



Aalto-yliopisto  
Insinööritieteiden  
korkeakoulu

# Suomen kansallisten päästövähennystoimien riskien ja kustannustehokkuuden arviointi

Aira Hast

Suomen energiaekonomistit ry:n syyskokous

27.11.2012

# Suomen kansallisten päästövähennystoimien riskien ja kustannustehokkuuden arviointi

- Diplomityö tehty Matematiikan ja systeemianalyysin laitokselle 2011 (Aalto-yliopisto, teknillisen fysiikan ja matematiikan tutkinto-ohjelma)
  - Valvojana professori Ahti Salo
  - Tutkimus toteutettu VTT:llä, ohjaajana DI Tommi Ekholm
  - DI-työn tuloksiin perustuen kirjoitettu vertaisarvioitu artikkeli ”Meeting emission targets under uncertainty – the case of Finnish non-emission-trading sector”
    - Julkaistu lehdessä ”Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change”
- Tällä hetkellä työskentelen Aalto-yliopiston Energiatekniikan laitoksella tohtorikoulutettavana

# Tausta

- Suomen tavoitteena vähentää ei-päästökauppasektorin kasvihuonekaasupäästöjä 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä.
  - Päästöjä vähennettävä lineaarisesti 2013-2020
  - Päästöt sektoreilta: liikenne, maatalous, lämmitys, työkoneet, jätehuolto, F-kaasut, muut päästöt
  - Tässä työssä jätetty huomioimatta vaikutukset maankäytön ja metsiin (LULUCF-sektori)
- Tavoitteen saavuttamiseksi tulee oletettavasti toteuttaa päästövähennyskeinoja
  - Keinoihin liittyy kustannuksia
  - Päästövähennyskeinoilla saavutettavat päästövähennykset ja kustannukset sisältävät epävarmuutta

# Diplomityön keskeiset tavoitteet

- Miten tavoite voidaan saavuttaa ja millaisia vähennyskeinoja tulee valita, jotta tavoite täytetään mahdollisimman pienin kustannuksin?
- Kuinka todennäköisesti tietyllä ennalta valitulla vähennysstrategialla saavutetaan vähennystavoite?
- Miten suuri riski on ylittää arvioidut kustannukset?
- Mitkä tekijät aiheuttavat saavutettaviin päästöihin ja kustannuksiin liittyvät epävarmuudet?
- Miten tulokset muuttuvat, jos jäsenmaat voivat käydä kauppaa päästökiintiöillä?

# Stokastinen optimointimalli

- Muodostettu stokastinen optimointimalli ei-PKS:n päästöistä, vähennyskeinoista ja kustannuksista
  - Malli valitsee vähennyskeinoja minimoiden kokonaiskustannusten nykyarvon odotusarvon päästötavoitteen saavuttamiseksi
    - Portfolio koostuu toteutettavista päästövähennyskeinoista ja niiden toteutusvuodesta
- Tarkasteltu 17 itsenäistä päästövähennyskeinoa
  - Keinojen kustannuksiin ja niillä saavutettavaan päästövähennyksiin sisältyy epävarmuutta
  - Keinot voidaan aloittaa toisistaan riippumatta minä vuonna tahansa välillä 2010-2020
    - Toimi toteutetaan täydessä potentiaalissaan eikä sitä voi myöhemmin perua

# Mallin oletuksia

- Vuosille 2013-2020 vuotuiset päästötavoitteet
- Mallissa huomioitu ajalliset joustomekanismit
  - Käyttämättä jääneitä päästökiintiöitä voidaan siirtää seuraaville vuosille
  - Jos päästötavoite ylitetään, voidaan päästöjä siirtää enintään 5 % seuraavalle vuodelle
- Jäsenmaa voi myydä käyttämättä jääneitä päästökiintiöitään muille jäsenmaille
  - Tarkasteltu erillisenä tapauksena myös, miten päästökiintiöillä käytävä kauppa vaikuttaa tuloksiin

