1.5.2001	14 kk	31.6.2002

Projektin rahoitus (k€)

Organisaatio	1999	2000	2001	2002	2003*	Yhteensä
MOBILE ² -rahoitus			16 800			16 800
Muu rahoitus eriteltynä						
TEKES, Climtech-ohjelma			52 100	31 900		84 000
Yhteensä			68 900	31 900		100 800

* suunniteltu

Hankkeen tavoite

Hankkeen tavoitteena on laatia arvio liikenteen hiilidioksidipäästöjen jakautumisesta toiminto-, toimija- ja alkuperälähtöisesti. Jakauman avulla määritetään tärkeimmät päästölähteet ja niiden vähentämismahdollisuudet sekä määritetään, millä keinoilla potentiaalit voidaan saavuttaa.

Tavoitteena on esittää hiilidioksidipäästöjen lähdeanalyysi ja konkreettinen keinovalikoima päästöjen vähentämiskeinoista sekä kartoitus niiden toimeenpanomahdollisuuksista.

Projektin julkaisu-uettelo

(MOBILE² -julkaisut ja muut julkaisut projektiin liittyen)

Kalenoja, Hanna; Mäntynen, Jorma; Kallberg, Harri; Jokipii, Tuomas; Korpela, Kari & Kulmala, Mika. 2002. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuudet Suomessa. CLIMTECH-tutkimusohjelma, MOBILE²-tutkimuskokonaisuus. TTKK Liikenne- ja kuljetustekniikan tutkimuksia 48. MOBILE²-raportti M2T0137-1. Tampere.

Hankkeesta on lisäksi laadittu englanninkielinen artikkeli CLIMTECH-ohjelman helmikuussa julkaistavaan tekniseen loppuraporttiin.

Hankkeen tuloksiin perustuva artikkeli CLIMTECH-ohjelman helmikuussa 2003 julkaistavaan toimitettuun loppuraporttiin on laadittu yhteistyössä Juhani Laurikon (VTT Energia) kanssa.

Hankkeen päätuloksista on CLIMTECH-tutkimusohjelmassa laadittu lokakuussa 2002 suomen- ja englanninkieliset projektitiedotteet.

Seminaarit

(Seminaarit ja konferenssit joissa projektia on esitelty, ml. MOBILE²-seminaarit)

- CLIMTECH-tutkimusohjelman vuosiseminaari 15.5.2002
- MOBILE²-tutkimuskokonaisuuden seurantaryhmät 20.11.2001, 28.5.2002
- CLIMTECH-tutkimusohjelman johtoryhmän kokous 14.6.2002
- MOBILE²-tutkimuskokonaisuuden vuosiseminaari 5.11.2002

Opinnäytteet hankkeeseen liittyen**Patentit hankkeeseen liittyen**

1. JOHDANTO

Liikenne vaikuttaa ilmastonmuutokseen pääosin hiilidioksidipäästöjen (CO₂) kautta. Hiilidioksidipäästöjen lisäksi liikenteestä aiheutuu typpioksiduuli- (N₂O) ja metaanipäästöjä (CH₄), jotka ovat hiilidioksidin tavoin ilmastonmuutokseen vaikuttavia ns. kasvihuonekaasuja. Lisäksi alailmakehän otsoni (O₃) aiheuttaa ilmastonmuutosta. Otsonia syntyy alailmakehässä valokemiallisten reaktioiden seurauksena. Otsonin muodostukseen vaikuttavat mm. typen oksidi -päästöt (NO_x) ja hiilivetypäästöt (HC), jotka vaikuttavat näin välillisesti ilmaston muutokseen. Myös häkäpäästöillä (CO) on välillinen vaikutus ilmastonmuutokseen, sillä häkä muuttuu ilmakehässä melko nopeasti hiilidioksidiksi. Kansainvälisissä ilmastonmuutoksen vähentämiseen tähtäävissä sopimuksissa on asetettu tavoitteet välittömien kasvihuonekaasujen vähentämiselle. (IPCC 2001, Houghton et al. 1990)

