Energy Visions 2050

Globaali energia- ja ilmastotulevaisuus - skenaarioita vuoteen 2050

Erikoistutkija Tiina Koljonen, VTT Energiajärjestelmät

Hiilitiedon lounastapaaminen 9.9.2009, Ostrobotnia

Business from technology

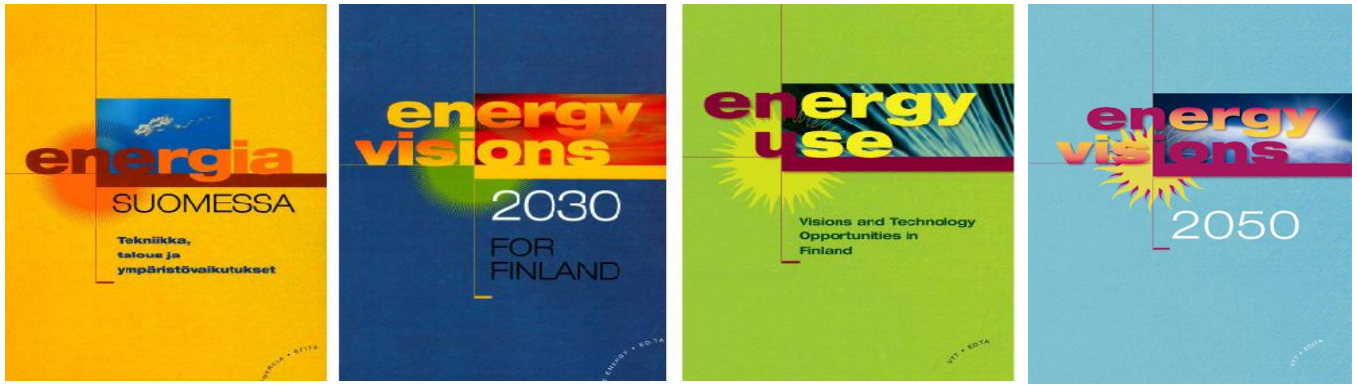
VTT ENERGIAJÄRJESTELMÄT

- Tutkimuksen painopisteet
  - Energiamarkkinat ja -talous (sähkö- ja polttoaine-markkinat, päästöoikeusmarkkinat, energiavarmuus, energian kysyntä, investointien kannattavuus)
  - Energiainfrastruktuuri (sähkö, lämpö, kylmä, energiavarastot, DSM)
  - Ilmastonmuutos (globaalit päästöskenaariot, khk-päästöjen laskentamenetelmät, hillintä ml. taakanjako)
  - Tuulivoima (teknologiat, integraatio energia-järjestelmään, mittaukset)

- Asiakkaat Suomessa:
  - Ministeriöt (lähinnä TEM, YM, UM)
  - Energiayritykset
  - Teknologian kehittäjät
  - Energian kuluttajat

ENERGY VISIONS 2050 -HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITE

- § Taustalla tarve koota VTT:n näkemykset energiasektorin pitkän aikavälin (2050) haasteista ja mahdollisuuksista vastata niihin
- § Koko energiaketju huomioitu: energiaresurssit, konversio, siirto, jakelu ja käyttö
- § Lähtökohta globaali, painopiste teknologiakuvausten osalta suomalaisissa energiaratkaisuissa



