



Liikenne- ja
viestintäministeriö

Viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen päästövaikutukset

Liikenne- ja viestintäministeriön

toiminta-ajatus

Liikenne- ja viestintäministeriö edistää yhteiskunnan toimivuutta ja väestön hyvinvointia huolehtimalla siitä, että kansalaisten ja elinkeinoelämän käytössä on laadukkaat, turvalliset ja edulliset liikenne- ja viestintäyhteydet sekä alan yrityksillä kilpailukykyiset toimintamahdollisuudet.

visio

Suomi on eturivin maa liikenteen ja viestinnän laadussa, tehokkuudessa ja kansainvälisessä osaamisessa.

arvot

Rohkeus
Oikeudenmukaisuus
Yhteistyö



Julkaisun nimi

Viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen päästövaikutukset

Tekijät

Gaia Consulting Oy

Elina Virtanen, Markku Hagström, Anna Kumpulainen, Juha Vanhanen, Iivo Vehviläinen

Toimeksiantaja ja asettamispäivämäärä

Liikenne- ja viestintäministeriö 4.11.2009

Julkaisusarjan nimi ja numero

**Liikenne- ja viestintäministeriön
julkaisu 12/2010**

ISSN (verkkojulkaisu) 1798-4045

ISBN (verkkojulkaisu) 978-952-243-156-1

HARE-numero

Asianumero

Asiasanat

Tieto- ja viestintäteknologia, ilmastopolitiikka, kasvihuonekaasu, älykäs energiaverkko, älykäs liikenne, älykäs rakennusteknologia

Yhteyshenkilö

Timo Kievari, liikenne- ja viestintäministeriö

Muut tiedot

Tiivistelmä

Raportissa on käyty läpi kansainvälisiä arvioita tieto- ja viestintäteknologian (ICT) sovellusten päästövähennysmahdollisuuksista, arvioitu ICT:n kokonaisenergiankulutusta Suomessa sekä arvioitu laskentaesimerkkien avulla, miten paljon hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää Suomessa ICT-sovellusten avulla.

Suurimpia päästövähennyksiä arvioidaan voitavan saavuttaa älykkään liikenteen ratkaisulla, älykkäällä rakennusteknologialla, älykkäiden energiaverkkojen avulla sekä teollisuuden laitteiden älykkään ohjaamisen avulla. Dematerialisaation osalta merkittävimpiä päästövähennyksiä arvioidaan saavutettavan etätyöskentelyn ja etäkokousten lisäämisen avulla.

Energiantuotanto ja liikenne ovat Suomessa suuria hiilidioksidipäästöjen aiheuttajia ja lisäksi rakennusten lämmitys on välillisesti vastuussa suuresta osasta Suomen hiilidioksidipäästöistä. Näihin sektoreihin kohdistuvat toimenpiteet ovat myös laaja-alaisia ja niillä voidaan arvioida saavutettavan yhteensä jopa yli 10 Mton päästövähennykset.

Tämän selvityksen mukaan ICT-sektorin aiheuttamat päästöt (0,7-2,5 Mton) ovat pieniä verrattuna päästövähennyksiin, joita voidaan saavuttaa älykkäiden ICT-palveluiden avulla. Todennäköistä on, että ICT-sektorin aiheuttamat päästöt kasvavat joka tapauksessa tietoyhteiskunnan kehityksen myötä. Mikäli ICT-sovelluksia hyödynnetään erityisesti rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa, liikenteen ohjaamisessa ja energiantuotantajärjestelmien tehostamisessa, voidaan yhteisvaikutuksena saada aikaan jopa huomattavan suuri päästövähennysvaikutus.



Publiceringsdatum
20.5.2010

Publikation

Utsläppseffekter genom kommunikationsteknik och digitaliserade tjänster

Författare

Gaia Consulting Oy

Elina Virtanen, Markku Hagström, Anna Kumpulainen, Juha Vanhanen, Iivo Vehviläinen

Tillsatt av och datum

Kommunikationsministeriet 4.11.2009

Publikationsseriens namn och nummer

**Kommunikationsministeriets
publikationer 12/2010**

ISSN (webbpublikation) 1798-4045

ISBN (webbpublikation) 978-952-243-156-1

HARE-nummer

Ärendenummer

Ämnesord

Informations- och kommunikationsteknik, klimatpolitik, växthusgas, intelligent energinät, intelligent trafik, intelligent byggnadsteknik

Kontaktperson

Timo Kievari, kommunikationsministeriet

Övriga uppgifter

Rapporten är på finska.

Sammandrag

Rapporten omfattar en genomgång av internationella bedömningar om möjligheterna till utsläppsminskning med hjälp av informations- och kommunikationsteknikens (ICT) applikationer, beräkningar av den totala energiförbrukningen för ICT i Finland och beräkningar med räkneexempel hur mycket koldioxidutsläppen kan minskas i Finland med hjälp av ICT-applikationer.

Man beräknar att de största utsläppsminskningarna kan uppnås med hjälp av intelligenta transportsystem, intelligent byggnadsteknik, intelligenta energinät och intelligent styrning av industrianläggningar. I fråga om dematerialisation beräknar man att de mest betydande utsläppsminskningarna kan uppnås genom att utöka distansarbetet och distansmötena.

Energiproduktionen och trafiken står i Finland för en avsevärd del av koldioxidutsläppen och dessutom är uppvärmningen av byggnader indirekt ansvarig för en stor del av Finlands koldioxidutsläpp. De åtgärder som inriktas på dessa sektorer är också vidsträckta och man kan uppskatta att utsläppsminskningar på rentav drygt 10 milj. ton kan uppnås genom dem.

Enligt denna utredning är utsläppen från ICT-sektorn (0,7–2,5 miljoner ton) små jämfört med de utsläppsminskningar som kan uppnås med hjälp av intelligenta ICT-tjänster. Det är sannolikt att ICT-sektorns utsläpp i varje fall ökar i takt med informationssamhällets utveckling. Om ICT-applikationer nyttiggörs särskilt vid förbättring av byggnadernas energieffektivitet, trafikstyrning och effektivisering av energiproduktionssystemen kan man som samverkan åstadkomma rentav en avsevärt stor utsläppsminskande effekt.



Date
20 May 2010

Title of publication

Emission impacts of information and communications technology and electronic services

Author(s)

Gaia Consulting Oy
Elina Virtanen, Markku Hagström, Anna Kumpulainen, Juha Vanhanen, Iivo Vehviläinen

Commissioned by, date

Ministry of Transport and Communications, 4 November 2009

Publication series and number

**Publications of the Ministry of
Transport and Communications
12/2010**

ISSN (online) 1798-4045

ISBN (online) 978-952-243-156-1

Reference number

Keywords

Information and communications technology, climate policy, greenhouse gas, smart grid, intelligent transport system, smart building technology

Contact person

Timo Kievari, Ministry of Transport and Communications

Other information

The report is in Finnish (abstract in English)

Abstract

This report examines international estimates of how information and communication technologies (ICT) could help reduce emissions. The report also evaluates ICT's total energy consumption in Finland, and estimates, by means of different calculation examples, how much carbon dioxide emissions could be reduced in Finland by using ICT applications.

It is estimated that the biggest emission reductions could be achieved through solutions based on intelligent transport system, smart building technology, smart grids and more intelligent ways of controlling industrial processes. In the field of dematerialization the most significant emission reductions are estimated to be achieved by increasing the use of teleworking and teleconferencing.

Energy production, traffic and heating of buildings are major sources of carbon dioxide emissions in Finland. A wide variety of measures have been targeted at these sectors offering emission reductions equivalent to over 10 million tons.

The ICT sector's own emissions (0.7-2.5 Mton) are relatively small compared to the reductions that could be achieved through intelligent ICT services. The ICT sector's own emissions will probably increase in any case due to the development of information society. However, as a net effect, a major emission reduction could be achieved if ICT applications were used to improve energy efficiency of buildings, intelligent traffic control and efficient energy production systems.

Esipuhe

Liikenne- ja viestintäministeriö teetti talvella 2009-2010 tarjouskilpailun perusteella selvityksen viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen päästövaikutuksista. Selvityksen taustalla on kansainvälisillä forumeilla vilkastunut keskustelu tieto- ja viestintäteknologian päästövaikutuksista sekä vaikutuksista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä ja uuden liiketoiminnan luomisessa.

Tieto- ja viestintäteknologia-ala tuottaa kansainvälisten tutkimusten mukaan noin kaksi prosenttia maailman hiilidioksidipäästöistä, ja osuuden arvioidaan kasvavan kolmesta neljään prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. ICT:n valjastaminen muilla talouden sektoreilla älykkäiden toimintatapojen edistämiseksi voi kuitenkin edistää energiatehokkuutta ja vähentää kokonaisuudessaan maailman hiilipäästöjä jopa 15 prosentilla vuoteen 2020 mennessä.

Näistä lähtökohdista asiaa haluttiin selvittää kansallisesta näkökulmasta. Selvityksessä tuli tehdä katsaus alan tutkimukseen siltä osin, kuin vaikutuksia on kansainvälisesti mitattu niin yksityiskohtaisella numeerisella tasolla kuin vaikutuksilla yleisemmin yhteiskuntaan. Lisäksi tuli tutkia nimenomaisesti suomalaisesta näkökulmasta sitä, miten paljon olemassa olevien ja kehitteillä olevien sähköisten palveluiden käytöllä voidaan lisätä energiatehokkuutta ja vaikuttaa erityisesti liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Selvityksessä haluttiin myös huomioida tietoyhteiskunnan infrastruktuurin aiheuttama ja palvelujen lisääntymisestä aiheutuva kasvava kuormitus.

Selvityksen tulokset ovat samansuuntaisia kansainvälisten tutkimusten kanssa. Tutkimuksessa laskentaesimerkkien avulla tuotettujen arvioiden tarkoituksena on ollut tunnistaa eri sovellusten suuruusluokat – ei sinänsä tuottaa tarkkoja arvioita hiilijalanjäljestä. Tieto- ja viestintäteknologian hyödyntämiseen liittyy runsaasti sellaisia välillisiä vaikutuksia, joiden ympäristö- ja talousvaikutusten mittaamisen tapoja tulisi kehittää tarkemmiksi. Suurimpia päästövähennyksiä arvioidaan voitavan saavuttaa älykkään liikenteen ratkaisuilla, älykkäällä rakennusteknologialla, älykkäiden energiaverkkojen avulla sekä teollisuuden laitteiden älykkään ohjaamisen avulla. Dematerialisaation osalta merkittävimpiä päästövähennyksiä arvioidaan saavutettavan etätyöskentelyn ja etäkokousten lisäämisen avulla.

Tieto- ja viestintäteknologialla on huomattava mahdollistajan rooli siirryttäessä kohti energiatehokkaampaa ja vähäpäästöisempää taloutta. Samalla on mahdollisuus lisätä Suomen kilpailukykyä energiatehokkaiden teknologioiden ja palveluiden markkinoilla ja luoda kokonaan uudenlaisten tuotteiden ja palveluiden markkinoita. Näiden mahdollisuuksien toteutuminen edellyttää laadukkaan tieto- ja viestintäteknologiaan perustuvan infrastruktuurin saatavuutta ja integroimista osaksi muita yhteiskunnan verkkoja, kuten esimerkiksi liikenne- ja energiaverkkoja.

Selvityksestä vastasi Gaia Consulting Oy:n Elina Virtanen, Markku Hagström, Anna Kumpulainen, Juha Vanhanen ja Iivo Vehviläinen. Liikenne- ja viestintäministeriön puolesta selvitystyötä ohjasi ylitarkastaja Timo Kievari.

Helsingissä 15.5.2010

Timo Kievari
ylitarkastaja

Sisällysluettelo

Yhteenveto.....	4
Abstract in English.....	7
1 Johdanto	8
2 ICT-sovellusten päästövähennysvaikutukset kansainvälisellä tasolla	8
2.1 ICT:n kokonaisvaikutus	9
2.2 ICT-laitteiden energiankulutus	9
2.3 Etätyö	10
2.4 Etäkokoukset	12
2.5 Liikenne.....	13
2.6 Rakennukset	16
2.7 Älykäs energiaverkko	19
2.8 Teollisuus	22
2.9 Dematerialisaatio, sähköinen kauppa ja sähköiset palvelut.....	23
3 ICT-sovellusten vaikutukset Suomessa	27
3.1 Tarkasteltavien ICT-sovellusten valinta	27
3.2 Päästövähennysten laskenta	28
3.2.1 Menetelmän kuvaus.....	28
3.2.2 Tehdyt rajaukset.....	29
3.3 Tarkasteltujen ICT-sovellusten vaikutukset	29
3.3.1 Thin client	29
3.3.2 Keskitetyt palvelinkeskuksat.....	30
3.3.3 Tulostaminen	31
3.3.4 Roskaposti	31
3.3.5 Etätyö	32
3.3.6 Etäkokoukset	33
3.3.7 Älykäs liikenne	34
3.3.8 Alueellinen kimpakyytipalvelu.....	35
3.3.9 Älykäs rakennusteknologia.....	36
3.3.10 Älykäs valaistus	37
3.3.11 Huoneistokohtaiset vesimittarit	38
3.3.12 Älykäs energiaverkko.....	38
3.3.13 Etäluettavat sähkömittarit.....	40
3.3.14 Sähköinen terveydenhuolto.....	40
3.3.15 Postipalveluiden tehostaminen ja sähköistäminen	41

3.3.16	Sähköiset viranomaispalvelut.....	42
3.3.17	Sähköinen äänestäminen	43
3.4	Tietoyhteiskunnan infrastruktuurin energiankulutuksen lisääntyminen	44
4	Johtopäätökset ja suositukset	47
4.1	Yhteenveto vaikutuksista Suomessa.....	47
4.2	Alustavia suosituksia jatkotoimenpiteistä	48
5	Lähdeluettelo.....	49
5.1	Läpikäytyt kansainväliset selvitykset ja EU:n linjaukset.....	49
5.2	Muut lähteet.....	50
	Liite 1 Laskelmissa tehdyt oletukset.....	52
	Liite 2 Laskelmissa käytetyt muut parametrit	68

Yhteenveto

Tieto- ja viestintäteknologian (ICT) roolista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä on viime aikoina keskusteltu paljon. ICT:tä voidaan käyttää monilla sektoreilla edistämään energiatehokkuutta ja vähentämään maailman hiilidioksidipäästöjä kokonaisuudessaan. Toisaalta teknologian käytön lisääntyessä siihen liittyvä energiankulutus lisääntyy. Päästövähennysten optimaalinen aikaansaaminen edellyttää hyvää tietopohjaa ICT-pohjaisten ratkaisujen kokonaisvaikutuksista.

Maailmanlaajuisesti on tehty monia selvityksiä ICT-sektorin aiheuttamista päästöistä ja mahdollisuuksista vähentää päästöjä muilla sektoreilla. ICT-sektorin aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen arvioidaan olevan vuonna 2020 noin 3 % maailman päästöistä¹. Climate Groupin mukaan ICT-sektorin mahdollistamat päästövähennykset voivat olla noin 15 % koko maailman ennustetuista vuoden 2020 päästöistä. Bio Intelligence Service arvioi eko-skenaariossaan, että ICT-sovellusten avulla saavutettavat päästövähennykset olisivat noin 7 % vuoden 2020 päästöistä, kun tarkastellaan Eurooppaa.

Suurimpia päästövähennyksiä arvioidaan voitavan saavuttaa älykkään liikenteen ratkaisulla, älykkäällä rakennusteknologialla, älykkäiden energiaverkkojen avulla sekä teollisuuden laitteiden älykkään ohjaamisen avulla. Dematerialisaation osalta merkittävimpiä päästövähennyksiä arvioidaan saavutettavan etätyöskentelyn ja etäkokousten lisäämisen avulla.

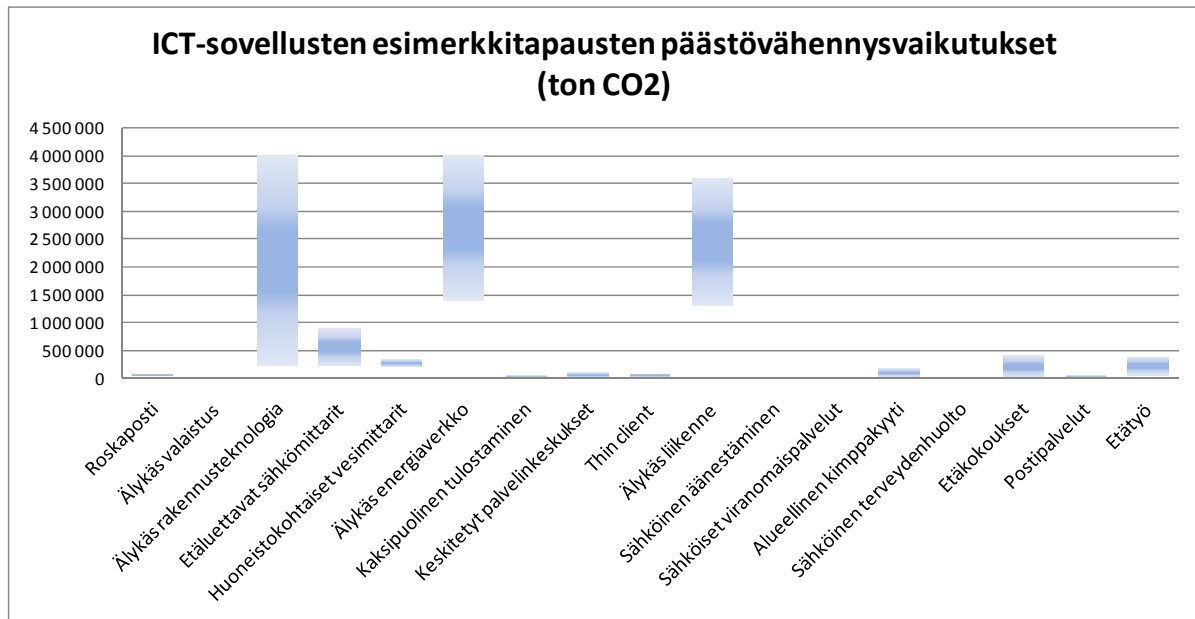
Tässä selvityksessä on arvioitu esimerkkitapausten avulla, mitkä ovat Suomessa merkittävimpiä ICT-sovellusten avulla saavutettavia päästövähennyksiä. Arvioiden tarkoituksena on ollut tunnistaa eri sovellusten suuruusluokat – ei sinänsä tuottaa tarkkoja arvioita. Arvioidujen esimerkkitapausten perusteella nousevat myös Suomessa esiin älykkäät rakennukset ja liikenneratkaisut sekä älykäs energiaverkko. Energiantuotanto ja liikenne ovat Suomessa suuria hiilidioksidipäästöjen aiheuttajia ja lisäksi rakennusten lämmitys on välillisesti vastuussa suuresta osasta Suomen hiilidioksidipäästöistä. Näihin sektoreihin kohdistuvat toimenpiteet (älykäs rakennusteknologia, etäluettavat sähkömittarit, älykäs energiaverkko ja älykäs liikenne) ovat myös laaja-alaisia. Näin ollen näillä toimenpiteillä voidaan arvioida saavutettavan yhteensä jopa yli 10 Mton päästövähennykset. Kuvassa 1 on esitetty yhteenveto esimerkkitapausten arvioiduista päästövähennysvaikutuksista.

Älykkään rakennusteknologian avulla voidaan vähentää lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen energiankulutusta ohjaamalla niitä tehokkaammin ICT-sovellusten avulla. Arvion mukaan Suomessa voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä 220 000 – 4 000 000 tonnia älykkään rakennusteknologian avulla. Arvion suuri vaihteluväli johtuu siitä, että uusien teknologioiden käyttöön ottoon laajuuteen liittyy suuria epävarmuuksia etenkin olemassa olevassa rakennuskannassa.

Liikenteessä voidaan ICT-sovellusten avulla vaikuttaa kulkutavan valintaan, kulkureittien valintaan ja ajotavan parantamiseen. Tienkäyttömaksut ja joukkoliikenteen houkuttelevuus vähentävät yksityisautolla kulkemista. Raskaan liikenteen reittioptimoinnilla sekä dynaamisten navigaattoreiden avulla

¹ Climate Group 2008

voidaan parantaa reittivalintoja ja näin vähentää päästöjä. Lisäksi ajoneuvoissa olevat ICT-sovellukset, jotka ohjaavat ekologisempaan ajotapaan vähentävät päästöjä kuljettua ajokilometriä kohti. Yhteensä älykkään liikenteen sovelluksilla arvioidaan voitavan vähentää päästöjä noin 1 300 000 – 3 600 000 tonnia.



Kuva 1. ICT-sovellusten esimerkkitapausten päästövähennysvaikutukset

Älykäs energiaverkko mahdollistaa kulutuksen ohjaamisen älykkäiden sähkömittareiden avulla. Lisäksi teknologian parantuminen vähentää häviösähkön kulutusta ja hajautetun tuotannon tehokkaampi integroiminen mahdollistaa uusiutuvan energiantuotannon lisäämisen. Yhteensä päästöjä arvioidaan voitavan vähentää 1 400 000 – 4 000 000 tonnia.

Huoneistokohtaiset vesimittarit sekä reaaliaikaiset sähkömittarit, joissa on hyvin toimiva palautekanava kuluttajille, vaikuttavat merkittävästi energiankulutukseen. Vesimittareilla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä jopa yli 0,3 Mton ja reaaliaikaisella sähkömittarilla jopa lähes 1 Mton. Etäkokoukset ja etättyön lisääminen vähentävät liikkumisen tarvetta ja parhaimmillaan niillä voidaan yhteensä saavuttaa jopa 0,8 Mton päästövähennykset.

Muilla toimenpiteillä on arvioitu yhteensä voitavan vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 0,1-0,5 Mton. Muista tekijöistä merkittävimpiä ovat alueellinen kimppekyytipalvelu, thin client, keskittetyt palvelin-keskukset, roskapostin suodattaminen ja kaksipuolinen tulostaminen. Kuitenkin esimerkiksi sähköisten viranomaispalveluiden avulla voidaan päästövähennyksiä saavuttaa moninkertainen määrä, mikäli sähköisiä palveluita otetaan käyttöön monessa eri toiminnossa. Erityisesti fyysistä läsnäoloa vaativien palveluiden muuttaminen sähköisiksi palveluiksi vähentää päästöjä liikennetarpeen vähentymisen kautta. Tässä selvityksessä on sähköisistä viranomaispalveluista arvioitu ainoastaan sähköisen veroilmoituksen vaikutus päästövähennyksiin.

Selvityksessä on arvioitu ainoastaan ICT-sovellusten suoria päästövähennysvaikutuksia. Mikäli huomioon otettaisiin myös välilliset päästövähennysvaikutukset ja erityisesti suunnittelun parantamisen mahdollisuus ICT-sovellusten avulla, voisivat päästövähennysvaikutukset olla selvästi suurempia. Välillisinä vaikutuksina esimerkiksi sähköisten viranomaispalveluiden käyttöönotto voi vähentää

manuaalisesti tehtävän käsittelyn tarvetta, jolloin työntekijöitä ja toimistotilaa tarvitaan vähemmän. Esimerkiksi rakennusten suunnittelussa voitaisiin hyödyntää laajemmin mallinnusohjelmistoja. Olemassa olevissa rakennuksissa voitaisiin todentaa tehtyjen yksittäisten ratkaisujen vaikutus ja parantaa rakennusten suunnittelua edelleen.

Tämän selvityksen mukaan ICT-sektorin aiheuttamat päästöt (0,7-2,5 Mton) ovat pieniä verrattuna päästövähennyksiin, joita voidaan saavuttaa älykkäiden ICT-palveluiden avulla. Todennäköistä on, että ICT-sektorin aiheuttamat päästöt kasvavat joka tapauksessa tietoyhteiskunnan kehityksen myötä. Mikäli ICT-sovelluksia hyödynnetään erityisesti rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa, liikenteen ohjaamisessa ja energiantuotantojärjestelmien tehostamisessa, voidaan yhteisvaikutuksena saada aikaan jopa huomattavan suuri päästövähennysvaikutus.

