

Aalto-yliopisto  
Perustieteiden korkeakoulu  
Informaatioverkostojen tutkinto-ohjelma

# Portfoliopäätöksenteon vinoumat

kandidaatintyö 11.06.2018

Pekka Lammi

Ohjaajat:  
Prof. Raimo P. Hämäläinen  
Tuomas Lahtinen

Valvoja:  
Miia Jaatinen

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla.  
Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

---

**Tekijä** Pekka Valtteri Lammi

---

**Työn nimi** Portfoliopäätöksenteon vinoumat

---

**Koulutusohjelma** Informaatioverkostot

---

**Pääaine** Informaatioverkostot**Pääaineen koodi** SCI3026

---

**Vastuopettaja** Miia Jaatinen

---

**Työn ohjaaja(t)** Raimo Hämäläinen, Tuomas Lahtinen

---

**Päivämäärä** 13.6.2018**Sivumäärä** 17+6**Kieli** suomi

---

## Tiivistelmä

Portfoliopäätöksenteolla tarkoitetaan useasta eri päätöksenteon osasta koostuvaa tehtävää, missä pyritään vastaamaan asetettuun ongelmaan useiden toimenpiteiden yhdistelmällä. Monet päätöksenteko-ongelmat, kuten ympäristö- ja poliittiset päätökset ovat portfolio-ongelmia. Tiede tunnistaa monia mentaalisia malleja ja prosesseja, jotka johtavat vinoumiin päätöksenteossa. Työssä oli tarkoitus selvittää, eroavatko eri tavoin tehdyt portfoliot tai portfolioiden muodostamisen prosessi ja sen kokeminen toisistaan. Lisäksi mikäli eroavaisuuksia havaitaan, pystytäänkö niitä selittämään jollain vinoumalla. Tutkimuksessa selvitettiin myös, vaikuttaako koehenkilön tausta muodostettuihin portfolioihin.

Työhön liittyi vinoumien kokeelliseen tutkimiseen tehty interaktiivinen verkkototeutus, jossa tutkittiin päätöksenteon polkuriippuvuutta [carbcut.aalto.fi]. Pohjamateriaalina kokeessa käytettiin Princetonin Yliopiston CMI:n kehittämää kiilapeliä. Koehenkilöiden tehtävänä oli muodostaa viidestätoista hiilidioksidipäästöjä vähentävästä strategiasta kahdeksan strategian portfolio kahdella eri menetelmällä ja vastata taustakyselyyn. Koehenkilölle arvottiin satunnaisessa järjestyksessä ensiksi tyhjä tai täysi portfolio, johon koehenkilön tuli sisällyttää kahdeksan toimenpidettä joko niitä lisäten, tai poistaen (Add & Remove).

Koehenkilöt (n=291) koostuivat pääasiassa yliopistojen opiskelijoista sekä tutkijoista kauppatieteiden sekä tekniikan alalta. Koeasetelmassa valitut toimenpiteet jakautuivat melko tasaisesti. 108 vastaajalla kummallakin tavalla muodostetut korit olivat täysin identtiset. Keskimääräisesti korit olivat vastaajilla hyvin samanlaiset, eikä portfolion toteutusmenetelmällä ollut juurikaan merkitystä lopullisiin koreihin. Koulutustausta ei vaikuttanut merkittävästi muodostettuihin koreihin.

Huomionarvoista oli, että Remove-menetelmä koettiin keskimäärin vaikeammaksi ja sen toteuttamiseen käytettiin keskimäärin enemmän aikaa. Tämän voidaan ajatella johtuvan omistusvaikutuksesta tai tappioiden välttelystä. Voidaan myös ajatella Remove-menetelmän olevan epäselvempi, sillä lopulliseksi tarkoitettussa korissa on muodostamisvaiheessa mukana myös korista poistettavaksi tarkoitettuja strategioita, jonka takia lopputuloksen näkeminen kesken suorituksen on haastavampaa.

Tämä tutkimus on yksi ensimmäisistä yrityksistä tutkia harhoja portfoliopäätöksenteossa. Kun vinoumia tutkitaan, on seuraava tärkeä asia etsiä keinoja niiden välttämiseksi. Tässä kandidaatintyössä kehitetty koejärjestely on jatkokäytössä systeemianalyysin laboratoriossa, missä datan keräämistä jatketaan eri taustaryhmiltä ja eri kulttuureista.

---

**Avainsanat** portfoliopäätöksenteko, kognitiiviset vinoumat, ilmastonmuutos

---

# Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Portfoliopäätöksenteko</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Kognitiiviset vinoumat päätöksenteossa</b>	<b>2</b>
3.1	Tappioiden välttely (loss aversion) . . . . .	2
3.2	Omistusvaikutus (endowment effect) . . . . .	3
3.3	Ankkuroituminen (anchoring) . . . . .	4
3.4	Kapeakatseisuus (narrow thinking) . . . . .	4
3.5	Näkökulmien avulla eliminointi (elimination by aspects) . . . . .	5
3.6	Jaotteluriippuvuus (partition dependence bias) . . . . .	5
3.7	Polkuriippuvuus . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Vinoumien tutkiminen kokeellisesti</b>	<b>6</b>
4.1	Tutkimuskysymys . . . . .	7
4.2	Työkalut . . . . .	8
4.3	Koejärjestely . . . . .	8
4.4	Koehenkilöt . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Tulokset</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Havaintojen tulkitseminen</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Johtopäätökset</b>	<b>14</b>
<b>A</b>	<b>Koejärjestely</b>	<b>18</b>

# 1 Johdanto

Portfoliopäätöksenteolla tarkoitetaan kokonaisvaltaista, useasta eri päätöksenteon osasta koostuvaa tehtävää, missä pyritään yleisesti mahdollisimman hyvin vastaamaan asetettuun ongelmaan useiden toimenpiteiden yhdistelmällä. Monet reaali maailman ongelmat ja ratkaisumallit ovat portfoliopäätöksenteon tyyppisiä. Tällaisia ovat tilanteet, joissa monesta eri vaihtoehdosta valitaan tietty osajoukko ennalta määriteltyjen arvojen ja kriteerien perusteella.

Konkreettisenä esimerkkinä portfoliopäätöksestä toimii esimerkiksi valtion budjetti tai osakeportfolion muodostaminen. Päätöksentekijä valitsee osakeportfolioon parhaan mahdollisen kokoonpanon tarjolla olevista osakkeista. Ainoastaan yksittäisten arvopapereiden tiettyjen ominaisuuksien tarkastelu ei ole riittävän hyvä valintaperuste, sillä portfolioon tulee valita tasapainoinen kokonaisuus, jolla on haluttu kokonaisriski ja tuotto-odotus.