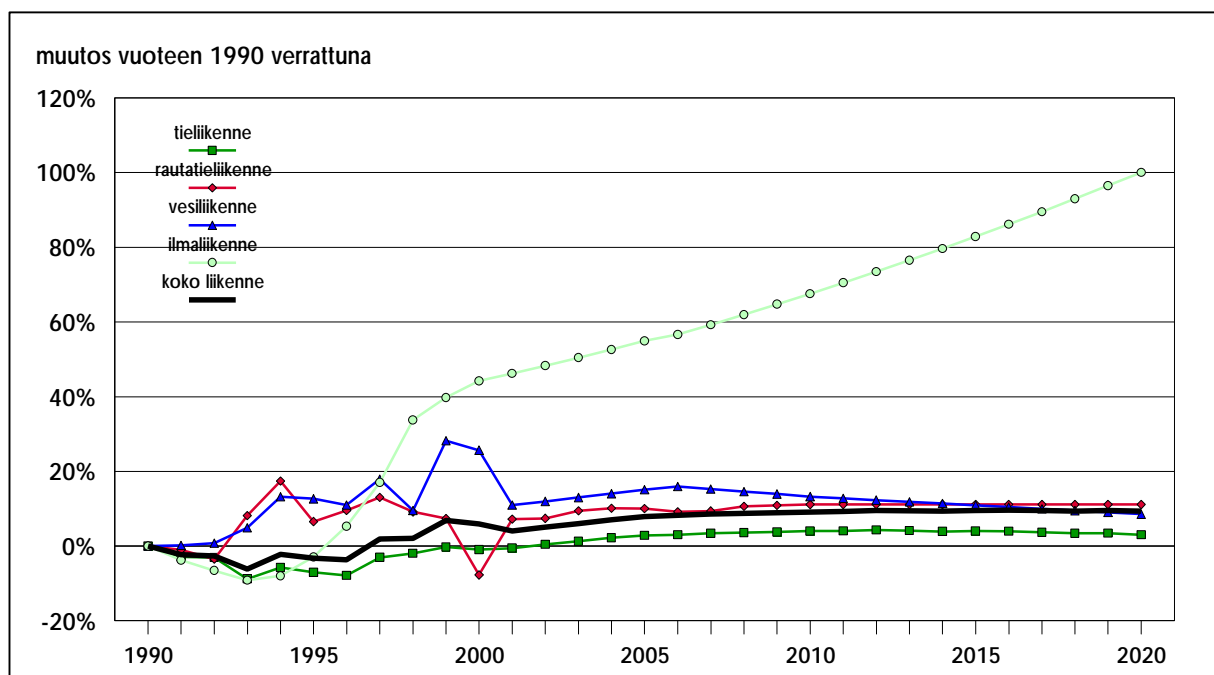
Suomessa liikenteen päästöjen määrää on kartoitettu VTT:n kehittämässä LIPASTO-laskentajärjestelmässä, jossa on myös arvioitu päästöjen määrän kehittymistä tulevina vuosikymmeninä. Kansallisen laskentajärjestelmän tavoitteena on ollut tuottaa luotettava arvio Suomen talousalueella syntyvistä liikenteen päästöistä. LIPASTO-laskentajärjestelmän laskentatapa eroaa hieman kansainvälisen hallitustenvälisen neuvoston IPCC:n¹ ohjeista, joissa ulkomaan liikennettä koskevat päästöt esitetään erikseen. Ulkomaille suuntautuvan liikenteen päästöjen määrä on huomattava erityisesti vesi- ja ilmaliikenteessä. Lisäksi sähköenergiaa käyttävän liikenteen, esimerkiksi sähkövetoisen junaliikenteen, päästöt ilmoitetaan IPCC:n laskentatavassa energiantuotannon päästöinä eikä liikenteen päästöinä. Näin ollen Suomen liikenteen kokonaispäästöistä esitettävät luvut ovat kansallisissa yhteyksissä hieman suuremmat kuin kansainvälisissä vertailuissa esitettävät luvut, joissa on sovellettu IPCC:n laskentasuosituksia. (Mäkelä et al. 2001)

Jos myös ulkomaan liikenteen Suomen talousalueella syntyvät hiilidioksidipäästöt ja sähkövetoisen rautatieliikenteen päästöt otetaan huomioon, liikenteestä aiheutuu noin 24 % koko Suomen hiilidioksidipäästöistä. Tieliikenteestä aiheutuvien typpioksiduuli- ja metaanipäästöjen määrää arvioidaan vuosittain LIPASTO-laskentajärjestelmään kuuluvassa LIISA-laskentamallissa. Tieliikenteestä aiheutui vuonna 2000 noin 2 200 tonnia metaanipäästöjä ja noin 1 260 tonnia typpioksiduulipäästöjä. Tieliikenteen metaani- ja typpioksiduulipäästöt ovat pääosin peräisin henkilöautoliikenteestä. Muiden liikennemuotojen metaani- ja typpioksiduulipäästöjen määrän on arvioitu olevan hyvin pieni. (Mäkelä et al. 2001, Kuusalo 1998)

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrä on kasvanut vuosina 1980–2000 noin 44 %. Kasvu oli suurinta vuosina 1980–1990, jolloin päästöjen määrä kasvoi noin 36 %. Vuosina 1990–2000 päästöjen määrä kasvoi noin 6 %. Tieliikenteen osuus liikenteen hiilidioksidipäästöistä on noin 70 %. Vesiliikenteen osuuden päästöistä on arvioitu vähenevän hieman vuoteen 2020 mennessä. Ilmaliikenteen osuuden koko hiilidioksidipäästöistä on arvioitu vuosina 2000–2020 kasvavan noin 10 %:iin. (VTT 2001)

¹ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) on WMO:n (World Meteorological Organisation) ja UNEPin (United Nations Environment Program) perustama hallitusten välinen ilmastonmuutosta tutkiva tieteellinen neuvosto. IPCC toimii neuvonantajana mm. YK:n ilmastonmuutosta koskeville puitesopimuksille (UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change)

LIPASTO-laskentajärjestelmän ennusteen mukaan liikenteen hiilidioksidipäästöt ovat vuonna 2020 noin 9 % suuremmat kuin vuonna 1990. Tieliikenteen arvioidut hiilidioksidipäästöt vuonna 2020 ovat noin 3 %, rautatieliikenteen noin 11 % ja vesiliikenteen noin 9 % suuremmat kuin vuonna 1990. Ilmaliikenteen päästöjen määrän on arvioitu noin kaksinkertaistuvan vuoden 1990 päästöjen määrään verrattuna. Kuvassa 1.1 on esitetty LIPASTO-laskentajärjestelmän mukainen päästöjen määrän kehitys vuoteen 1990 verrattuna liikennemuodoittain. (VTT 2001)



Kuva 1.1 Liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrän kehitys vuoteen 1990 verrattuna (kehitys vuosina 1990 – 2000 ja ennuste vuosille 2000 – 2020). (VTT 2001)

