



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Portfoliolähestymistapa CO₂ –kiilapelin analysoinnissa

Tuomas Lahtinen

23.01.2012

Ohjaaja: Raimo Hämmäläinen

Valvoja: Raimo Hämmäläinen

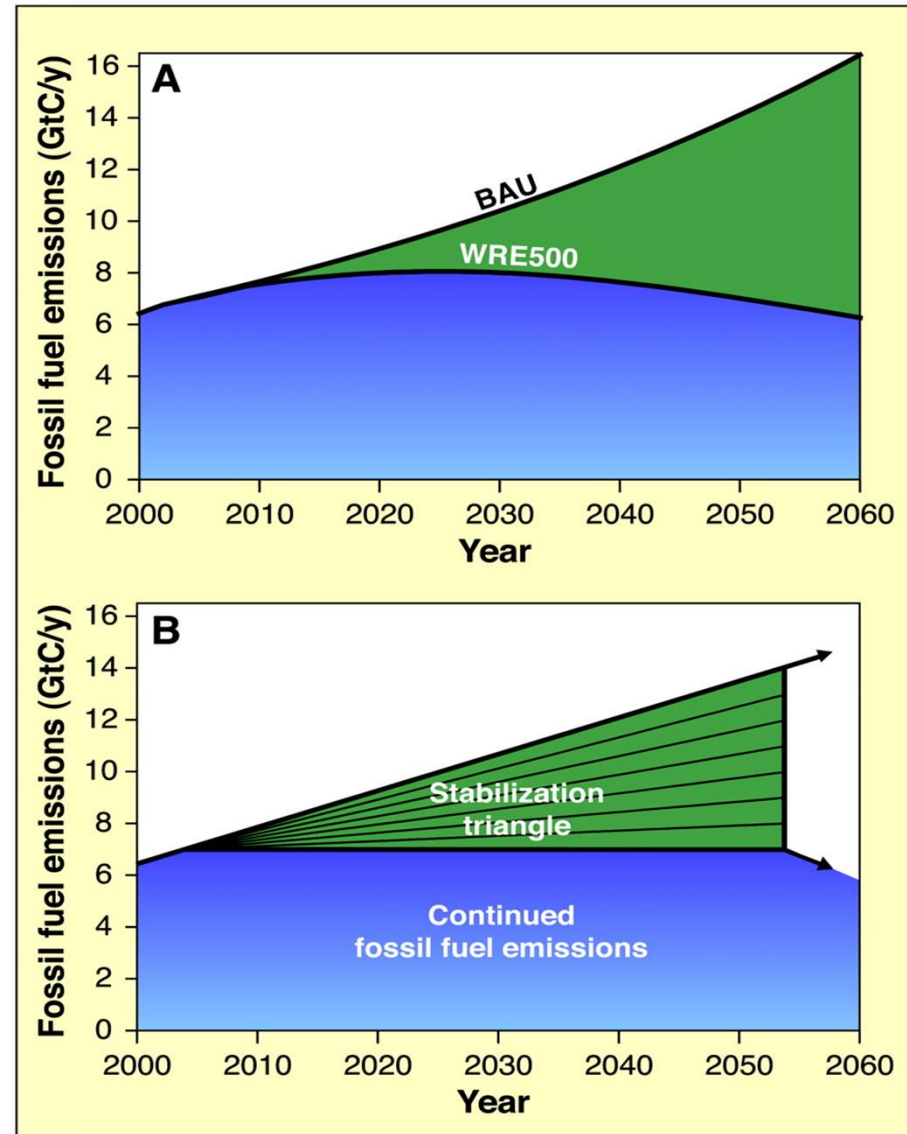
Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Portfolio-ongelma

- Valitaan yksittäisistä päätösvaihtoehdoista sopivaa yhdistelmää
- Yksittäisiä projekteja valittaessa saatetaan valita liian "keskimääräisiä" projekteja - ei mitään kannalta liian huonoja, muttei hyviäkään
- Portfoliossa lasketaan valittujen projektien yhteisvaikutukset eri kriteerien suhteen -> parempi ratkaisu kokonaisuuden kannalta.