Päätöksentekoa on jo tutkittu pitkään ja yksittäisten päätöksentekoprosessin aikaisia vinoumia (engl. biases) on tutkittu huomattavasti. Monikriteerisen portfoliopäätöksenteon tutkimus on saanut runsaammin huomiota vasta viime vuosina [Salo et al., 2011] [Fasolo et al., 2011]. Päätöksenteon tutkimusta tehdään yleisesti operaatiotutkimuksen kentällä ja siellä on viime vuosina kasvavissa määrin tiedostettu ihmisen subjektiivisuuden haasteet [Hämäläinen et al., 2013] [Hämäläinen and Lahtinen, 2016]. Tutkin tässä kandidaatin työssä sitä, miten ihmisen mahdolliset ajattelun vinoumat vaikuttavat monikriteeriseen valintaprosessiin portfoliopäätöksenteossa [Montibeller and von Winterfeldt, 2015]. Työ kuvailee ensin portfoliopäätöksentekoa yleisesti ja tämän jälkeen tunnettuja päätöksenteon vinoumia yksityiskohtaisemmin.

Lisäksi työssä esitellään tuloksia kokeesta, missä tutkittiin portfoliopäätöksentekoa interaktiivisessa verkkototeutuksessa. Tarkastellun verkkototeutuksen pohjana käytetään apuna Princetonin yliopiston Carbon Mitigation Initiative luomaa kiilapeliä [Pacala and Socolow, 2004] [Hotinski, 2007]. Pelissä koehenkilön tulee muodostaa päätösportfolio kasvihuonekaasupäästöjen laskemiseksi vaaditulle tasolle kahdella eri menetelmällä. Tarkoituksena on selvittää, syntyykö eri menetelmillä tehtyjen päätösportfolioiden välille eroja ja ovatko nämä mahdollisesti syntyvät erot selitettävissä tunnettujen vinoumien perusteella.

## 2 Portfoliopäätöksenteko

Portfoliopäätöksenteossa tehtävänä on koostaa useiden eri strategioiden joukosta toteutettava rajattu osajoukko. Rajausta perustuu esimerkiksi budjettiin, asetettuihin vaatimuksiin tai vaadittuun strategioiden lukumäärään. Perinteisen osakesalkkutehtävän mallin kehittäjä Markowitz sai työstään taloustieteen Nobelin palkinnon [Markowitz, 1952]. Monet päätöksenteko-ongelmat, kuten ympäristö- ja poliittiset päätökset, urheilujoukkueiden pelikokoonpanojen valinnat tai vaikkapa istumajärjestyksen laatiminen, ovat portfolio-ongelmia, joissa pyritään muodostamaan mahdollisimman hyvä kokoonpano tarjolla olevista vaihtoehdoista [Salo et al., 2011] [Lahtinen et al., 2017a].

Portfolio-ongelmat ovat usein monitulkintaisia, eikä niihin ole olemassa yksiselitteisiä ratkaisuja. Lopputulokseen vaikuttavat monet osatekijät, ja juuri monikriteerisyys portfoliopäätöksenteossa tekee mahdollisimman hyvän lopputuloksen tekemisestä haastavaa. Strategioilla on usein yhteisvaikutuksia sekä riippuvuuksia, mikä tekee varsinkin heuristisen ratkaisun vaikeaksi.

## 3 Kognitiiviset vinoumat päätöksenteossa

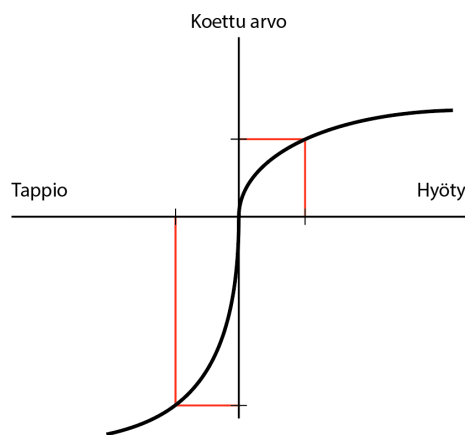
Tiede tunnistaa monia mentaalaisia malleja ja prosesseja, jotka johtavat vinoumiin päätöksenteossa. Vinoumat voidaan jakaa kognitiivis-motivatioon ja organisatioon vinoumiin [Fasolo et al., 2011]. Siinä missä kognitiivis-motivatioon liittyvät vinoumat johtavat ihmisen havaitsemiseen liittyvistä ominaisuuksista, organisatioon liittyvät vinoumat johtavat kognition sijaan esimerkiksi sosiaalisesta paineesta, kuten oman edun ajamisesta tai organisaation dynamiikasta. Kognitiivis-motivatioon liittyvistä vinoumista on tehty paljon tutkimusta, mutta organisatioon liittyvät vinoumat ovat saaneet vähemmän huomiota osakseen [Montibeller and von Winterfeldt, 2015]. Tämä kandidaattityö on rajattu henkilöstä itsestään johtuviin kognitiivis-motivatioon liittyviin vinoumiin. Näitä vinoumia on lukuisia ja tässä työssä rajausta on tehty muutama merkittävään vinoumaan, jotka ovat kirjallisuudessa osoittautuneet merkittäviksi portfoliopäätöksenteossa.

### 3.1 Tappioiden välttely (loss aversion)

Samansuuruinen objektiivinen tappio ja voitto aiheuttavat erisuuruiset hyödyn ja haitan tunteet. Yhtä suuren menetyksen aiheuttama psykologinen

vaikutus on suurempi kuin saavuttamisen aiheuttama hyödyn tunne [Kahneman et al., 1991]. Esimerkiksi 80 euron parkkisakon aiheuttama tappion tunne on suurempi kuin 80 euron arpajaisvoiton aiheuttama tunne.

Portfoliopäätöksenteossa toimenpiteen lisäämiseen ja poistamiseen voi molempiin liittyä tappion tunne. Toimenpidettä lisääessä tappio aiheutuu syntyvän kustannuksen kautta, kun taas toimenpidettä poistettaessa tappio aiheutuu menetettyjen hyötyjen kautta. Molemmissa tapauksissa tappio koetaan suuremmaksi kuin käänteisessä tilanteessa saavutettu hyöty (Kuva 1).



Kuva 1: Subjekttiivisen hyödyn ja haitan kokeminen suhteessa objektiiviseen hyötyyn ja haittaan [Kahneman et al., 1991].

### 3.2 Omistusvaikutus (endowment effect)

Omistussuhde tiettyyn hyödykkeeseen saa henkilön arvostamaan hyödykettä enemmän, kuin jos henkilö olisi tilanteessa, jossa hän ei omista kyseistä hyödykettä. Omistusvaikutusta havainnollistetaan yleensä kahdella eri paradigmalla. Koehenkilöt, joille annetaan satunnaisesti toinen kahdesta hyödykkeestä, ovat haluttomampia vaihtamaan sen toiseen hyödykkeeseen, jota henkilöt eivät omista. Toisella tavalla kuvattuna hyödykkeen omistava henkilö on valmis luopumaan hyödykkeestä korkeampaa summaa vastaan kuin henkilö ostamaan kyseisen hyödykkeen, jota ei vielä omista [Morewedge and Giblin, 2015].