Tämän selvityksen perusteella voidaan suositella, että suurten päästövähennysten saavuttamiseksi on rakennuksiin, liikenteeseen ja energia-alaan liittyviä ICT-sovelluksia kehitettävä edelleen ja niiden markkinoille tuloa edistettävä. Älykkään rakennusteknologian käyttöönotto vaatii käytännön mittalaitteiden sekä seuranta- ja ohjausjärjestelmien kehitystä. Lisäksi langattoman viestinnän kustannusten aleneminen voi laajentaa mahdollisuuksia hyödyntää ICT-sovelluksia rakennusten ohjaamisessa. Älykkään liikenteen kehityksessä merkittävää on ajoneuvojen seurantaan käytettävien ratkaisujen kehittyminen, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi tiemaksujen tai ajoneuvoveron määräämisessä. Liikenteen ohjaamista voidaan tehostaa, jos ajoneuvoissa otetaan käyttöön laitteet, jotka mahdollistavat viestien vastaanottamisen.

Älykäs energiaverkko tarkoittaa käytännössä mittareiden ja viestintälaitteiden laajamittaista integrointia sähköverkkoon. Viestintä voitaisiin toteuttaa perustuen langattomaan viestintään. Jotta älykäs energiaverkko toimisi tehokkaasti, täytyy langattoman viestinnän parantua. Kotitalouksien osalta suuri merkitys on sähkönmittaukseen liittyvien viestintälaitteiden kehityksellä sekä ohjaamisen mahdollistavan tekniikan integroiminen erilaisiin kodin laitteisiin.

Merkittäviä päästövähennyksiä voidaan saavuttaa erittäin nopeasti ottamalla laajemmin käyttöön jo nyt käytössä olevaa tekniikkaa, kuten esimerkiksi huoneistokohtaiset vesimittarit ja havainnolliset sähkön reaaliaikaisen kulutuksen kertovat päätelaitteet. Nostamalla esiin kunkin kuluttajan henkilökohtainen vaikutus ja vertaamalla kulutustottumuksia muihin, voidaan kannusta energiankulutuksen vähentämiseen. Kun jokainen kuluttaja maksaa itse esimerkiksi lämpimän käyttöveden kulutuksen, voidaan löytää kustannustehokkaita päästövähennysmahdollisuuksia.

Kokonaisuudessa ICT-sovellusten hyödyntämisen laajuutta voidaan edistää parantamalla tietoliikenneyhteyksien luotettavuutta ja nopeutta. Erityisesti älykkään liikenteen ja älykkään energiaverkon sovellukset vaativat myös kattavan langattoman tietoliikenneverkon kehittämistä. Älykkään rakennusteknologian käyttöönottoa voidaan edistää parantamalla lähialueen langattoman viestinnän toimivuutta. Suurelta osin tarvitaan kaikissa tapauksissa myös teknologian sekä käytännön ratkaisujen ja palveluiden kehitystä. Moniin sovelluksiin liittyvillä tuotteilla ja palveluilla on myös maailmanlaajuisia kysyntää, joten parhaimmillaan voidaan kehittää uusia vientituotteita tai -palveluita.

Abstract in English

The role of information and communication technology (ICT) in combating climate change has been widely discussed lately. ICT can be used in many sectors to improve energy efficiency and reduce carbon dioxide emissions. On the other hand, when ICT is more widely used, electricity consumption increases. Achieving optimal solutions to reduce emissions requires a wide knowledge of the total impacts of ICT solutions.

Several global studies have been carried out about the emissions caused by the ICT sector and ICT enabled emission reduction potential. The carbon dioxide emissions caused by the ICT sector are estimated to be around 3 % of the global emissions². According to Climate Group, ICT based solutions can enable emission reductions corresponding to 15 % of the estimated global emissions in 2020. Bio Intelligence Service estimates in their eco-scenario that emission reduction potential of ICT enabled solution corresponds to 7 % of the total emissions in 2020 in Europe.

Largest emission reduction potentials are in smart traffic, smart buildings, smart grid and smart industry solutions. Dematerialisation can enable largest emission reductions through virtual meetings and telecommuting.

This study estimates roughly emission reduction potential of ICT solutions in Finland based on case examples. In Finland, the largest reduction potential can also be achieved in smart buildings, smart traffic and smart grid. The emission reduction potential of smart buildings was estimated to be 0,2 – 4 Mton, of smart traffic 1,3-3,6 Mton and that of smart grid 1,4 – 4 Mton in 2020.

Other case examples included: spam e-mail, smart lightning, smart electricity meters, apartment specific water meters, duplex printing, centred data centres, thin client, smart traffic, electronic voting, electronic government services, electronic health care, regional commuting lift service, virtual meetings, e-commuting and electronic post services. The total emission reduction potential of these case examples was estimated to be 0,6 – 2,5 Mton. The emissions caused by the Finnish ICT sector in 2020 was estimated to be 0,7 – 2,5 Mton.

Overall, the market penetration of ICT solutions can be enhanced by improving the quality and speed of the data network. Especially smart traffic and smart grid solutions require the improvement of the wireless data network. In addition, technology as well as ICT based products and services need to be developed. Majority of the products and services may also have global demand so at the same time export products and services can be developed.

² Climate Group 2008

1 Johdanto

Tieto- ja viestintäteknologian (ICT) roolista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä on viime aikoina keskusteltu paljon. ICT:tä voidaan käyttää monilla sektoreilla edistämään energiatehokkuutta ja vähentämään maailman hiilidioksidipäästöjä kokonaisuudessaan. Toisaalta teknologian käytön lisääntyessä siihen liittyvä energiankulutus lisääntyy. Päästövähennysten optimaalinen aikaansaaminen edellyttää hyvää tietopohjaa ICT-pohjaisten ratkaisujen kokonaisvaikutuksista.

Suomessa ilmastotyötä tehdään monella eri hallinnon tasolla. Liikenne- ja viestintäministeriössä tehtävä ilmastonmuutoksen hillintätyö perustuu hallituksen ilmasto- ja energiastrategiaan ja ilmastopolitiikan linjauksiin sekä Suomen kansainvälisiin velvoitteisiin. Liikenne- ja viestintäministeriössä tehdyt linjaukset vaikuttavat osaltaan yritysten toimintaan ja niillä voi olla vaikutusta myös maakunnissa ja kunnissa tehtäviin ilmastostrategioihin sekä niissä toteutettaviin ilmastonmuutosta hillitseviin toimenpiteisiin.

Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan ilmastopoliittisessa ohjelmassa 2009–2020 on määritetty viestintäpolitiikan hallinnonalan yhdeksi tehtäväksi edistää päästöjen vähentämistä edistämällä tietoyhteiskunnan palveluiden käyttöä. Viestintäpolitiikan hallinnonalan toimenpiteisiin kuuluu myös viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen vaikutusten selvittäminen erityisesti liittyen liikenteen päästöihin. Kun viestintäteknologian ja palveluiden sähköistämisen vaikutukset on selvitetty, voidaan tunnistaa osa-alueet, joilla päästövähennyspotentiaali on merkittävin. Näin viestintäteknologian käyttöönoton edistämiseen liittyvät toimenpiteet voidaan kohdistaa niille alueille, joilla päästövähennysvaikutus on suurin.

Tässä raportissa on käyty läpi kansainvälisiä arvioita ICT-sovellusten päästövähennysmahdollisuuksista, arvioitu ICT:n kokonaisenergiankulutusta Suomessa sekä arvioitu laskentaesimerkkien avulla, miten paljon hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää Suomessa ICT-sovellusten avulla. Raportin luvussa 2 on kuvattu arviot hiilidioksidipäästövähennyksistä, jotka voidaan saavuttaa ICT-sovellusten avulla. Luvussa 3 on esitetty Suomen osalta valitut esimerkitapaukset ja arvio päästövähennyksestä, joka kussakin tapauksessa voidaan saavuttaa. Luvussa 3 on myös arvioitu ICT:n aiheuttamaa energiankulutuksen kasvua vuoteen 2020 asti ja siitä aiheutuvaa hiilidioksidipäästöjen kasvua. Yhteenvedo ja suositukset on koottu lukuun 4

2 ICT-sovellusten päästövähennysvaikutukset kansainvälisellä tasolla

Tässä selvityksessä käytiin läpi monia kansainvälisiä selvityksiä, joissa on arvioitu ICT-sovellusten päästövähennysvaikutuksia. Kaikki läpikäytyt selvitykset on lueteltu lähdeluettelossa. Selvitysten perusteella koottiin aihealueittain jaoteltuna arvioidut määrälliset päästövähennykset sekä laajemmat kokonaisuudet, joiden on todettu vähentävän päästöjä, mutta joiden päästövähennyspotentiaalia ei ole määritetty.

2.1 ICT:n kokonaisvaikutus

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty läpikäydyissä selvityksissä esitetyt ICT-sektorin mahdollistamat kokonaispäästövähennykset. Näistä WWF:n ja Climate Groupin arvio ovat samaa suuruusluokkaa. Climate Group arvioi, että hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää vuoteen 2020 mennessä 7800 Mt eli 15 % vuoden 2020 ennustetuista päästöistä. Bio Intelligence Service arvio koskee vain Eurooppaa ja siinä arvioidaan, että päästövähennykset ovat maltillisempia verrattuna muiden raporttien arvioihin. Eko-skenaarioiden arvio päästövähennyksestä on noin 7 % Euroopan vuoden 2020 CO₂-päästöistä.

Taulukko 1. Arvioituja ICT-sovellusten kokonaisvaikutuksia CO₂-päästövähennyksiin

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/rajaukset	Lähde
ICT yleisesti	Yhteensä globaali potentiaali vuoteen 2030: - Matala: 1168 MtCO ₂ - Keskitaso 4620 MtCO ₂ - Korkea: 8711 MtCO ₂	Laskentaperusteita eritelty muissa kohdissa	WWF, 2008
ICT yleisesti	Yhteensä globaali päästövähennyspotentiaali vuoteen 2020 mennessä 7800 MtCO ₂ eli 15 % vuoden 2020 ennustetuista päästöistä. ICT-sektorin omien päästöjen arvioitu olevan 1400 MtCO ₂ .	Laskentaperusteita eritelty muissa kohdissa	Climate Group 2008
ICT yleisesti	Eko-skenaariossa yhteenlasketut ICT-sektorin aiheuttamat CO ₂ -päästöt ja sen tuottamat päästövähennykset merkitsevät yhteensä 4,6 % CO ₂ -päästövähennystä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Eko-skenaariossa arvioidaan ICT-sektorin päästöjen olevan vuonna 2020 noin 120 Mt ja päästövähennysten yhteensä noin 380 Mt. BAU-skenaariossa yhteenlasketut ICT-sektorin aiheuttamat CO ₂ -päästöt ovat noin 1,7-kertaiset verrattuna ICT-sektorin tuottamiin päästövähennyksiin. BAU-skenaariossa arvioidaan ICT-sektorin päästöjen olevan vuonna 2020 noin 190 Mt ja päästövähennysten yhteensä noin 115 Mt.	Eurooppa, Tarkempia laskentaperusteita eritelty muissa kohdissa	Bio Intelligence Service, 2008

2.2 ICT-laitteiden energiankulutus

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty läpikäydyissä selvityksissä arvioidut ICT-sektorin aiheuttamat päästöt. Climate Group arvioi päästöjen olevan vuonna 2020 noin 1430 Mton eli noin 3 % arvioiduista kokonaispäästöistä. Climate Groupin arvion voidaan sanoa olevan samaa suuruusluokkaa Bio Intelligence Service arvion kanssa, kun arvio skaalataan Euroopan väestömäärän ja elintason mukaisesti. Muista raporteista on poimittu joitakin kommentteja siitä, miten ICT-sektorin energiatehokkuutta voidaan kehittää edelleen.

Taulukko 2. Arvioituja ICT-laitteiden aiheuttamia päästöjä ja mahdollisuuksia energiansäätöön ICT-laitteissa

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
ICT:n energiankulutus	<ul style="list-style-type: none"> - vuonna 2007 ICT-sektorin päästöt olivat 830 Mt CO₂-ekv sisältäen tuotteiden valmistamiseen ja käyttöön liittyvän kulutuksen - ICT-sektorin kulutuksen arvioidaan kasvavan 1430 Mt CO₂-ekv:iin vuoteen 2020 mennessä - Absoluuttisesti eniten kasvaa kuluttajalaitteiden hiilijalanjälki, mutta suhteellisesti mitattuna on data centereiden energiankulutuksen kasvu on suurin 	<p>Arviossa on huomioitu telekommunikaatioinfrastruktuuri ja -laitteet, palvelinkeskukset sekä pc:t tulostimet ja muut kuluttajalaitteet.</p> <p>Päästöarviossa vuodelle 2020 on perusteena laitteiden levinneisyyden ja teknologian kehitys.</p>	Climate Group 2008
ICT:n energiankulutus	<p>Eko-skenaariossa arvioidaan Euroopan ICT-sektorin CO₂-päästöjen olevan vuonna 2020 noin 120 Mt, BAU-skenaariossa noin 190 Mt. Tästä kuluttajaelektronikan osuus on Eko-skenaariossa noin 80 Mt ja BAU-skenaariossa noin 20 Mt.</p>	<p>Arviossa on huomioitu seuraavien laitteiden energiankulutus vuonna 2020: tietokoneet ja näytöt, TV, mobiililaitteet, audiosysteemit, VHS/DVD-laitteet, puhelimet, faxit, modeemit, kännykät, palvelimet ja palvelinkeskukset, viestintäverkko ja WLAN.</p>	Bio Intelligence Service, 2008
Green IT, energiansäätömahdollisuuksia	<ul style="list-style-type: none"> - verkostoon ja laskentakapasiteettiin liittyvien koneiden tehokkaampi hyödyntäminen - energiatehokkuuden parantaminen laitteissa - uuden teknologian hyödyntäminen (parempi laitteiden hallinta, tasavirran käyttö jne.) - käyttäjien energiansäätöasenteen muuttaminen 	-	Efore, 2009
Green IT, energiansäätömahdollisuuksia	<ul style="list-style-type: none"> - julkisissa hankinnoissa huomion kiinnittäminen elinkaaren aikaisiin kustannuksiin - "suoritusperustaisen sopimuksen" käyttöönotto, joka kannustaa toimittajaa vähentämään energiankulutusta myös käytön aikana 	-	EICTA, 2008

2.3 Etätyö

Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty läpikäytyjen selvitysten arviot etätöiden yleistymisen vaikutuksesta CO₂-päästöjen vähenemiseen. Climate Group arvio etätyöntekijöiden osuudesta on suurin ja

vastaavasti myös arvio päästövähennysvaikutuksesta on suurin, 260 MtCO₂. Tämä vastaa noin 0,5 % maailman päästöistä. WWF:n arvio päästövähennyksistä, jotka voidaan saavuttaa lisäämällä etätyötä, vaihtelee välillä 43–256 MtCO₂.

Taulukko 3. Arvioituja etätyön lisääntymisen mahdollistamia päästövähennyksiä

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/rajaukset	Lähde
Etätyö	Jopa 260 Mt CO ₂ vuonna 2020	<ul style="list-style-type: none"> - työntekoon liittyvä autoilu vähenee 80 % ja työn ulkopuolinen liikenne kasvaa 20 % - teollisuusmaissa koskee 10 % autokannasta ja kehittyvissä maissa 7 % autokannasta - asuinkiinteistöissä 15 % nousu päästöissä ja toimistokiinteistöissä 60 % lasku päästöissä - muutos koskee 10 %:ia asuinkiinteistöistä ja 80 %:ia toimistokiinteistöistä 	Climate Group 2008
Etätyö	Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: <ul style="list-style-type: none"> - Matala: 43 MtCO₂ - Keskitaso: 85 MtCO₂ - Korkea: 256 MtCO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - WBCSD:n baseline-skenaarion mukaiset henkilöautojen ja muun kevyen kaluston päästöt v. 2030 - Päästöistä 30 % oletettu aiheutuvaksi työmatkaliikenteestä - Etätyöllä yhden henkilön työmatkaliikenteen päästöjen osalta oletettu mahdolliseksi välttää 75 % - Laskennassa oletettu, että 5/15/30 % työntekijöistä siirtyy etätöihin - Vain suorat päästöt huomioitu (ei polttoainetuotantoa jne.) - Oletettu, että julkinen liikenne ei vähene 	WWF, 2008 WBCSD, 2004
Etätyö	Vähentää liikennemääriä 11-19 %	UK	Climate Group 2008
Etätyö	Voi säästää jopa 500 TWh/a vähentyneen työmatkailun ja tilantarpeen kautta, mikä vastaa noin 200 Mt hiilidioksidipäästöjä	Tarkkoja perusteita ei annettu	Commission of the European Communities, 2009a
Etätyö	<ul style="list-style-type: none"> - Etätyöntekoa lisäämällä voidaan vähentää Euroopassa autoliikenteen liikennekuormaa 70 000-90 000 miljoonaa henkilö km ja junien liikennekuormaa 85 000-110 000 miljoonaa henkilö km - Kun lisäksi huomioidaan, 	<ul style="list-style-type: none"> - Vertailuvuosi 2000, jolloin etätyöntekijöitä oli Euroopassa 5,1 % työllisistä - Etätyöntekijöitä vuonna 2020 10-25 % 	Bio Intelligence Service, 2008

	että toimistotilantarve voi säilyä samana tai vaihtoehtoisesti, että puolet työntekijöistä luopuisivat työtlastaan toimistossa, voidaan arvioida, että CO ₂ -päästöt vähenisivät 9-19 Mt	
--	---	--

2.4 Etäkokoukset

Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty läpikäytyjen selvitysten arviot CO₂-päästöjen vähenemisestä, joka saavutetaan virtuaalokokousten korvatussa liikematkailua. Lentomatkailun arvioidaan lisääntyvän selkeästi vuosittain, joten WWF:n korkein arvio vuodelle 2030 (150 MtCO₂) on suurempi kuin Climate Groupin arvioita vuodelle 2020 (80 MtCO₂). Climate Groupin arvio vastaa noin 0,2 % maailman päästöistä. Arviot liikematkailun osuudesta kaikesta lentoliikenteestä vaihtelevat välillä 10–30 % (ei-OECD maissa 40 %) ja arviot liikematkustamisen korvaamisesta virtuaalokokouksilla vaihtelevat välillä 2,5 – 30 %. Myös tästä syystä arvioidut päästövähennykset poikkeavat huomattavasti toisistaan.

Taulukko 4. Arvioituja virtuaalokokousten lisääntymisen mahdollistamia päästövähennyksiä

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
Virtuaalokokoukset	80 Mt CO ₂ -ekv vuonna 2020	30 % matkoista liikematkustusta, maailmanlaajuisesti voidaan vähentää 30 % liikematkailusta	Climate Group 2008
Virtuaalokokoukset	- voi korvata 5-20 % liikematkailusta		Commission of the European Communities, 2009a
Virtuaalokokoukset	- Matkustuskilometrit vähenevät arvion mukaan Euroopassa 20-120 henkilö km vuodessa ja tämä vastaa noin 3-17 Mt CO ₂ -ekv päästövähennyksiä	Euroopan laajuinen selvitys, oletuksia: - vertailuvuotena 2005 - arvioitu, että liikematkailu voisi vähentyä 2,5-15 % - oletus, että lentomatkustamisesta 10 % on liikematkustamista - päästökertoimenä 142 g/henkilö km	Bio Intelligence Service, 2008
Virtuaalokokoukset	Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 24,7 MtCO ₂ - Keskitaso: 74,0 MtCO ₂ - Korkea: 148,0 MtCO ₂	- WBCSD:n baseline-skenaarion mukaiset lentomatkustusmäärät v. 2030 - OECD-maissa 30% lentomatkustamisesta liikematkustamista, ei-OECD-maissa 40% - Laskennassa oletettu, että 5/15/30 % liikematkailusta korvattu	WWF, 2008 WBCSD, 2004

		virtuaalikokouksilla (arviot pohjautuvat olemassa oleviin tapaus-tutkimuksiin) - Vain lentokoneiden suorat päästöt huomioitu (ei polttoainetuotantoa jne.)	
--	--	---	--

2.5 Liikenne

Alla olevassa taulukossa 5 on esitetty läpikäytyjen selvitysten arviot CO₂-päästöjen vähenemisestä, jotka voidaan saavuttaa hyödyntämällä ICT-sovelluksia liikenteessä sekä laajemminkin logistiikan hallinnassa. Ylipäätään ICT-sovelluksia on mahdollista käyttää liikenteen päästöjen vähentämisessä monipuolisesti. Näissä selvityksissä esiintyneitä tekijöitä ovat mm. tietullit, liikennevirtojen hallinta, kimpakyyti-informaatio, joukkoliikenteen tiedotuksen parantaminen ja ekologinen ajotapa. Logistiikkaa tehostamalla voidaan vähentää sekä liikenteen päästöjä että varastoinnin aiheuttamia päästöjä. Toisaalta logistiikan tehostaminen vähentää myös hävikkiä ja pienentää sitä kautta CO₂-päästöjä.

Koska selvityksissä on arvioitu päästövähennyksiä eri alueisiin jaettuna, on niitä vaikea verrata toisiinsa. Kaikissa tutkimuksissa liikenteen päästöjä arvioidaan voitavan vähentää merkittävästi ICT-sovellusten avulla. Climate Groupin arvio päästövähennyspotentiaalista on yhteensä noin 1500 MtCO₂, joka vastaa noin 3 % maailman päästöistä. WWF:n arvio eri toimenpiteiden kokonaisvaikutuksesta vaihtelee välillä 580–2600 MtCO₂.