HANKKEEN TOTEUTUS JA YHTEISTYÖ

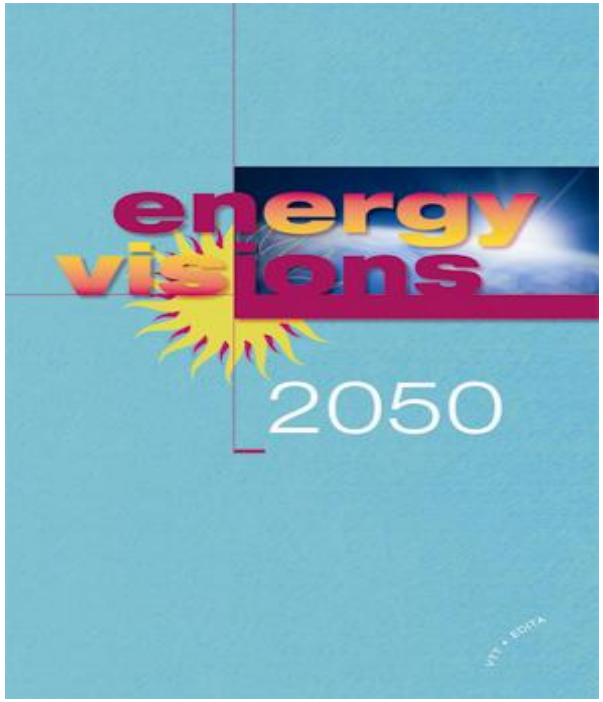
- Kirjan sisällön toteutukseen osallistui kymmeniä VTT:n eri alojen asiantuntijoita
- Energia- ja ilmastotulevaisuutta hahmoteltiin globaalien energiajärjestelmä- ja kokonaistalousmallien avulla
- Maailmantalouden skenaariolaskelmat toteutti VATT (Janne Niemi & Juha Honkatukia)
- Globaalit energia- ja päästölaskelmat toteutti VTT (Antti Lehtilä & Tiina Koljonen)
  - VATT:n laskemia talousennusteita käytettiin VTT:n energia-järjestelmälaskelmien lähtötietoina
- Projektin rahoittajina olivat Tekesin ClimBus-ohjelma, VTT ja VATT

MUUT YHTEISTYÖKUMPPANIT

- Suomen Pankin siirtymätalouksien tutkimuslaitos (BOFIT):
  - *The energy triangle: the energy supply between EU-Russia-Asia*
- Teknillinen korkeakoulu:
  - *Valaistusteknologiat, aurinkoenergia*
- CEA, Commissariat à l'énergie atomique, Ranska:
  - *Ydinpolttoaineresurssit*
- MDI, Management Development Institute, Intia:
  - *Hajautettu energiantuotanto Intian näkökulmasta*

KIRJAN SISÄLTÖ

1. Introduction
2. Global challenges and their implications for the energy sector
3. Energy use
4. Energy conversion technologies
5. Energy resources and supply systems
6. Scenarios on energy futures
   - Katsaus uusimpiin energiaskenaarioihin
   - Globaalit talousskenaariot
   - Globaalit energia- ja päästöskenaariot
   - Euroopan energia- ja päästöskenaariot
   - Yhteenveto Suomen energia- ja päästö-skenaarioista (esitetty tarkemmin raportissa Lehtilä et al. 2009, VTT Tiedotteita)