# Epävarmuuden kuvaaminen mallissa

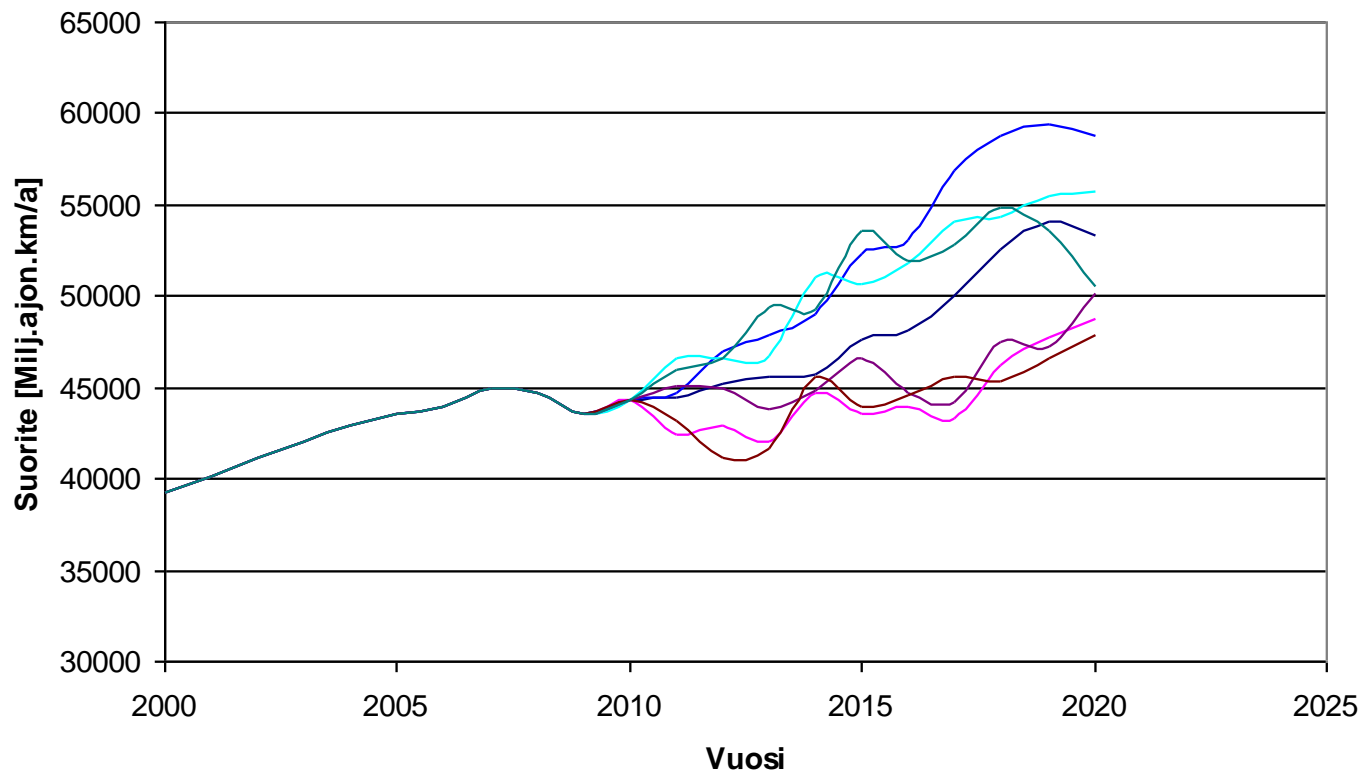
- Mallissa kuvattu todennäköisyysjakaumina epävarmuus jokaiselle epävarmalle muuttujalle
  - Esim. perusurapäästöt, liikennesuoritteet, öljyn hinta sisältävät epävarmuutta
- Epävarmojen muuttujien vaikutusta lopputuloksiin on selvitetty Monte Carlo –menetelmän avulla
  - Tulosten jakaumat saadaan ottamalla taustamuuttujien jakaumia noudattavia satunnaislukuja ja laskemalla näitä vastaavat lopputulokset
  - Menettely toistetaan useita kertoja (esim. 10 000 kertaa)
    - Lopputuloksille todennäköisyysjakaumat