Taulukko 5. Arvioituja ICT-sovellusten mahdollistamia päästövähennysvaikutuksia liikenteessä

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
Älykäs liikenne: ICT liikenneinfra- struktuurissa ja ajoneuvoissa	Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 453 MtCO ₂ - Keskitaso: 906 MtCO ₂ - Korkea: 1460 MtCO ₂	- WBCSD:n baseline-skenaarion mukaiset liikenteen päästöt v. 2030 - Vain suorat päästöt huomioitu - Kolme skenaariota: ajoneuvojen tehokkuus paranee 5/10/15 %	WWF, 2008
Älykäs liikenne	ICT:n mahdollistama siirtymisen joukkoliikenteeseen (esim. reaaliaikaiset informaatiopalvelut joukkoliikenteestä, kimpakyyti-informaation jako, tietullit yksityisautoille) Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 57 MtCO ₂ - Keskitaso: 380 MtCO ₂ - Korkea: 760 MtCO ₂	- WBCSD:n baseline-skenaarion mukaiset henkilöautojen ja muun kevyen kaluston päästöt v. 2030 - Vain suorat päästöt huomioitu - Joukkoliikenteellä tehdyn matkasuorituksen päästövähennys verrattuna yksityisautoon 50 % - Kolme skenaariota: siirtymä joukkoliikenteeseen 3/20/40 %	WWF, 2008

Älykäs liikenne	Logistiikan ohjaujärjestelmät, vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 71 MtCO2 - Keskitaso: 213 MtCO2 - Korkea: 426 MtCO2	- WBCSD:n baseline-skenaarion mukaiset rahtikaluston päästöt v. 2030 - Vain suorat päästöt huomioitu - Kuormien optimointiaste 5/15/30 %	WWF, 2008
Älykäs logistiikka	Vuoteen 2020 mennessä kuljetusten vähentäminen 1 290 MtCO2 ja varastoinnin vähentäminen 220 MtCO2	Merkittävimmät oletukset: - Logistiikkaverkon optimoinnilla saavutetaan 14 % vähennys tiekuljetuksissa ja 24 % lasku tarvittavassa varastointikapasiteetissa - Rekkojen reittien optimoinnilla saavutetaan 14 % vähennys tiekuljetuksissa ja tämän lisäksi 5 % vähennys päästöissä kun vältetään ruuhkia - Ekologisen ajotavan avulla voidaan vähentää päästöjä 12 % - lentoliikenteessä 1 % päästövähennys kilometriä kohti - laivakuljetusten päästöjä voidaan vähentää 7 % nostamalla kuormausastetta sekä optimoimalla nopeutta ja painolastiveden sijaintia - 5 % vähennys pakkausmateriaalissa vähentää kuljetusta ja varastointia 5 % - 0,2 % vähennys hävikissä, kun tuotteiden seuranta paranee (esim. RFID ja biotunnistimet)	Climate Group 2008
Älykäs liikenne	Arvioidaan saavutettavan 26 % säästö liikenteen energiankäytössä seuraavilla keinoilla: - liikenteen hallinta - navigaatio ja ohjeistus - alueiden rajaaminen liikenteeltä ja kysynnän hallinta - ekologinen ajotapa - rahtilogistiikka ja kuljetuskaluston hallinta - ajoneuvojen turvallisuuslaitteiden levinneisyyden lisääminen onnettomuuksien ja niihin liittyvän ruuhkan vähentämiseksi		DG Information Society and Media, 2008
Älykäs liikenne	Liikennevirtojen paremman hallinnan avulla voidaan ruuhkia ja vastaavasti energiankulutusta vähentää jopa 40 %	Ei annettu	DG Information Society and Media, 2008

Älykäs liikenne	Dynaamisten navigointijärjestelmien käyttöönotolla voidaan vähentää matkojen pituutta jopa 16 % ja matka-aikaa jopa 18 %	Ei annettu	DG Information Society and Media, 2008
Älykäs liikenne	Satelliittiperusteinen, kilometri-pohjainen maksu Päästöjen ennakoitu vähentyminen: hiilidioksidi 10–18 %, typen oksidit 8–15 % ja pienhiukkaset 11–19 %.	Ennakoitu päästövähennysvaikutus Alankomaiden kilometriperusteisesta tiemaksujärjestelmästä. Ensimmäiset maksut otetaan käyttöön rahtiliikenteelle vuonna 2011 ja henkilöautoille vuonna 2012. Järjestelmän on tarkoitus olla kokonaisuudessaan toiminnassa vuonna 2016. Päästövaikutus riippuu autokannan ja liikennemäärien muutoksista.	The Dutch Ministry of Transport and Water Management, 2007 Sitra, 2009
Älykäs liikenne	Tukholman tietulli: Liikenteen hiilidioksidipäästöt vähenivät 12 %	<i>Tukholmassa tullipisteet, joissa auton rekisterikilpi kuvataan ja lasku tämän perusteella auton omistajalle.</i>	IBM, 2008 Sitra, 2009
Älykäs liikenne	Älykkäät ajoneuvojen turvallisuusjärjestelmät (etenkin väyläjärjestelmiin liittyvät kuten olosuhdetieto anturiajoneuvoilla, ajantasainen liikennetiedotus, muuttuva liikenteen ohjaus, paikalliset varoitukset ja ylinopeusvaroitus) Suomen oloissa älykkään liikenteen sovellusten vaikuttavuus päästöjen vähentymiseen tieliikenteessä (LVM, 2008): - Älykkäät tienkäyttömaksut kaupunkiseudulla -10...-20% - Häiriöiden hallinta -5...-15% - Kuljetuskaluston hallinta -3...-6% - Joukkoliikenteen valoetuudet -1...-3% - Tiedottaminen liikkumisen vaihtoehdoista -1...-2%	Ei raportoitu.	Älykkyyteen liikenteessä, 2008
Älykäs logistiikka	Toiminnan valvontaa ja optimointia parantavien ohjelmistojen avulla voidaan vähentää varastoinnin tarvetta ja polttoaineen kulutusta	-	Climate Group 2008

2.6 Rakennukset

Alla olevassa taulukossa 6 on esitetty läpikäytyissä selvityksissä annetut arviot päästövähennyksistä, jotka voidaan saavuttaa rakennusten lämmityksessä, ilmanvaihdossa, jäähdytyksessä ja valaistuksessa hyödyntämällä ICT-sovelluksia. Bio Intelligence Servicen ja WWF:n arviot Euroopassa saavutettavissa olevista päästövähennyksistä ovat samaa suuruusluokkaa eli noin 40–110 MtCO₂ ja 30–210 MtCO₂. WWF:n raportin mukaan muualla maailmassa on Eurooppaan verrattuna suurempi potentiaali rakennusten päästövähennysten pienentämiseen ICT-sovellusten avulla. Climate Group arvioi, että rakennusten päästöjä voidaan vähentää noin 1680 MtCO₂, joka vastaa noin 3 % maailman kokonaispäästöistä. Kaikissa selvityksissä arvioidaan ICT-sovelluksilla voitavan saavuttaa rakennuksissa merkittäviä päästövähennyksiä.

Rakennusten ja kaupunkien kaavoituksen suunnittelussa voidaan myös hyödyntää ICT-sovelluksia ja näin voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä. Esimerkiksi Climate Group esittää, että rakennusten suunnittelussa voidaan hyödyntää ohjelmistoa, joka auttaa laskemaan suunnitteilla olevan rakennuksen energiankulutuksen. Rakennuksen käytön aikana voidaan hyödyntää erilaisia ohjelmistoja energiankulutuksen seurantaan ja verrata kulutusta suunnitelmaan ja vastaavien kohteiden energiankulutukseen.

Taulukko 6. Arvioituja ICT-sovellusten mahdollistamia päästövähennysvaikutuksia rakennuksissa

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
Älykkäät rakennukset	Asuinrakennukset: Erilaisilla parannuksilla rakennuksissa sekä niihin liittyvissä ICT-perustaisissa hallintajärjestelmissä voidaan vähentää rakennusten lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen energiankulutusta 8-18 % tämä vastaa 36-81 MtCO ₂ vähennystä.	EU-27, Oletuksia: - korjattujen rakennusten osuus 25-50 % - rakennusten energiankulutuksen parantuminen 10-50 % rakennustyyppistä riippuen	Bio Intelligence Service, 2008
Älykkäät rakennukset	Palvelusektori: Erilaisilla parannuksilla rakennuksissa sekä niihin liittyvissä ICT-perustaisissa hallintajärjestelmissä voidaan vähentää rakennusten lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen energiankulutusta 9-30 % tämä vastaa 8-28 MtCO ₂ vähennystä.	EU-27, Oletuksia: - korjattujen rakennusten osuus 30-60 % - rakennusten energiankulutuksen parantuminen 30-50 % rakennustyyppistä riippuen	Bio Intelligence Service, 2008
Älykkäät rakennukset	Vuonna 2020 ICT-sovellusten avulla rakennusten päästöjä voidaan vähentää 1680 MtCO ₂ Suurimmat tekijät ovat: - rakennusten parempi suunnittelu,	Oletettu, että tietyssä osassa uusia ja peruskorjattavia rakennuksia saavutetaan vähennyksiä energiankulutuksessa perustuen seuraaviin tekijöihin: - parempi rakennussuunnittelu,	Climate Group 2008

	<p>nittelu 450 MtCO₂</p> <ul style="list-style-type: none"> - talotekniikka 390 MtCO₂ - jännitteen optimointi 240 MtCO₂ 	<p>joka tähtää energiatehokkuuteen</p> <ul style="list-style-type: none"> - pienempi tilantarve paremman suunnittelun avulla - talotekniikka - LVI-automaatio - valaistuksen automaatio - tarveperustainen tuuletus - älykäs teettäminen - benchmarking ja käytönaikainen rakennusten hallinnan optimointi - jännitteen optimointi 	
Älykkäät rakennukset	<p>ICT:n hyödyntäminen olemassa olevissa rakennuksissa</p> <p>Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matala: 121 MtCO₂ - Keskitaso: 545 MtCO₂ - Korkea: 969 MtCO₂ <p>Euroopassa potentiaali yhteensä 27-212 MtCO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ICT mahdollistaa 5-40 % energiatehokkuusparannuksen - ICT:n penetraatio 30 % 	WWF, 2008
Älykkäät rakennukset	<p>ICT:n hyödyntäminen uusissa rakennuksissa</p> <p>Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matala: 46 MtCO₂ - Keskitaso: 439 MtCO₂ - Korkea: 832 MtCO₂ <p>Euroopassa potentiaali yhteensä 2-43 MtCO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ICT mahdollistaa 5-90 % energiatehokkuusparannuksen - ICT:n penetraatio 30 % 	WWF, 2008
Älykkäät rakennukset	<ul style="list-style-type: none"> - hyödyntämällä ICT-sovelluksia lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen hallinnassa, voidaan energiankulutusta vähentää asuinrakennuksissa 15-25 % ja liiketiloissa 20-30 % 	<ul style="list-style-type: none"> - arvio perustuu Bio Intelligencen ja Electran raportteihin 	Commission of the European Communities, 2009a
Älykkäät rakennukset	<ul style="list-style-type: none"> - hyödyntämällä ICT-sovelluksia valaistuksessa, voidaan energiankulutusta vähentää noin 25-30 % 	<ul style="list-style-type: none"> - arvio perustuu Bio Intelligencen raporttiin 	Commission of the European Communities, 2009a
Kaupunkisuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> - ICT-työkalujen hyödyntämisen mallinnuksessa 	-	EICTA, 2008
Älykkäät rakennukset, suunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> - ICT-työkalujen hyödyntämisen mallinnuksessa ja rakennusten hallinnassa 	-	EICTA, 2008

Älykkää rakennukset, suunnittelu	ICT-perustaisten suunnittelytyökalujen avulla voidaan parantaa suunnittelun tulosta sekä seurata rakennusten käytönaikaista kulutusta, rakennusten olosuhteita ja laitteiden tilaa	-	DG Information Society and Media, 2008
Älykkäät rakennukset	Ilmanvaihdon, lämmityksen ja jäähdytyksen hallinta saman järjestelmän avulla	-	DG Information Society and Media, 2008
Älykkäät rakennukset	Talotekniikan hyödyntäminen rakennusten hallinnassa älykkäiden laitteiden ja viestintäverkkojen avulla	-	DG Information Society and Media, 2008
Älykkäät rakennukset	- paljon energiaa kuluttavien laitteiden sisäänrakennetut ICT-sovellukset parantavat jo tehokkuutta huomattavasti - lisää säästöpotentiaalia voidaan saavuttaa verkottuneilla hallintajärjestelmillä	-	Commission of the European Communities, 2009a
Älykkäät rakennukset	ICT sovelluksia: - ohjelmisto, joka auttaa laskemaan suunnitellun rakennuksen energiankulutuksen - ohjelmisto energiankulutuksen seurantaan ja vertailu suunnitelmaan - talotekniikan avulla valaistuksen, lämmityksen ja jäähdytyksen automatisointi	-	Climate Group 2008
Älykäs valaistus	Suurimmat tekijät valaistuksen tehostamisessa ovat LED-tekniikan käyttöönotto sekä kehittynyt valaistuksen automatisointi	-	Bio Intelligence Service, 2008
Älykäs valaistus	Asuinrakennuksissa energiansäästöpotentiaali on 26-65 TWh, joka vastaa 12-30 Mton CO2-ekv päästövähennystä. Palvelusektorilla energiansäästöpotentiaali on 16-31 TWh, joka vastaa 8-14 Mton CO2-ekv päästövähennystä.	Toteutuneet säästöt riippuvat käytetystä valaistustekniikasta, automaation aseesta ja yksilön käyttäytymisestä	Bio Intelligence Service, 2008
Älykäs valaistus	Case-tutkimuksen mukaan ICT-perusteinen valaistuksen tehostaminen voi yksinään vähentää kohteen energiankulutusta 35-45 %	Case-tutkimus	Bio Intelligence Service, 2008

Älykäs valaistus	- LED ja OLED valoilla voidaan säästää noin 50 % valaistuksen kuluttamasta energiasta - mikäli käytetään myös parempaa valaistuksen hallintaa ihmisten läsnäolon ja ympäristön valaistusolosuhteiden mukaan, voidaan valaistuksen kuluttamasta energiasta säästää vielä lisäksi 20 %	Ei annettu	DG Information Society and Media, 2008
------------------	---	------------	--

2.7 Älykäs energiaverkko

Alla olevassa taulukossa 7 on esitetty läpikäytyjen selvitysten arviot päästövähennyksistä, joita voidaan saavuttaa niin sanotun älykkään energiaverkon (engl. Smart grid) käyttöönotolla. Älykkään energiaverkon päästövähennyspotentiaali perustuu siirtohäviöiden pienentymiseen, uusiutuvan energiantuotannon laajempaan hyödyntämiseen, sähköautojen käyttöön ja kulutuksen siirtoon tai vähentämiseen kuluttajainformaation avulla.

Eri selvityksissä on huomioitu näitä tekijöitä vain osittain ja eri huomioitujen tekijöiden arviointiparametrit vaihtelevat, joten arviot älykkään energiaverkon kokonaisvaikutuksesta poikkeavat toisistaan huomattavasti. Climate Groupin arvio päästövähennyksistä on suurin (2030 MtCO₂ eli noin 4 % maailman päästöistä). Reaaliaikaiseen sähkönkulutuksen mittauksen vaikutusta kuluttajiin on tutkittu monissa eri case-tutkimuksissa. Arviot kulutuksen vähentymisestä tai siirtymisestä pois huippukulutustunneilta vaihtelevat huomattavasti. Reaaliaikaisen sähkönmittauksen päästövähennysvaikutukselle on suuri merkitys, ovatko mittarit pelkkiä energiankulutuksen näyttöjä vai voidaanko niiden kautta myös kommunikoida esimerkiksi ilmoittamalla huippukulutustunneista.

Jotta älykkään energiaverkon avulla saavutettaisiin mahdollisimman paljon hiilidioksidipäästövähennyksiä, pitäisi siihen liittyvä teknologia ottaa laaja-alaisesti käyttöön sähköä kuluttavissa liiketoiminnan ja kotitalouksien laitteissa.

Taulukko 7. Arvioituja niin sanotun älykkään energiaverkon mahdollistamia päästövähennysvaikutuksia

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
Älykäs energiaverkko	Vuonna 2020 päästövähennyspotentiaali 2 030 MtCO ₂ Merkittävimmät tekijät: - siirtohäviöiden pienentäminen 900 MtCO ₂ - uusiutuvan energiantuotannon integroiminen kapasiteettiin 830 MtCO ₂ - kulutuksen vähentäminen kuluttajainformaatiota lisäämällä 280	- siirtohäviöiden vähentäminen teollisuusmaissa 30 % ja kehitysmaissa 38 % - kysynnän hallinnan avulla voidaan vähentää 3 % ns. pyörivää reserviä - energiankulutuksen vähentäminen 5 % osassa kiinteistöjä (50-75 %) energiankulutuksen näytön avulla	Climate Group 2008

	MtCO2	- uusiutuvaan energiaan perustuvan tuotannon lisääntyminen (teollisuusmaat: 10 % vähennys CO2-intensiteetissä, kehitysmaat: 5 % vähennys CO2-intensiteetissä)	
Älykäs energiaverkko	- primäärienergian säästö on 2020 433 TWh vuodessa - tämä vastaa noin 17-79 Mt CO2-ekv päästövähennystä	EU:n alueella Oletuksia: - kuorman siirto arvioitu Saksassa tehdyn tutkimuksen perusteella (22,6 %) - korvattava tuotantomuoto on kaasuturbiini ja se korvataan CHP-tuotannolla (BAT) -BAU: smart metering implementoitu - BAU: ei hintaherkkyttä kotien laitteissa - BAU: ei hajautetun tuotannon laajaa integrointia - ECO: EU:n laajuinen kysynnän ja tarjonnan tasapainoitus ECO: kotitalouslaitteissa hintaherkkyys laajasti käytössä	Bio Intelligence Service, 2008
Älykäs energiaverkko	Tuulivoimakapasiteetin lisäys ICT:n avulla Vähennyspotentialiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 17 MtCO2 - Keskitaso: 59 MtCO2 - Korkea: 128 MtCO2	Sähköverkkorajoitteiden purku 2020.	WWF, 2008
Älykäs energiaverkko	Siirtohäviöiden vähennys 95 Mt CO2-ekv	Intia	Climate Group 2008
Älykäs energiaverkko	- sähkön tuotantoa voitaisiin tehostaa 40 % - sähkön jakelua voitaisiin tehostaa 10 %	Ei annettu	DG Information Society and Media, 2008
Älykäs energiaverkko	- Uuden sähkötuotteen ottaneet asiakkaat vähentäneet energiakulutusta 24,5 % (Samalla jaksolla muiden asiakkaiden kulutus väheni noin 10 %) (NOR) - Asukkaiden ja pienten yritysten energiankulutus väheni 3,4 %, joka vastaa 1 % vähennystä hiilidioksidipäästöissä (UK) - Reaaliaikainen hinnoittelu vähensi	Perustuvat pilottitutkimuksiin	DG Information Society and Media, 2008

	<p>kysyntää peak-tuntien aikaan 42 %</p> <ul style="list-style-type: none"> - Jakeluhäviöiden pieneneminen jopa 50 %, mikä tarkoittaa 2-8 % kaikista häviöistä 		
Reaaliaikainen sähkömittaus	<ul style="list-style-type: none"> - reaaliaikaisen kulutustiedon kertominen asiakkaille vähentää energian kulutusta 5-25 % - Suomessa ja USAssa tehdyssä kokeessa, energiankulutus vähentynyt 6-7 % - USAn "Olympic Peninsula" -projektissa peak-tuntien aikainen kulutus väheni 15 % - Norjassa tehdyssä kokeilussa kulutus väheni 24,5 % (Samalla jaksolla muiden asiakkaiden kulutus väheni noin 10 %) - Britanniassa energiankulutus väheni 3-4 % vähentäen hiilidioksidipäästöjä 1 % - Kanadassa kokeilujen perusteella arveltiin energiankulutuksen vähentyvän 6 % ja peak-tuntien kulutus siirtyi 6-25 % 	Perustuvat pilottitutkimuksiin	Commission of the European Communities, 2009a
Reaaliaikainen sähkömittaus	<ul style="list-style-type: none"> - Energiankulutusta voidaan vähentää 5-15 % antamalla reaaliaikaista palautetta käyttäjälle energiankulutuksesta 	-	DG Information Society and Media, 2008
Älykäs energiaverkko	<ul style="list-style-type: none"> - kuluttajilla reaaliaikainen tieto energiankulutuksestaan - sähköyhtiöille mahdollisuus hallita verkkoa paremmin, kun on täsmällisempi tieto kulutusmääristä ja -kohteista - mahdollistaa hajautetun tuotannon ja täten paremman uusiutuvan tuotannon integroinnin verkkoon - kehittyvissä maissa mahdollisuus vähentää varkauksia 		Climate Group 2008
Älykäs energiaverkko	<ul style="list-style-type: none"> - suurten kuluttajien täytyy integroida toiminnanohjausjärjestelmiinsä energiankulutuksen tarkempi hallinta - pienten kuluttajien täytyy saada parempi näkyvyys omaan kulutukseensa ja hyväksyä automaattisten energiansäästöratkaisujen käyttöönotto (vähentää peak-tuntien kulutusta ja kannustaa investoimaan energiatehokkaisiin laitteisiin) 	-	<p>DG Information Society and Media, 2008</p> <p>Commission of the European Communities, 2009a</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - valmius ottaa käyttöön hajautetua tuotantoa ja uusiutuvan energian tuotantoa - mahdollisuus liittää verkkoon sähköautoja 		
Älykäs energiaverkko	<p>Älykkään kulutuksen mittauksen hyötyjen laajan toteutumisen edellytyksenä on laaja-alainen teknologian hyödyntäminen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tietokonesysteemien ja laajakais-tayhteyksien integroiminen mittareihin ja sähköä kuluttaviin laitteisiin 		Commission of the European Communities, 2009a
Älykäs energiaverkko	<p>Kysynnän ja tarjonnan integroitu hallinta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mahdollistaa hajautetun energiantuotannon integroinnin sekä uusiutuvan energiantuotannon tehokkaamman käytön - Koko tuotantoketju tehostuu, kun ICT mahdollistaa energiankulutuksen ja tuotannon tarkan seurannan. Näin saavutetaan mahdollisuus kuorman siirtoon tehokasta tuotantoa vastaamaan 		Bio Intelligence Service, 2008
Reaaliaikainen sähkönmittaus	<p>Älykkäät mittarit voivat olla eri standardin mukaisia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - energiankulutuksen näyttö - kaksisuuntaisen kommunikation mahdollistava systeemi, joka varoittaa peak-tunneista - virran syöttö mahdollista kuluttajille 		Commission of the European Communities, 2009a

2.8 Teollisuus

Alla olevassa taulukossa 8 on esitetty läpikäytyjen selvitysten arviot siitä, miten paljon päästövähennyksiä voidaan ICT-sovellusten avulla saavuttaa teollisuudessa. ICT-sovelluksia voidaan hyödyntää moottorien energiatehokkuuden parantamisessa ja teollisuudessa voidaan käyttää automaatiota laajemmin. Teollisuudessa voidaan ICT-sovelluksia hyödyntää myös laajemmin esimerkiksi tuotteiden ja tuotantolaitosten suunnittelussa.

Climate Groupin arvio päästövähennyspotentiaalista teollisuudessa (970 MtCO₂ eli noin 2 % maailman päästöistä) on samaa suuruusluokkaa kuin WWF:n korkea päästövähennysarvio (1530 MtCO₂). Bio Intelligence Servicen Eurooppaa koskeva arvio taas on BKT:n mukaan suhteutettuna samaa suuruusluokkaa WWF:n matalan päästövähennysarvion kanssa.

Taulukko 8. Arvioituja ICT-sovellusten mahdollistamia päästövähennyksiä teollisuudessa

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/ rajaukset	Lähde
Teolliset laitteet ja automaatio	<ul style="list-style-type: none"> - BAU-skenaario: 5,8 Mtoe vähennys energiankulutuksessa, mikä vastaa 31 Mton CO₂-ekv päästövähennystä - Eco-skenaario 11,6 Mtoe vähennys energiankulutuksessa, mikä vastaa 62 Mton CO₂-ekv päästövähennystä 	<p>Vähennyspotentiaali Euroopassa.</p> <p>Perustuu moottorien energiankulutuksen arviointiin.</p> <p>Oletus:</p> <ul style="list-style-type: none"> - keskimääräiset moottorit kuluttavat puolet moottoreiden käyttämästä sähköstä - 40 % parannuspotentiaali moottorissa - 25-50 % moottoreista korjataan 	Bio Intelligence Service, 2008
Älykkäät moottorisysteemit	<p>Vuonna 2020 ICT-sovelluksiin perustuvalla automaatiolla vähennyspotentiaalia 290MtCO₂, moottorisysteemien optimointiin perustuva vähennyspotentiaali 680 MtCO₂.</p> <p>Yhteensä ICT:n avulla 970 MtCO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 30 % parannus energiatehokkuudessa teollisten moottoreiden optimoinnilla - optimointiteknologian 60 % penetraatioaste - ICT-perustaisen automaation käyttöönotto 33 % teollisissa prosesseissa - ICT-perustaisella optimoinnilla saavutetaan 15 % vähennys sähkönkulutuksessa 	Climate Group 2008
Älykäs teollisuus: esim. prosessin suunnittelu ja ohjaus	<p>Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matala: 100 MtCO₂ - Keskitaso: 815 MtCO₂ - Korkea: 1530 MtCO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - ICT:n mahdollistama tehokkuuden paraneminen 5-30 % 	WWF, 2008

2.9 Dematerialisaatio, sähköinen kauppa ja sähköiset palvelut

Alla olevassa taulukossa 9 on esitetty eri selvitysten arvioita siitä, miten paljon päästövähennyksiä voidaan saavuttaa dematerialisaation, sähköisen kaupankäynnin ja sähköisten palveluiden avulla. Yksittäisiä pienempiä päästövähennyksiä saavutetaan esimerkiksi sähköisen musiikkikaupankäynnin ja sähköisten lehtien, kirjojen ja lippujen leviämisen avulla. Päästövähennyksiä arvioidaan myös saavutettavan julkisten palveluiden sähköistämällä ja sähköisen kaupankäynnin lisääntymisellä. Kokonaiskuvaa näiden tekijöiden vaikutuksesta päästöjen vähentämiseen ei voida tämän selvityksen perusteella muodostaa, koska annetut arviot päästöjen vähenemisestä on rajattu eri tavoin. Climate

Group arvioi, että maailmanlaajuisesti hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää dematerialisaation avulla (pois lukien etätyönteko ja videokonferenssit) noin 120 Mt eli 0,2 % kokonaispäästöistä.