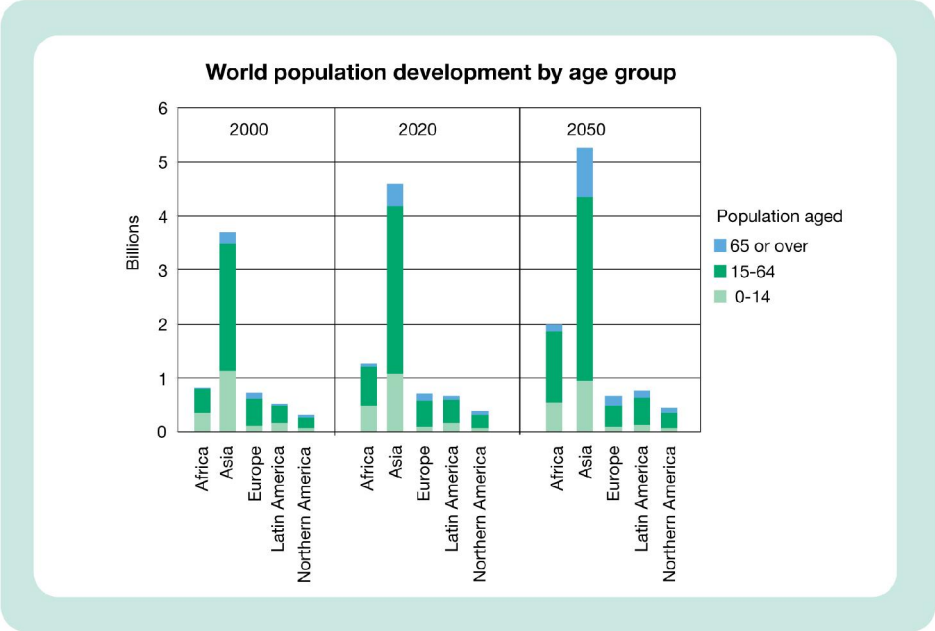
ENERGY VISIONS 2050 -SKENAARIOIDEN LÄHTÖOLETUKSET

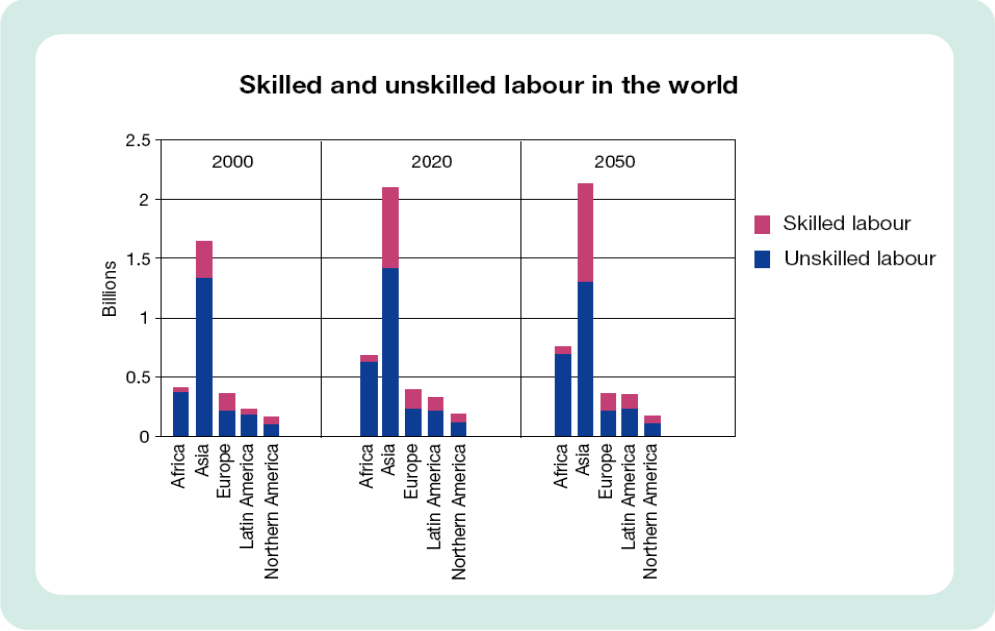
LASKELMIEN LÄHTÖKOHTANA NELJÄ ERI TULEVAISUUDEN POLKUA

Characteristic	Baseline	2ºC Market	2ºC Boosted	Regional world
Development of economy	Globalisation	Globalisation	Globalisation	Regional policies
Costs and potential of new technologies	Moderate development	Moderate development	Boosted development	Moderate development
Level of required return on energy efficiency investments	Moderate	Moderate	Low	Moderate
GHG emission reduction objective	None	2°C warming limit	2°C warming limit	Regional emission targets

TALOUSKASVUENNUSTEIDEN TAUSTALLA OLETUKSET VÄESTÖN KASVUSTA JA RAKENTEESTA

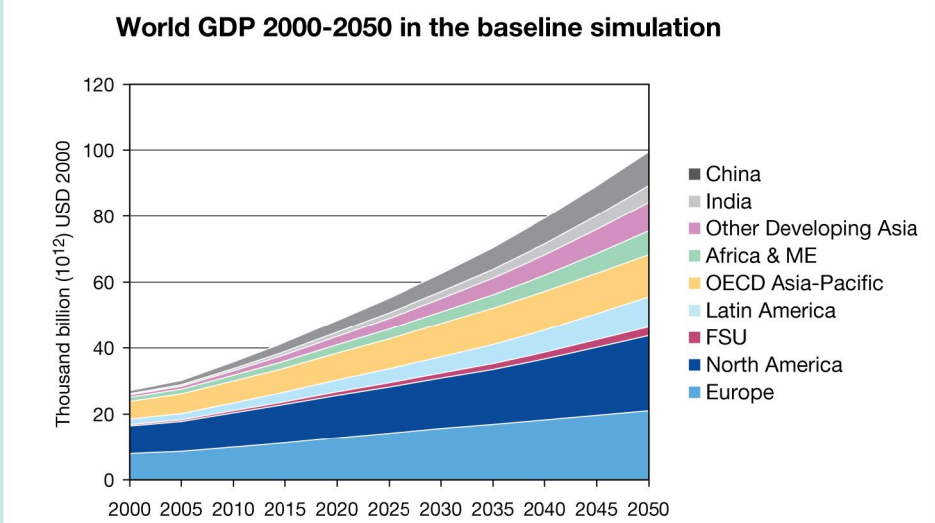
Maailman väkiluku 9,2 mrd. v. 2050, väestö ikääntyy ja koulutustaso nousee