EU on hyväksynyt vuonna 1997 laaditun välittömien kasvihuonekaasujen vähentämistä koskevan ns. Kioton pöytäkirjan ja valmistautuu toimenpiteisiin päästöjen vähentämiseksi yhteisönä, jonka päästöjä ja rajoitustoimia tarkastellaan yhteisinä. Pöytäkirjan mukaisesti EU:n tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä 8 % vuoden 1990 päästöjen määrään verrattuna. Päästöjen vähentämismahdollisuudet eri EU-maissa ovat erilaiset, sillä osassa maista vähentämiseen tähtäviä toimenpiteitä on jo toteutettu. EU:n jäsenmaat sopivat keskinäisestä työnjaosta ja maakohtaisista päästötavoitteista vuonna 1998. Suomen mahdollisuuksien päästöjen vähentämiseen arvioitiin olevan melko huonot, sillä Suomessa hyödynnetään jo nyt runsaasti bioenergiaa, sovelletaan sähkön ja lämmön yhteistuotantoa sekä käytetään suhteellisen vähän energiaa suoritetta kohti teollisuudessa, asumisessa ja liikenteessä. Työnjakosopimuksen mukaan Suomen tavoitteena on palauttaa kasvihuonepäästöjen määrä vuoden 1990 tasolle vuosiin 2008–2012 mennessä. (Kulmala ja Kallberg 2002, Teknillistieteelliset akatemit 1999)

Suomessa ei ole päätetty sektorikohtaisista vähentämistavoitteista kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärän vähentämistavoitteen saavuttamiseksi. Lähtökohtana liikenteen päästöjen

vähentämistavoitteiden laadinnassa on ollut kansallinen tavoite palauttaa päästöjen kokonaismäärä vuoden 1990 tasolle. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämistä on käsitelty liikenneministeriön asettamassa *tieliikenteen hiilidioksidityöryhmässä* (Liikenneministeriö 1998) ja *hiilidioksidipäästöjen toimenpidetyöryhmässä* (Liikenneministeriö 1999). Toimenpidetyöryhmän mietinnössä vähentämistoimenpiteet on ryhmitelty tieliikenteen verotukseen, taloudellisen ajotavan edistämiseen, kevyen liikenteen kehittämiseen, tavaraliikenteen tehostamiseen, informaatiotekniikan kehittämiseen ja yhdyskuntarakenteen eheyttämiseen. Päästöjen vähentämiseksi työryhmä on suositellut autoveron rakenteellisen uudistuksen käynnistämistä vähän kuluttavia ajoneuvoja suosivaksi, taloudellisen ajotavan koulutuksen lisäämistä, polttoainekulutuksen seurantajärjestelmien kehittämistä ja yhdyskuntarakenteen eheyttämistoimien toteuttamista.

2. TAVOITTEET

Ennusteen mukaan liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrä on vuonna 2020 noin 9 % suurempi kuin vuonna 1990, mikäli nykyinen kehitys liikenteen kysynnässä ja tarjonnassa jatkuu myös tulevana vuosikymmeninä. Tutkimushankkeen tavoitteena on ollut kartoittaa liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrää ja vähentämismahdollisuuksia sekä arvioida eri vähennyskeinojen vaikuttavuutta ja soveltuvuutta Suomen olosuhteisiin. Tavoitteena on ollut tuottaa tietoa erilaisten toimenpiteiden vaikutuksista liikenteen hiilidioksidipäästöihin sekä arvioida toimenpiteiden toteutettavuutta liikennejärjestelmän toimivuuden ja kustannusten kannalta.

Keinovalikoiman laatimisen sekä keinojen vaikuttavuuden ja soveltamisen arvioimiseksi hankkeessa on tehty lähdealuekohtainen tarkastelu, jossa liikenteen hiilidioksidipäästöt on jaettu ryhmiin liikennemuodon ja syntyalueen mukaan. Lähdealuetarkastelu on edellyttänyt liikenteen kysyntätietojen tarkentamista, jotta tietoa päästöjen määrästä on voitu tuottaa riittävällä tarkkuudella liikennelajeittain ja lähdealueittain.

3. TUTKIMUSMENETELMÄT

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa on inventoitu eri liikennemuotojen, ajoneuvolajien ja liikenteen kysyntälajien hiilidioksidipäästöt alueellisesti. Päästöinventaariorissa on hyödynnetty soveltuvien osin LIPASTO-laskentajärjestelmää (VTT 2001). Päästöinventointia varten on koottu tiedot liikennelajeittaisista alueittaisista suoritteista. Päästöinventoinnin tarkasteluajankohtana on vuosi 1999 ja ennustevuosi 2020.

Päästöinventaarion jälkeen on koottu mahdollisten keinojen valikoima liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi kirjallisuustutkimuksen ja asiantuntijahaastattelujen perusteella. Keinojen vaikuttavuutta on arvioitu aiempien tutkimusten, kirjallisuustutkimuksen, asiantuntija-arvioiden ja laskennallisten mallien avulla. Keinojen vaikutusarvioiden laadinnassa keskeinen merkitys on ollut jo aiemmin MOBILE-ohjelmassa ja MOBILE²-tutkimuskokonaisuudessa sekä muissa aihealuetta sivuavissa tutkimuskokonaisuuksissa, kuten LYYLI- ja LIIKE-ohjelmissa, laadituilla tutkimuksilla ja

selvityksillä. Ajoneuvokannan muutosten vaikutusten arviointiin on lisäksi sovellettu mm. AHMA-laskentamallia (autokannan hallintamalli). Hiilidioksidipäästöjen lisäksi on arvioitu keinojen vaikutusta liikennejärjestelmän toimivuuteen, taloudellisia vaikutuksia ja keinojen käyttöönottoon liittyviä mahdollisia ongelmia.