Taulukko 9. Arvioituja ICT-sovellusten mahdollistamia päästövähennyksiä dematerialisaation sähköisen kaupan tai sähköisten palveluiden avulla

Sovellus	Arvioitu päästövähennys/ vaikutusten luonnehdinta	Arviointiperusteet/rajaukset	Lähde
Dematerialisaatio	Vähennyspotentiaali globaalisti vuoteen 2030: - Matala: 32 MtCO ₂ - Keskitaso: 95 MtCO ₂ - Korkea: 158 MtCO ₂	Arvioitu eri osa-alueita elinkaari-perusteisesti, dematerialisaation osuus 20/60/100 %: - CD:t ja DVD:t 0,69/2,06/3,44 MtCO ₂ - Puhelinvastaajat 0,06/0,18/0,3 MtCO ₂ - Kiinteistön hallintaan liittyvät laskut (sähkö, vesi jne.) 0,12/0,36/0,6 MtCO ₂ - Muu laskutus 0,14/0,41/0,68 MtCO ₂ - Veronpalautukset 0,5/1,49/2,48 MtCO ₂ - Päivittäiset lehdet 8,07/24,22/40,37 MtCO ₂ - Viikkolehdet 3,93/11,8/19,66 MtCO ₂ - Katalogit 0,51/1,53/2,56 MtCO ₂ - Mainosesitteet 1,35/4,06/6,77 MtCO ₂ - Kirjat 2,14/6,43/10,72 MtCO ₂ - Terveystieteisiin liittyvät materiaalit 0,18/0,54/0,9 MtCO ₂	WWF, 2008
Dematerialisaatio (verkkomedia, e-kaupankäynti, e-paperi, videokonferenssit, etätyönteko)	- vähennyspotentiaali 4 60 MtCO ₂ - ilman etätyöntekoa ja videokonferensseja 120 MtCO ₂	Vuoteen 2020 asti globaali päästövähennys. Oletuksia: - Verkkomedia: 1kg CO ₂ / levy, 7 miljardia DVD-levyä ja 10 miljardia CD-levyä korvataan maailmanlaajuisesti verkkomyynnillä - E-kaupankäynti: 3 % vähennys ostomatkojen päästöissä, joka on oletettu olevan 20 % kaikesta yksityisliikenteestä - E-paperi: 270 Mton paperinkäyttö, josta 25 % korvataan e-paperilla, paperin hiilijalanjälki 0,5 tonCO ₂ / ton - Videokonferenssit: 30 % matkoista liikematkustusta, maailmanlaajuisesti voidaan vähentää 30 % liikematkailusta - Etätyönteko: työntekoon liittyvä autoilu vähenee 80 % ja työn ulkopuolinen liikenne kasvaa 20 %, teollisuusmaissa koskee 10 % autokannasta ja kehittyvissä maissa 7 % autokannasta, asuinkiinteistöissä 15 % nousu päästöissä ja toimistokiinteistöissä 60 % lasku päästöissä koskien 10 %:ia asuinkiinteistöistä ja 80 % toimistokiinteistöistä	Climate Group, 2008

E-government	<ul style="list-style-type: none"> - online veroilmoitusten käyttöönotto vähentää CO2-päästöjä ECO-skenaarion mukaan 57 kton - BAU-skenaarion mukaan päästöt eivät vähene - terveydenhoitoon liittyvien online laskutuspalveluiden käyttö vähentää CO2-päästöjä BAU-skenaarion mukaan 5 kton ja ECO-skenaarion mukaan 10 kton 	<p>Euroopan laajuinen selvitys, oletuksia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - e-palveluiden käyttäjä ei itse tulosta papereita - 150 g paperin hiilijalanjälki 253,5g - 20 min tietokoneen käytön hiilijalanjälki 16,7g - vertailukohtana vuosi 2005 - BAU: veroilmoitukset tehdään verkossa, mutta kansalaisille ja yrityksille lähetetään paperikopio - ECO: kansalaisille ja yrityksille ei lähetetä paperikopiota - BAU: terveydenhoitoon liittyvien online laskutuspalveluiden käyttö 30 % - ECO: terveydenhoitoon liittyvien online laskutuspalveluiden käyttö 60 % - oletus kansalaisten ja yritysten määrästä sekä lähetettävien ilmoitusten paperimäärästä 	Bio Intelligence Service, 2008
E-health	227 ktCO2/vuosi National Health Servicen osalta (Englanti)	<ul style="list-style-type: none"> - Korvattu kaikki paperireseptit sähköisillä, säästö 4197 tn paperia - Sisältää Englannin julkiset terveystalot 	National Health Service, 2009
Ladattava musiikki	- Päästövähennys 87-173 kton CO2-ekv	- oletus digitaalisen musiikin osuudesta markkinoilla 20-40 %	Bio Intelligence Service, 2008
On-line palvelut ja yhteistyöteknologiat	- julkisten palvelujen vieminen verkkoon ja kehittyneiden yhteistyöteknologioiden käyttö voi vähentää energiankulutusta EU:ssa vuoteen 2020 mennessä 1-2 %	Tarkkoja perusteita ei annettu	Commission of the European Communities, 2009b

Sanomalehden sähköinen lukeminen	<ul style="list-style-type: none"> - Perinteinen sanomalehti päivittäin tilattuna tuottaa 28 kgCO₂/vuosi - Verkkolukeminen 30 min tuottaa 35 kgCO₂/vuosi - Digitaalisen julkaisun (eLehti) lukeminen tuottaa 14 kgCO₂/vuosi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkasteltu 3 skenaariota: 1) lukeminen verkkosivulta 10 min , ladataan 2,5 MB (47 Wh/pvä), 2) lukeminen verkkosivulta 30 min, ladataan 5,5 MB (140 Wh/pvä), 3) lukeminen digitaalisesta julkaisusta (ePaper) 30 min (14-25 Wh/pvä) - Vertailussa ruotsalainen sanomalehti (Sundsvalls Tidning) koko elinkaarensa osalta (suurin vaikutus tuotantoprosessilla) - Laskettu PC:n ja näytön energiankulutus vanhalla laitteistolla (ei energiatehokkain) - Jos huomioidaan lisäksi modeemin ja Internetin energiankulutus sekä oletetaan käyttöön energiatehokkaimmat laitteet, niin vaikutus likimain sama 	Moberg et. al, 2009
Sähköinen kauppa	<ul style="list-style-type: none"> - Sähköisen kaupan toimitus (pakettiauto) keskimäärin 181 gCO₂ - Kauppat matka yksityisautolla 4274 gCO₂ - Kauppat matka linja-autolla 1265 gCO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Rajauduttu pienten käyttötavaroiden (kirjat, CD:t, vaatteet ym.) kauppaan - Kauppat matkan aikana ei toimiteta muita asioita - Online-ostos toimitettu onnistuneesti ja ei palautusta - Liikenneolosuhteet samat kaikille tarkastelluille tapauksille 	J.B. Edwards, A.C. McKinnon & S.L. Cullinane, 2009
Sähköinen kauppa	<p>Vähennyspotentiaali globaalisti / OECD-Euroopassa vuoteen 2030:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matala: 65,8 / 12,7 MtCO₂ - Keskitaso: 328,9 / 63,3 MtCO₂ - Korkea: 657,7 / 127,3 MtCO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - Kotitalouksista 2/10/20 % siirtyy sähköisen päivittäistavara-kaupan asiakkaiksi - Huomioitu vaikutukset yksityisautoilun ja kaupan logistiikan päästöissä 	WWF, 2008 Persson et al, 2000

Sähköinen laskutus	Päästövähennys 18,6 gCO ₂ /lasku (paperilasku 48,6 gCO ₂ , sähköinen lasku 30 gCO ₂)	Tarkastelu rajautuu Itellan iPost-palveluun, jonka aineistot ovat tyypillisesti laskuja, asiakaskirjeitä ja palkkalaskelmia. Paperiprosessissa tutkittiin sähköisenä saapuneen kirjeaineiston käsittelyn, tulostuksen, kuorituksen ja fyysisen kuljetuksen tuottamia hiilidioksidipäästöjä. Laskennassa huomioitiin palvelimien energiankulutus, paperit, kirjekuoret, tulostus, kuoritus, ilmastointi, työtilojen sähkönkäyttö sekä jakeluprosessin polttoaineen ja energiankulutus. Sähköisessä prosessissa tutkittiin sähköisen kirjeaineiston käsittelyn, palvelimien energiankulutuksen, ilmastoinnin ja sähköisen jakelun kuormittavuus. Tutkimuksessa huomioitiin myös sähköisessä prosessissa yksittäisen kirjeen lukemiseen käytetty energia kotikoneella ja kirjeen arkistointi kuudeksi vuodeksi NetPosti-palveluun.	Itella Oyj, 2009
Sähköiset liput	- sähköisten junalippujen käyttöönotto voi vähentää CO ₂ -päästöjä 20-22 000 ton - sähköisten elokuvalippujen käyttöönotto voi vähentää CO ₂ -päästöjä 0-230 ton	- sähköisten lippujen osuus baseline 5% - sähköisten lippujen osuus muissa skenaarioissa vaihtelee junalipuilla välillä 10-60 % ja elokuvalipuilla välillä 5-20 %	Bio Intelligence Service, 2008

3 ICT-sovellusten vaikutukset Suomessa

3.1 Tarkasteltavien ICT-sovellusten valinta

Tässä hankkeessa ICT-sovellusten päästövähennysmahdollisuuksia on tarkasteltu esimerkkitapausten avulla. Selvitykseen on valittu 19 konkreettista esimerkkitapausta, joissa voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä Suomessa ICT-sovellusten avulla. Esimerkkitapaukset on valittu sillä perusteella, että niillä voitaisiin ainakin alustavan arvion mukaan saada aikaan kohtuullisen merkittäviä päästövähennyksiä. Toisaalta valinnassa on huomioitu erityisesti sähköisiä palveluita ja valinta on pyritty kohdistamaan niihin sovelluksiin, joihin voidaan vaikuttaa julkisilla toimenpiteillä. Erityisesti tarkastelussa on painotettu ratkaisuja, joita LVM voisi edistää omalla hallinnonalallaan. Valinnassa on myös huomioitu yllä kuvattujen kansainvälisten selvitysten arviot päästövähennyspotentiaaleista.

Tässä selvityksessä on arvioitu vuotuista päästövähennyspotentiaalia Suomessa vuoteen 2020 mennessä seuraaville esimerkkitapauksille:

- Thin client
- Keskittyneet palvelinkeskukset
- Tulostaminen
- Roskaposti
- Etätyö
- Etäkokoukset
- Älykäs liikenne
- Alueellinen kimppakyytipalvelu
- Älykäs rakennusteknologia
- Älykäs valaistus
- Huoneistokohtaiset vesimittarit
- Älykäs sähköverkko
- Etäluettavat sähkömittarit + palautekanava
- Sähköinen terveydenhuolto
- Postipalveluiden tehostaminen ja sähköistäminen
- Sähköiset viranomaispalvelut
- Sähköinen äänestäminen

3.2 Päästövähennysten laskenta

3.2.1 Menetelmän kuvaus

Kunkin esimerkkitapauksen vaikutus päästöjen vähentämiseen on määritetty perustuen tekijän vaikutusmekanismeihin, sähkön-, polttoaineen- tai materiaalikulutuksen vähenemismääriin sekä parhaiten Suomen olosuhteisiin soveltuviin päästökertoimiin. Arviot päästövähennyksistä on tehty sillä perusteella, kuinka suuri päästövähennys on yhden vuoden ajalle. Kansallisen ilmasto- ja energia-strategian tavoitteenasettelun mukaisesti, laskenta keskittyy päästövähennyksiin, jotka voidaan saavuttaa vuoteen 2020 mennessä.

Esimerkkitapausten vaikutusmekanismit on määritetty perustuen kirjallisuuteen, asiantuntija-arvioon tai konsultin asiantuntemukseen. Sähkön-, polttoaineen- ja materiaalikulutuksen väheneminen on määritetty perustuen kansallisiin tai kansainvälisiin tutkimuksiin, mikäli tällaisia tietoa on ollut saatavilla. Mikäli tutkimukseen perustuvia tietoja ei ole ollut saatavilla, on laskennassa käytetty asiantuntija-arviota. Päästökertoimina on käytetty Suomen kansallisen päästöinventaarion parametreja tai muuten Suomen olosuhteisiin parhaiten sopivia parametreja. Kaikki laskentaan liittyvät oletukset ja selvityksessä käytetyt päästökertoimet on esitetty liitteessä 2.

Kunkin esimerkkitapauksen päästövähennyspotentiaali on arvioitu seuraaviin osa-alueisiin jaettuna: liikenne, sähkön ja lämmön kulutus ja muu säästö. Lisäksi erikseen on arvioitu kunkin tapauksen vaikutus sähkönkulutuksen kasvamiseen. Mikäli sähkönkulutus ei esimerkkitapauksessa lisäännä oleellisesti, ei määrällistä arviota ole pyritty esittämään. Lisäksi on määritetty kunkin tapauksen vaikutus liikennemäärien pienenemiseen.

Laskennassa epävarmat tekijät on huomioitu lukuarvon vaihteluvälinä. Kaikille tekijöille ei ole olemassa tutkittua arvoa ja näin saadaan myös lopputuloksessa näkyviin siihen liittyvä epävarmuus. Laskenta antaa suuruusluokka-arvion siitä, miten paljon hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää eri toimenpiteillä. Suuruusluokka-arvion tarkoituksena on tunnistaa merkittävimmät sovellukset, joilla hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää eikä niinkään pyrkiä esittämään tarkkaa vaikutusarviota.

Kunkin esimerkkitapausten mahdollistaman päästövähennyksen arvioitu vaihteluväli on kuvattu erikseen luvussa 3.3.. Lisäksi yhteenveto tuloksista on esitetty luvussa 4.

3.2.2 Tehdyt rajaukset

Esimerkkitapausten päästövähennysvaikutukset on laskettu nykyisiin keskimääräisiin päästökertoimiin ja nykyisiin kysyntämääriin perustuen. Esimerkiksi liikennemäärät ja laitteiden tehonkulutukset on pyritty arvioimaan nykyhetken perusteella. Käytännössä tulevaisuudessa esimerkiksi liikenteen päästöt voivat perusskenaariossa laskea, jos ajoneuvojen keskimääräiset päästöt laskevat. Toisaalta liikennemäärät voivat lisääntyä perusskenaariossa vuoteen 2020 mennessä.

Kun sähkönkulutusta vähennetään, kohdistuu vähennys todellisuudessa ensin fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaan tuotantoon. Niin sanotun marginaalituotannon päästökerroin on noin 700 gCO₂/kWh, kun keskimääräisen tuotannon päästökerroin on noin 220 gCO₂/kWh. Tässä selvityksessä arvioidut päästövähennysvaikutukset on laskettu pääosin perustuen keskimääräiseen sähkön päästökertoimeen. Toisaalta sähkön päästökerroin voi myös pienentyä vuoteen 2020 mennessä, mikäli uusiutuvaan energiantuotantoon perustuvaa sähköntuotantoa lisätään. Tällöin sähkönsäästöstä aiheutuvat hiilidioksidipäästövähennykset olisivat pienempiä.

Laskennassa on huomioitu ensisijaisesti tekijöiden suorat vaikutukset, koska epäsuorat vaikutukset ovat hyvin moninaisia ja niiden määrällinen arvioiminen usein erittäin haasteellista. Esimerkiksi liikenteen vähenemisen vaikutus lasketaan siitä seuraavan polttoaineen kulutuksen vähenemisen mukaan. Laskennassa ei oteta huomioon mahdollista tieinfrastruktuurin rakentamisen ja ylläpidon tarpeen vähenemistä.

3.3 Tarkasteltujen ICT-sovellusten vaikutukset

3.3.1 Thin client

Niin sanottu thin client tarkoittaa kevyttä tietokonetta, jonka tarkoitus on pääasiassa toimia yhteydenpitovälineenä muissa tiloissa olevaan keskustietokoneeseen. Thin clientin käyttäminen PC:n sijasta voi vähentää hiilidioksidipäästöjä, mikäli erillisissä palvelinhuoneissa olevat palvelimet toimivat energiatehokkaasti. Päästövähennysten suuruus on arvioitu perustuen energiankulutuksen pienentymiseen.

Laskennassa on oletettu, että tietokoneista 10–50 % korvattaisiin thin clienteilla. Thin clientiin liittyvän serverin energiankulutuksesta ei ole vielä luotettavaa tietoa. Tässä selvityksessä laskenta on tehty sillä perusteella, että serverin tehontarve on välillä 1-15 W. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 2. Samalla kun energiankulutus pienenee thin clientien yleistyessä kotitalouksissa lisääntyy energiankulutus servereissä. Lisäksi myös viestintäverkon kulutus kasvaa, mutta tällä ei ole kokonaisuuden kannalta suurta merkitystä. Verkon käytön lisääntyminen vaatii jossain vaiheessa lisäinvestointeja, johon liittyy materiaalin- ja energiankulutusta. Näiden investointien aiheuttamien päästöjen arvioiminen ei ole mahdollista tämän selvityksen puitteissa.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että lisäämällä thin clientien käyttöä voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 13 000 – 71 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 10. Thin clientien laajempi käyttöönotto vaatii julkisten tahojen kuten

koulujen ja virastojen aktiivisuutta sekä kuluttajapalveluiden kehittämistä³. Myös tietoliikenneyhteyksien nopeuden ja luotettavuuden on kehityttävä edelleen sekä kaupungeissa että taajama-alueilla.

Taulukko 10. Thin clientin käytöllä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	13 000	71 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	13 000	71 000

3.3.2 Keskitetyt palvelinkeskukset

Palvelinkeskusten keskittäminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, koska suuremmissa yksiköissä voidaan toteuttaa energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä kustannustehokkaammin. Yhtenä toimenpiteenä energiankulutusta voidaan vähentää parantamalla palvelinten käyttöastetta. Palvelinkeskusten keskittämisen päästövähennys on arvioitu niiden toiminnan energiatehokkuuden paraneamisen ja lämmön talteenoton perusteella.

Laskenta perustuu arvioon siitä, että palvelinkeskusten energiankulutus Suomessa on noin 450 GWh⁴. Lämmön talteenotto vaihtelee laskennassa välillä 0-80 %. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että keskittämällä palvelinkeskuksia, voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 20 000–89 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 11.

Niin sanottu cloud computing voidaan toteuttaa esimerkiksi thin client -päätteiden avulla käyttäen keskitettyjen palvelinkeskusten laskentakapasiteettia. Olettaen, että yhtä suuri osuus laitteista vaihdetaan thin client -päätteisiin kuin edellisessä kappaleessa on esitetty ja palvelinkeskusten toiminta tehostuu vastaavasti kuin yllä on esitetty, voidaan arvioida, että cloud computingin avulla voidaan saavuttaa noin 33 000 – 160 000 tonnia päästövähennyksiä vuodessa.

Palvelinkeskusten keskittäminen on jo käynnissä oleva muutostrendi. Suurten palvelinkeskusten energiatehokkuus riippuu teknologian kehityksestä sekä talteen otetun lämmön hyödyntämismahdollisuuksien huomioimisesta suunnitteluvaiheessa. Myös tietoliikenneyhteyksien luotettavuuden ja nopeuden sekä sähkönhinnan kehitys vaikuttavat palvelinkeskusten keskittämisen laajuuteen.

³ Esimerkki hankkeesta, joka tähtää thin client kuluttajapalveluiden tuomiseen markkinoille: <http://www.supermatrix.fi/sx2/index.php>

⁴ Uptime Institute arvioi, että palvelinkeskukset kuluttavat noin 0,5 % sähkönkulutuksesta. (IT-viikko, 2008)

Taulukko 11. Keskitetyillä palvelinkeskuksilla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	20 000	89 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	20 000	89 000

3.3.3 Tulostaminen

Tulostamista voidaan vähentää asettamalla tulostimissa automaattiseksi oletusasetukseksi kaksipuolinen tulostus. Tästä seuraavia päästövähennyksiä voidaan arvioida perustuen paperinkulutuksen vähenemiseen.

Laskennassa on arvioitu, että kaksipuolinen tulostus voisi kasvaa vielä määrällä, joka vastaa 20–50 % nykyisestä paperinkäytöstä. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että lisäämällä automaattista kaksipuolista tulostusta, voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 16 000–41 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähenneistä on esitetty taulukossa 12. Kaksipuolisen tulostuksen osuutta voidaan lisätä parantamalla tietoisuutta automaattisen tulostusasetusten mahdollisuuksista.

Taulukko 12. Kaksipuolisen tulostamisen lisäämisellä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	16 000	41 000
Yhteensä	16 000	41 000

3.3.4 Roskaposti

Roskaposti aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä, koska se kuluttaa sähköä lähettäjän tietokoneella, verkossa, käyttäjän tietokoneella sekä roskapostin suodattamisessa. Näistä käyttäjän tietokoneella aiheutuva sähkönkulutus, kun viestejä luetaan, on merkittävin tekijä. Roskapostin määrä vaihtelee huomattavasti ja se voi vähentyä yhtäkkiä, kun suuria roskapostia lähettäviä palvelimia saadaan suljettua.

Roskapostin kokonaismäärää on vaikea arvioida. Tämä laskenta perustuu arvioon siitä, että roskapostin energiankulutus on noin 22 kWh/käyttäjä/vuosi⁵. Ottamalla käyttöön uusimman tekniikan

⁵ Mc Afee, 2009

mukaiiset roskapostisuodattimet, voidaan roskapostia vähentää 50–80 %. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että ottamalla käyttöön parempaa roskapostin suodatustekniikkaa, voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 39 000–62 000 tonnia vuodessa. Päästöjen lisääntyminen on arvioitu sillä perusteella, että roskapostin suodattamiseen käytettävä energia on 16 % roskapostin käsittelyyn kuluva kokonaisenergiasta⁶. Tarkempi jaottelu päästövähenneistä on esitetty taulukossa 13.

Taulukko 13. Roskapostin paremmalla suodattamisella saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennepotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	39 000	62 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	39 000	62 000
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	12 000	12 000
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	31 %	19 %

3.3.5 Etätyö

Etätyön tekeminen vähentää työmatkaliikenteen määrää sekä osin lämmitettävän tilan tarvetta toimistoissa. Toisaalta on huomattava, että lämmitettävän tilan tarve ei juuri vähene, jos toimistossa varataan kiinteä paikka myös etätyötä tekeville.

Tilastokeskuksen työntekijöiden työalan luokittelun mukaan on arvioitu, että Suomen noin 2,4 miljoonasta työllisestä 20 %:lle olisi etätyönteko mahdollista. Haastattelututkimukseen perustuen on arvioitu, että etätyönteko olisi näille työntekijöille mahdollista 1–3 päivänä viikosta. Muut oletukset on esitetty liitteessä 1. Laskennassa on oletettu, että etätyönteko ei lisää sähkönkulutusta merkittävästi. Sähkönkulutus saattaa lisääntyä hieman, jos tietoverkkojen käyttö työpäivän aikana lisääntyy ja toisaalta voi tulla tarve laajentaa nopeayhteyksistä verkkoa.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että etätyön tekoa lisäämällä voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 50 000 – 390 000 tonnia vuodessa. Samalla liikennemäärien on arvioitu vähenevän 280–1200 miljoonaa ajoneuvo-km. Tarkempi jaottelu päästövähenneistä on esitetty taulukossa 14.