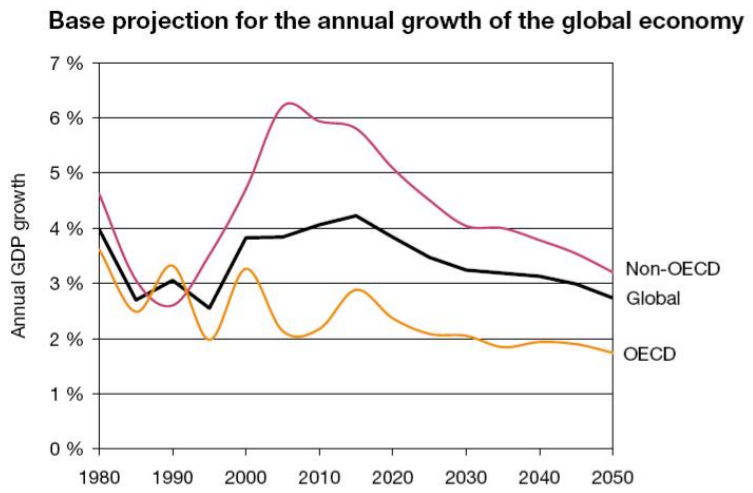




TALOUDEN KEHITYS VUOTEEN 2050

Maailman teollinen tuotanto kasvaa noin viisinkertaiseksi, BKT-kasvu hidastuu ja on korkein kehittyvissä talouksissa