Tarkastellut keinot ovat luonteeltaan ajoneuvo- tai moottoritekniisiä, liikennejärjestelmän ominaisuuksiin tai yksilön käyttäytymiseen ja valintoihin liittyviä. Kyse on usein käytännön toimintatapoihin tai infrastruktuuriin liittyvistä toimenpiteistä. Keinojen tehokkuutta on punnittu kohdentamalla ne samaan, jo lähdeanalyysivaiheessa käytettyyn hiilidioksidipäästöjen jakaumaan, jolloin on voitu tuottaa perustietoja päästöjen vähentämismahdollisuuksista eri sektoreilla ja osa-alueilla.

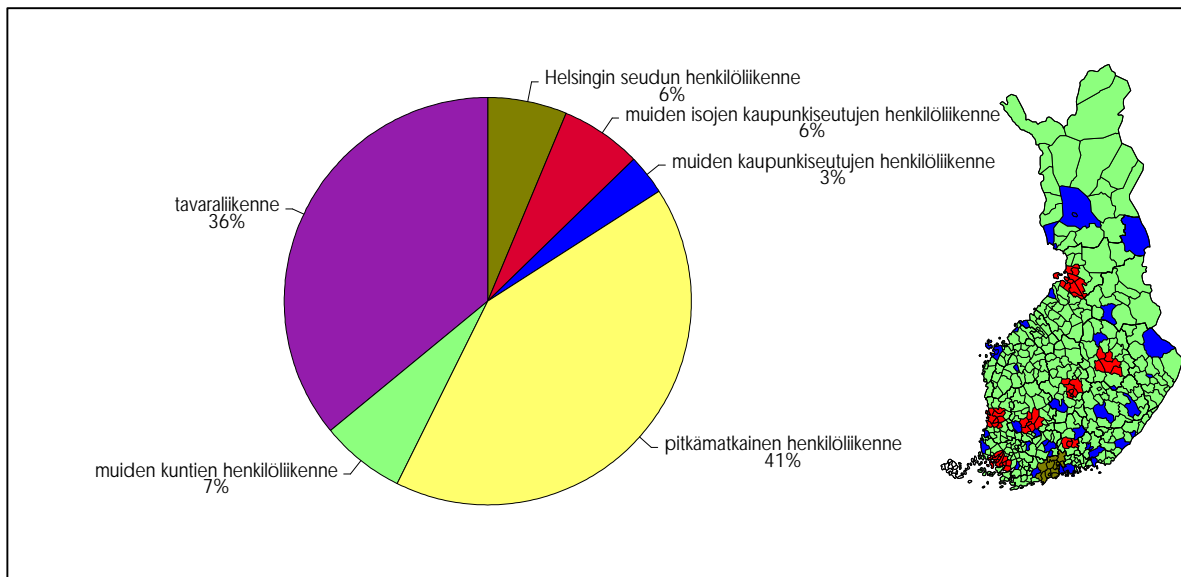
Kunkin tarkastellun keinon vaikutusta päästöjen kokonaismäärään on arvioitu vertaamalla kokonaispäästöjä perusskenaarioon, joka edustaa LIPASTO-tietokannan päästöennustetta vuodelle 2020. Perusskenaario sisältää mm. liikennesuorite-ennusteet sekä ennusteen energiankulutuksen ja päästöjen kehittymiselle. Ominaisenergiankulutuksen (MJ/km) on lähes kaikilla liikennemuodoilla arvioitu pienenevän tulevien vuosikymmenten aikana. Näin ollen liikenteen hiilidioksidipäästöjen perusskenaario sisältää jonkin verran mm. tekniikan kehittymistä ja liikennesuoritteiden kasvun. Liikennesuoritteiden on arvioitu vuosina 1999–2000 kasvavan saman suuntaisesti kuin LIPASTO-tietokannassa. Suoritteiden ja päästöjen laskennassa on otettu huomioon myös Suomen talousalueen ulkomaan liikenteen sekä sähkökäyttöisen liikenteen aiheuttamat päästöt. Tältä osin laskentatapa noudattaa kansallista LIPASTO-järjestelmässä vakiintunutta käytäntöä, jossa tarkastellaan koko Suomen talousalueella syntyviä päästöjä.

4. TULOKSIA JA PÄÄTELMIÄ

Pitkämatkainen henkilöliikenne suurimpia päästölähteitä

Päästöjen inventointia, toimenpiteiden vaikutusten arviointia ja toimenpiteiden kohdentamista varten liikenne on tutkimuksessa jaettu liikennemuodoittain lähdealueisiin, jolloin on voitu melko yksityiskohtaisesti tutkia kunkin keinon vaikutusten laajuutta. Tutkitut toimenpiteet on kohdennettu pääosin niihin liikennemuotoihin ja niille lähdealueille, joissa päästöt ovat suurimmat.

Kuvassa 4.1 on esitetty hiilidioksidipäästöjen jakautuminen henkilö- ja tavaraliikenteeseen ja henkilöliikenteen päästöjen jakautuminen eri lähdealueille. Noin 64 % hiilidioksidipäästöistä on peräisin henkilöliikenteestä ja noin 36 % tavaraliikenteestä. Lähes kaksi kolmasosaa henkilöliikenteen hiilidioksidipäästöistä on peräisin pitkämatkaisesta eri seutukuntien välisestä liikenteestä, johon kuuluvat myös laiva- ja lentoliikenteen päästöt.