Omistusvaikutuksella voi portfoliopäätöksenteossa olla rooli sellaisissa toimenpiteissä, joihin päätöksentekijällä on omistussuhde. Kyseinen esimerkki

on liitettävissä myös status quo -vinoumaan, missä henkilö on haluton muuttamaan lähtötilannetta [Samuelson and Zeckhauser, 1988].

### 3.3 Ankkuroituminen (anchoring)

On tavanomaista, että koehenkilö ankkuroituu heuristisesti ensin esille tulleen toimenpiteeseen, vaikka myöhempi rationaalinen tarkastelu osoittaisikin jonkin muun toimenpiteen olevan parempi vaihtoehto [Tversky and Kahneman, 1974]. Tverskyn ja Kahnemanin tekemässä tutkimuksessa koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan erilaisia määriä, kuten Afrikan maiden prosenttiosuutta YK:sta. Ennen jokaista arviointikertaa koehenkilölle annettiin lähtöarvo 0 ja 100:n väliltä. Kokeessa havaittiin korrelaatio lähtöarvon ja koehenkilön valitseman loppuarvon välillä – koeryhmät lähtöarvoilla 10 ja 65 valitsivat prosenttiosuudeksi keskimäärin 25 ja 45.

Ankkuroitumisvinouma pystytään havaitsemaan myös portfoliopäätöksenteossa. Päätöksentekijä alitajuisesti lukittuu ensimmäiseen strategiaan, jota hän pitää järkevänä ja josta hänen on vaikea siirtyä strategiaan, joka tuottaisi hänelle paremman lopputuloksen analyttisen tarkastelun kautta. Myös ankkuroitumisvinouma voidaan liittää status quo -vinoumaan, jossa portfolion muodostaja on luonut itselleen lähtöasetelman, status quon, jota on vaikea lähteä muuttamaan [Samuelson and Zeckhauser, 1988]. Koehenkilö tulee sitoutuneeksi ennenaikaisesti luomaansa portfolioon.

### 3.4 Kapeakatseisuus (narrow thinking)

Ihmisellä on taipumus tarkastella päätöksiään kapeakatseisesti tilanteessa, jossa olisi hyödyllisempää ottaa päätöksen vaikutukset laaja-alaisemmin huomioon [Read et al., 1999]. Tämä on syytä ottaa huomioon myös portfoliopäätöksenteossa. Kapeakatseisuuteen johtaa usein välinpitämättömyys tai tahaton huolimattomuus.

Mikäli portfolion muodostamisessa keskitytään liikaa yksittäisten strategioiden ominaisuuksiin, on riski, että menetetään hyödyt, joita saataisiin, mikäli mallia tarkasteltaisiin kokonaisuutena. Strategioilla voi olla yhteisvaikutuksia, jotka summautuvat eri tavalla kumulatiivisesti kuin yksittäisinä toimenpiteinä. Lisäksi strategioiden hyödyillä voi olla toisia hyötyjä heikentävä vaikutus [Lahtinen et al., 2017b].

Strategioiden yhteinen haittavaikutus ei vastaavasti ole välttämättä suoraan

kumulatiivinen. Lisäksi useammalle strategialle voi koitua ainoastaan yksi pohjakustannus, mitä ei havaita yksittäistarkastelulla. Portfolion strategioiden arviointi yksittäisten kriteereiden perusteella on riski absoluuttisesti parhaan strategiakokonaisuuden valinnalle.

### 3.5 Näkökulmien avulla eliminointi (elimination by aspects)

Ihmisen epävarmuus päätöksentekijänä saa hänet luomaan prosesseja, joilla pyritään helpottamaan päätöksentekoa. Yksi työtaakkaa vähentävä päätöksentekotapa on näkökulmien avulla eliminointi (elimination by aspects), missä päätöksentekijä vertailee kunkin strategian yksittäisiä ominaisuuksia keskenään ja poissulkee menetelmiä tämän perusteella [Tversky, 1972]. Tversky antaa esimerkin, jossa etsitään parasta mahdollista ohjelmointiopetusta tarjoavaa yritystä. Muodostettujen vaatimusten (internetyhteys, työnvälitystoiminta) avulla poissuljetaan kohteita, jotka eivät täytä annettuja vaatimuksia. Jäljelle jäänyttä kohdetta pidetään tällöin parhaana vaihtoehtona. Tämä menetelmä ei välttämättä ole kuitenkaan paras mahdollinen, sillä ominaisuuksien avulla karsimisessa ominaisuuksien tarkempi kokonaisvaikutusten tarkastelu jää huomiotta.

Näkökulmien avulla tapahtuvan eliminoinnin vinoumaa pystytään soveltamaan myös portfoliopäätöksentekoon. Sen avulla tehty tarkastelu saattaa johtaa tulokseen, jossa usealla päätöksenteon kriteerillä tasavahvaksi todettu menetelmä tai menetelmäjoukko tulee eliminoiduksi.

### 3.6 Jaotteluriippuvuus (partition dependence bias)

Muodostamalla koeasetelma, jossa käyttäjälle tarjotaan valmiita vaihtoehtoja, koeasetelma ohjaa käyttäjää pois absoluuttisen neutraalista lähtötilanteesta. Vaihtoehtojen erityyppisen ryhmittelyn on myös havaittu vaikuttavan päätöksentekoon [Hämäläinen and Alaja, 2008]. Jos tarjotut vaihtoehdot ohjaavat koehenkilön päätöksentekoa, johtaa tämä jaotteluriippuvuuteen (partition dependence bias) [Fasolo et al., 2011]. Lähtöasetelmasta saattaa löytyä strategioita, joita käyttäjä ei ole itse välttämättä edes pohtinut sisällyttävänsä portfolioon tai joita hän pitää muuten vähäisinä. Mikäli kyseiset toimenpiteet on nostettu mukaan lähtöasetelmaan, käyttäjä kokee niiden olevan merkityksellisempiä. Käyttäjä antaa niille isomman arvon, kuin antaisi



omien pohjatietojensa valossa. Vastaavasti jokin käyttäjän mielestä merkittävä osakokonaisuus on voitu jaotella tai painottaa niin, että sitä ei huomioida samalla tavalla.

On kuitenkin tulosten käsittelyn mielekkyyden ja koeasetelman vertailtavuuden kannalta tärkeää, että jonkinlaista lähtöasettelua tapahtuu. Asetteluun täytyy kuitenkin kiinnittää huomiota sen neutraaliuteen sekä huomioida mahdollisesti aiheutuvat vinoumat.

### 3.7 Polkuriippuvuus

Vaiheittaisessa päätöksenteossa on yleensä haarautumisvaihtoehtoja, joissa tehtävät valinnat voivat johtaa tulosten polkuriippuvuuteen [Hämäläinen and Lahtinen, 2016] [Lahtinen et al., 2017a]. Portfoliopäätöksenteossa portfolioon osia lisätään tai poistetaan portfolioista tietyssä järjestyksessä. Portfolio-ongelmaa ratkaistaessa voi syntyä tilanteita, joissa joudutaan valitsemaan toimenpide, joka määrittää kaikkia tulevia toimenpiteitä. Strategioiden vaiheittainen tarkastelu voi johtaa siihen, että tarkastelujärjestys vaikuttaa lopulliseen portfolioon. Tietyn osapäätöksen toteuttaminen ensiksi saattaa estää jonkun toisen toimenpiteen lisäämisen portfolioon.