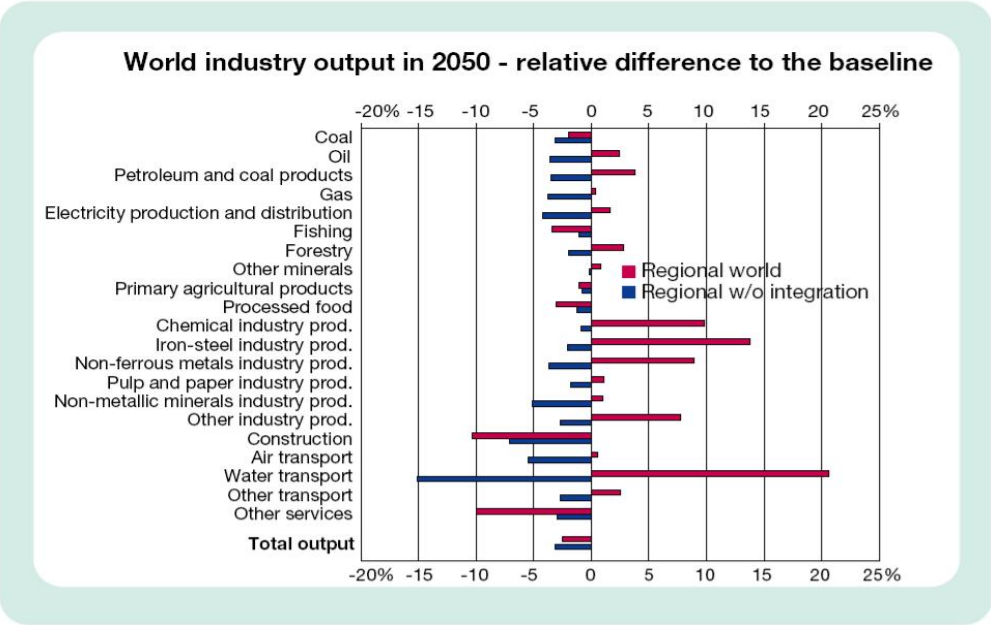


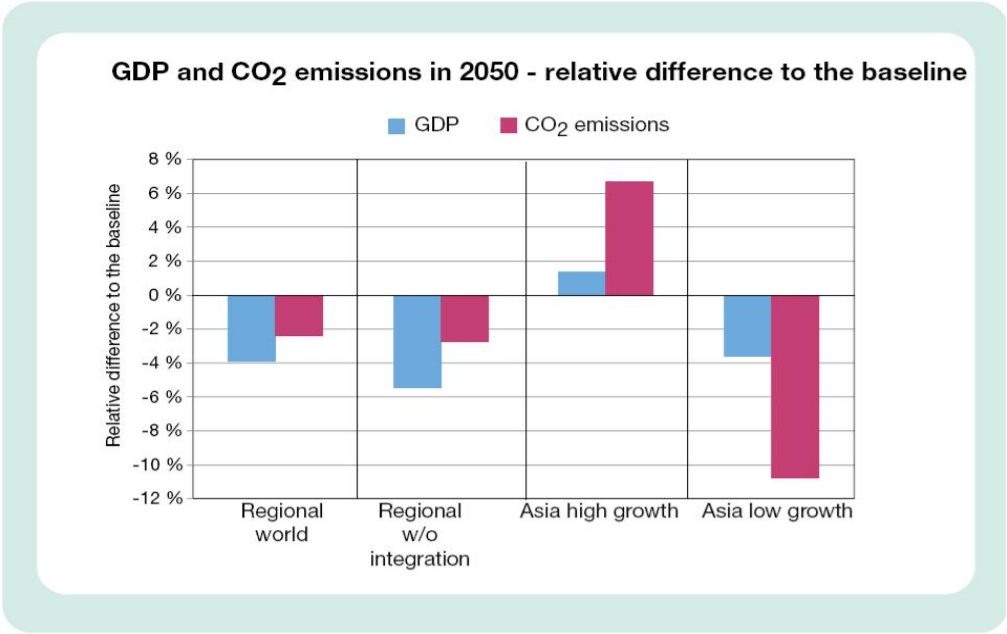


GLOBALISAATIO EDISTÄÄ YHTESKUNNAN MODERNISAATIOTA JA TALOUSKASVUA

Protektionismi lisää myös päästöjä

Oletukset Aasian talouden kasvusta vaikuttavat merkittävästi laskentatuloksiin





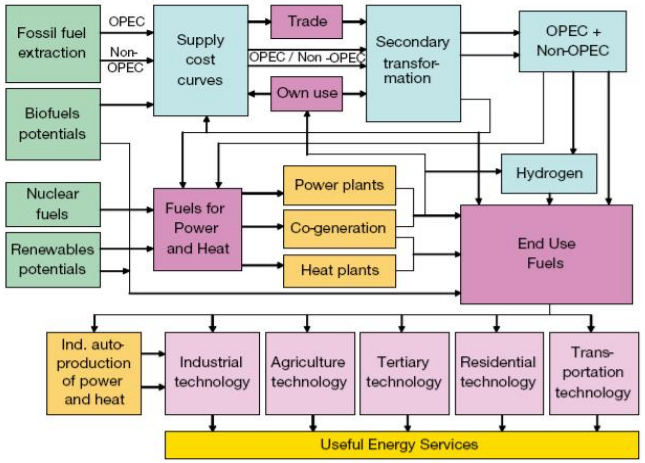
Regional world: Kaupan esteet maantieteellisten alueiden välillä
Regional w/o integration: Kaupan esteet myös alueiden sisällä

GLOBAALIT ENERGIA- JA PÄÄSTÖSKENAARIOT VUOTEEN 2050

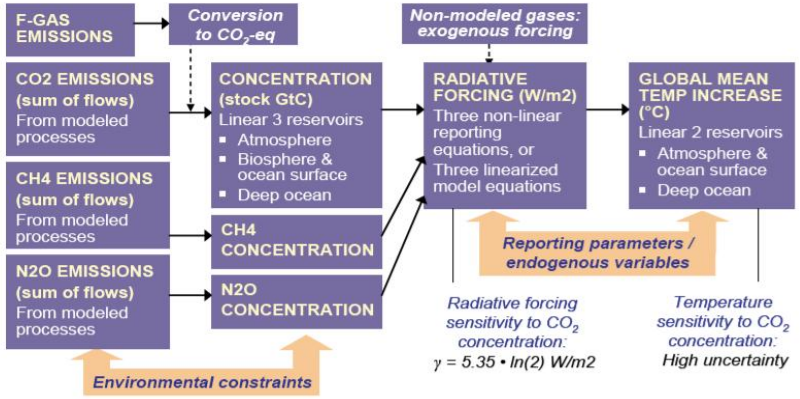
GLOBAALI ENERGIAJÄRJESTELMÄMALLI TIAM

Kehitetty kanslianvälisessä yhteistyössä (IEA ETSAP)
VTT aktiivisesti mukana kehitystyössä
VTT:llä myös omia malliversioita käytössä