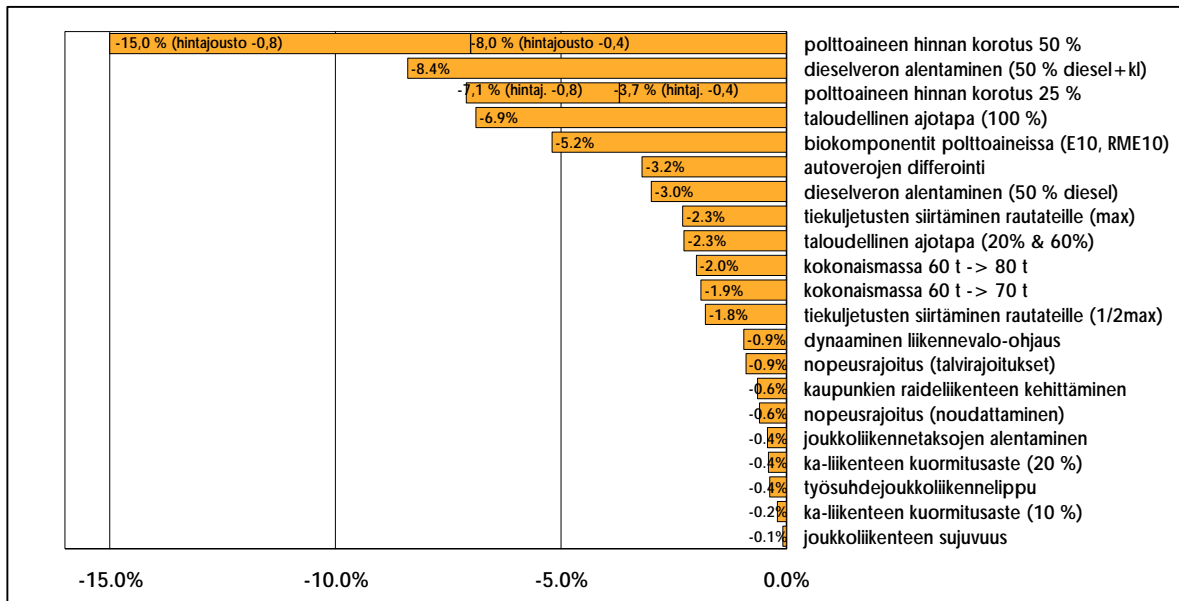
Kuva 4.1 Liikenteen hiilidioksidipäästöjen jakautuminen henkilö- ja tavaraliikenteeseen ja henkilöliikenteessä eri lähdealueille. (Kalenoja et al. 2002)

Hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen on monia mahdollisuuksia

Tutkimuksessa on tarkasteltu taloudellisen ohjauksen, lainsäädännöllisten keinojen, ajoneuvotekniikan kehittymisen, joukkoliikenteen edistämisen, liikenteen sujuvuuden parantamisen, kuljetusjärjestelmien kehittymisen sekä asenteiden ja elämäntapojen muuttumisen vaikutuksia liikenteen hiilidioksidipäästöihin vuonna 2020. Kirjallisuustutkimuksen menetelmin tutkittiin noin 40 keinon soveltuvuutta liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Tarkempaan laskennalliseen tarkasteluun on valittu 15 toimenpidettä, joiden laskentaoletuksia on kuvattu taulukossa 4.1. Toimenpiteet ovat osittain päällekkäisiä ja ristikkäisiä, ja ne eivät kaikilta osin sovellu samanaikaisesti toteutettaviksi. Kuvassa 4.2 on esitetty tutkittujen toimenpiteiden vaikutuksia liikenteen hiilidioksidipäästöihin vuoden 2020 tilanteessa perusennusteeseen verrattuna.

Taulukko 4.1 Tarkastellut toimenpiteet. (Kalenoja et al. 2002)

Toimenpide	Kuvaus	Vaikutusmekanismi
polttoaineen hinnan korottaminen	bensiinin hinta nousee 25 % tai 50 %	hinnan korotus vaikuttaa lyhyellä aikavälillä ajettujen kilometrien määrään ja ajotapaan sekä pitkällä aikavälillä auton ja asuinpaikan valintaan
autoverojen differointi	autoveron %-osuus porrastetaan ajoneuvon hiilidioksidipäästöjen mukaan	veromuutos alentaa vähän kuluttavien ja nostaa paljon kuluttavien ajoneuvojen hankintahintaa
mootoriajoneuvoveron alentaminen	dieselmääräajoneuvoille kohdennettua mootoriajoneuvoveroa alennetaan	dieselmääräajoneuvojen osuus autokannassa kasvaa
biokomponenttien yleistyminen polttoaineissa	bensiiniin lisätään biomassasta valmistettua etanolia (E10) ja dieselpolttonesteeseen biodieseliä eli kasviöljyestereitä	laskennalliset hiilidioksidipäästöt vähenevät, sillä biomassan kasvun aikana kuluva hiilidioksidi voidaan laskea hiilidioksiditaseeseen
joukkoliikennetaksojen alentaminen	kaupunkiseutujen paikallismatkojen hinta alenee 20 % ja pitkämatkaisen liikenteen lippujen hinnat 30 %	lisää joukkoliikenteen houkuttelevuutta muihin kulkutapoihin nähden, vähentää henkilöautosuoritetta
työsuhdejoukkoliikennelipun yleistyminen	työsuhdejoukkoliikennelipun verotusarvoa alennetaan ja sitä markkinoidaan aktiivisesti työnantajille ja työntekijöille	lisää joukkoliikenteen houkuttelevuutta muihin kulkutapoihin nähden, vähentää henkilöautosuoritetta
joukkoliikenteen sujuvuuden lisääminen	joukkoliikenteelle toteutetaan liikennevalo- ja kaistaetuuksia suurimmilla kaupunkiseuduilla	lisää joukkoliikenteen houkuttelevuutta lyhentämällä matka-aikaa, vähentää linja-autojen polttoaineenkulutusta vähentämällä pysähdysten määrää liikennevaloissa, vähentää henkilöautosuoritetta
kaupunkien raideliikenteen kehittäminen	suurimmilla kaupunkiseuduilla investoidaan pikaraitiotieverkon kehittämiseen	lisää joukkoliikenteen tarjontaa ja palvelutasoa ja siirtää matkustajia joukkoliikenteeseen, vähentää henkilöautosuoritetta
liikennevalo-ohjauksen kehittäminen	liikennevalojen ohjauksessa pyritään minimoimaan pysähtymään joutuvien ajoneuvojen määrää kokonaisviivytysten sijasta	pienentää polttoaineenkulutusta vähentämällä pysähdysten määrää
kuorma-autojen sallittujen kokonaispainojen nostaminen	suurin sallittu ajoneuvoyhdistelmän kokonaismassa kasvaa nykyisestä 60 tonnista 70 tonniin tai 80 tonniin	pienentää kuorma-autoliikenteen liikennesuoritetta
kuorma-autoliikenteen kuormitusasteen kasvattaminen	kuormitusaste kasvaa ja tyhjänäajon määrä vähenee	pienentää kuorma-autoliikenteen liikennesuoritetta
tiekuljetusten siirtäminen rautateille	osa teillä nykyisin kuljetettavasta tavarasta siirtyy kuljetettavaksi rautateitse	pienentää kuorma-autoliikenteen liikennesuoritetta
ajonopeuksien alentaminen	nykyisten nopeusrajoitusten noudattamista parannetaan valvontamenetelmin tai talvinopeusrajoitusten voimassaoloaika laajennetaan ympärivuotiseksi	pienentää henkilöautojen polttoaineenkulutusta maantieajossa
taloudellisen ajotavan yleistyminen	kaikki kuljettajat noudattavat taloudellista ajotapaa tai 20 % henkilöautoilijoista ja 60 % raskaan ajoneuvoliikenteen kuljettajista noudattaa taloudellista ajotapaa	pienentää ajoneuvojen polttoaineenkulutusta