Päätöksenteko, jossa on haarautumisvaihtoehtoja, johtaa joka tapauksessa polkujen avulla muodostettuihin strategiakokonaisuuksiin. Sitä pystytään kuitenkin välttämään, mikäli päätöksentekijä tiedostaa polkujen haarautumisen sekä haarautumisen vinoumat ja ottaa ne huomioon päätöksenteossa.

## 4 Vinoumien tutkiminen kokeellisesti

Kokeelliseen vinoumien tutkimiseen käytettiin Aalto-yliopiston Systemianalyysin laitoksen interaktiivista verkkototeutusta, jossa tutkittiin päätöksenteon polkuriippuvuutta. [carbcut.aalto.fi] Koe oli osa professori Raimo P. Hämäläisen tutkimusryhmän Behavioural Operational Research -tutkimushanketta. Pohjamateriaalina kokeessa käytettiin Princetonin Yliopiston Carbon Mitigation Initiativen Stabilisation Wedges kiilapeliä [Pacala and Socolow, 2004][Holtinski, 2007]. Peli on alunperin suunniteltu ryhmätyöharjoitukseksi kouluille. Yksinkertaisen koeasetelman, reaali maailmaan peilautuvan ongelman ja hyvin havainnollistettujen toimenpidevaihtoehtojen vuoksi se soveltuu hyvin myös portfoliopäätöksenteon tutkimiseen. Tehtävänä on valita viidestätoista

hiilidioksidipäästöjä vähentävästä strategiasta kahdeksan strategian portfolio, jota käytettäisiin vähentämään maapallon hiilidioksidipäästökuormitusta vaaditulle tasolle.

Strategy	Sector	Description	1 wedge could come from...	Cost	Challenges
1. Efficiency – Transport		Increase automobile fuel efficiency (2 billion cars projected in 2050)	... doubling the efficiency of all world's cars from 30 to 60 mpg	\$	Car size & power
2. Conservation – Transport		Reduce miles traveled by passenger and/or freight vehicles	... cutting miles traveled by all passenger vehicles in half	\$	Increased public transport, urban design
3. Efficiency – Buildings		Increase insulation, furnace and lighting efficiency	... using best available technology in all new and existing buildings	\$	House size, consumer demand for appliances
4. Efficiency – Electricity		Increase efficiency of power generation	... raising plant efficiency from 40% to 60%	\$	Increased plant costs
5. CCS Electricity		90% of CO <sub>2</sub> from fossil fuel power plants captured, then stored underground (800 large coal plants or 1600 natural gas plants)	... injecting a volume of CO <sub>2</sub> every year equal to the volume of oil extracted	\$\$	Possibility of CO <sub>2</sub> leakage
6. CCS Hydrogen		Hydrogen fuel from fossil sources with CCS displaces hydrocarbon fuels	... producing hydrogen at 10 times the current rate	\$\$\$	New infrastructure needed, hydrogen safety issues
7. CCS Synfuels		Capture and store CO <sub>2</sub> emitted during synfuels production from coal	... using CCS at 180 large synfuels plants	\$\$	Emissions still only break even with gasoline
8. Fuel Switching – Electricity		Replacing coal-burning electric plants with natural gas plants (1400 1 GW coal plants)	... using an amount of natural gas equal to that used for all purposes today	\$	Natural gas availability
9. Nuclear Electricity		Displace coal-burning electric plants with nuclear plants (Add double current capacity)	... ~3 times the effort France put into expanding nuclear power in the 1980's, sustained for 50 years	\$\$	Weapons proliferation, nuclear waste, local opposition
10. Wind Electricity		Wind displaces coal-based electricity (10 x current capacity)	... using area equal to ~3% of U.S. land area for wind farms	\$\$	Not In My Back Yard (NIMBY)
11. Solar Electricity		Solar PV displaces coal-based electricity (100 x current capacity)	.. using the equivalent of a 100 x 200 km PV array	\$\$\$	PV cell materials
12. Wind Hydrogen		Produce hydrogen with wind electricity	... powering half the world's cars predicted for 2050 with hydrogen	\$\$\$	NIMBY, Hydrogen infrastructure, safety
13. Biofuels		Biomass fuels from plantations replace petroleum fuels	... scaling up world ethanol production by a factor of 12	\$\$	Biodiversity, competing land use
14. Forest Storage		Carbon stored in new forests	... halting deforestation in 50 years	\$	Biodiversity, competing land use
15. Soil Storage		Farming techniques increase carbon retention or storage in soils	... practicing carbon management on all the world's agricultural soils	\$	Reversed if land is deep-plowed later

Kuva 2: Kiilapelin toimenpidevaihtoehdot [Hotinski, 2007]

## 4.1 Tutkimuskysymys

Tutkimuksessa oli tarkoitus selvittää, eroavatko eri tavoin tehdyt portfoliot tai portfolioiden muodostamisen prosessi ja sen kokeminen toisistaan - eroaako strategioita karsimalla luotu portfolio toisesta, jossa strategiat lisätään

tyhjään portfolioon. Mikäli eroavaisuuksia havaitaan, pystytäänkö niitä selittämään jollain vinoumalla. Lisäksi haluttiin selvittää vaikuttaako koehenkilön tausta tuloksiin.

## 4.2 Työkalut

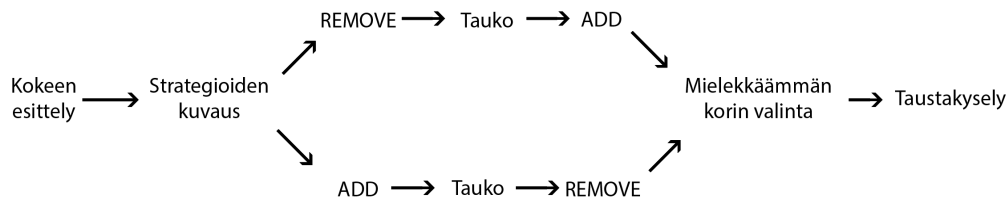
Osana kandidaatintyötä toteutin interkatiivisen verkkototeutuksen portfoliopäätöksenteon vinoumien tutkimiseen. Verkkototeutuksen tekninen osuus tehtiin käyttäen apuna moderneja web-teknologioita, kuten HTML, CSS, Javascript sekä React. Koeasetelmassa tallennettiin käyttäjän kuhunkin toimenpiteeseen kuluttama aika, kaikki käyttäjän tekemät strategian siirrot, lopulliset strategiakorit sekä käyttäjän täyttämä pohjatietolomake, joka sisälsi myös kysymyksiä korien miellekkyydestä ja menetelmien vaikeusasteen arviointia. Koetilanteesta saatu data tallennettiin lopuksi tietokantaan, josta se oli tarkasteltavissa tulosten analysointia varten. Koehenkilöä pyydettiin antamaan myös ryhmäkoodi, jolla analysointivaiheessa pystyttiin tekemään vertailua eri taustaryhmien välillä. Analysointia varten kerättiin lisäksi vastausajankohdan aikaleima, menetelmien satunnaistettu suoritusjärjestys ja strategioiden satunnaistettu esillepanojärjestys.