⁶ McAfee, 2009

Etätyönteon lisääminen vaatii käytäntöjen ja asenteiden muuttamista yrityksissä sekä julkisella sektorilla. Nykyinen tietoliikenneverkko mahdollistaa jo etätyön lisäämisen hyvin pitkälle. Etätyön laaja lisääminen vaatii tietoliikenneverkon luotettavuuden ja nopeuden parantamista edelleen.

Taulukko 14. Etätyön lisäämisellä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO₂-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	49 000	210 000
Sähkön ja lämmön kulutus	0	170 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	49 000	380 000

3.3.6 Etäkokoukset

Liikematkailua voidaan vähentää korvaamalla osa kokouksista virtuaal kokouksilla. Tällöin voidaan olla yhteydessä puhelimen välityksellä, perinteisen videoyhteyden tai videokonferenssitilan avulla. Päästöjen vähennystä arvioidaan vähentyneen liikematkailun perusteella – päästöjen kannalta ylivoimaisesti tärkein asia on vähentynyt lentomatkailu, johon tarkastelu on rajattu.

Liikematkailun osuuden lentoliikenteestä on arvioitu olevan 10–30 % ja vähennyspotentiaalia on arvioitu olevan 2,5–30 %. Energiankulutuksen lisääntyminen on arvioitu sillä perusteella, että kaikki lentomatkat korvattaisiin neuvottelulla videokonferenssitilassa. Tämä antaa konservatiivisen arvion päästövähennyksestä. Käytännössä osa matkoista voitaisiin korvata myös vähemmän energiaa kuluttavilla puhelinneuvotteluilla. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että korvaamalla työmatkoja etäkokouksilla, voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää noin 11 000 – 410 000 tonnia vuodessa. Samalla lentoliikennemäärien on arvioitu vähenevän 90 – 3300 miljoonaa henkilö-km. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 15.

Etäkokouksia voidaan lisätä ottamalla laajemmin käyttöön niihin liittyvää tekniikkaa ja palveluita sekä tuomalla esiin etäkokousten kautta saavutettavissa olevia kustannussäästöjä. Etäkokouslaitteiden teknologian kehitys ja edistyneempien laitteiden kustannusten pieneneminen edistää edelleen liikematkojen korvaamista etäkokousten avulla. Kansainvälisten tietoliikenneyhteyksien luotettavuuden ja nopeuden parantuaessa parantuvat mahdollisuudet järjestää etäkokouksia edelleen.

Taulukko 15. Etäkokousten lisäämisellä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	11 000	410 000
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	0	0
Yhteensä	11 000	410 000
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	340	12 000
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	3 %	3 %

3.3.7 Älykäs liikenne

Älykkäällä liikenteellä tarkoitetaan tässä ICT-sovelluksiin perustuvaa henkilö- ja tavaraliikenteen tehostamista. Toimenpiteet, joiden päästövähennyksiä tässä arvioidaan, ovat: tienkäyttömaksut, ekologiseen ajotapaan ohjaava ajoneuvotekniikka, liikennevirtojen hallinta (dynaamiset navigaattorit henkilöautoissa ja raskaan liikenteen reittioptimointi) ja yleinen joukkoliikenteen houkuttelevuuden lisääminen (sisältäen mm. joukkoliikenteen valoetuudet ja reaaliaikaisen tiedottamisen). Pääkaupunkiseudulla älykkäät tienkäyttömaksut voivat edistää hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. Päästövähennyspotentiaalia arvioidaan perustuen mahdolliseen liikennesuoritteiden vähenemiseen potentiaalisten eri ruuhkamaksumallien pohjalta⁷.

Ajoneuvoissa voidaan ICT-tekniikan avulla seurata ajo-olosuhteita ja ohjata ajotapaa ekologiseen suuntaan. Kun ajaminen on tasaisempaa, polttoaineen kulutus pienenee ja hiilidioksidipäästöt vähenevät. Raskaan liikenteen päästöjä voidaan lisäksi pienentää reittioptimoinnin avulla, joka vähentää välillisesti myös ruuhkautumisesta aiheutuvia päästöjä. Lisäksi autonavigaattorien käyttö tehostaa liikennettä lyhentämällä kuljettuja matkoja. Lisäksi kommunikoinnin mahdollistavat navigaattorit edistävät liikenteen sujuvuutta.

Ottamalla käyttöön joukkoliikenteen valoetuudet, vähenevät liikenteen kokonaispäästöt. Lisäksi joukkoliikenteen houkuttelevuutta voidaan lisätä monien ICT-sovellusten avulla (esim. wlan-yhteys busseissa ja junissa, informaation saatavuus julkisesta liikenteestä kattaen eri kulkuneuvovaihtoehdot). Näiden lisäksi tässä selvityksessä on arvioitu tavaralogistiikan tehostamisen välillisenä vaikutuksena varastotilojen tilatarpeen väheneminen⁸.

Tehtyjen oletusten perusteella (ks. liite 1) voidaan arvioida, että älykkään liikenteen avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä kokonaisuudessaan noin 1 300 000 – 3 600 000 tonnia vuodessa (taulukko 16). Samalla liikennemäärät vähenevät 3 100 – 11 200 miljoonaa ajoneuvo-km.

⁷ LVM, 2009, Helsingin seudun ruuhkamaksuselvitys

⁸ Lämmitystapana laskennassa on kaukolämpö.

Päästöjen väheneminen johtuu siitä, että liikennemäärät vähenevät ja lisäksi kilometriä kohti lasketut päästöt vähenevät ekologisen ajotavan ansiosta. Päästöjen kokonaislaskennassa ei kuitenkaan ole huomioitu sitä, että arvioinnin osa-alueet ovat osittain päällekkäisiä. Osa-alueiden kokonaispäästövähennyspotentiaali on esitetty eroteltuna taulukossa 17.

Älykkään liikenteen toimenpiteiden toteuttaminen vaatii ajoneuvojen seurantaan ja ohjaamiseen liittyvän teknologian kehitystä. Yhtenä osana kehitystä ovat ajoneuvojen laitteet, joihin voidaan lähettää viestejä tai tietoa liikennetilanteista ja näin ohjata ajoneuvojen reittivalintoja.

Taulukko 16. Älykkäällä liikenteellä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO ₂ -ekv)		
	Min	Max
Liikenne	1 300 000	3 600 000
Sähkön ja lämmön kulutus	460	930
Muu säästö	0	0
Yhteensä	1 300 000	3 600 000

Taulukko 17. Älykkäällä liikenteellä saavutettavissa oleva vuosittainen liikenteen päästövähennyspotentiaali, osa-alueittain

Päästöjen vähentyminen liikenne (ton CO ₂ -ekv)		
	Min	Max
Pääkaupunkiseudun tienkäyttömaksu	260 000	500 000
Ekologinen ajotapa, henkilöautot	480 000	960 000
Ekologinen ajotapa, paketti- ja kuorma-autot	170 000	340 000
Raskaan liikenteen reittioptimointi	270 000	540 000
Dynaamiset navigaattorit henkilöautoissa	130 000	1 200 000
Joukkoliikenteen houkuttelevuus suurissa kaupungeissa	30 000	100 000
Yhteensä (ton CO₂-ekv)	1 300 000	3 600 000

3.3.8 Alueellinen kimppakyytipalvelu

Tietyissä kaupunginosissa tai kunnissa voitaisiin ottaa käyttöön alueellinen kimppakyytipalvelu, jossa asukkaat sopisivat ICT-palveluiden avulla samaan suuntaan kulkevien yhteisistä kyydeistä. Kimppakyytipalvelun vaikutuksia on arvioitu työmatkoja koskien, koska niissä palvelua olisi helpointa hyödyntää. Hiilidioksidipäästöt vähenevät, kun omalla autolla kuljettujen matkojen määrä vähenee.

Laskennassa on arvioitu, että 1-10 % Suomen noin 2,4 miljoonasta työntekijästä käyttäisi kimppakyytiä työmatkoillaan. Lisäksi energiankulutuksen lisäys on arvioitu sillä perusteella, että palvelun käyttäminen tietokoneella kestäisi keskimäärin 5 minuuttia. Muut oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että alueellisen kimppakyytipalvelun avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 12 000 – 170 000 tonnia vuodessa. Samalla liikennemäärän on arvioitu vähenevän 70–960 miljoonaa ajoneuvo-km. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 18. Jotta alueellinen kimppakyytipalvelu otettaisiin laajasti käyttöön, pitäisi

ihmisten asenteiden muuttua ja kehittää tehokas ja helppokäyttöinen ohjelma kyytien tarjoamiseen ja vastaanottamiseen.

Taulukko 18. Alueellisella kimppekyytipalvelulla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	12 000	170 000
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	0	0
Yhteensä	12 000	170 000
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	25	250
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	0,2 %	0,1 %

3.3.9 Älykäs rakennusteknologia

Älykäs rakennusteknologia tarkoittaa rakennuksen lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen ohjaamista ICT-sovellusten avulla. Näin saavutettavia päästövähennyksiä voidaan arvioida perustuen energiankulutuksen vähenemiseen.

Suurin säästöpotentiaali piilee lämmityksen tarpeen mukaisessa ajoittamisessa eli jos esim. toimistot, virastot ym. säädetään viikonlopuiksi ja lomiksi peruslämmölle ja arkena öisin hieman alempaan lämpötilaan kuin päivisin, voidaan saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä. Toisaalta rakennusten terminen hitaus ja erityisesti asuntokohtaisesti erilaiset käyttötarpeet ja -tottumukset tekevät ICT-säästöjen toteuttamisesta haastavan varsinkin keskuslämmitetyissä kerros- ja rivitaloissa. Ilmanvaihdon ja jäähdytyksen merkitys on pienempi, mutta ainakin ilmanvaihdon tarpeen mukainen (esim. CO₂-pitoisuus) säätö mahdollistaa myös jonkinlaiset päästövähennykset.

Laskennassa on arvioitu, että 5 - 30 % rakennusten kuluttamasta energiasta olisi mahdollista säästää älyteknologian avulla. Tarkempi arviointi vaatisi laajempaa tutkimusta kuin mitä tässä yhteydessä oli mahdollista toteuttaa. Riippuen ohjausmekanismien tehokkuudesta on arvioitu, että 20 – 60 % rakennuskannasta (tarkemmin: rakennusten energian kulutuksesta) voitaisiin saada älyteknologian piiriin lähitulevaisuudessa. Toisaalta älyteknologian käyttöönotto myös lisää rakennusten energiankulutusta, lähinnä sähkönkulutusta. Päästöjen lisääntyminen on arvioitu olettaen, että älylaitteistot olisivat asuntokohtaisia ja sen lisäksi muissa kuin asuinrakennuksissa tarvittaisiin yksi älylaitteisto per rakennus, jolloin älylaitteistoja (lämmitystä, ilmanvaihtoa ja jäähdytystä tarpeen mukaan optimoivia laitteita) tarvittaisiin Suomessa noin 3 miljoonaa kappaletta. Koska tällaisia älylaitteistoja ei käytännössä vielä markkinoilla ole, niiden tarvitseman tehon arviointi on vaikeaa. Laskelmissa on oletettu, että yksi älylaitteisto liitännäislaitteineen vaatisi 100 W sähkötehoa keskimäärin. Muut oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten valossa älyteknologialla saavutettavissa oleva päästövähennys rakennuksissa on 220 000 – 4 000 000 tonnia vuodessa (ks. taulukko 19). Tulokset päästöjen lisääntymisestä lähinnä havainnollistavat älylaitteiden sähkön kulutuksen minimoinnin tärkeyttä suhteessa saavutettaviin

päästövähennyksiin. Älykkään rakennusteknologian laajamittainen käyttöönotto vaatii käytännönratkaisujen ja palveluiden kehitystä. Myös langattoman viestinnän kustannusten aleneminen edistää kattavamman rakennusteknologian käyttöönottoa.

Taulukko 19. Älykkäällä rakennusteknologialla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	220 000	4 000 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	220 000	4 000 000
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	120 000	350 000
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	55 %	9 %

3.3.10 Älykäs valaistus

Älykäs valaistus tarkoittaa siirtymistä valaisimiin, joita voidaan ohjata ICT-sovellusten avulla. Tästä seuraava päästövähennys perustuu siihen, että ICT-sovellusten avulla valojen käyttöä voidaan hallita tehokkaammin. Vähemmän sähköä kuluttavia lamppeja sinänsä ei tässä lueta älykkään valaistuksen säästöpotentiaaliin.

Valaistussähkön säästöpotentiaali älyteknologian avulla perustuu ennen kaikkea läsnäoloantureihin – liiketunnistimet ja hämäräkytkimet ovat jo laajalti käytössä kohteissa, joihin ne soveltuvat. Laskelmissa on oletettu, että läsnäoloantureiden avulla voidaan saavuttaa 10 – 20 % säästö valaistussähkön kulutuksessa. Vastaavasti läsnäoloantureihin perustuvan valaistuksen hallinnan yleistymisen kotitalouksissa on arvioitu välille 10 – 50 % lähitulevaisuudessa. Suomessa valaistustarve on kuitenkin hyvin päällekkäinen lämmitystarpeen kanssa eli samalla kun valaistussähkön kulutus vähenee älyteknologian avulla, lämmitysenergian tarve kasvaa. Laskelmissa on oletettu, että 30 % valaistussähkön säästöstä on säästökelpoista rakennusten kokonaisenergiatalouden kannalta. Lisäksi on huomioitava, että rakennuskannasta vain noin 20 % lämmitetään uusiutuvilla energialähteillä (puulla ja maalämmöllä) eli vain niissä rakennuksissa valaistussähkön säästäminen johtaa aidosti päästövähennyksiin – kun tiedetään, että kaukolämmön ja sähkön keskimääräiset päästökertoimet ovat Suomessa likimain samat ja öljylämmityksenkin samaa luokkaa. Muut oletukset on esitetty liitteessä 1.

Vaikka älykäs valaistus saattaakin olla globaalisti merkittävä keino vähentää CO2-päästöjä, Suomessa sen merkitys on vähäinen. Tehtyjen oletusten valossa saavutettavissa oleva päästövähennys kotitalouksissa on 210 – 2100 tonnia vuodessa (Taulukko 20).

Taulukko 20. Kotitalouksissa älykkäällä valaistuksella saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO ₂ -ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	210	2 100
Muu säästö	0	0
Yhteensä	210	2 100

Huom. Tässä tarkasteltiin vain kotitalouksien valaistusta eli tarkastelun ulkopuolelle jäivät muut kiinteistöt kuten myös katu- ym. ulkovalaistus, joissa kuitenkin on jo laajalti käytössä hämäräkytkimet ja liiketunnistimet. Tapauskohtaisesti ulkovalaistuksesta varmasti löytyy vielä älyteknologialla saavutettavissa olevaa säästöpotentiaalia. Teollisuus-, palvelu- ja liikekiinteistöjen valaistus on monitahoinen kysymys, jota ei voi perustellusti käsitellä yksinomaan energiansäästö- tai päästönäkökulmasta.

3.3.11 Huoneistokohtaiset vesimittarit

Huoneistokohtaiset vesimittarit tuovat esiin yksilöllisen vedenkulutuksen ja mahdollistavat laskutuksen huoneiston todelliseen vedenkulutukseen perustuen. Kokemusten perusteella huoneistokohtainen mittaus vähentää vedenkulutusta. Pienemmästä vedenkulutuksesta seuraavia päästövähennyksiä on arvioitu perustuen veden puhdistuksen, jakelun ja lämmityksen aiheuttamiin päästöihin.

Päästövähennystä on arvioitu sillä perusteella, että sekä kokonaisvedenkulutus että samalla lämpimän veden kulutus vähenisivät 15–25 %. Muut oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että huoneistokohtaisen vesimittarin avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 200 000 – 330 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 21. Huoneistokohtaiset vesimittarit mahdollistavat myös vertailutietojen tuottamisen omasta kulutuksesta suhteessa muihin. Mikäli kuluttajalla olisi tieto hänen vedenkulutuksestaan verrattuna muihin, voisi tämä kannustaa edelleen vedenkulutuksen vähentämiseen.

Taulukko 21. Huoneistokohtaisella vesimittarilla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO ₂ -ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	170 000	290 000
Muu säästö	21 000	35 000
Yhteensä	200 000	330 000

3.3.12 Älykäs energiaverkko

Älykäs energiaverkko tarkoittaa uudenlaista, älykästä sähköverkkoa, joka hyödyntää kahdensuuntaisen kommunikoinnin mahdollistavaa ICT-tekniikkaa. Älykäs energiaverkko vähentää hiilidioksidipäästöjä, koska se pienentää siirtohäviöitä ja mahdollistaa uusiutuvan energiantuotannon integroimisen

verkkoon. Näin syntyvää päästövähennys on arvioitu energiankulutuksen pienenemisen sekä uusiutuvan energiantuotannon lisääntymisen kautta.

Reaaliaikainen sähkönmittaus ja kulutusnäyttö kiinteistöissä mahdollistavat kulutuksen vähentämisen huippukulutustuntien aikana sekä kulutuksen siirtämisen pois huippukulutustunneilta automaattisesti tai vapaaehtoisesti esimerkiksi hintaohjauksella. Kulutuksen vähentymisen ja siirtymisen päästövähennysvaikutus on arvioitu perustuen huippukulutustuntien ja peruskuorman marginaalituotannon hiilidioksidipäästöihin. Tässä laskennassa on tehty konservatiivinen oletus, että peruskuorman marginaalituotannon päästöt vastaavat keskimääräisen tuotannon päästöjä.

Päästövähennystä on arvioitu sillä perusteella, että sähkönkulutus pienenisi huippukulutustuntien aikana 3–10 % ja siirtyisi huippukulutustunneilta peruskuormaan 3–15 %. Oletuksena on, että kulutuksen vähenemistä ja siirtymistä pois huippukulutustunneilta tapahtuu vain kotitalouksissa ja palveluissa. Häviösähkön tarpeen on arvioitu vähentyvän 10–30 % ja uusiutuvan energiantuotannon lisääntymisen kautta keskimääräinen hiili-intensiteetti pienenee 5–10 %. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että älykkään energiaverkon avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 1 500 000 – 4 400 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 22 ja osa-alueita on tarkennettu edelleen taulukossa 23.

Älykkään energiaverkon mahdollistamien päästövähennysten laaja-alainen saavuttaminen edellyttää mittareiden ja lähettimien integroimista sähköverkkoon ja kuluttajien sähkömittareihin. Langattoman tietoliikenneverkon parantaminen ja kulutusmittareihin liittyvien lähettimien tekninen kehitys mahdollistavat älykkään energiaverkon laajamittaisen käyttöönoton. Lisäksi edellytyksenä on, että kuluttajien sähkömittarit kehittyvät kaksisuuntaisen viestinnän mahdollistavaksi ja reaaliaikainen kulutus pitää voida viestiä kuluttajalle selkeässä muodossa. Mittareiden ja etäohjausmahdollisuuksien integroiminen sähköä kuluttaviin laitteisiin, voi edelleen tuottaa lisää päästövähennyksiä.

Taulukko 22. Älykkään energiaverkon avulla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO₂-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	1 400 000	4 000 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	1 400 000	4 000 000

Taulukko 23. Älykkään energiaverkon avulla saavutettavissa oleva vuosittainen liikenteen päästövähennyspotentiaali, osa-alueittain

Päästöjen vähentyminen, sähkön kulutus (ton CO ₂)		
	Min	Max
Sähkönkulutuksen vähentyminen	220 000	880 000
Sähkönkulutuksen siirtyminen	150 000	900 000
Hävikkisähkön vaikutus	76 000	230 000
Hiili-intensiteetin laskun vaikutus	990 000	2 000 000
Yhteensä (ton CO₂-ekv)	1 400 000	4 000 000

3.3.13 Etäluettavat sähkömittarit

Etäluettavat sähkömittarit voivat vähentää kotitalouksien sähkönkulutusta tuomalla esiin tiedon reaaliaikaisesta kulutuksesta, mikäli kuluttajalle tarjotaan reaaliaikainen palautekanava. Näin syntyy päästövähennystä on arvioitu sähkönkulutuksen vähentymisen perusteella huippukulutustuntien aikana. Tämä tapaus on käytännössä yksi osa älykkään energiaverkon avulla saavutettavista päästövähennyksistä.

Laskennassa on oletettu, että sähkönkulutus pienenee huippukulutustuntien aikana 3-10 %. Lisäksi kulutus voisi pienentyä myös muuna aikana, jos palaute asiakkaan sähkönkulutuksesta toteutettaisiin oikealla tavalla. Oletuksena on, että kulutus pienenee vain kotitalouksissa ja palveluissa. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että etäluettavien sähkömittareiden avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 500 000 – 2 000 000 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 24.

Taulukko 24. Etäluettavien sähkömittareiden avulla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO ₂ -ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	0
Sähkön ja lämmön kulutus	220 000	880 000
Muu säästö	0	0
Yhteensä	220 000	880 000

3.3.14 Sähköinen terveydenhuolto

Terveydenhuollossa voidaan ottaa käyttöön sähköisiä viestintämuotoja yhteydenpitoon apteekkien, Kelan ja potilaiden kanssa. Näin voidaan vähentää paperinkulutusta, mikä vähentää hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi osa terveyskeskuskäynneistä voitaisiin hoitaa sähköisten palveluiden avulla. Hiilidioksidipäästöt syntyvät tällöin vähemmän, koska liikkumisen tarve vähenee.

Laskennassa on arvioitu, että resepteistä, laboratoriolausunnoista ja Kelan lausunnoista 50–90 % siirtyisi paperilta sähköiseen viestintään ja että 5–15 % terveyskeskuskäynneistä (kotisairaanhoido, muut avohoitokäynnit ja työterveyshuolto terveyskeskuksissa) korvattaisiin sähköisillä palveluilla.

Voidaan olettaa, että lähes kaikki paperille tulostettavat lomakkeet tuotetaan tietokoneella ja vastaanottava virkailija tai vastaava käyttää nykyäänkin tietokonetta tietojen käsittelyyn. Täten viestintän siirtäminen sähköiseksi lisää energiankulutusta erittäin vähän. Energiankulutuksen on oletettu lisääntyvän hieman, kun lääkärin lisäksi myös potilas käyttää tietokonetta sähköisen terveydenhoitopalvelun yhteydessä. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että terveystalouden sähköistämisen avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 1 500 – 4 300 tonnia vuodessa. Samalla liikennemäärien on arvioitu vähenevän 8–23 miljoonaa ajoneuvo-km. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 25.

Jotta sähköisen terveydenhuollon käyttö lisääntyisi, on erityisesti kotisairaanhoidon liittyvien teknologioiden ja seurantajärjestelmien kehityttävä. Lisäksi terveydenhuollon rekistereiden on kehityttävä niin, että viestintä voi tapahtua tehokkaasti järjestelmien kautta ja terveydenhuollon kokonaisu-rantaa pitää toteuttaa niin, että se ei painosta suoriin potilaskontakteihin.

Taulukko 25. Sähköisen terveydenhuollon avulla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	1 400	4 100
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	140	250
Yhteensä	1 500	4 300
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	4	12
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	0 %	0 %

3.3.15 Postipalveluiden tehostaminen ja sähköistäminen

Postin tarjoamien sähköisten palveluiden avulla voidaan vähentää dokumenttien hallintaan liittyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Näistä arvioidaan laskutuksen, palkkahallinnon ja muun potentiaalisen postituksen (mm. suoramainonta ja eLehdet) sähköistämisen sekä näiden dokumenttien sähköisen arkistoinnin vaikutukset. Itellan teettämän tutkimuksen mukaisesti päästöjä säästyy, kun paperinkulutus ja postin kuljetukset vähenevät. Vastaavasti päästöissä on huomioitu ICT-järjestelmän vaatima energia postin lähettämisen, lukemisen ja arkistoinnin osalta. Näiden lisäksi tässä selvityksessä on arvioitu lämmitettävän tilan tarpeen väheneminen paperiarkistoinnin vähentyessä⁹.