Kuva 4.2 Tutkittujen toimenpiteiden vaikutus liikenteen hiilidioksidipäästöihin vuonna 2020 perusennusteeseen verrattuna. (Kalenoja et al. 2002)

Polttoaineen nostaminen on tehokas mutta sosiaalisesti epäoikeudenmukainen toimenpide

Tutkituista keinoista henkilöauton käyttöön kohdistuvat taloudellisen ohjauksen keinot ovat vaikutuksiltaan suurimpia. Polttoaineen hinnan nousu 50 %:lla vähentäisi liikenteen hiilidioksidipäästöjä pitkällä aikavälillä 8–15 %. Hinnan korottaminen 25 %:lla vähentäisi hiilidioksidipäästöjä noin puolet vähemmän. Polttoaineen hinnan korotus vaikuttaa hiilidioksidipäästöjen määrään monella eri tavalla: vähenemä koostuu pitkällä aikavälillä ajokilometrien vähentämisestä, siirtymistä muihin kulkutapoihin ja kimpakyyteihin, taloudellisemman ajotavan noudattamisesta, energiataloudellisempien ajoneuvojen valinnasta ja asuinpaikkaan liittyvistä valinnoista. Näin ollen hinnan korotus sisältää eräiden muiden toimenpiteiden vaikutuksia (mm. taloudellinen ajotapa). Polttoaineen hinnan korotus kohdentuisi kuitenkin alueellisesti melko epätasaisesti ja lisäisi liikkumiskustannuksia sosioekonomisesti epäoikeudenmukaisella tavalla. Liikkumiskustannukset nousevat polttoaineen hinnan korotusten vaikutuksesta myös niillä alueilla, joilla henkilöautolle ei ole tarjolla energiatehokkaampia kulkutapavaihtoehtoja. Näin ollen suurten korotusten vaikutuksia olisi pohdittava sosiaalisen kestävyuden ja liikkumisen tasa-arvoisuuden kannalta.

Moottoriajoneuvoveron eli ns. dieselperon alentaminen lisäisi dieselkäyttöisten ajoneuvojen osuutta henkilöautokannassa huomattavasti. Jos kulutuskysyntä ohjautuisi aiemman kokoluokan saman suuruiseen ajoneuvoon, vähenisivät liikenteen hiilidioksidipäästöt noin 4 %. Jos aiemman bensiinikäyttöisen ajoneuvon tilalle hankittaisiin dieselkäyttöinen ajoneuvo saman kokoluokan vähiten kuluttavasta neljänneksestä, vähenisivät liikenteen hiilidioksidipäästöt noin 8 %. Dieselkäyttöisten ajoneuvojen yleistymisen lisäksi henkilöautokannan hiukkas- ja typen oksidi -päästöjen määrää, mikäli dieselkäyttöisten henkilöautojen päästöt eivät vähenisi odotettua kehitystä enemmän tulevina vuosikymmeninä. Dieselkäyttöisten henkilöautojen laajamittainen yleistymisen huonontaisi näin ollen jonkin verran kaupunkien ilman laatua perusennusteen autokantaan verrattuna.