# Satunnaiskulku

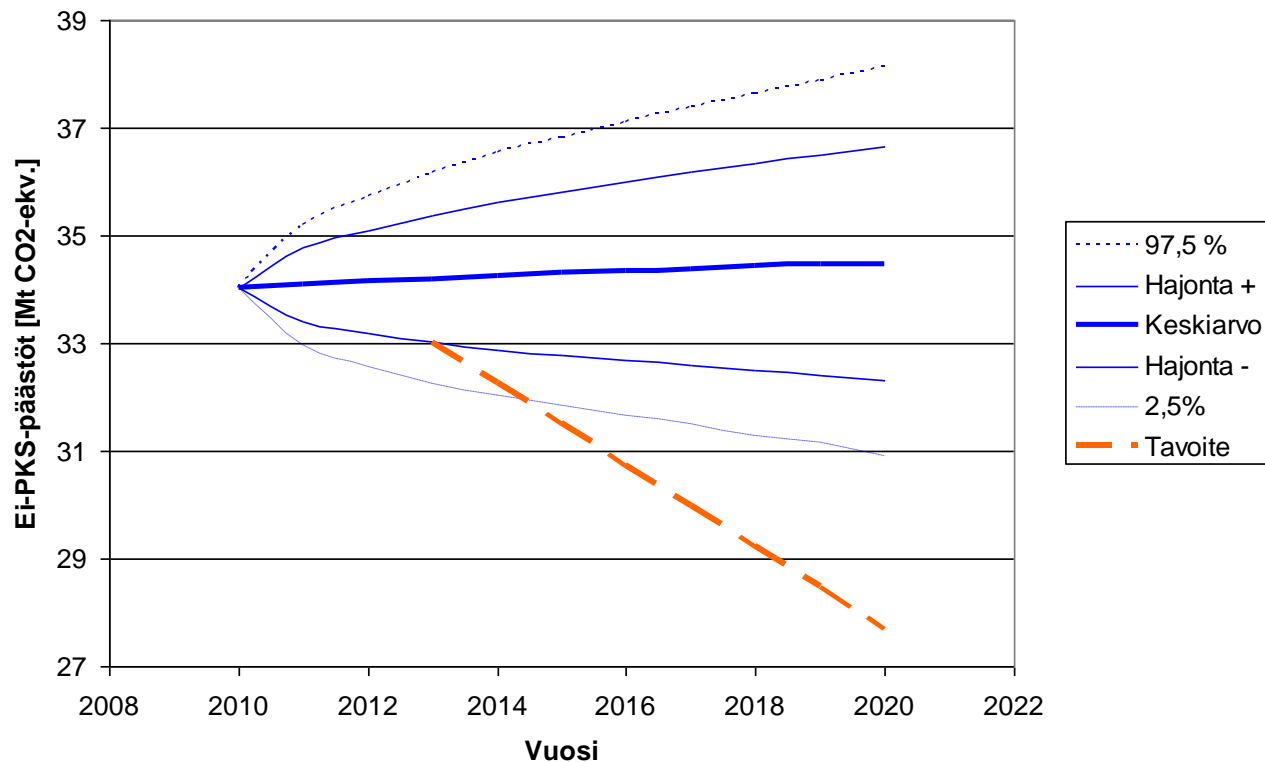
- Epävarmuudet ovat sitä suurempia, mitä pidemmälle ennustetta katsotaan
  - Vuoteen 2020 asti muodostettu levenevät jakaumat satunnaiskulun (random walk) avulla
  - Satunnaiskulku stokastinen prosessi, jossa siirytään pisteestä seuraavaa ajanhetkeä kuvaavaan pisteeseen valiten siirtymisen suunta satunnaisesti



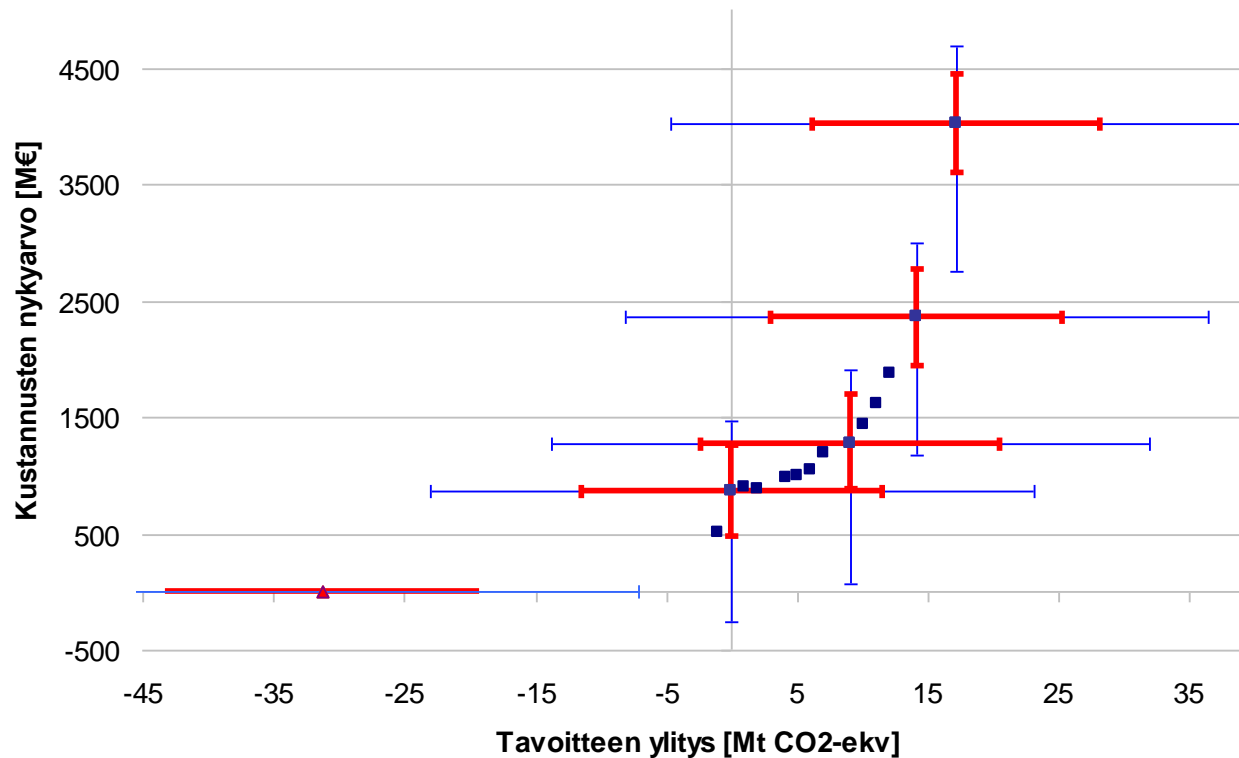
# Satunnaiskulku: henkilöautojen ajosuorite