Laskutuksen sähköistämisessä on merkittävän kustannussäästöpotentiaaliksi lisäksi mahdollisuus vähentää päästöjä. Julkishallinto vastaanottaa vuosittain noin 13 miljoonaa laskua, yritykset noin 187

⁹ Lämmitystapana laskennassa on kaukolämpö.

miljoonaa laskua sekä yksityiset ihmiset noin 300 miljoonaa laskua.¹⁰ Tällä hetkellä näistä vastaanotetaan sähköisesti noin 60 % julkishallinnossa ja yrityksissä sekä 15 % yksityisten ihmisten osalta.

Palkkahallinnon sähköistämisestä syntyy päästövähennyksiä, kun palkkositteet lähetetään työntekijöille kerran kuussa sähköisesti. Palkansaajia on Suomessa Tilastokeskuksen mukaan 2,2 miljoonaa. Muun sähköisen postituksen potentiaali on tässä selvityksessä arvioitu noin 50 %:ksi laskujen ja palkkositteiden kokonaispaperimäärästä. Laskelmissa on oletettu sähköisen postituksen lisääntyminen 50–100 %:iin mainituissa postitusmuodoissa.

Postipalveluita voidaan lisäksi tehostaa ottamalla käyttöön parempaa teknologiaa kirjeiden ja pakettien sähköiseen lukemiseen. Teknologian vaikutusta päästöjen vähenemiseen voidaan arvioida perustuen vähentyneeseen kuljetustarpeeseen, kun virhekuljetusten määrä vähenee. Itella huolehtii vuodessa noin 3 Mrd. postilähetyksestä¹¹. Älykkäällä lukuteknologialla on laskelmissa oletettu 50–90 % vähennys virhekuljetuksiin. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1.

Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että postipalveluiden tehostamisella ja sähköistämällä voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 3 500 – 17 000 tonnia vuodessa. Samalla liikennemäärien on arvioitu vähenevän 2,7–4,8 miljoonaa ajoneuvo-km. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 26.

Postipalveluiden sähköistäminen tarkoittaa käytännössä sähköisten laskutusjärjestelmien laajempaa käyttöönottoa, käytännön muuttamista palkkositteiden lähettämisen osalta sekä muun postituksen käytäntöjen muuttamista. Tämä ei aiheuta vaatimuksia tietoliikennejärjestelmien kehitykselle.

Taulukko 26. Postipalveluiden tehostamisella ja sähköistämällä saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	630	1 100
Sähkön ja lämmön kulutus	36	250
Muu säästö (sähköinen kirje)	2 900	16 000
Yhteensä	3 500	17 000

3.3.16 Sähköiset viranomaispalvelut

Sähköiset viranomaispalvelut vähentävät paperinkulutusta, kuljetetun postin määrää sekä asioimisesta johtuvaa liikennetarvetta. Esimerkiksi kansalaisten asiointitilin tarkoituksena on tehostaa julkishallinnon tarjoamia sähköisiä palveluita. Esimerkkinä viranomaispalveluiden sähköistämisestä on arvioitu sähköisen veroilmoituksen vaikutusta. Tällöin päästöt vähenevät, kun veroilmoitukset toimitetaan yrityksille ja kansalaisille digitaalisessa muodossa ja veroilmoituksia ei tarvitse palauttaa viranomaisille paperiversiona. Vastaavien palveluiden laajentamista muille julkishallinnon alueille

¹⁰ Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta, 2009, Sähköisen laskutuksen työryhmä: toimenpiteet verkkolaskun edistämiseksi

¹¹ Itella, Vuosikertomus 2008

voidaan arvioida tämän perusteella, jolloin saadaan laajempi arvio sähköisten viranomaispalvelujen sähköistämisen vaikutuksista.

Laskennassa on oletuksena, että 50–90 % veroilmoituksen palauttavista kansalaisista ja yrityksistä käyttäisi digitaalista veroilmoitusta. Tällöin veroilmoitusta ei siis myöskään lähetetä paperisena versiona. Lisäksi maksimiskenaariossa on arvioitu, että nykyään 1 % ihmisistä palauttaa veroilmoituksen itse autolla ja että tulevaisuudessa kukaan ei toimi näin. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että sähköisen veroilmoituksen avulla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 320 – 670 tonnia vuodessa. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 27.

Mikäli vastaavia palveluita laajennetaan muihin viranomaispalveluihin, voidaan syntyvien päästövähennysten määrä moninkertaistaa. Erityisesti sähköistämällä viranomaispalveluita, jotka nykyään vaativat läsnäoloa esimerkiksi tietyssä virastossa, voidaan päästöjä vähentää merkittävästi. Sähköisten palveluiden avulla voidaan lisäksi tehostaa asioiden hoitamista julkisissa organisaatioissa. Mikäli tehostumisen ansiosta tarvitaan vähemmän työntekijöitä, vähenee tilantarve ja näin voidaan arvioida päästövähennysten olevan suurempia. Myös suurten paperimäärien arkistointitarpeen vähentäminen pienentää viranomaispalveluista aiheutuvia päästöjä.

Sähköisten viranomaispalveluiden laajempi käyttö edellyttää helppokäyttöisten järjestelmien kehitystä erilaisten viranomaispalveluiden toteuttamiseksi. Palveluiden laaja käyttöön otto edellyttää haja-asutusalueiden tietoliikenneyhteyksien parantamista.

Taulukko 27. Sähköisillä viranomaispalveluilla saavutettavissa oleva vuosittainen päästövähennyspotentiaali – esimerkkinä sähköinen veroilmoitus

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	0	84
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	320	580
Yhteensä	320	670
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO2-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	36	65
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	11 %	10 %

3.3.17 Sähköinen äänestäminen

Sähköinen äänestäminen vähentää hiilidioksidipäästöjä, jos äänestää voi verkkoyhteyden tai mobiililaitteiden kautta (esim. pankkitunnusten tai vastaavan avulla). Tällaisen etävarmennuksen avulla tapahtuvan äänestämisen vaikutusta päästöjen vähenemiseen on arvioitu sen perusteella, paljonko liikennemäärät vähenisivät. Mikäli sähköinen äänestäminen toteutetaan niin, että äänestäjä tulee viralliselle äänestyspaikalle, vähenevät päästöt, kun ääniä ei tarvitse kuljettaa äänestyspaikalta maantiekuljetuksella. Tähän liittyviä päästövähennyksiä on arvioitu vähentyneen kuljetustarpeen perusteella.

Laskennassa on oletuksena, että sähköistä etä-äänestämistä hyödyntää 40–80 % äänestäjistä ja että äänipaikalla sähköistä äänestämistä hyödyntää lisäksi 40–10 %. Energiankulutuksen lisääntyminen on laskettu siten, että huomioidaan vaalipaikalla olevien äänestyslaitteiden sähkönkulutus. Muut laskentaan liittyvät oletukset on esitetty liitteessä 1. Tehtyjen oletusten perusteella voidaan arvioida, että sähköisellä äänestämällä voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjen syntyä noin 590 – 3 600 tonnia äänestyskertaa kohti. Samalla liikennemäärien on arvioitu vähenevän 3–20 miljoonaa ajoneuvo-km äänestyskertaa kohti. Tarkempi jaottelu päästövähennyksistä on esitetty taulukossa 28.

Sähköisen etä-äänestämisen toteutuminen edellyttää luotettavan tunnistuspalvelun kehittämistä. Etä-äänestämisen laaja käyttöönotto voi edellyttää erityisesti haja-asutusalueiden tietoliikenneyhteyksien parantamista.

Taulukko 28. Sähköisellä äänestämällä saavutettavissa oleva päästövähennyspotentiali äänestyskertaa kohti

Päästöjen vähentyminen yhteensä (ton CO₂-ekv)		
	Min	Max
Liikenne	590	3 600
Sähkön ja lämmön kulutus	0	0
Muu säästö	0	0
Yhteensä	590	3 600
Päästöjen lisääntyminen sähkön kulutuksen lisääntyessä (ton CO₂-ekv)		
	Min	Max
Päästöjen lisääntyminen yhteensä	19	19
Lisääntyneiden päästöjen osuus vähennyksestä	3 %	1 %

3.4 Tietoyhteiskunnan infrastruktuurin energiankulutuksen lisääntyminen

Tietoyhteiskunnan infrastruktuurin ja laitteiden energiankulutusta on arvioitu huomioiden viestintäverkot, palvelinkeskukset sekä pc:t ja muut käyttäjien laitteet (esim. tulostimet, näytöt ja modeemit). Laskennassa ei ole huomioitu televisioiden, videoiden, kännyköiden ja muiden vastaavien laitteiden energiankulutusta. Arvioitu ICT:n energiankulutus on huomattavasti suurempi, mikäli kuluttajien muita elektroniikkalaitteita otetaan mukaan arvioon.

Näiden tekijöiden kokonaisenergiankulutus vuonna 2007 on arvioitu perustuen Climate Groupin arvioon ICT:n maailmanlaajuisesta energiankulutuksesta, Uptime Instituten arvioon palvelinkeskusten maailmanlaajuisesta energiankulutuksesta sekä Bio Intelligence Servicen arvioon ICT:n Euroopan-laajuisesta energiankulutuksesta. Lisäksi on huomioitu Tilastokeskuksen tiedot Suomen sähkönkulutuksesta sekä puhelin- ja Internet-liittymien määrästä. Näitä tuloksia on myös verrattu arvioihin suomalaisten teleliiketoiminta-alan yritysten palvelinkeskusten energiankulutuksesta.¹²

¹² Helsingin Sanomat, 17.7.2008

Näihin lähteisiin perustuva arvio ICT-infrastruktuurin ja -laitteiden tämän hetken energiankulutuksesta Suomessa on annettu taulukossa 29. Minimiskenaarion perustana vuodelle 2007 on viestintäverkon osalta arvio viestintäverkon keskimääräisestä energiankulutuksesta käyttäjää kohti. Climate Group (2008) arvioi, että viestintäverkon keskimääräinen energiankulutus on 50 kWh/vuosi/käyttäjä.¹³ Palvelinkeskusten minimienergiankulutusta on arvioitu sillä perusteella, että palvelinkeskusten sähkönkulutus olisi 0,5 % Suomen sähkönkulutuksesta pois lukien raskaan teollisuuden sähkönkulutus¹⁴. Tämä arvio vastaa myös arviota Suomen suurimpien alan yritysten palvelinkeskusten sähkönkulutuksesta¹⁵. Minimiskenaariossa on arvioitu käyttäjien tietokoneiden kuluttavan vuosittain noin 900 GWh ja modeemien noin 300 GWh. Muiden laitteiden kuten esimerkiksi näyttöjen ja tulostimien energiankulutukseksi on arvioitu vuositasolla noin 100 GWh. ICT-sektorin energiankulutuksesta on esitetty myös korkeampia arvioita.¹⁶

Perustuen Climate Groupin ja Bio Intelligence Servicen arvioihin ICT:n energiankulutuksen kasvusta maailmanlaajuisesti sekä Eforen¹⁷ arvioon ICT:n energiankulutuksesta Suomessa on tehty oletus ICT:n energiankulutuksen kasvusta. Minimiskenaariossa oletetaan, että energiankulutus kasvaa vuosittain noin 3,5 %. Maksimiskenaariossa oletetaan, että viestintäverkon ja palvelinkeskusten energiankulutus kasvaa vuosittain noin 10 % ja käyttäjien laitteiden noin 6 %. Tämän kasvuoletuksen mukaan laskettu energiankulutus vuonna 2020 on esitetty taulukossa 30.

Taulukko 29. Arvioitu Suomen ICT-infrastruktuurin ja -laitteiden energiankulutus vuonna 2007

Vuosi 2007	min (GWh)	max (GWh)
Viestintäverkko	530	900
Palvelinkeskukset	200	550
PC:t ja muut käyttäjien laitteet	1 300	3 000
Yhteensä	2 030	4 450

Taulukko 30. Arvioitu Suomen ICT-infrastruktuurin ja -laitteiden energiankulutus vuonna 2020

Vuosi 2020	min (GWh)	max (GWh)
Viestintäverkko	800	3 100
Palvelinkeskukset	300	1 900
PC:t ja muut käyttäjien laitteet	2 000	6 400
Yhteensä	3 200	11 400

Näiden arvioitujen energiankulutusten mukaan on laskettu ICT-infrastruktuurin ja -laitteiden aiheuttamat hiilidioksidipäästöt Suomessa. Kuvassa 1 on esitetty arvio päästöjen kehityksestä vuodesta 2007 vuoteen 2020. Arvioidut päästöt ovat vuonna 2007 noin 440 000 – 970 000 tonnia ja vuonna 2020 noin 690 000 – 2 500 000 tonnia. Maksimiskenaariossa arvioidut ICT:n päästöt yli kaksinkertais-

¹³ Arviot viestintäverkon energiankulutuksesta vaihtelevat välillä 23-109 kWh/vuosi/käyttäjä (Climate Group, 2008)

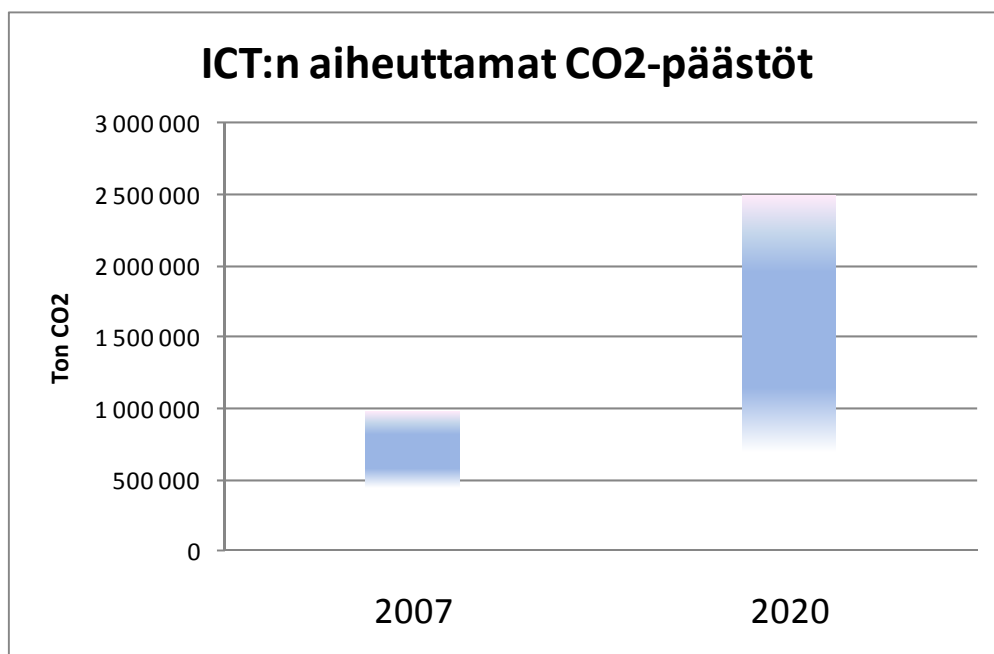
¹⁴ IT-viikko, 2008

¹⁵ Helsingin Sanomat, 2008

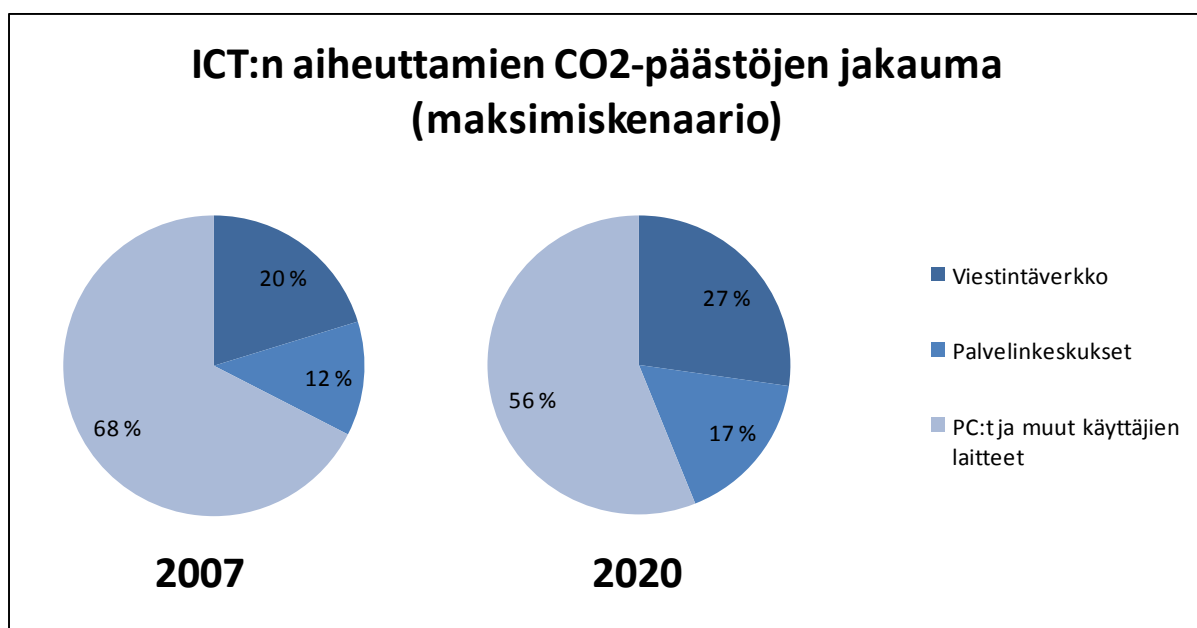
¹⁶ Climate Group, 2008 ja Reijo Mäihäniemi, 2009

¹⁷ Reijo Mäihäniemi, 2009

tuvat vuodesta 2007 vuoteen 2020. Kuvassa 2 on esitetty ICT sektorin aiheuttamien päästöjen jakauma maksimiskenaariossa vuosina 2007 ja 2020.



Kuva 1. ICT:n aiheuttamat päästöt 2007 ja 2020



Kuva 2. ICT:n aiheuttamien CO2-päästöjen jakauma (maksimiskenaario)

Tämän arvion perusteella ICT-sektorin aiheuttamat päästöt ovat pienempiä kuin päästövähennykset, joita voidaan saavuttaa ICT-sovellusten avulla esimerkiksi tehostamalla liikennettä (1 300 000–3 600 000 ton) tai älykkään energiaverkon avulla (1 400 000 – 4 000 000 ton) vuoteen 2020 mennessä. ICT-sektorin arvioidut päästöt ovat kuitenkin huomattavasti suuremmat kuin päästövähennykset, joita voidaan saavuttaa esimerkiksi etäkokousten (11 000 – 410 000 ton), etätyöskentelyn (49 000 – 380 000 ton) tai sähköisen terveydenhuollon (1 500 – 4 300 ton) avulla yksittäisinä toimenpiteinä.

Tässä selvityksessä mukana olleita ICT-sektorin suoriin vaikutuksiin kohdistuvia päästöjä vähentäviä sovelluksia olivat keskitetyt palvelinkeskukset ja thin client. Näiden arvioitiin voivan yhteensä vähentää hiilidioksidipäästöjä vuoteen 2020 mennessä 33 000 – 160 000 tonnia. Tämä vastaa noin 6-18 % päästövähennystä ICT-sektorin arvioituista päästöistä vuonna 2020.

4 Johtopäätökset ja suositukset

4.1 Yhteenveto vaikutuksista Suomessa

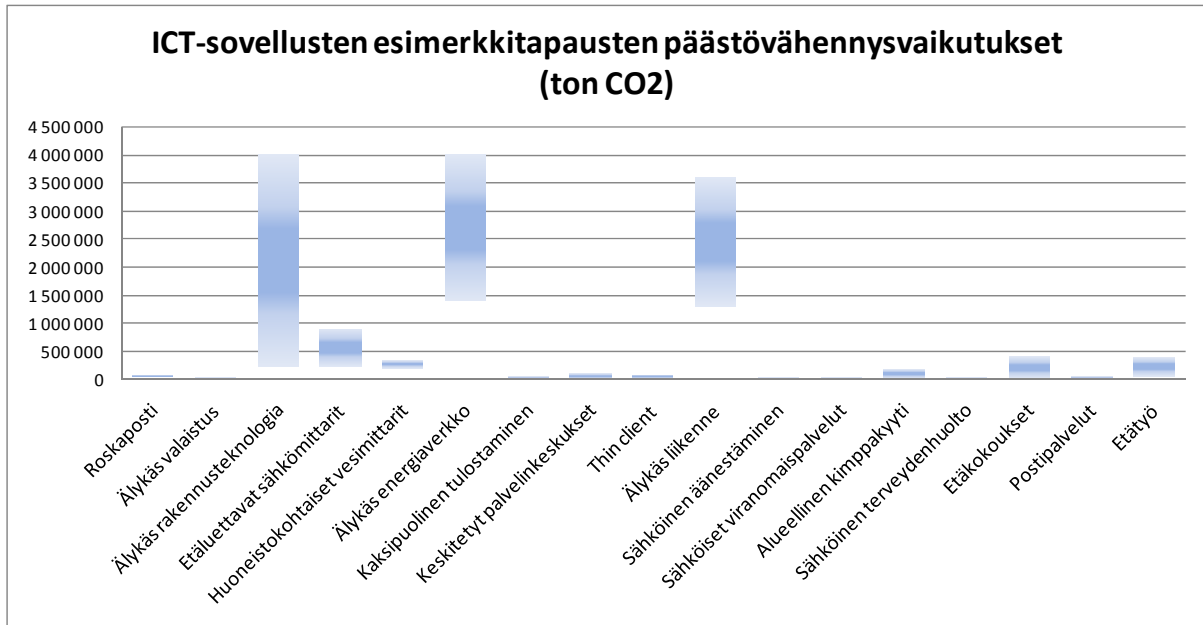
Arvioitujen esimerkkitapausten CO₂-päästöjen vähennykset vaihtelevat välillä 0-4 Mton. Yhteenveto kaikista päästövähennyksistä on esitetty kuvassa 3. Koska eri esimerkkitapausten vaikutukset ovat hyvin eri luokkaa, on kuvassa 4 esitetty tarkempi erittely niiden esimerkkitapausten päästövähennysvaikutuksista, joilla arvioidaan voitavan vähentää vuotuisia päästöjä alle 0,5 Mton.

Arvioitujen esimerkkitapausten perusteella nousevat myös Suomessa esiin älykkäät rakennukset ja liikennetarkaisut sekä älykäs energiaverkko sovellusalueina, joissa ICT-sovellusten avulla voidaan saavuttaa suurimpia päästövähennyksiä. Energiantuotanto ja liikenne ovat Suomessa suuria hiilidioksidipäästöjen aiheuttajia ja lisäksi rakennusten lämmitys on välillisesti vastuussa suuresta osasta Suomen hiilidioksidipäästöjä. Näihin sektoreihin kohdistuvat toimenpiteet (älykäs rakennusteknologia, etäluettavat sähkömittarit, älykäs energiaverkko, autonavigaattorit ja älykäs liikenne) ovat myös laaja-alaisia. Näin ollen näillä toimenpiteillä voidaan arvioida saavutettavan yhteensä jopa yli 10 Mton päästövähennykset.