## 4.3 Koejärjestely

Pelissä mukana olevat viisitoista eri ”kiilaa” (Kuva 2) edustavat kukin eri toimenpidettä kasvihuonekaasujen vähentämiseksi. Kiiloihin on merkitty luokittelevat värikoodit ja symbolit hahmottamisen helpottamiseksi. Koehenkilön tehtävä on muodostaa annettujen tietojen perusteella itseään miellyttävä päätösportfolio. Pelin kiilat on suunniteltu niin, että kunkin kiilan aikaansaama päästövähennys on yhtä suuri. Kustannukset ja teknologiset haasteet kiilan tavoitteiden aikaansaamiseksi kuitenkin vaihtelevat.

Kokeessa koehenkilön tehtävä oli muodostaa ilmastostrategioista päätösportfolio kahdella eri tavalla. Käyttäjälle arvottiin satunnaisessa järjestyksessä ensiksi tyhjä tai täysi ”päästöskori”, johon koehenkilön tuli sisällyttää kahdeksan toimenpidettä joko niitä lisäten tai poistaen. Tämän lisäksi koe toistettiin asetelmalla, jossa lähtötilanne oli päinvastainen. Tutkimuksessa seurattiin koehenkilön päätöksentekopolkua sekä tutkittiin valittua toimenpidekonaisuutta.

Koetehtävä koostui useasta vaiheesta (Kuva 3). Ensin koehenkilölle esiteltiin pelin tavoitteet, toimenpiteiden jaottelu sekä jokainen toimenpide yksityis-



Kuva 3: Vuokaavio koetehtävästä. Koehenkilö toteuttaa ADD ja REMOVE -menetelmät satunnaisessa järjestyksessä.

kohtaisemmin. Tämän jälkeen käyttäjää pyydettiin muodostamaan päätöksentekokori joko lisäämällä tai poistamalla, sekä myöhemmin päinvastaisella menetelmällä. Menetelmien välissä käyttäjää kehoitettiin pitämään tauko. Tehtyään korin kummallakin menetelmällä, koehenkilöä pyydettiin arvioimaan mieleisempi kori, sekä vastaamaan taustakyselyyn.

Ensimmäisessä vaiheessa koehenkilö pystyi tutustumaan omaan tahtiin kuhunkin toimenpidekiilaan. Kiilojen esittelyssä kuvailtiin lyhyesti jokaista kiilaa, esiteltiin, miten päästövähennys saadaan aikaan, arvioitiin kiilan tavoitteisiin pääsemisen kustannusvaikutuksia kolmeportaisella asteikolla (\$, \$\$, \$\$\$) sekä nostettiin esille haasteita kiilan tavoitteisiin pääsemiseksi. Esittelyvaiheissa esiteltiin myös kiilojen värikoodaus, joka jakaa kiilat neljään eri luokkaan: energiatehokkuus ja energiansäästö, fossiilisiin energiamuotoihin perustuvat strategiat, ydinvoima sekä uusiutuvat energianlähteet ja biovarastointi.

Tämän jälkeen koehenkilö muodosti portfolion kahdella eri menetelmällä (Add & Remove). Menetelmien järjestys oli satunnaistettu. Add-menetelmässä koehenkilö aloitti tilanteesta, jossa hänellä on vasemmalla puolella selainikkunaa lueteltu kaikki 15 toimenpidettä ja oikealla tyhjä päätöskori, johon hänen tuli siirtää kahdeksan haluamaansa toimenpidekiilaa. Kuva 4 havainnollistaa korinmuodostusta vaiheesta, jossa toimenpidekorissa on vaadittu määrää strategioita. Remove-menetelmässä kaikki toimenpiteet olivat lähtötilanteessa päätöskorissa ja hänen tuli poistaa sieltä seitsemän, jotta kahdeksan toimenpiteen portfolio täyttyi. Kummassakin lähtöasetelmässä toimenpidekiilojen järjestys oli satunnaistettu mahdollisimman luotettavan lopputuloksen mahdollistamiseksi.

Koehenkilö pystyi liikuttelemaan toimenpiteitä edestakaisin toimenpidekorien välillä (Kuva 5). Jokaisesta toimenpiteen siirrosta kerättiin myös tietoa analysointia varten. Kun koehenkilö oli suorittanut tehtävän, häntä keho-

**Strategies not included in the basket**  
Click on strategy to add it into the basket.

<b>3. Efficiency - Buildings</b>		Increase insulation, furnace and lighting efficiency
<b>4. Efficiency - Electricity</b>		Increase efficiency of power generation
<b>5. CCS Electricity</b>		90% of CO <sub>2</sub> from fossil fuel power plants captured, then stored underground (800 large coal plants or 1600 natural gas plants)
<b>7. CCS Synfuels</b>		Capture and store CO <sub>2</sub> emitted during synfuels production from coal
<b>8. Fuel Switching - Electricity</b>		Replacing coal-burning electric plants with natural gas plants (1400 1 GW coal plants)
<b>12. Wind Hydrogen</b>		Produce hydrogen with wind electricity
<b>15. Soil Storage</b>		Farming techniques increase carbon retention or storage in soils

**Your basket of strategies**  
Click on strategy to remove it from the basket.

<b>10. Wind Electricity</b>		Wind displaces coal-based electricity (10 x current capacity)
<b>14. Forest Storage</b>		Carbon stored in new forests
<b>11. Solar Electricity</b>		Solar PV displaces coal-based electricity (100 x current capacity)
<b>1. Efficiency - Transport</b>		Increase automobile fuel efficiency (2 billion cars projected in 2050)
<b>2. Conservation - Transport</b>		Reduce miles traveled by passenger and/or freight vehicles
<b>9. Nuclear Electricity</b>		Displace coal-burning electric plants with nuclear plants (Add double current capacity)
<b>13. Biofuels</b>		Biomass fuels from plantations replace petroleum fuels
<b>6. CCS Hydrogen</b>		Hydrogen fuel from fossil sources with CCS displaces hydrocarbon fuels

Kuva 4: Kuvankaappaus carbcut.aalto.fi -koeasetelman toiminnasta. Oikealla puolella valmis päätöskori.