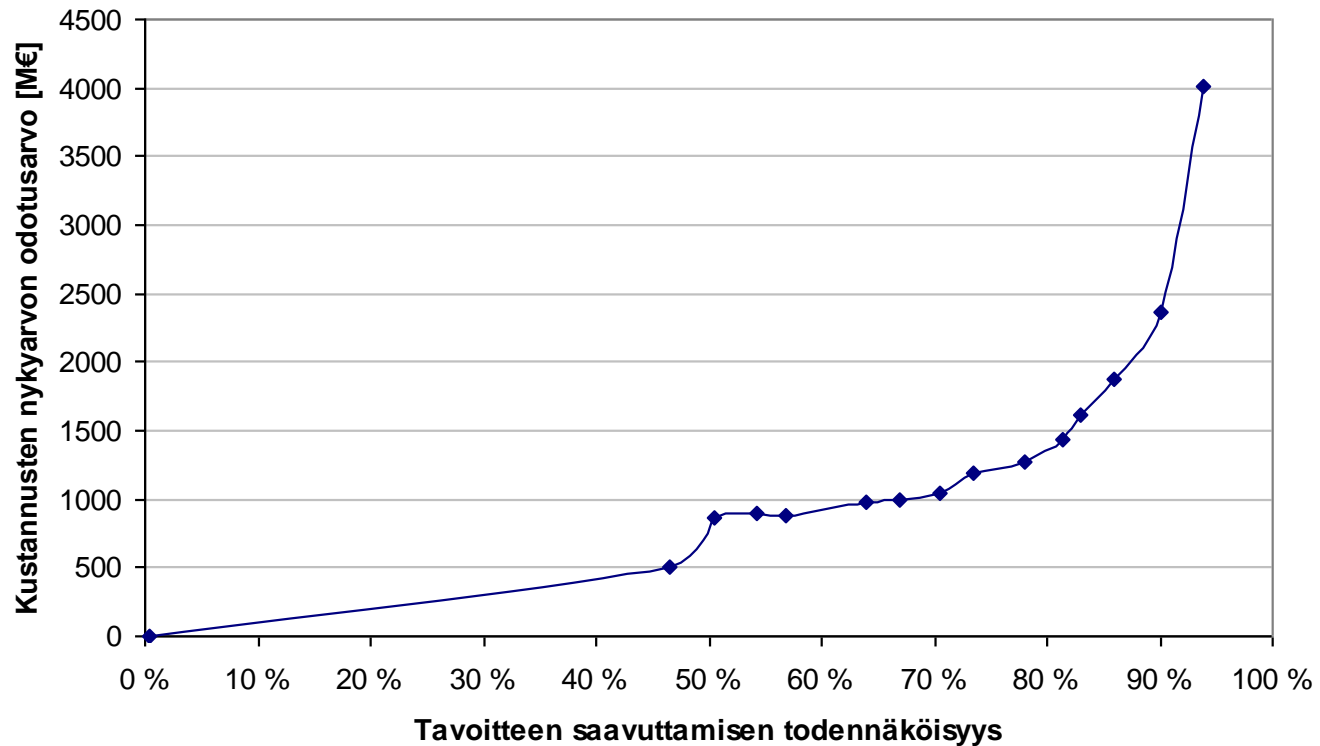
# Mallin ennustamat päästöt, mikäli mitään vähennystoimea ei toteuteta