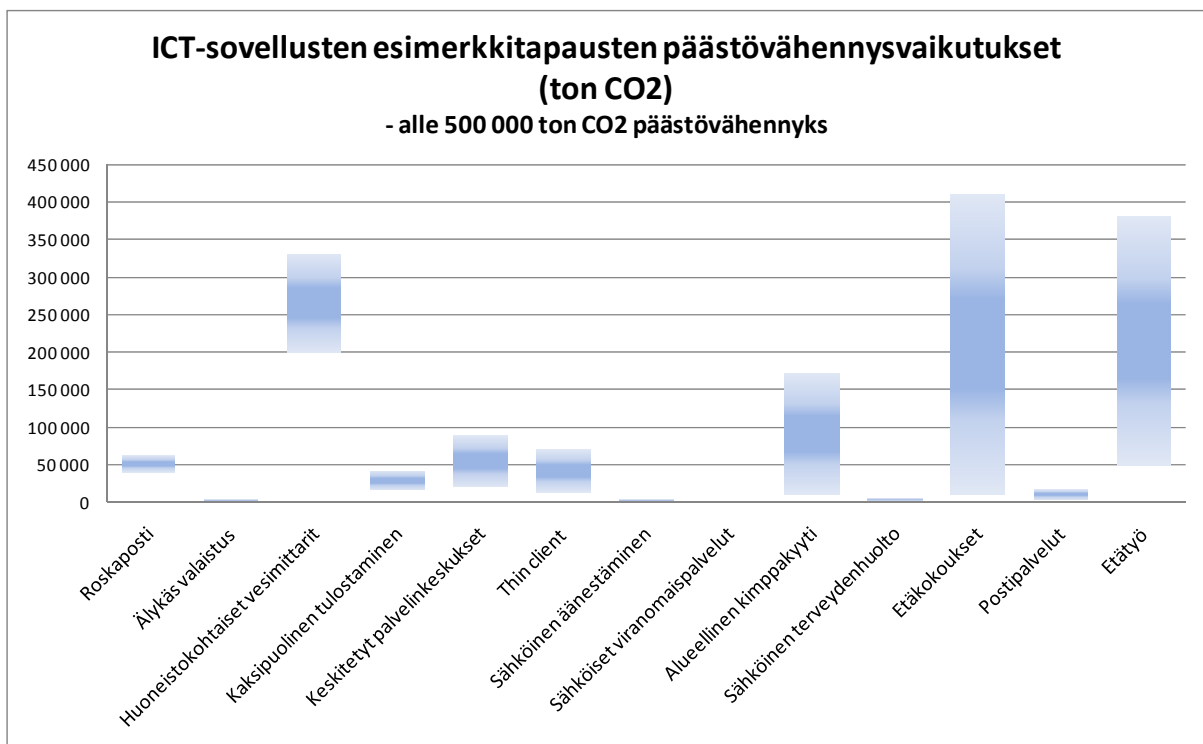
Huoneistokohtaiset vesimittarit sekä kunnan palautekanavan omaavat reaaliaikaiset sähkömittarit vaikuttavat merkittävästi energiankulutukseen. Vesimittareilla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä jopa yli 0,3 Mton ja reaaliaikaisella sähkömittarilla lähes jopa 1 Mton. Etäkokoukset ja etätönn lisääminen vähentävät liikkumisen tarvetta ja parhaimmillaan niillä voidaan yhteensä saavuttaa jopa 0,8 Mton päästövähennykset.

Muilla toimenpiteillä on arvioitu yhteensä voitavan vähentää hiilidioksidipäästöjä noin 0,1-0,5 Mton. Muista tekijöistä merkittävimpiä ovat alueellinen kimpakyytipalvelu, thin client, keskitetyt palvelinkeskukset, roskapostin suodattaminen ja kaksipuolinen tulostaminen. Kuitenkin esimerkiksi sähköisten viranomaispalveluiden avulla voidaan päästövähennyksiä saavuttaa moninkertainen määrä, mikäli sähköisiä palveluita otetaan käyttöön monessa eri toiminnossa. Erityisesti fyysistä läsnäoloa vaativien palveluiden muuttaminen sähköisiksi palveluiksi vähentää päästöjä liikennetarpeen vähentymisen kautta. Tässä selvityksessä on sähköisistä viranomaispalveluista arvioitu ainoastaan sähköisen veroilmoituksen vaikutus päästövähennyksiin.

Tämän selvityksen mukaan ICT-sektorin aiheuttamat päästöt (0,7-2,5 Mton) ovat pieniä verrattuna päästövähennyksiin, joita voidaan saavuttaa älykkäiden ICT-palveluiden avulla.



Kuva 3. ICT-sovellusten esimerkitapausten päästövähennysvaikutukset (ton CO2)



Kuva 4. ICT-sovellusten esimerkitapausten päästövähennysvaikutukset (ton CO2). Tapaukset, joissa alle 500 000 ton CO2 päästövähennyks

4.2 Alustavia suosituksia jatkotoimenpiteistä

Tämän selvityksen perusteella voidaan suositella, että suurten päästövähennysten saavuttamiseksi on rakennuksiin, liikenteeseen ja energia-alaan liittyviä ICT-sovelluksia kehitettävä edelleen. Erityisesti tulisi panostaa älykkääseen rakennusteknologiaan, liikenteeseen ja älykkääseen energiaver-

koon liittyvän tekniikan ja tuotteiden kehittämiseen. Näihin liittyvillä tuotteilla ja palveluilla on myös maailmanlaajuista kysyntää, joten parhaimmillaan voidaan kehittää uusia vientituotteita tai -palveluita. Tukemalla näiden teknologioiden käyttöönottoa Suomessa voidaan siis samalla vähentää hiilidioksidipäästöjä ja edistää alan yritystoiminnan kehittymistä

Toisaalta merkittäviä päästövähennyksiä voidaan saavuttaa jo välittömästi ottamalla laajemmin käyttöön jo nyt käytössä olevaa tekniikkaa, kuten huoneistokohtaiset vesimittarit ja etäkokousratkaisut, jotka keveimmillään vaativat vain henkilökohtaisen tietokoneen. Reaaliaikaista sähkönmittausta ja etäluettavia laitteita taas tulisi kehittää edelleen, jotta ne kannustaisivat kuluttajia pienentämään kulutusta erityisesti huippukulutustuntien aikana. Tässä merkittävässä roolissa on reaaliaikaisen palautteen antaminen kuluttajalle sekä mahdollinen hintaohjaus, jolla voidaan joko vähentää kulutusta tai siirtää sitä pois paljon päästöjä aiheuttavalta huippukulutusajalta.

Julkishallinnossa voitaisiin myös edistää etätyömahdollisuuksia ja edistää uusimman tekniikan mukaisten IT-laitteiden käyttöönottoa. Esimerkiksi kouluissa ja yliopistoissa voitaisiin thin clientien avulla saavuttaa kustannussäästöjä sähkönkulutuksen pienenemisen kautta. Helppoja säästöjä ja päästövähennyksiä voidaan saavuttaa myös asettamalla kaksipuolinen tulostus oletukseksi. Kokonaisuudessa pienistäkin teoista muodostuu merkittäviä kokonaisvaikutuksia.

5 Lähdeluettelo

5.1 Läpikäytyt kansainväliset selvitykset ja EU:n linjaukset

Bio Intelligence Service and European Commission DG INFSO, 2008, Impacts of Information and Communication Technologies on Energy Efficiency, Final report

Climate Group and Global eSustainability Initiative (GeSI), 2008, SMART 2020: Enabling the low carbon economy in the information age

Commission of the European Communities, 2009b, C (2009) 7604 final, Commission recommendation: on mobilising Information and Communications Technologies to facilitate the transition to an energy-efficient, low-carbon economy,

http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/recommendation_d_vista.pdf

Commission of the European Communities, 2009a, SEC (2009) 269, Commission staff working document, Accompanying document to the communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on Mobilising Information and Communication Technologies to facilitate the transition to an energy efficient, low carbon economy, Impact Assessment

DG Information Society and Media, 2008, ICT for Energy Efficiency,

http://ec.europa.eu/information_society/activities/sustainable_growth/docs/consultations/advisory_group_reports/ad-hoc_advisory_group_report.pdf

Efore, 2009, Energy efficient ICT, esitys Tekes seminaarissa 16.9.2009,
http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Ubicom/fi/Dokumenttiarkisto/Viestinta_ja_aktivointi/Seminaarit/GreenICT/ReijoMaihaniemiEfore.pdf

EICTA, 2008, High Tech: Low Carbon, The role of the European digital technology industry in tackling climate change

IBM, Smart traffic,
www.ibm.com/ibm/ideasfromibm/us/smartplanet/opinions/opinion_20081201.shtml, viitattu 9.12.2008

Itella Oyj, 2009, iPost-palvelun hiilidioksidipäästöt

J.B. Edwards, A.C. McKinnon & S.L. Cullinane, 2009, Carbon Auditing the 'Last Mile': Modelling the Environmental Impacts of Conventional and Online Non-food Shopping

Moberg et. al, 2009, Screening environmental life cycle assessment of printed, web based and tablet e-paper newspaper. Reports from the KTH Centre for Sustainable Communications

National Health Service (NHS), UK, 2009, http://e-health-insider.com/comment_and_analysis/538/?logout&r=/, viitattu 26.11.2009

Persson et al, 2000, Future CO2 savings from on-line shopping jeopardised by bad planning,
<http://www.scanamerica.net/www/ftp/E-EffLogisticsSweden.pdf>

Sitra, 2009, Energiatohkeus kansainvälisesti, Sitran raportteja 83

The Dutch Ministry of Transport and Water Management, Making a start on a price per kilometre - Overview of preparatory research for the government decision on a price per kilometre, Dec 2007, www.verkeerenwaterstaat.nl/english/Images/20080221_Starten%20met%20kilometerprijs.EN_tcm249-213995.pdf, viitattu 13.10.2008

WBCSD, 2004, Mobility 2030: meeting the challenges to sustainability,
<http://www.wbcd.org/web/publications/mobility/mobility-full.pdf>

WWF, 2008, The potential global CO2 reductions from ICT use - Identifying and assessing the opportunities to reduce the first billion tonnes of CO2 (Tutkimuksen taustalla on laaja kirjallisuustutkimus)

Älykkyyteen liikenteessä. Selvitysmiehen raportti. LVM:n julkaisu 58/2008.

5.2 Muut lähteet

Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta, 2009, Sähköisen laskutuksen työryhmä: toimenpiteet verkkolaskun edistämiseksi

Helsingin Sanomat, 17.7.2008, "Internetin palvelinkeskukset syövät energiaa kuin kokonaiset kunnat", viitattu 4.1.2010,
<http://www.hs.fi/kotimaa/artikkeli/Internetin+palvelinkeskukset+sy%C3%B6v%C3%A4t+energiaa+kuin+kokonaiset+kunnat/1135237949302>

Itella, Vuosikertomus 2008

Mc Afee, 2009, The Carbon Footprint of Email Spam Report

IT-viikko, 2.5.2008, Aleksis Moisis, Palvelinkeskuksista tulossa suursaastuttajia

Reijo Mähäniemi, 16.9.2009, Energy Efficient ICT,

<http://akseli.tekes.fi/opencms/opencms/OhjelmaPortaali/ohjelmat/Ubicom/fi/system/tapahtuma.html?id=2536&nav=Tapahtuma>

Liite 1 Laskelmissa tehdyt oletukset

Taulukko 1. Oletukset, joita käytetty thin clientin päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Tietokoneiden määrä Suomessa	3 732 200 kpl	Tilastokeskus
Thin client -näytön energiankulutus (käyttö)	30 W	Useiden selvitysten keskiarvo
Thin client -näytön energiankulutus (stand-by)	0,5 W	Useiden selvitysten keskiarvo
Korvattavan tietokoneen energiankulutus (käyttö)	80 W	Useiden selvitysten keskiarvo
Korvattavan tietokoneen energiankulutus (stand-by)	5,5 W	Useiden selvitysten keskiarvo
Thin clientin energiankulutus	10 W	Useiden selvitysten keskiarvo
Käyttö	8 h/vrk	Gaian arvio
Stand-by	16 h/vrk	Gaian arvio
Office DcIE, Ei käytetä: oletus, että toimistossa ei erillistä jäähdytystä. Ei huomioida tuotetun hukkalämmön hyödyntämistä.		
Oletukset minimiskenaariossa		
Thin clientin serverin energiankulutus	15 W	Asiantuntija-arvio
Thin clientilla korvattavien tietokoneiden osuus	10%	Gaian arvio
Data center DcIE	0,4	Uptime institute
Oletukset maksimiskenaariossa		
Thin clientin serverin energiankulutus	1 W	Asiantuntija-arvio
Thin clientilla korvattavien tietokoneiden osuus	50%	Gaian arvio
Data center DcIE	0,9	Uptime institute

Taulukko 2. Oletukset, joita käytetty keskitettyjen palvelinkeskusten päästövähennysten laskennassa – sähkön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Palvelinkeskusten energiankulutus Suomessa	452 GWh	Uptime institute, palvelinkeskusten sähkönkulutus 0,5 % kokonaiskulutuksesta
Nykyinen DCIE	0,4	Uptime institute
Oletukset minimiskenaariossa		
DCIE 2020	0,5	Uptime institute
Oletukset maksimiskenaariossa		
DCIE 2020	0,9	Uptime institute

Taulukko 3. Oletukset, joita käytetty keskitettyjen palvelinkeskusten päästövähennysten laskennassa – lämmön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Palvelinkeskusten energiankulutus Suomessa	451,87 GWh	Climate Group, 2008, palvelinkeskusten sähkönkulutus 0,5% kokonaiskulutuksesta
Oletukset minimiskenaariossa		
Palvelinkeskusten tuottama lämpöenergia	343 GWh	95 % käytetystä sähköstä muuttuu lämmöksi
Lämmön talteenotto	0 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Palvelinkeskusten tuottama lämpöenergia	191 GWh	95 % käytetystä sähköstä muuttuu lämmöksi
Lämmön talteenotto	80 %	Gaian arvio

Taulukko 4. Oletukset, joita käytetty kaksipuolisen tulostuksen päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Suomessa käytetty kopiopaperimäärä	30 000 ton	Metsäteollisuus ry, Kierrätyskeskus, YTV
Toimistojen ja koulujen osuus paperin käytöstä	95 %	Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Kaksipuolisen tulostuksen osuuden lisääntyminen (koko kulutuksesta)	20 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Kaksipuolisen tulostuksen osuuden lisääntyminen (koko kulutuksesta)	50 %	Gaian arvio

Taulukko 5. Oletukset, joita käytetty roskapostin vähentämisen päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Roskapostin energiankulutus Suomessa käyttäjää kohti	22 kWh/käyttäjä/vuosi	McAfee
Sähköpostin käyttäjiä Suomessa	5059998	Kaikki viikottain internettiä käyttävät, Tilastokeskus
Oletukset minimiskenaariossa		
Roskapostin vähentäminen	50 %	McAfee
Oletukset maksimiskenaariossa		
Roskapostin vähentäminen	80 %	McAfee

Taulukko 6. Oletukset, joita käytetty roskapostin vähentämisen energiankulutuksen lisääntymisen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Roskapostin suodattamisen osuus energiankäytöstä	16 %	McAfee
Oletukset minimiskenaariossa		
Oletukset maksimiskenaariossa		

Taulukko 7. Oletukset, joita käytetty etätöön päästövähennysten laskennassa – liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Työntekijät aloilla, joilla etätö mahdollista	20 %	Tilastokeskus, arvio työalojen luokittelun mukaan
Työmatkan keskimääräinen pituus	13 km	SYKE, Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR)
Oletukset minimiskenaariossa		
Etätöntekeo mahdollista	20 % ajasta, 1pv/vko	Gaia, kysely UNEP
Työmatkoista omalla autolla	50 %	SYKE, Etätö ja työmatkat Suomessa
Oletukset maksimiskenaariossa		
Etätöntekeo mahdollista	60 % ajasta, 3pv/vko	Gaia, kysely UNEP
Työmatkoista omalla autolla	70 %	SYKE, Etätö ja työmatkat Suomessa

Taulukko 8. Oletukset, joita käytetty etätöön päästövähennysten laskennassa – lämmön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Työntekijät aloilla, joilla etätö mahdollista	20 %	Tilastokeskus, arvio työalojen luokittelun mukaan
Toimistotyöntekijän tilantarve	23,4 m ²	Taloussanommat 04/09
Tilan lämmitystarve	38,5 kWh/m ³	Arvio Helsingin rakennuskannan perusteella
Oletukset minimiskenaariossa		
Etätöntekeo mahdollista	20 % ajasta, 1pv/vko	Gaia, kysely UNEP
Oletukset maksimiskenaariossa		
Etätöntekeo mahdollista	60 % ajasta, 3pv/vko	Gaia, kysely UNEP

Taulukko 9. Oletukset, joita käytetty etäkokousten päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Kotimaan liikenteen lentokilometrit	2682 milj. hkm	Tilastokeskus, Liikennetilastollinen vuosikirja 2009
Kansainvälisen liikenteen lentokilometrit Suomessa	33466 milj. hkm	Tilastokeskus, Liikennetilastollinen vuosikirja 2009
Oletukset minimiskenaariossa		
Liikematkailun osuus lentoliikenteessä	10 %	Biointelligence (Euroopanlaajuisesti)
Liikematkailun vähentyminen	2,50 %	Biointelligence (minimioletus)
Oletukset maksimiskenaariossa		
Liikematkailun osuus lentoliikenteessä	30 %	Climate Group, 2008, Maailmanlaajuisesti
Liikematkailun vähentyminen	30 %	Climate Group, 2008, Maailmanlaajuisesti

Taulukko 10. Oletukset, joita käytetty etäkokousten aiheuttaman energiankulutuksen lisääntymisen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Palaverin pituus keskimäärin	4 tuntia	Gaian arvio
Videokonferenssitila stand-by tilan jyvitys	8 tuntia	Käyttö 8h, stand-by 16 h vuorokaudessa
Videokonferenssitila energiankulutus	3 kW	Teollisuuden arvio, jos 8 h käyttöä 16 h stand-by
Matkoja yhteensä	17505	Tilastokeskus, Liikennetilastollinen vuosikirja 2009
Oletukset minimiskenaariossa		
Liikematkailun osuus lentoliikenteessä	10 %	Biointelligence (Euroopanlaajuisesti)
Liikematkailun vähentyminen	2,5 %	Biointelligence (minimioletus)
Oletukset maksimiskenaariossa		
Liikematkailun osuus lentoliikenteessä	30 %	Climate Group, 2008, Maailmanlaajuisesti
Liikematkailun vähentyminen	30 %	Climate Group, 2008, Maailmanlaajuisesti

Taulukko 10. Oletukset, joita käytetty älykkään liikenteen päästövähennysten laskennassa - liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa			Lähde
Tieliikenteen päästöt Helsingin seudulla 2008 (14 kuntaa)	2 045 408	tnCO2	LVM, 2009, Helsingin seudun ruuhkamaksuselvitys, arvio vuosille 2007-2016
Tieliikenteen päästövaikutusten lisääntyminen Helsingin seudulla 2010-2020, oletettu sama vaikutus myös Tre ja Tku	16 %		LVM, 2009, Helsingin seudun ruuhkamaksuselvitys, arvio vuosille 2007-2017
Henkilöautoliikenteen suorite Suomessa 2008	44 672	milj. km	VTT Lipasto
Pakettiautoliikenteen suorite Suomessa 2008	4 416	milj. km	VTT Lipasto
Kuorma-autoliikenteen suorite Suomessa 2008	3 292	milj. km	VTT Lipasto
Tieliikenteen päästöt suurissa kaupungeissa 2008 (Hki, Espoo, Vantaa, Tre, Tku)	1 730 962	tnCO2	VTT Lipasto
Oletukset minimiskenaariossa			
Pääkaupunkiseudun tienkäyttömaksu vähentävät päästöjä Helsingin seudulla	11 %		LVM, 2009, Helsingin seudun ruuhkamaksuselvitys
Ekologisen ajotavan vaikutus päästöjen vähenemiseen henkilöautoissa	6 %		Gaian arvio
Ekologisen ajotavan vaikutus päästöjen vähenemiseen raskaassa liikenteessä	6 %		Gaian arvio
Raskaan liikenteen reittioptimoinnin vaikutus päästöjen vähenemiseen	7 %		Gaian arvio
Raskaan liikenteen reittioptimoinnin epäsuora vaikutus päästöjen vähenemiseen ruuhkien vähenemisen kautta	2,5 %		Gaian arvio
Henkilöautojen navigaattorien vaikutus päästöjen matkan lyhenemiseen	8 %		Gaian arvio
Navigaattoripenetraatio v. 2020	20 %		Gaian arvio
Joukkoliikenteen houkuttelevuuden parantaminen (mm. ajantasainen tiedotus, valoetuuudet) vähentää päästöjä suurissa kaupungeissa	2 %		Älykkyyteen liikenteessä. Selvitysmiehen raportti. LVM:n julkaisu 58/2008.
Oletukset maksimiskenaariossa			
Pääkaupunkiseudun tienkäyttömaksu vähentävät päästöjä Helsingin seudulla	21 %		LVM, 2009, Helsingin seudun ruuhkamaksuselvitys
Ekologisen ajotavan vaikutus päästöjen vähenemiseen henkilöautoissa	12 %		Climate Group, 2008
Ekologisen ajotavan vaikutus päästöjen vähenemiseen raskaassa liikenteessä	12 %		Climate Group, 2008
Raskaan liikenteen reittioptimoinnin suora vaikutus päästöjen vähenemiseen	14 %		Climate Group, 2008
Raskaan liikenteen reittioptimoinnin epäsuora vaikutus päästöjen vähenemiseen ruuhkien vähenemisen kautta	5 %		Climate Group, 2008
Henkilöautojen navigaattorien vaikutus päästöjen matkan lyhenemiseen	16 %		DG, ICT for energy efficiency
Navigaattoripenetraatio v. 2020	90 %		Gaian arvio
Joukkoliikenteen houkuttelevuuden parantaminen (mm. ajantasainen tiedotus, valoetuuudet) vähentää päästöjä suurissa kaupungeissa	5 %		Älykkyyteen liikenteessä. Selvitysmiehen raportti. LVM:n julkaisu 58/2008.