**Strategies not included in the basket**  
Click on strategy to add it into the basket.

<b>6. CCS Hydrogen</b>		Hydrogen fuel from fossil sources with CCS displaces hydrocarbon fuels
<b>12. Wind Hydrogen</b>		Produce hydrogen with wind electricity
<b>3. Efficiency - Buildings</b>		Increase insulation, furnace and lighting efficiency
<b>2. Conservation - Transport</b>		Reduce miles traveled by passenger and/or freight vehicles

**Your basket of strategies**  
Click on strategy to remove it from the basket.

<b>15. Soil Storage</b>		Farming techniques increase carbon retention or storage in soils
<b>... practicing carbon management on all the world's agricultural soils</b>		\$ Reversed if land is deep-plowed later
Do not include in the basket <input type="button" value="Confirm"/> <input type="button" value="Cancel"/>		

Kuva 5: Kuvankaappaus carbcut.aalto.fi -koeasetelman toiminnasta. Toimenpiteen klikkaaminen avaa lisätietokentän sekä paljastaa napit, joilla koehenkilö pystyy siirtämään kiiloja.

tettiin tarkastelemaan toimenpideportfoliotaan ja tekemään vaihtoja, mikäli koki sen tarpeelliseksi.

#### 4.4 Koehenkilöt

Koehenkilöt osallistuivat tutkimukseen keväällä 2018. Koehenkilöille annettiin linkki [carbcut.aalto.fi](http://carbcut.aalto.fi) -internetsivulle, jossa koe toteutettiin. Koe toteutettiin pääosin yhteistilaisuuksina luokkahuoneissa. Osallistujat koostuivat pääasiassa yliopistojen opiskelijoista sekä tutkijoista (Taulukko 1). Osallistujia oli 291 ja suurin osa (n=163) ilmoitti korkeimmaksi tutkinnokseen toisen asteen koulutuksen. Osalle koehenkilöistä koe oli osa kurssisuoritusta ja sen suorittamisesta jaettiin palkkiona lisäpisteitä. Kokeeseen osallistuneet tutkijat olivat vapaaehtoisia. Koulutustaustaltaan kauppatieteilijöitä oli 142 henkilöä ja tekniikan alalta 129 henkilöä. 25 % kyselyyn vastanneista oli naisia.

Taulukko 1: Koehenkilöiden rekrytointi

Ryhmä	n
Sov.mat. tietokonetyöt	47
Talousmatematiikka (BIZ)	116
Optimoinnin perusteet	86
BOR-konferenssi EAWAG	28
Muut	14
Naiset	73
Miehet	214
<b>Yhteensä</b>	<b>291</b>

## 5 Tulokset

Koeasetelmassa valitut toimenpiteet jakautuivat melko tasaisesti. Suosituimpia toimenpiteitä olivat liikenteen sekä energiatuotannon tehokkuuden kasvattaminen, tuuli- ja aurinkoenergian osuuden kasvattaminen energiantuotannossa sekä metsäkadon estäminen. Hiilidioksidin talteenottoon liittyviä toimenpiteitä 5, 6 ja 7 valittiin huomattavan vähän (Taulukko 2). On mahdollista, että hiilidioksidin talteenotto koetaan vieraammaksi ja tämän vuoksi

kyseisiä strategioita valittiin vähemmän. Talteenottoon perustuvat strategiat oli myös merkitty kustannuksiltaan kalliimmiksi.

Taulukko 2: Valittujen toimenpiteiden jakauma.

Toimenpide	ADD	REMOVE
1	215	213
2	166	158
3	222	211
4	225	233
5	64	64
6	63	64
7	37	39
8	117	123
9	184	185
10	205	219
11	221	219
12	121	117
13	134	137
14	205	212
15	117	102

Add ja Remove -menetelmillä muodostetut korit olivat 108 vastaajalla täysin identtiset (Taulukko 3). Keskimääräisesti korit olivat vastaajilla hyvin samanlaiset, eikä strategian toteutusmenetelmällä ollut juurikaan merkitystä lopullisiin koreihin. Huomionarvoista on, että menetelmien järjestys vaikutti hieman koreihin. Remove -korilla syntyi keskimäärin hieman enemmän hajontaa eri strategioiden välillä.

Koehenkilöitä pyydettiin arvioimaan menetelmien vaikeusastetta viisiportaisella asteikolla (1 helppo - 5 vaikea). Menetelmien välillä koettujen vaikeusasteiden ero oli huomattava - Remove-menetelmä koettiin keskimäärin vaikeammaksi (Taulukko 4). Lisäksi merkittävää oli, että Remove-menetelmään käytettiin keskimäärin enemmän aikaa, kuin Add-menetelmään (Taulukko 5). Kokeen kokonaiskesto oli lyhyempi kuin käyttäjälle etukäteen ilmoitettu kestoarvio (30min).

Tietoa kerättiin myös menetelmien välisestä suoritusjärjestyksestä. Suoritusjärjestyksen vaikutus portfolion muodostamisen keston oli huomattava. Ensin suoritettuun menetelmään kulutettiin huomattavasti kauemmin aikaa (Taulukko 6). Ratkaisutavasta riippumatta toisena tehdyn menetelmän suoritusajan keskiarvo oli kuitenkin lähes identtinen. Erityisen huomionarvoinen

Taulukko 3: Menetelmien väliset erot

	Vastauksia
Täysin identtiset toimenpidekorit	108
Samoja toimenpiteitä keskimäärin (max. 8)	6.98
Samoja toimenpiteitä keskimäärin, kun ADD tehty ensin	7.09
Samoja toimenpiteitä keskimäärin, kun REMOVE tehty ensin	6.89

Taulukko 4: Keskimääräinen koettu vaikeusaste (1 helppo - 5 vaikea)

ADD -menetelmä	2.54
REMOVE - menetelmä	2.91
P-arvo	< 0.0001

on aikaero ensimmäisenä suoritettujen menetelmien välillä. Mikäli kori tehtiin ensin remove-menetelmällä, kului siihen 15 % kauemmin, kuin jos se olisi toteutettu add-menetelmällä.

Koetilanteessa kerättiin dataa myös strategioiden siirtämisestä toimenpidekorien välillä portfolion muodostusvaiheessa, sekä sen jälkeen. Kun koehenkilö oli muodostanut korin, häntä kannustettiin vielä tarkastelemaan koria ja tekemään tarvittaessa vaihtoja. Toimenpiteiden takaisinsiirtoja tehtiin kuitenkin huomattavan vähän sekä korin muodostamisen aikana, että sen jälkeen (Taulukko 7). Suurin osa vastaajista jatkoi ilman muutoksia kummallakin menetelmällä.

## 6 Havaintojen tulkitseminen

Eri menetelmillä muodostettujen korien välillä ei ollut merkittävää eroa. Lisäksi kyselyyn osallistuneiden koehenkilöiden koulutustausta ei myöskään vaikuttanut merkittävästi muodostettuihin koreihin. On huomionarvoista, että koehenkilöt koostuivat pääasiassa yliopistojen opiskelijoista, sekä tutkijoista. Koehenkilöiden laajemmassa otannassa saattaisi esiintyä enemmän eroavaisuuksia valittujen strategioiden suhteen.