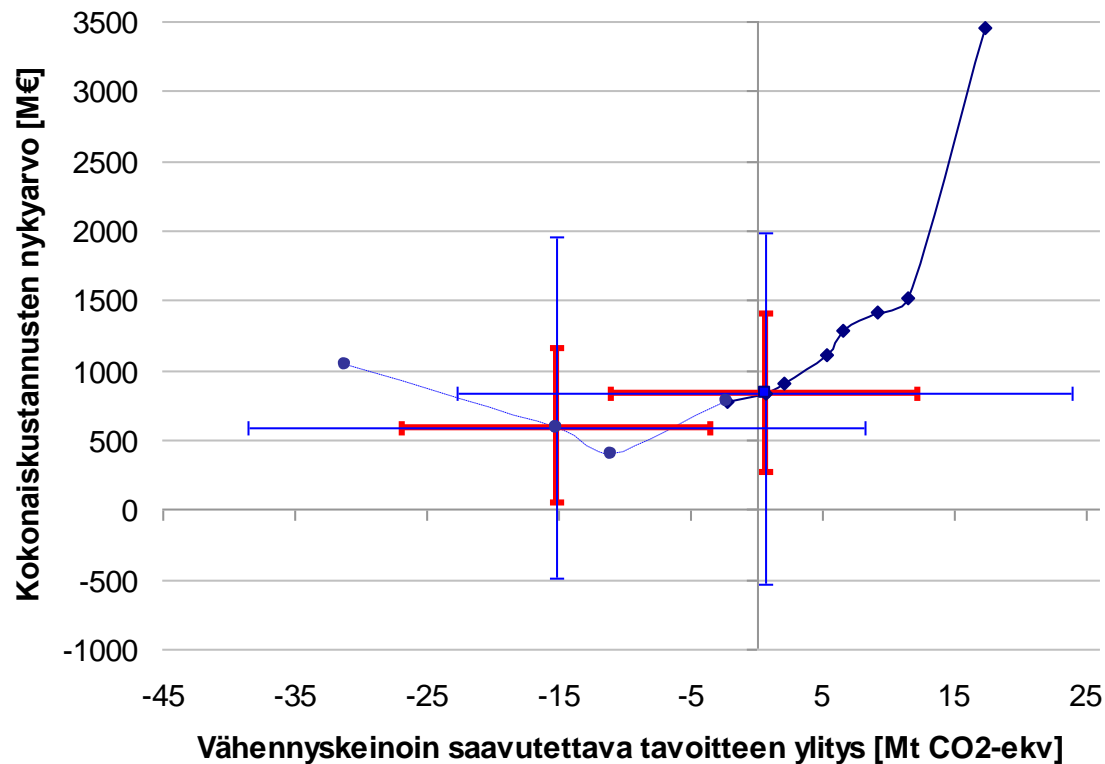
# Optimaaliset vähennysportfoliot



# Tavoitteen saavuttamisen todennäköisyys

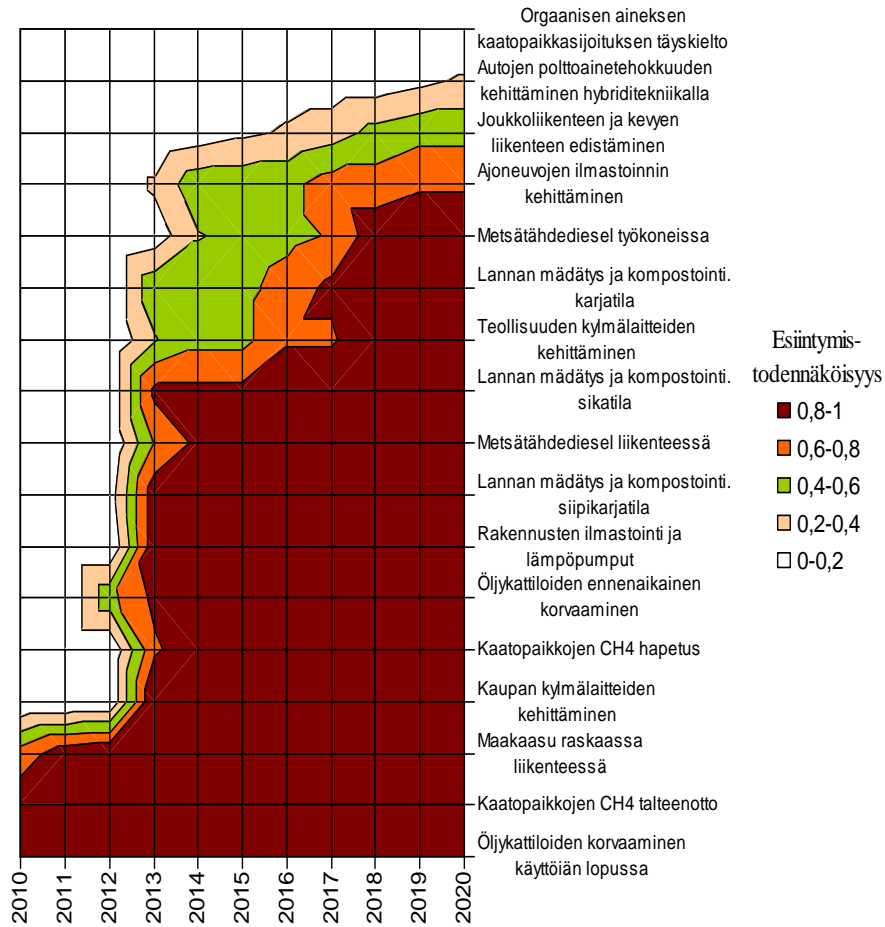