Taulukko 11. Oletukset, joita käytetty älykkään liikenteen päästövähennysten laskennassa – lämmön kulutuksen aiheuttamat päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Rakennuskanta 2008, varastot	16,9 milj. m ²	Tilastokeskus
Rakennuskanta 2008, liikerakennukset	25,1 milj. m ²	Tilastokeskus
Huonekorkeus palvelurakennuksissa	5 m	Gaian arvio
Oletettu liikerakennuskannasta 50 % vähittäiskaupan käyttöön, josta 25 % varastointitil		Climate Group, 2008
Ominaiskulutus 2010, palvelurakennukset ja muut lämpimät rakennukset teollisuuden ulkopuolella	38,5 kWh/m ³	Arvio Helsingin rakennuskannan perusteella
Oletukset minimiskenaariossa		
Varastointikapasiteetti vähenee	12 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Varastointikapasiteetti vähenee	24 %	Climate Group, 2008

Taulukko 12. Oletukset, joita käytetty kimpakyytipalvelun päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Työmatkan keskimääräinen pituus	13 km	SYKE, Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR)
Oletukset minimiskenaariossa		
Kimppakyytiä työmatkoilla käytäviä	1 %	Gaian arvio
Työmatkoista omalla autolla	50 %	SYKE, Etätyö ja työmatkat Suomessa
Oletukset maksimiskenaariossa		
Kimppakyytiä työmatkoilla käytäviä	10 %	Gaian arvio
Työmatkoista omalla autolla	70 %	SYKE, Etätyö ja työmatkat Suomessa

Taulukko 13. Oletukset, joita käytetty kimpakyytipalvelun aiheuttaman energiankulutuksen lisääntymisen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Keskimääräinen aika, joka tietokoneella käytetään palvelun käyttämiseen	5 min	SYKE, Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä (YKR)
Tietokoneen energiankulutus	80 W	Asiantuntija-arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Kimppakyytiä työmatkoilla käytäviä	1 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Kimppakyytiä työmatkoilla käytäviä	10 %	Gaian arvio

Taulukko 14. Oletukset, joita käytetty älykkään rakennusteknologian päästövähennysten laskennassa – sähkön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa			Lähde
Rakennusten energian kulutus	120 TWh		Juhani Heljo, Eero Nippala, Harri Nuutila: Rakennusten energiankulutus ja CO2-ekv päästöt Suomessa, Rakennuskannan ekotehokkaampi energiankäyttö, EKOREM -projekti, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakentamistalouden laitos, raportti 2005:4
Sähkölämmitettävien rakennusten energiankulutus	19 TWh		Sähkölämmityksen markkinaosuus 15,9 % (2007), Energiateollisuus
Sähkön keskimääräinen päästökerroin	218,8 gCO ₂ /kWh		WWF, Ilmastolaskuri
Oletukset minimiskenaariossa			
Lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen ohjaaminen ICT:n avulla, rakennuksissa saavutettava energiankulutuksen vähentyminen	5 %		konservatiivinen arvio; todellisen vähennyspotentiaalın selvittäminen vaatisi perusteellisempaa tutkimusta
Korjattujen rakennusten osuus (koko rakennuskanta= vanhat + uudet)	20 %		konservatiivinen arvio; riippuu tavoiteajankohdasta & porkkanoista & kepeistä...
Oletukset maksimiskenaariossa			
Lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen ohjaaminen ICT:n avulla, rakennuksissa saavutettava energiankulutuksen vähentyminen	30 %		optimistinen arvio; todellinen säästöpotentiaali piilee lämmityksen tarpeen mukaisessa ajoittamisessa eli toimistot ym. viikonlopuiksi ja lomiksi peruslämmölle, arkena öisin hieman alempi lämpötila kuin päivisin, jne. rakennusten termien hitaus ja erityisesti asuntokohtaisesti erilaiset käyttötarpeet ja -tottumukset vaikeuttavat ja pienentävät ict-säästöpotentiaalia varsinkin kerros- ja rivitaloissa; ilmanvaihdon ja jäähdytyksen merkitys pienempi, mutta ainakin ilmanvaihdon tarpeen mukainen (esim. CO ₂ -pitoisuus) säätö tuo varmasti jonkin verran säästöä
Korjattujen rakennusten osuus (koko rakennuskanta= vanhat + uudet)	60 %		optimistinen arvio; vaatii tehokkaita ohjauskeinoja & kannustimia

Taulukko 15. Oletukset, joita käytetty älykkään rakennusteknologian päästövähennysten laskennassa – lämmön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Muiden kuin sähkölämmitteisten rakennusten energiankulutus	101 TWh	
Lämmityksen keskimääräinen päästökerroin (pois lukien sähkölämmitys)	179 g CO ₂ -ekv/kWh	lämmityksen markkinaosuudet v. 2007 Energiateollisuus & suoraviivaistukset: muu polttoaine = kivihiili, kevyt pö = raskas pö = öljy, puun ja lämpöpumppujen päästökerroin = 0
Oletukset minimiskenaariossa		
Lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen ohjaaminen ICT:n avulla, rakennuksissa saavutettava energiankulutuksen vähentyminen	5 %	konservatiivinen arvio; todellisen vähennyspotentiaalnin selvittäminen vaatisi perusteellisempaa tutkimusta
Korjattujen rakennusten osuus (koko rakennuskanta= vanhat + uudet)	20 %	konservatiivinen arvio; riippuu tavoiteajankohdasta & porkkanoista & kepeistä...
Oletukset maksimiskenaariossa		
Lämmityksen, ilmanvaihdon ja jäähdytyksen ohjaaminen ICT:n avulla, rakennuksissa saavutettava energiankulutuksen vähentyminen	30 %	optimistinen arvio; todellinen säästöpotentiaali piilee lämmityksen tarpeen mukaisessa ajoittamisessa eli toimistot ym. viikonlopuiksi ja lomiksi peruslämmölle, arkena öisin hieman alempi lämpötila kuin päivisin, jne. rakennusten terminen hitaus ja erityisesti asuntokohtaisesti erilaiset käyttötarpeet ja -tottumukset vaikeuttavat ja pienentävät ict-säästöpotentiaalia varsinkin kerros- ja rivitaloissa; ilmanvaihdon ja jäähdytyksen merkitys pienempi, mutta ainakin ilmanvaihdon tarpeen mukainen (esim. CO ₂ -pitoisuus) säätö tuo varmasti jonkin verran säästöä
Korjattujen rakennusten osuus (koko rakennuskanta= vanhat + uudet)	60 %	optimistinen arvio; vaatii tehokkaita ohjaukskeinoja & kannustimia

Taulukko 16. Oletukset, joita käytetty älykkään rakennusteknologian aiheuttaman energiankulutuksen lisääntymisen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
ICT-laitteiden maksimimäärä	3000000 kpl	Asuntoja n. 2,8 milj. kpl + muita rakennuksia n. 0,2 milj. kpl (Tilastokeskus)
ICT-keskustyöyksikön ja siihen liittyvien periferisten mittaus- ja ohjauksen osuus	0,1 kW	karkea arvio; eri tavoin lämmitetyt, ilmastoidut ja jäähdytetyt rakennukset vaativat erilaisia älylaitteita, joita ei suurelta osin liene vielä olemassakaan ja joiden tehon tarve tuskin tulee olemaan lämmitys-, ilmastointi- ja jäähdytystavasta riippumaton; suuret ei-asuinrakennukset vaativat huomattavasti monimutkaisempia laitteita ja enemmän energiaa kuluttavaa älyä kuin yksittäiset asunnot; joka tapauksessa lienee perusteltua olettaa, että ainakin yksittäisiin asuntoihin kehitettävien älylaitteiden tehon tarve laskee t & k:n myötä tässä oletetusta
Oletukset minimiskenaariossa		
ICT-varustettujen rakennusten osuus	20 %	
Oletukset maksimiskenaariossa		
ICT-varustettujen rakennusten osuus	60 %	

Taulukko 17. Oletukset, joita käytetty älykkään valaistuksen päästövähennysten laskennassa – sähkön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Valaistukseen käytettävä energia (kotitaloudet)	1617000 MWh	IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen, TKK-SVSJ-5, Espoo 2007; jossa alkup. Lähde: [Korhonen et al. 2002]
sähkön keskimääräinen päästökerroin	218,8 gCO ₂ /kWh	WWF, Ilmastolaskuri, 2003-07 keskiarvo, laskenta Motivan ohjeen mukaan
Oletukset minimiskenaariossa		
Älykkään valaistuksen valaistussähkön säästö	10 %	Läsnäoloantureilla voidaan saavuttaa varovaisten arvioiden mukaan 10-20% energian säästö säästetyn sähkön muodossa. [Korhonen et al. 2002]; IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen, TKK-SVSJ-5, Espoo 2007
Kiinteistöjen osuus, jossa asennettuna älykäs valaistus	10 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Älykkään valaistuksen valaistussähkön säästö	20 %	Läsnäoloantureilla voidaan saavuttaa varovaisten arvioiden mukaan 10-20% energian säästö säästetyn sähkön muodossa. [Korhonen et al. 2002]; IT-sovellukset ja energiatehokkuuden kehittäminen, TKK-SVSJ-5, Espoo 2007
Kiinteistöjen osuus, jossa asennettuna älykäs valaistus	50 %	Gaian arvio

Taulukko 18. Oletukset, joita käytetty älykkään valaistuksen päästövähennysten laskennassa - sähkön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
valaistussähkön kulutuksen pieneneminen säästää energiaa käytännössä vain lämmityskauden ulkopuolella; valaistustarve on suurimmillaan lämmityskaudella	30 % valaistussähkön säästöstä on säästökelpoista rakennusten kokonaisenergiatalouden kannalta	Gaian arvio
sähkö- ja kaukolämmitteisissä rakennuksissa valaistussähkön vähentäminen ei pienennä kokonaispäästöjä lämmityskaudella lainkaan (keskimääräiset päästökertoimet suunnilleen samat kaukolämmölle ja sähkölle)		
öljylämmitteisessä rakennuksessa päästöt saattavat jopa lisääntyä, kun valaistussähköä kuluu vähemmän (218,8 gCO ₂ /kWh) ja öljyä (266 gCO ₂ /kWh) enemmän -> oletetaan: ei säästövaikutusta eikä päästöjen kasvuvaikutusta		
vain puulämmitteisessä (tai muulla uusiutuvalla lämmitettävässä) ja lämmittämättömässä rakennuksessa valaistussähkön säästäminen vähentää päästöjä, olettaen keskimääräinen sähkön tuotanto	20 % lämmitettävistä rakennuksista lämpiää puulla tai maalämmöllä	Lämmityksen markkinaosuudet: puu 11,7 %, lämpöpumput 7,3 % v. 2007 (Energiateollisuus)
Oletukset minimiskenaariossa		
Oletukset maksimiskenaariossa		

Taulukko 19. Oletukset, joita käytetty huoneistokohtaisen vesimittarin päästövähennysten laskennassa - lämmön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Asuinkiinteistöjen lämpimän käyttöveden kulutus	45 l/hlö/vrk	Motiva
Veden lämmityksen hiilijalanjälki	224 gCO ₂ /kWh	ET, Energiavuosi 2008
Oletukset minimiskenaariossa		
Vedenkulutuksen väheneminen	15 %	Motiva, vedenkulutuksen pieneneminen huoneistokohtaisessa mittauksessa
Oletukset maksimiskenaariossa		
Vedenkulutuksen väheneminen	25 %	SYKE, keskimääräinen kulutus kiinteistöissä, joissa huoneistokohtainen vesimittari

Taulukko 20. Oletukset, joita käytetty huoneistokohtaisen vesimittarin päästövähennysten laskennassa – muut päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Kylmän talousveden hiilijalanjälki	467 g CO ₂ /ton	Työkalut ja mittarointi vesilaitosten ilmastomyönteiseen toiminnan kehittämiseen, Pöyry
Asuinkiinteistöjen vedenkulutus	155 l/hlö/vrk	Motiva
Oletukset minimiskenaariossa		
Vedenkulutuksen väheneminen	15 %	Motiva, vedenkulutuksen pieneneminen huoneistokohtaisessa mittauksessa
Oletukset maksimiskenaariossa		
Vedenkulutuksen väheneminen	25 %	SYKE, keskimääräinen kulutus kiinteistöissä, joissa huoneistokohtainen vesimittari

Taulukko 21. Oletukset, joita käytetty älykkään energiaverkon päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Huippukulutustuntien marginaalituotannon päästöt	700 g CO ₂ -ekv/kWh	Perustuu pääosin hiililauhdetuotantoon, osa polttoaineesta kaasua ja öljyä
Keskimääräisen sähköntuotannon päästöt	219 gCO ₂ /kWh	WWF, Ilmastolaskuri
Huippukulutustuntien aikainen kulutus keskimäärin	12135 MW	Huippukulutus yli 11 GW
Huippukulutukseen laskettavat tunnit vuodessa	2370 h	Fingrid
Kotitalouksien ja palveluiden osuus energiankulutuksesta	43 %	Tilastokeskus
Häviösähkön kulutus	3488 GWh	Energiateollisuus, Energiavuosi 2008
Oletukset minimiskenaariossa		
Sähkön kulutuksen väheneminen reaaliaikaisen näytön ansiosta huippukulutustunneilla	3 %	Useita tutkimuksia
Sähkön kulutuksen siirtyminen huippukulutustunneilta peruskuormaan	3 %	Kanadalainen tutkimus
Hävikkisähkön vähentyminen	10 %	Gaian arvio
Hiili-intensiteetin vähentyminen	5 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Sähkön kulutuksen väheneminen reaaliaikaisen näytön ansiosta huippukulutustunneilla	10 %	Useita tutkimuksia
Sähkön kulutuksen siirtyminen huippukulutustunneilta peruskuormaan	15 %	Kanadalainen tutkimus
Hävikkisähkön vähentyminen	30 %	Climate Group, 2008
Hiili-intensiteetin vähentyminen	10 %	Climate Group, 2008

Taulukko 22. Oletukset, joita käytetty etäluettavien sähkömittareiden päästövähennysten laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Huippukulutustuntien marginaalituotannon päästöt	700 g CO ₂ -ekv/kWh	Perustuu pääosin hiililauhdetuotantoon, osa polttoaineesta kaasua ja öljyä
Huippukulutustuntien aikainen kulutus keskimäärin	12135 MW	Huippukulutus yli 11 GW
Huippukulutukseen laskettavat tunnit vuodessa	2370 h	Fingrid
Kotitalouksien ja palveluiden osuus energiankulutuksesta	43 %	Tilastokeskus
Oletukset minimiskenaariossa		
Sähkön kulutuksen väheneminen reaaliaikaisen näytön ansiosta huippukulutustunneilla	3 %	Useita tutkimuksia
Oletukset maksimiskenaariossa		
Sähkön kulutuksen väheneminen reaaliaikaisen näytön ansiosta huippukulutustunneilla	10 %	Useita tutkimuksia

Taulukko 23. Oletukset, joita käytetty sähköisen terveydenhuollon päästövähennysten laskennassa - liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Terveyskeskuskäyntejä vuodessa (kotisairaanhoidon + muut avohoitokäynnit + työterveyshuolto terveyskeskuksissa)	18 831 992	THL
Keskimääräinen etäisyys terveyskeskuksesta	4 km	Tilastokeskus/tieto- ja viestintätekniikan käyttötutkimus
Oletukset minimiskenaariossa		
Terveyskeskuskäyntien määrä, jotka voidaan korvata sähköisillä palveluilla	5 %	Asiantuntija-arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Terveyskeskuskäyntien määrä, jotka voidaan korvata sähköisillä palveluilla	15 %	Asiantuntija-arvio

Arviossa sähköisillä palveluilla korvattavista potilaskäynneistä on huomioitu, että osa sairauslomapyynnöistä ja kroonisesti sairaiden terveyskeskuskäynneistä sekä osa kotisairaanhoidon käynneistä voitaisiin hoitaa etäyhteyden avulla. Näiden käyntien vähentäminen vaatii erityisesti kotisairaanhoidon teknologian ja terveydenhuollon seurantajärjestelmän kehitystä. Tällä hetkellä terveydenhuollon seuranta perustuu suurelta osin potilaskäyntien seurantaan, joten kannustimet potilas-käyntien siirtämiseen puhelimitse tai verkkoyhteyden kautta hoidettavaksi ovat vähäiset. Mikäli terveydenhuollossa halutaan saavuttaa korkea ICT-palvelujen hyödyntämisaste, pitää terveydenhuollon seuranta toteuttaa niin, että se ei painosta suoriin potilaskontakteihin.

Taulukko 24. Oletukset, joita käytetty sähköisen terveydenhuollon päästövähennysten laskennassa - muut päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Terveyskeskuskäyntejä vuodessa (muut avohoitokäynnit + työterveyshuolto terveyskeskuksissa)	14 754 339	THL
Reseptejä vuodessa	50 %	Asiantuntija-arvio
Laboratoriolausuntona vuodessa	5 %	Asiantuntija-arvio
Kelalle lausuntona vuodessa	10 %	Asiantuntija-arvio
Paperiarkkien määrä keskimäärin	2	Asiantuntija-arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Paperilta sähköiseksi siirtyvien osuus	50 %	Asiantuntija-arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Paperilta sähköiseksi siirtyvien osuus	90 %	Asiantuntija-arvio

Taulukko 25. Oletukset, joita käytetty sähköisen terveydenhuollon aiheuttaman energiankulutuksen lisääntymisen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Tietokoneen energiankulutus	80 W	Asiantuntija-arvio
Terveyskeskuskäyntejä vuodessa (kotisairaanhoido + muut avohoitokäynnit + työterveyshuolto terveyskeskuksissa)	18831992	THL
Tietokoneen käyttö hoitokerralla	15 min	Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Terveyskeskuskäyntien määrä, jotka voidaan korvata sähköisillä palveluilla	5 %	Asiantuntija-arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Terveyskeskuskäyntien määrä, jotka voidaan korvata sähköisillä palveluilla	15 %	Asiantuntija-arvio

Taulukko 26. Oletukset, joita käytetty postipalveluiden päästövähennysten laskennassa – liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Postikuljetusten lukumäärä vuodessa	3000 milj. kpl	Itella, Vuosikertomus 2008
Virhekuljetusten osuus	2 %	Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Virhekuljetusten osuus, joka voidaan välttää paremman lukutekniikan avulla	50 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Virhekuljetusten osuus, joka voidaan välttää paremman lukutekniikan avulla	90 %	Gaian arvio

Taulukko 27. Oletukset, joita käytetty postipalveluiden päästövähennysten laskennassa – lämmön kulutus

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Lämmitettävän tilan tarve	15 m3/ milj. paperiarkkia	Gaian arvio
Ominaiskulutus 2010, palvelurakennukset ja muut lämpimät rakennukset teollisuuden ulkopuolella	38,5 kWh/m3	Arvio Helsingin rakennuskannan perusteella

Taulukko 28. Oletukset, joita käytetty postipalveluiden päästövähennysten laskennassa – muut päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa			Lähde
Julkisten organisaatioiden laskut vuodessa (valtionhallinto, kunnat ja kuntayhtymät)	13	milj. A4-arkkia	Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta, Sähköisen laskutuksen työryhmä: toimenpiteet verkkolaskun edistämiseksi, 2009
joista sähköisesti laskutettua	60 %		Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta
Yritysten laskut vuodessa	187	milj. A4-arkkia	Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta
joista sähköisesti laskutettua	60 %		Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta
Yksityisten ihmisten laskut vuodessa	300	milj. A4-arkkia	Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta
joista sähköisesti laskutettua	15 %		Arjen tietoyhteiskunnan neuvottelukunta
Palkkatositteiden määrä vuodessa	26	milj. A4-arkkia	Arvio perustuen Tilastokeskuksen ilmoittamaan palkansaajien määrään
joista sähköisesti	15 %		Gaian arvio
Muu sähköisen postituksen potentiaali (suoramarkkinointi, eLehdet jne.)	250	milj. A4-arkkia	
Oletukset minimiskenaariossa			
Sähköisen laskutuksen osuus - julkiset organisaatiot	80 %		Gaian arvio
Sähköisen laskutuksen osuus - yritykset	80 %		Gaian arvio
Sähköisen laskutuksen osuus - yksityiset ihmiset	50 %		Gaian arvio
Sähköisenä lähetettävien palkkatositteiden osuus	50 %		Gaian arvio
Muun postin sähköistämisen osuus	50 %		Gaian arvio
			Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa			
Sähköisen laskutuksen osuus - julkiset organisaatiot	100 %		Gaian arvio
Sähköisen laskutuksen osuus - yritykset	100 %		Gaian arvio
Sähköisen laskutuksen osuus - yksityiset ihmiset	100 %		Gaian arvio
Sähköisenä lähetettävien palkkatositteiden osuus	100 %		Gaian arvio
Muun postin sähköistämisen osuus	100 %		Gaian arvio

Postituksen osalta on lisäksi oletettu, että minimiskenaariossa päästövähennemä per postitus on Itellan arvioiman nykyisen kapasiteetin päästövähennemän suuruinen (ks. liite 2). Maksimiskenaariossa puolestaan olemassa oleva sähköisen postituksen kapasiteetti oletetaan otetuksi käyttöön kokonaisuudessaan, jolloin yhtä postitusta kohtaan aiheutuva päästö on selvästi nykyistä pienempi.

Taulukko 29. Oletukset, joita käytetty sähköisten viranomaispalveluiden päästövähennysten laskennassa – liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa			Lähde
Kansalaisten määrä, jotka palauttavat digitaalisen veroilmoituksen autolla 2020	0 %		Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa			
Kansalaisten määrä, jotka palauttavat digitaalisen veroilmoituksen autolla nykyään	0 %		Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa			
Kansalaisten määrä, jotka palauttavat digitaalisen veroilmoituksen autolla nykyään	1 %		Gaian arvio
Keskimääräinen matka verotoimistoon	10 km		Gaian arvio

Taulukko 30. Oletukset, joita käytetty sähköisten viranomaispalveluiden päästövähennysten laskennassa – muut päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa			Lähde
Kansalaisen veroilmoituksessa sivuja (sisältää veroehdotuksen ja lopullisen version)	8		
Yrityksen veroilmoituksessa sivuja (sisältää ilmoituksen ja päätöksen)	15		Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa			
Digitaalista veroilmoitusta käyttävien osuus	50 %		Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa			
Digitaalista veroilmoitusta käyttävien osuus	90 %		Gaian arvio

Taulukko 31. Oletukset, joita käytetty sähköisten viranomaispalveluiden aiheuttaman lisääntyneen energiankulutuksen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Keskimääräinen aika, joka tietokoneella käytetään veroilmoituksen käsittelyyn	15 min	Gaian arvio
Tietokoneen energiankulutus	80 W	
Oletukset minimiskenaariossa		
Digitaalista veroilmoitusta käyttävien osuus	50 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Digitaalista veroilmoitusta käyttävien osuus	90 %	Gaian arvio

Taulukko 32. Oletukset, joita käytetty sähköisen äänestämisen päästövähennysten laskennassa – liikenteen päästöt

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Äänikuoren paino	5 g	A4-arkin paino
Oletukset minimiskenaariossa		
Keskimääräinen matka vaalipaikalle	1 km	Gaian arvio
Sähköistä etä-äänestämistä hyödyntävien ihmisten osuus	40 %	Gaian arvio
Kuljetusmatka vaalipaikalta arkistointipaikalle	50 km	Arvio perustuen vaalipiirien jakaumaan
Sähköistä äänestämistä paikan päällä hyödyntävien ihmisten osuus	40 %	Gaian arvio
Oletukset maksimiskenaariossa		
Keskimääräinen matka vaalipaikalle	3 km	Gaian arvio
Sähköistä etä-äänestämistä hyödyntävien ihmisten osuus	80 %	Gaian arvio
Kuljetusmatka vaalipaikalta arkistointipaikalle	100 km	Arvio perustuen vaalipiirien jakaumaan
Sähköistä äänestämistä paikan päällä hyödyntävien ihmisten osuus	10 %	Gaian arvio

Taulukko 33. Oletukset, joita käytetty sähköisen äänestämisen aiheuttaman lisääntyneen energiankulutuksen laskennassa

Oletukset molemmissa skenaarioissa		Lähde
Äänestyslaitteen virrankulutus	80 W	Gaian arvio
Äänestysajan pituus	58 h	Virallinen vaalipäivä ja ennakoöäänestys
Äänipaikkoja	2000	Äänipaikkojen määrä kunnallisvaaleissa
Sähköisiä äänestyslaitteita äänipaikalla keskimäärin	3	Gaian arvio
Oletukset minimiskenaariossa		
Oletukset maksimiskenaariossa		

Liite 2 Laskelmissa käytetyt muut parametrit

Liikenteen päästökertoimia			
Lyhyt lento (alle 482 km)	191	g/hkm	GHG Protocol Initiative
Keskipitkä lento (483-1126 km)	107	g/hkm	GHG Protocol Initiative
Pitkä lento (yli 1126 km)	121	g/hkm	GHG Protocol Initiative
Henkilöauton keskimääräinen päästö v. 2008	180	gCO ₂ -ekv./km	VTT Lipasto
Pakettiauton keskimääräinen päästö v. 2008, maantieajo, 50 % kuorma	237	gCO ₂ -ekv./km	VTT Lipasto
Jakelukuorma-auton (15 t) keskimääräinen päästö v. 2008 (50 % kuorma), maantieajo, 50 % kuorma	545	gCO ₂ -ekv./km	VTT Lipasto
Pakettiauton päästöt (50 % kuorma)	397	g CO ₂ -ekv/tkm	VTT Lipasto
Pakettiauton päästöt (täyskuorma, 1,2 ton)	208	g CO ₂ -ekv/tkm	VTT Lipasto
Sähkön tuotannon päästökertoimia			
Marginaalituotanto	700	gCO ₂ /kWh	Motiva
Suomen keskimääräinen tuotanto (2003-07 keskiarvo)	219	gCO ₂ /kWh	WWF, Ilmastolaskuri
Lämmön tuotannon päästökertoimia			
Kaukolämmöntuotannon keskimääräinen päästö Suomessa	224	gCO ₂ /kWh	ET, Energiavuosi 2008
Muita päästökertoimia			
Paperikirjeen päästöt	49	g CO ₂	Itella
josta jakelun osuus	21	g CO ₂	Itella
Sähköisen kirjeen päästöt nyt	30	g CO ₂	Itella
Sähköisen kirjeen päästöt, kun sähköisten palveluiden kapasiteetti käytössä kokonaan	5	g CO ₂	Itella
Paperin päästökerroin	2,86	kg CO ₂ -ekv /kg paperia	Rissa Kari, 2003 Graafisen alan ympäristöopas