Biokomponenteilla lupaavia vaikutuksia

Biokomponenttien sekoittaminen polttoaineisiin noin 10 %:n seossuhteessa vähentäisi liikenteen hiilidioksidipäästöjä noin 5 %. Etanolin lisääminen bensiiniin ja biodieselin lisääminen dieselpolttonesteeseen lisäisi jonkin verran polttoainekustannuksia, mikä siirtyisi todennäköisesti osin kuluttajien maksettavaksi ja osin julkisen sektorin rahoitettavaksi. Biopolttoainesekoitus on yksilön ja julkisen sektorin kannalta melko helposti hyväksyttävissä oleva toimenpide, sillä se ei edellytä muutoksia ajoneuvojen käyttörutiineissa ja on liikennepoliittisesti hyväksyttävä toimenpide. Alkoholia sisältävien biokomponenttien lisääminen saattaa epäsuotuisissa olosuhteissa lisätä eräiden muiden haitallisten pakokaasupäästöjen (mm. aldehydit) määrää. Biokomponenttien yleistymisessä olisikin huolehdittava, että ilman laatua huonontavien päästöjen määrä ei kasvaisi. Biokomponenttien lisääminen soveltuu yhtäaikaisesti toteutettavaksi muiden keinojen kanssa.

Taloudellinen ajotapa tehokas menetelmä

Taloudellisen ajotavan yleistymisen vähentäisi enimmillään hiilidioksidipäästöjä noin 7 % perusennusteeseen verrattuna. Enimmäisarviossa on oletettu, että kaikki kuljettajat ovat saaneet opastusta taloudelliseen ajotapaan ja että taloudellisuuden seuranta on kuljettajalle mahdollista. Näin mittava taloudellisen ajotavan yleistymisen edellyttäisi esimerkiksi ajotietokoneiden yleistymistä tai ajoneuvoissa saatavilla olevaa opastusjärjestelmää, joka antaisi kuljettajalle reaaliaikaista palautetta ajotavasta. Maltillisessa arviossa 20 % henkilöauton kuljettajista ja 60 % raskaan liikenteen kuljettajista noudattaisi taloudellista ajotapaa. Maltillisemmassa vaihtoehdossa liikenteen hiilidioksidipäästöjen määrä vähenisi noin 3 % perusennusteeseen verrattuna. Kiinnostus taloudelliseen ajotapaan kasvaa yleensä, jos polttoaineen hinta nousee. Taloudellista ajotapaa on mahdollista edistää myös kannustemenetelmin, sillä polttoaineen kulutuksen vähenemisestä saatava hyöty on jo nykyisten liikkumiskustannusten kannalta suhteellisen suuri.

Joukkoliikenteen osuuden lisääminen parantaisi myös kaupunkien ilman laatua

Tutkittujen joukkoliikenteen palvelutasoa parantavien toimenpiteiden vaikutus liikenteen hiilidioksidipäästöihin on melko pieni (alle 1 %). Joukkoliikenteen palvelutason parantamisella on kuitenkin muita erittäin hyödyllisiä seurausvaikutuksia mm. kaupunkien ilman laatuun ja kaupunkiseutujen autoistumisvaikutuksiin. Työsuhdejoukkoliikenneliipun yleistymisen on tutkituista joukkoliikenteen keinoista tehokkaimpia, jos otetaan huomioon kustannukset ja suhteellinen vaikutus hiilidioksidipäästöihin. Eniten kulkutapajakaumaan vaikuttaisi kaupunkiseutujen raideliikenteen kehittäminen, josta aiheutuu kuitenkin erittäin suuria investointeja. Joukkoliikenteen toimenpiteiden toteutettavuuden arvioinnissa olisi otettava huomioon niiden positiiviset vaikutukset kaupunkiseutujen kulkutapajakaumaan ja ilman laatuun, sillä paikallisesti niiden vaikutukset voivat olla huomattavan suuria.

Kuorma-autoliikenteessä suurimman sallitun massan nosto vähentäisi päästöjä

Tavaraliikenteen keinoista tehokkaimpia ovat taloudellisen ajotavan yleistymisen ja ajoneuvoyhdistelmän suurimman sallitun massan nostaminen 70 tai 80 tonniin.

Enimmäispainon nostamisella voi kuitenkin olla liikenneturvallisuutta huonontavia vaikutuksia. Myös rautatiekuljetusten suosiminen on melko tehokas keino päästöjen vähentämisessä, mutta edellyttäisi suuria rataverkkoon kohdistettavia investointeja.

Soveltuvimmat toimenpiteet ovat toteuttamiskelpoisia yksilön, elinkeinoelämän ja julkisen sektorin näkökulmasta

Päästöjen vähentämisen kannalta parhaaseen lopputulokseen päästään useiden eri toimenpiteiden samanaikaisella toteuttamisella. Toimenpiteiden toteutettavuus riippuu siitä, mitä tekijöitä toteutettavuudessa halutaan painottaa. Julkisen sektorin kannalta keskeinen tavoite voi olla kustannustehokkuus, jolloin kustannuksiltaan edulliset keinot korostuvat. Toisaalta monilla välittömiltä kustannuksiltaan edullisilta vaikuttavilla toimenpiteillä voi olla negatiivisia taloudellisia seurausvaikutuksia – esimerkiksi polttoaineen hinnan korottaminen voi vaikeuttaa asumista haja-asutusseuduilla ja osaltaan voimistaa muuttoliikettä kasvuseuduille. Parhaiten toteutettavaksi soveltuvat ne keinot, jotka ovat yksilön, yritysten ja julkisen sektorin kannalta hyväksyttäviä ja kustannusvaikutuksiltaan kohtuullisia.