# Optimaaliset portfoliot, jos päästökaupalla voidaan käydä kauppaa

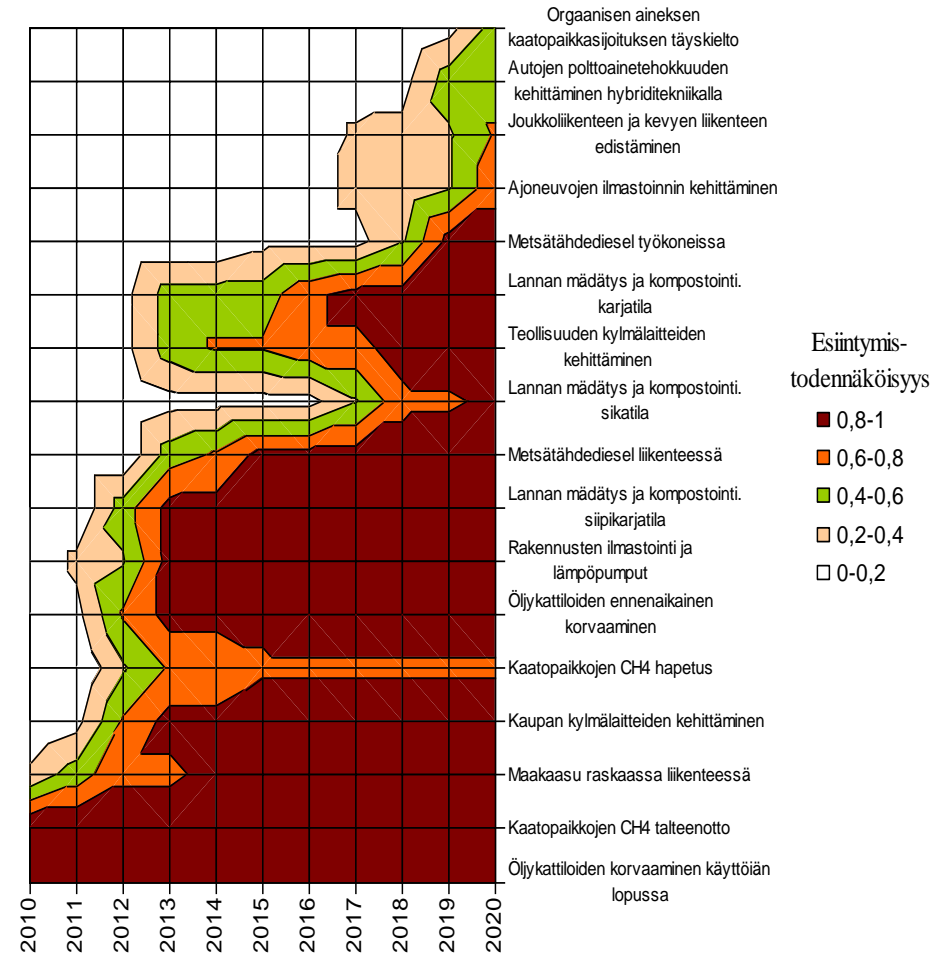


# Päästövähennyskeinojen valinta