Remove-menetelmä koetaan keskimäärin vaikeampana ja sen avulla tehdyn päätöskorin muodostamiseen käytettiin myös keskimäärin huomattavasti enemmän aikaa, kuin Add-menetelmän avulla tehdyn korin muodostamiseen. Osa vastaajista koki Remove-menetelmän helpommaksi, mutta keskiarvo on kuitenkin päinvastainen (Kuva 6). Tämän voidaan ajatella johtuvan joko omistusvaikutuksesta tai tappioiden välttelystä. Omistusvaikutuksen perusteella



Taulukko 5: Kokeeseen kulutettu aika (s)

Kokeen kuvaus ja strategioiden esittely	333.7
ADD-menetelmä	158.9
Remove-menetelmä	185.5
Mielekkäämmän korin valinta ja taustatietokysely	231.3
Kokonaiskesto	973.1

Taulukko 6: Polkuriippuvuus

Aika(s)	ADD	REMOVE
Kun tehty ensimmäisenä	213.2	244.9
Kun tehty toisena	113.9	114.1
Vaikeus (1-5)	ADD	REMOVE
Kun tehty ensimmäisenä	2.57	3.16
Kun tehty toisena	2.51	2.58

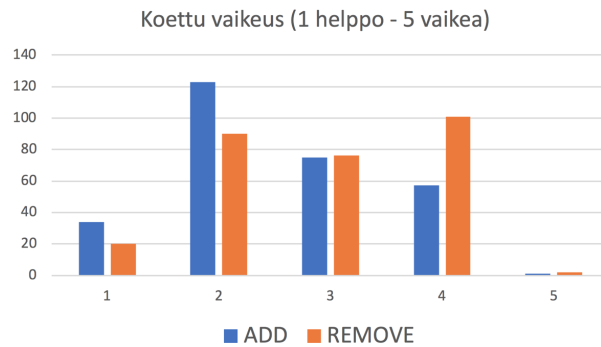
koehenkilö ei halua luopua strategiasta, jonka hän kokee jo omistavansa. Vastaavasti tappioiden välttelyn perusteella koehenkilö ei halua menettää strategian tuomia hyötyjä. Voidaan myös ajatella remove-menetelmän olevan epäselvempi - Add-menetelmällä käyttäjä näkee selkeämmin tavoitekoriin valitut strategiat koko ajan. Remove-menetelmällä lopputuloksen näkeminen kesken suorituksen on haastavampaa, sillä lopulliseksi tarkoitettussa korissa on muodostamisvaiheessa mukana myös korista poistettavaksi tarkoitettut strategiat.

## 7 Johtopäätökset

Tämä tutkimus on yksi ensimmäisistä yrityksistä tutkia harhoja portfolio-päätöksenteossa. Koeasetelmassa eri polkuja käyttämällä saatujen lopputulosten ero ei osoittautunut merkittäväksi, mutta ratkaisunteossa voi esiintyä merkittäviä eroja keston ja koetun vaikeuden osalta. Paremmaksi koetun menetelmän välillä oli hajontaa ja sama menetelmä ei välttämättä sovellu

Taulukko 7: Toimenpiteiden takaisinsiirto

	ADD	REMOVE
Ei korjailua	259	251
Korin muodostamisen aikana	20	18
Lopussa	12	22



Kuva 6: Vaikeusasteen jakautuminen

kaikille. Mahdollisena jatkokysymyksenä voidaan tutkia eri menetelmien soveltuvuutta eri päätöksentekijöille. Tutkimustyö on vasta alussa.

Inhimillisen päätöksenteon vinoumien tutkimus on kiinnostava ja tärkeä tutkimusalue. Kun vinoumia tutkitaan on seuraava tärkeä asia etsiä keinoja niiden välttämiseksi. Se on kuitenkin tämän työn rajauksen ulkopuolella. Koska portfoliotehtävät ovat yhä tärkeämmässä roolissa erityisesti ympäristöpäätöksenteossa, on aihe hyvin ajankohtainen [Lahtinen et al., 2017a] [Lahtinen et al., 2017b]. Tässä kandidaatintyössä kehitetty koejärjestely on jatkokäytössä systeemianalyysin laboratoriossa, missä datan keräämistä jatketaan eri taustarymiltä ja eri kulttuureista.

## Viitteet

- Barbara Fasolo, Alec Morton, and Detlof von Winterfeldt. Behavioural issues in portfolio decision analysis. In Ahti Salo, Jeff Keisler, and Alec Morton, editors, *Portfolio Decision Analysis*, pages 149–165. Springer, 2011.
- Raimo P Hämäläinen and Susanna Alaja. The threat of weighting biases in environmental decision analysis. *Ecological Economics*, 68(1-2):556–569, 2008.
- Raimo P Hämäläinen and Tuomas J Lahtinen. Path dependence in operational research—how the modeling process can influence the results. *Operations Research Perspectives*, 3:14–20, 2016.
- Raimo P Hämäläinen, Jukka Luoma, and Esa Saarinen. On the importance of behavioral operational research: The case of understanding and communicating about dynamic systems. *European Journal of Operational Research*, 228(3):623–634, 2013.
- Roberta Hotinski. Stabilization wedges: a concept game. *Princeton Environmental Institute*, (September 2011):16, 2007.
- Daniel Kahneman, Jack L Knetsch, Richard H Thaler, Henrietta Johnson, and Louis Professor. Anomalies The Endowment Effect, Loss Aversion, and Status Quo Bias. *Journal of Economic Perspectives*, 5(1):193–206, 1991.
- Tuomas J. Lahtinen, Joseph H.A. Guillaume, and Raimo P. Hämäläinen. Why pay attention to paths in the practice of environmental modelling? *Environmental Modelling & Software*, 92:74–81, 2017a.
- Tuomas J. Lahtinen, Raimo P. Hämäläinen, and Juuso Liesiö. Portfolio decision analysis methods in environmental decision making. *Environmental Modelling & Software*, 94:73–86, 2017b.
- Harry Markowitz. Portfolio selection. *The journal of finance*, 7(1):77–91, 1952.
- Gilberto Montibeller and Detlof von Winterfeldt. Cognitive and Motivational Biases in Decision and Risk Analysis. *Risk Analysis*, 35(7):1230–1251, 2015.
- Carey K. Morewedge and Colleen E. Giblein. Explanations of the endowment effect: An integrative review. *Trends in Cognitive Sciences*, 19(6):339–348, 2015.

- S. Pacala and R. Socolow. Stabilization wedges: Solving the climate problem for the next 50 years with current technologies. *Science*, 305(5686):968–972, 2004.
- Daniel Read, George Loewenstein, and Matthew Rabin. Choice Bracketing. pages 171–197, 1999.
- Ahti Salo, Jeff Keisler, and Alec Morton, editors. *Portfolio decision analysis: improved methods for resource allocation*. Springer, 2011.
- William Samuelson and Richard Zeckhauser. Status Quo Bias in Decision Making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1:7–59, 1988.
- Amos Tversky. Elimination by aspects: A theory of choice. *Psychological Review*, 79(4):281–299, 1972.
- Amos Tversky and Daniel Kahneman. Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185(4157):585–600, 1974.