Taulukossa 4.2 on esitetty kolme tutkituista toimenpiteistä laadittua toimenpidevalikoimaa, joiden muodostamisperiaatteena ovat olleet julkiselle sektorille kohdentuvat kustannukset, kuluttajaystävällisyys ja ilman laadun kehitys. Painotuksesta riippuen toimenpiteet sijaitsevat toteutettavuuden kannalta melko erilaisessa asemassa. Taloudellinen ajotapa, kuorma-autoliikenteen kuormitusasteen nostaminen ja työsuhdejoukkoliikenneliikkeen yleistymisen ovat esimerkkejä toimenpiteistä, jotka ovat hyväksyttävissä kustannusten, liikenteen palvelutason ja ilman laadun kehityksen kannalta. Sen sijaan esimerkiksi moottoriajoneuvoveron alentaminen sijoittuu julkisen sektorin kustannusten ja kaupunkien ilman laadun kannalta vaikeasti toteutettavien toimenpiteiden ryhmään.

Taulukko 4.2 Eri tavalla painotettuja toimenpidevalikoimia liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. (Kalenoja et al. 2002)

painotus	julkiselle sektorille kustannuksiltaan edullinen toimenpidevalikoima	kuluttajaystävällinen toimenpidevalikoima	ilman laadun kehitystä painottava toimenpidevalikoima
kuvaus	Julkisen sektorin kustannukset mahdollisimman pienet.	Liikkumiskustannusten ja –mahdollisuuksien säilyttäminen ennallaan tai parantaminen.	Painotus kaupunkien ilman laatua parantavissa toimenpiteissä.
erittäin hyvin soveltuvia toimenpiteitä	<ul style="list-style-type: none"> - talvinopeusrajoitusten laajentaminen ympärivuotiseksi - nopeusrajoitusten noudattaminen päätieverkolla - kuorma-autoliikenteen kuormitusasteen nostaminen - biopolttoainekomponenttien lisääminen - työsuhdejoukkoliikennelipun yleistyminen 	<ul style="list-style-type: none"> - ajoneuvoyhdistelmien painorajoitusten nostaminen - liikennevalo-ohjauksen kehittäminen - joukkoliikennetaksojen alentaminen - työsuhdejoukkoliikennelipun yleistyminen - taloudellisen ajotavan yleistyminen - moottoriajoneuvoveron alentaminen - autoveron differointi - kaupunkien raideliikenteen kehittäminen - joukkoliikenteen sujuvuuden lisääminen - tiekuljetusten siirtäminen rautateille 	<ul style="list-style-type: none"> - taloudellisen ajotavan noudattaminen - kaupunkien raideliikenteen kehittäminen - työsuhdejoukkoliikennelipun yleistyminen - liikennevalo-ohjauksen kehittäminen - joukkoliikenteen sujuvuuden kehittäminen - joukkoliikennetaksojen alentaminen
soveltuvia toimenpiteitä	<ul style="list-style-type: none"> - polttoaineen hinnan korotus - taloudellisen ajotavan yleistyminen - ajoneuvoyhdistelmien painorajoitusten nostaminen - autoveron differointi 	<ul style="list-style-type: none"> - biopolttoainekomponenttien lisääminen 	<ul style="list-style-type: none"> - polttoaineen hinnan korotus
huonosti soveltuvia toimenpiteitä	<ul style="list-style-type: none"> - kaupunkien raideliikenteen kehittäminen - tiekuljetusten siirtäminen rautateille - moottoriajoneuvoveron alentaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - polttoaineen hinnan korotus - talvinopeusrajoitusten laajentaminen ympärivuotiseksi - nopeusrajoitusten noudattaminen päätieverkolla 	<ul style="list-style-type: none"> - moottoriajoneuvoveron alentaminen

LÄHDELUETTELO

Houghton, J. T., Jenkins, G. J. & Ephraums, J. J. (toim.). 1990. Climate Change. The IPCC Scientific Assessment. Intergovernmental Panel on Climate Change. Report prepared for IPCC by Working Group I. Cambridge.

IPCC 2001. Technical Summary of the Working Group I Report.

Kalenoja, Hanna, Mäntynen, Jorma, Kallberg, Harri, Jokipii, Tuomas, Korpela, Kari & Kulmala, Mika. 2002. Liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämismahdollisuudet Suomessa. CLIMTECH-tutkimusohjelma, MOBILE²-tutkimuskokonaisuus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, liikenne- ja kuljetustekniikan tutkimuksia 48. MOBILE²-raportti M2T0137-1. Tampere.

Kulmala, Mika & Kallberg, Harri. 2002. Liikenteen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen vähentäminen taloudellisen ohjauksen keinoin. Ajoneuvohallintokeskus, tutkimuksia ja selvityksiä N:o 2/2002. Helsinki.

Kuusalo, Kari. 1998. Ilmailun päästöjen ilmakehävaikutukset. Kirjallisuusselvitys. Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos. Ilmailulaitos, A2/98. Vantaa.

Liikenneministeriö. 1998. Tieliikenteen hiilidioksidipäästöt ja niiden kehitys. Tieliikenteen hiilidioksidityöryhmän mietintö. Liikenneministeriön julkaisuja 26/98. Helsinki.

Liikenneministeriö. 1999. Toimenpiteet tieliikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. julkaisuja 16/1999. Helsinki

Mäkelä, Kari, Tuominen, Anu & Pääkkönen, Esa. 2001. Suomen liikenteen päästöjen laskentajärjestelmä LIPASTO 2000. Tutkimusraportti RTE 1368/01. MOBILE²-raportti M2T9916-9.

Teknillistieteelliset akatemioiden. 1999. Ilmastopöytäkirja ja Suomen energiatalous. Suomen energiatalouden ja -politiikan kyky sopeutua kansainvälisten sopimusten asettamiin vaatimuksiin. Teknillistieteelliset akatemioiden, Energiatekniikan ryhmä. 1999:1. Espoo.

VTT. 2001. LIPASTO-laskentajärjestelmä. <http://www.vtt.fi/>