optimaalisissa portfolioissa

Ei kauppaa



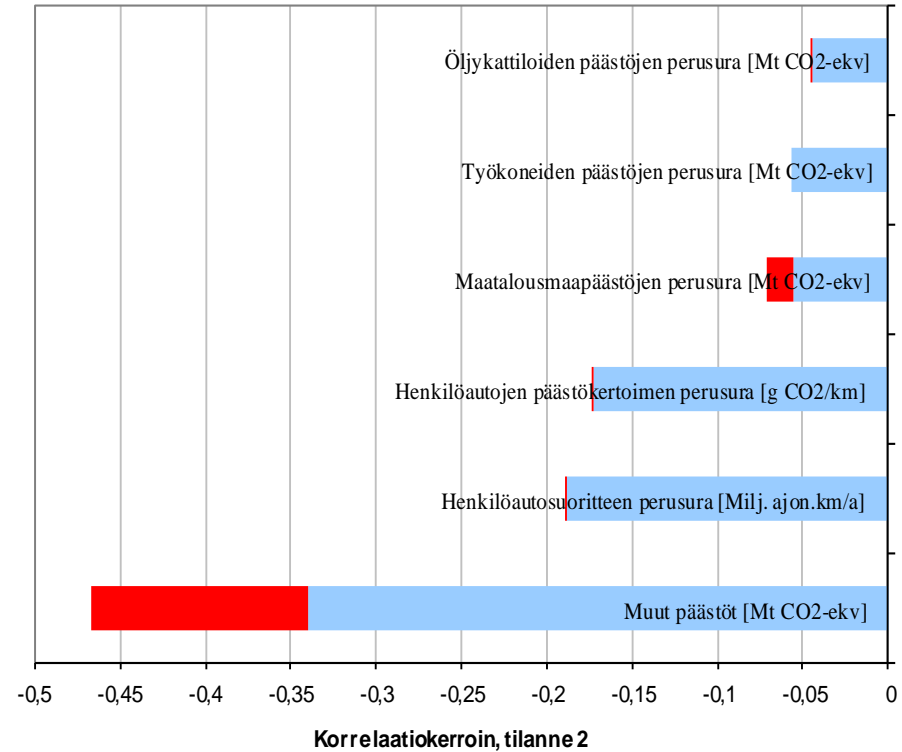
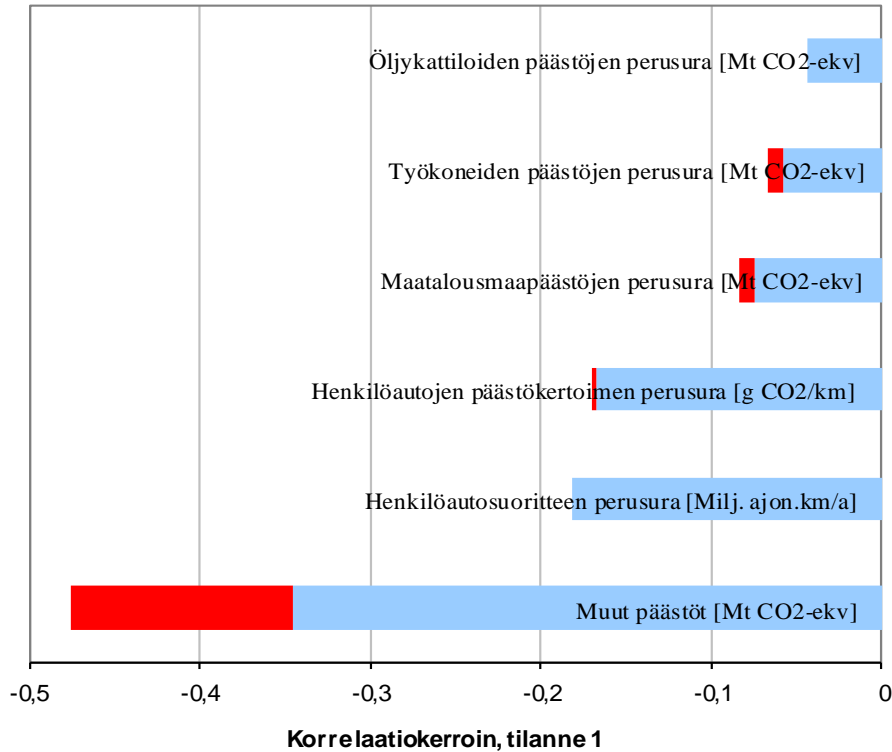
Kauppaa voidaan käydä