## A Koejärjestely

[Continue](#)

### Welcome to CarbCut

You are participating in our research in people's decision making styles. In this task you will learn and make decisions about carbon mitigation strategies. Your data will remain anonymous and will be used in our academic research only. Duration: about 20 minutes.



Background material used with the permission of the [Carbon Mitigation Initiative Princeton University](#).

This is a research project in the Systems Analysis Laboratory, Aalto University. Principal Investigator [Professor Raimo P. Hämmäläinen](#)

Kuva A.1: Kuvankaappaus kiilapelin etusivusta. [carbcut.aalto.fi]

You have 0 strategies in your basket. To reach a basket of 8 strategies, please add 8.  
Scroll down to see all the strategies.

**Strategies not included in the basket**  
Click on strategy to add it into the basket.

<b>6. CCS Hydrogen</b>		Hydrogen fuel from fossil sources with CCS displaces hydrocarbon fuels
<b>15. Soil Storage</b>		Farming techniques increase carbon retention or storage in soils
<b>7. CCS Synfuels</b>		Capture and store CO <sub>2</sub> emitted during synfuels production from coal
<b>11. Solar Electricity</b>		Solar PV displaces coal-based electricity (100 x current capacity)
<b>2. Conservation - Transport</b>		Reduce miles traveled by passenger and/or freight vehicles
<b>9. Nuclear Electricity</b>		Displace coal-burning electric plants with nuclear plants (Add double current capacity)
<b>4. Efficiency – Electricity</b>		Increase efficiency of power generation
<b>8. Fuel Switching – Electricity</b>		Replacing coal-burning electric plants with natural gas plants (1400 1 GW coal plants)
<b>12. Wind Hydrogen</b>		Produce hydrogen with wind electricity
<b>14. Forest Storage</b>		Carbon stored in new forests
<b>10. Wind Electricity</b>		Wind displaces coal-based electricity (10 x current capacity)
<b>1. Efficiency – Transport</b>		Increase automobile fuel efficiency (2 billion cars projected in 2050)
<b>3. Efficiency - Buildings</b>		Increase insulation, furnace and lighting efficiency
<b>5. CCS Electricity</b>		90% of CO <sub>2</sub> from fossil fuel power plants captured, then stored underground (800 large coal plants or 1600 natural gas plants)
<b>13. Biofuels</b>		Biomass fuels from plantations replace petroleum fuels

**Your basket of strategies**

Click on strategy to remove it from the basket.

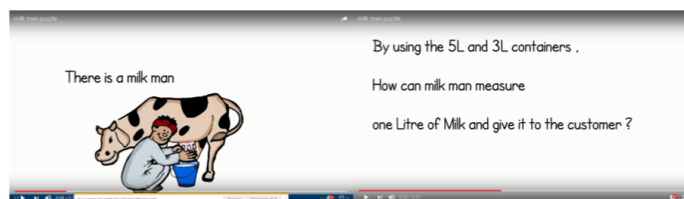
Your basket is empty

Kuva A.2: Kuvankaappaus kiilapelin add-vaiheen alkutilanteesta. [carbcut.aalto.fi]

[Continue](#)

**Thank you for completing the first stage**  
In the Second stage we ask you to create the basket using another procedure.

Before continuing please relax for 2 minutes with other thoughts  
or  
Do the Milk Man Puzzle :



The answer will be shown to you in the end
















Kuva A.3: Kuvankaappaus kiilapelin portfoliot tehtävien välisivusta.  
[carbcut.aalto.fi]

You have 15 strategies in your basket. To reach a basket of 8 strategies **please remove 7**.  
Scroll down to see all the strategies.

**Strategies not included in the basket**  
Click on strategy to add it into the basket.

### Your basket of strategies

Click on strategy to remove it from the basket.

<b>4. Efficiency – Electricity</b>		Increase efficiency of power generation
<b>13. Biofuels</b>		Biomass fuels from plantations replace petroleum fuels
<b>3. Efficiency - Buildings</b>		Increase insulation, furnace and lighting efficiency
<b>9. Nuclear Electricity</b>		Displace coal-burning electric plants with nuclear plants (Add double current capacity)
<b>7. CCS Synfuels</b>		Capture and store CO <sub>2</sub> emitted during synfuels production from coal
<b>11. Solar Electricity</b>		Solar PV displaces coal-based electricity (100 x current capacity)
<b>5. CCS Electricity</b>		90% of CO <sub>2</sub> from fossil fuel power plants captured, then stored underground (800 large coal plants or 1600 natural gas plants)
<b>10. Wind Electricity</b>		Wind displaces coal-based electricity (10 x current capacity)
<b>15. Soil Storage</b>		Farming techniques increase carbon retention or storage in soils
<b>14. Forest Storage</b>		Carbon stored in new forests
<b>12. Wind Hydrogen</b>		Produce hydrogen with wind electricity
<b>2. Conservation - Transport</b>		Reduce miles traveled by passenger and/or freight vehicles
<b>8. Fuel Switching – Electricity</b>		Replacing coal-burning electric plants with natural gas plants (1400 1 GW coal plants)
<b>1. Efficiency – Transport</b>		Increase automobile fuel efficiency (2 billion cars projected in 2050)
<b>6. CCS Hydrogen</b>		Hydrogen fuel from fossil sources with CCS displaces hydrocarbon fuels

Kuva A.4: Kuvankaappaus kiilapelin remove-vaiheen alkutilanteesta. [carbcut.aalto.fi]



You have now completed your decision task. Please answer the following questions.

---

You created a basket of strategies following two procedures. Please rate procedures used.

**Adding strategies into the basket**

very easy  easy  not easy nor difficult  difficult  very difficult

**Removing extra strategies from the basket**

very easy  easy  not easy nor difficult  difficult  very difficult

In the adding procedure, which of these perspectives did you consider when creating the basket?

**The positive and negative interactions or synergies between the strategies**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

**Costs**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

**Feasibility**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

In the removing procedure, which of these perspectives did you consider when creating the basket?

**The positive and negative interactions or synergies between the strategies**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

**Costs**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

**Feasibility**

not at all  somewhat  moderately  much  very much

Please try to explain your thought process and feelings when adding strategies into the basket.

Please try to explain your thought process and feelings when removing strategies from the basket.

Go forward

Kuva A.5: Kuvankaappaus kiilapelin verkkototeutuksen kyselystä.  
[carbcut.aalto.fi]

Finally, please answer the following background questions.

**I am**

- Working
- Studying
- Retired
- Other / No answer

**Highest degree earned**

- High School
- Bachelor
- Vocational
- Master's
- Doctoral
- Other / No answer

**Field of studies / profession**

- Agricultural, Forestry
- Business, Economics
- Culture, Arts
- Education
- Healthcare
- Engineering, Science
- Environmental
- Public Administration, Social
- Other / No answer

**Your country**

-- select one --

**Age**

**Sex**

- Male
- Female
- Other / No answer

Send survey

Kuva A.6: Kuvankaappaus kiilapelin verkkototeutuksen taustatietolomakkeesta [carbcut.aalto.fi]