Kiilapeli

Princeton University
Carbon Mitigation
Initiative (CMI),
Stabilization Wedges
Game










Kuva: CMI:n sivuilta

Kiilapeli

- Tavoitteena valita kahdeksan CO2 päästöjä ehkäisevää osastrategiaa, joilla on haluttu yhteisvaikutus
- 15 osastrategiaa kolmelta eri sektorilta
- Kultakin sektorilta max 5-6 osastrategiaa

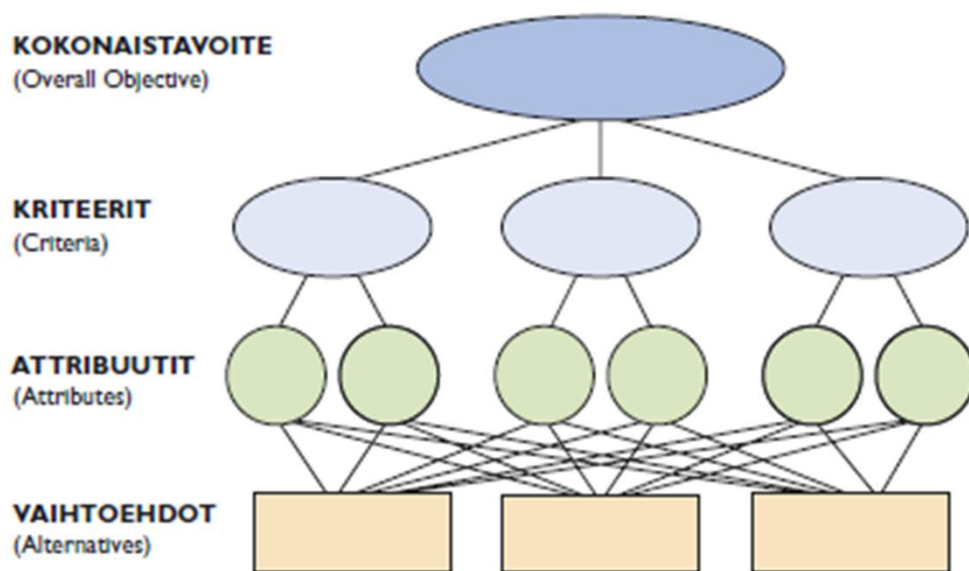
Osastrategiat

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 ₂ from fossil fuel power plants captured, then stored underground (800 large coal plants or 1600 natural gas plants)	... injecting a volume of CO ₂ every year equal to the volume of oil extracted	\$\$	Possibility of CO ₂ 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 ₂ 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: CMI:n Wedge Game Teachers manual

Arvopuulähestymistapa



- Vaihtoehdon arvo kokonaistavoitteen suhteen on kriteerikohtaisten arvojen painotettu keskiarvo

Kuva: Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa (Marttunen ja muita 2008, SYKE)

RPM

- Vaihtoehtojoukko $X = (x^1, \dots, x^m)$
- Portfoliojoukko $P = 2^X$
- Rajoitusehdot: $P_F = \{p \in P \mid C(p) \leq B\}$
- Portfolion arvo käyttäen additiivista mallia

$$V(p, w, v) = \sum_{x^k \in p} \sum_{i=1}^n w_i v_i(x^k)$$

- Epätäydellinen informaatio: Kriteerikohtaisia arvoja v ja kriteerien painoja w ei tunneta tarkasti

RPM

- Portfolio on dominoitu, jos toinen portfolio tuottaa sitä paremman kokonaistavoitteen arvon kaikilla mahdollisilla painojen ja kriteerikohtaisten arvojen yhdistelmillä
- RPM:lla lasketaan ei-dominoitujen portfolioiden joukko

- Huomataan, että RPM –menetelmä sopii kiilapelin analysoimiseen erinomaisesti
- Pelin muotoilu portfolioanalyysiin sopivaksi:
 - Portfoliot:** Eri strategiayhdistelmät
 - Tavoite:** Valita yhdistelmä, joka on helpoin toteuttaa
 - Kriteerejä:** Hinta, poliittiset esteet, teknologia...
 - Rajoitusehdot:** 8 kiilaa, eri sektoreilta tietty määrä kiiloja
 - Epätäydellinen informaatio:** Eri toimenpiteiden vaikutuksia ja eri kriteerien välisiä painokertoimia ei osata asettaa tarkasti

Tietolähteitä

- S. Pacala, R. Socolow 04, Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies, *Science*
- <http://cmi.princeton.edu/wedges/game.php>
- Baker, muita 2009. Carbon capture and storage: combining economic analysis with expert elicitations to inform climate policy. *Climatic Change*
- Liesiö, J., Mild, P., Salo, A., (2008). Robust Portfolio Modeling with Incomplete Cost Information and Project Interdependencies, *European Journal of Operational Research*, Vol. 190, pp. 679-695.
- Salo, Keisler, Morton 2011, Portfolio Decision Analysis
- Karvetski, Lambert, Keisler, Linkov 2011. Integration of Decision Analysis and Scenario Planning for Coastal Engineering and Climate Change. *IEEE Transaction on systems, man, and cybernetics*. – Part A: Systems and Humans Vol. 41

Aikataulusta

- Työ on jo hyvässä vauhdissa. Kevään aikana viilaan vielä yksityiskohtia ja kirjoitan kandityön.