# Herkkyystarkastelu I: mitkä tekijät vaikuttavat eniten päästötavoitteen ylityksen epävarmuuteen?

Ei kauppaa

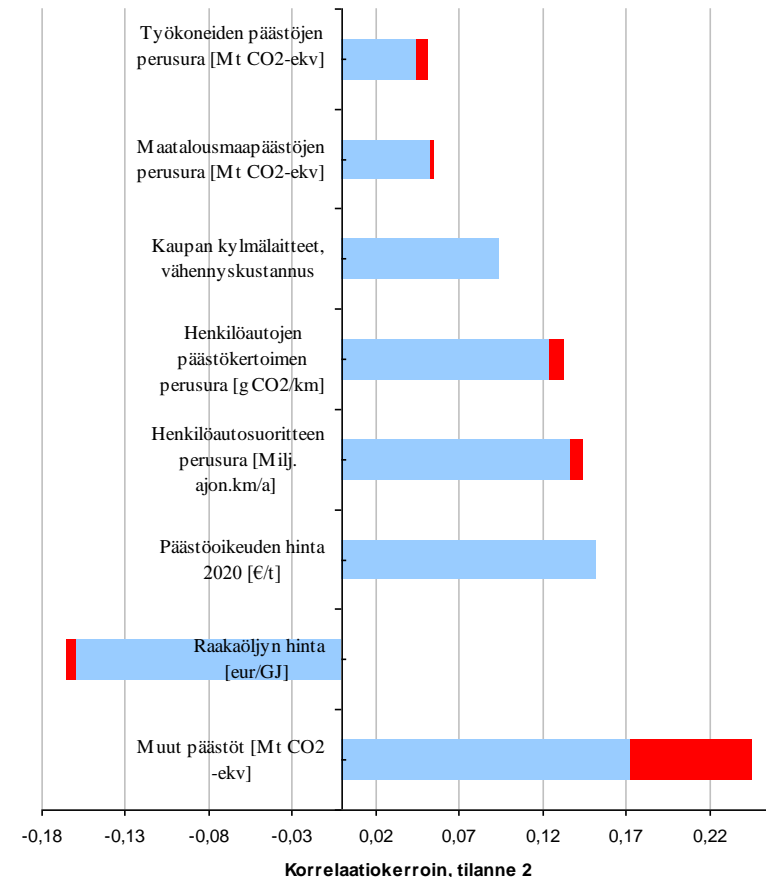
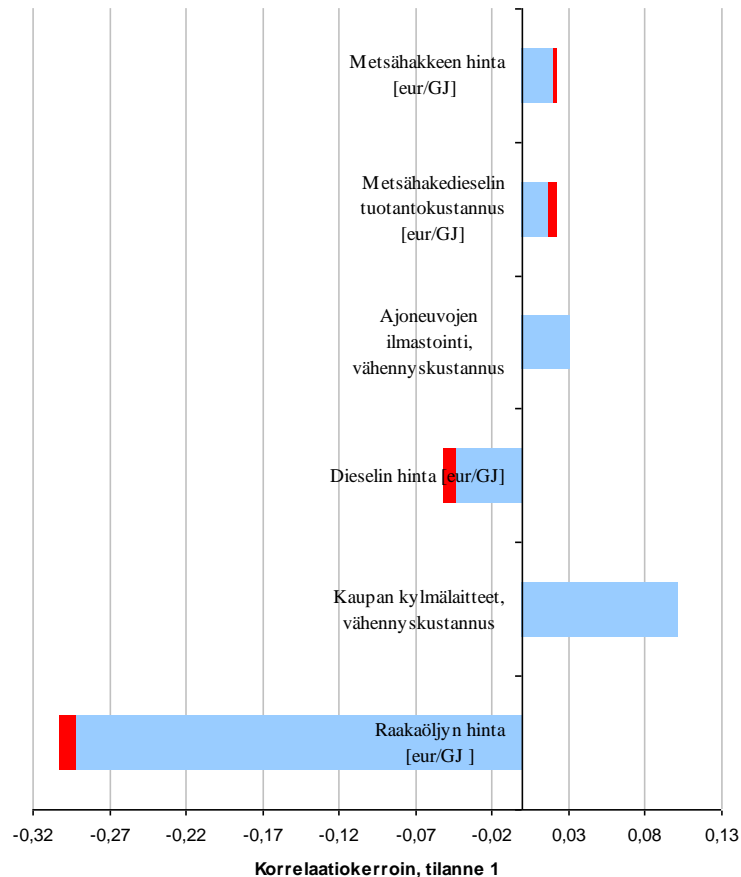
Kauppaa voidaan käydä



# Herkkyystarkastelu II: Mitkä tekijät vaikuttavat eniten kustannusten epävarmuuteen?

Ei kauppaa

Kauppaa voidaan käydä





# Yhteenveto

- Päästövähennystavoitteen saavuttaminen hyvin epätodennäköistä, jos mitään toimea ei toteuteta mallissa
- Kaikkiin työssä tarkasteltuihin portfolioihin liittyy riski olla saavuttamatta tavoitetta tai ylittää arvioidut kustannukset
- Tietyt toimet valitaan lähes kaikissa portfolioissa ja tietyt toimet hyvin harvoin
- Tavoitteen saavuttamisen todennäköisyyden nostaminen lisää kustannuksia
  - Suuremmilla todennäköisyytasoilla on suhteellisesti kalliimpaa nostaa todennäköisyyttä
- Mahdollisuus käydä päästökaupalla kauppaa:
  - Pienentää kokonaiskustannusten odotusarvoa, mutta epävarmuus kasvaa
  - Päästökauppa myös muuttaa toteutettavia päästövähennyskeinoja ja niiden ajoitusta

# Kiitos!