Simplified structure of the Reference Energy System (RES) in each region



Schematic illustration of the TIMES Climate Module



FOSSIILISTEN POLTTOAINEIDEN RESURSSIARVIOT TAUSTALLA SKENAARIOISSA

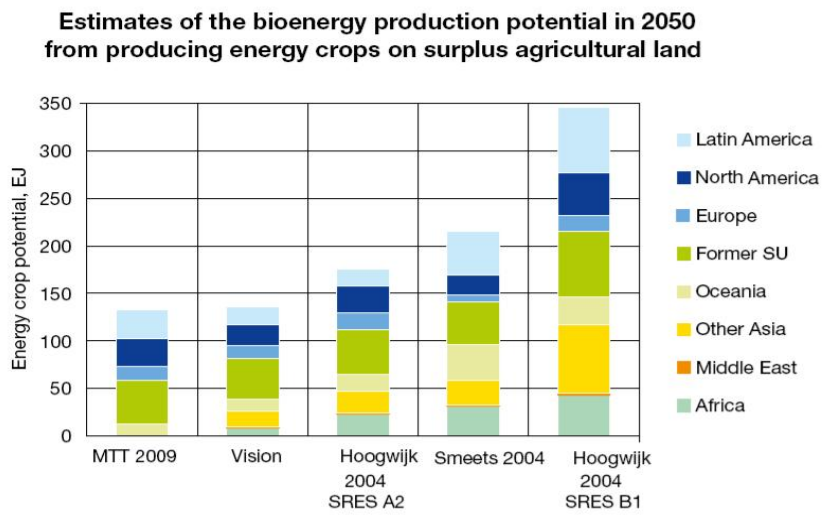
Polttoaineiden tuotannon ja kuljetuksen kustannukset myös huomioitu

Resources, ZJ	Africa	Asia	Australia	Europe	Former SU	Middle East	North America	Latin America	Global
Hard and brown coal reserves									
Brown coal	0.00	1.70	0.80	1.76	2.11	0.11	4.21	0.25	10.94
Hard coal	4.23	35.36	5.26	1.97	50.01	0.15	17.28	1.29	115.54
Total coal	4.24	37.06	6.05	3.73	52.11	0.26	21.50	1.54	126.49
Natural gas reserves									
Conventional	1.33	1.05	0.37	1.00	5.55	5.53	2.04	1.07	17.93
Coal-bed methane	0.02	0.82	0.18	0.17	1.15	0.00	0.46	0.02	2.83
Tight gas	0.10	0.12	0.02	0.09	0.64	0.40	0.23	0.08	1.69
Aquifer gas	1.88	2.67	1.66	0.77	2.17	2.00	3.24	3.05	17.44
Total gas	3.33	4.66	2.23	2.03	9.52	7.93	5.97	4.23	39.89
Petroleum reserves									
Conventional	1.45	0.64	0.07	0.72	1.43	6.88	1.13	3.07	15.39
Oil sands	–	–	–	–	0.80	–	0.47	–	1.27
Extra-heavy	0.25	0.01	–	0.12	0.70	0.00	1.96	1.61	4.65
Oil shales	0.37	0.06	0.07	0.25	0.63	0.10	6.08	0.19	0.19
Total oil	2.07	0.70	0.14	1.09	3.57	6.98	9.64	4.87	29.06
Grand total	**9.63**	**42.42**	**8.42**	**6.85**	**65.20**	**15.17**	**37.11**	**10.64**	**195.44**

UUSIUTUVILLE ENERGIALÄHTEILLE JA YDINPOLTTOAINERESURSSEILLE ON MÄÄRITETTY TEKNISET MAKSIMIPOTENTIAALIT

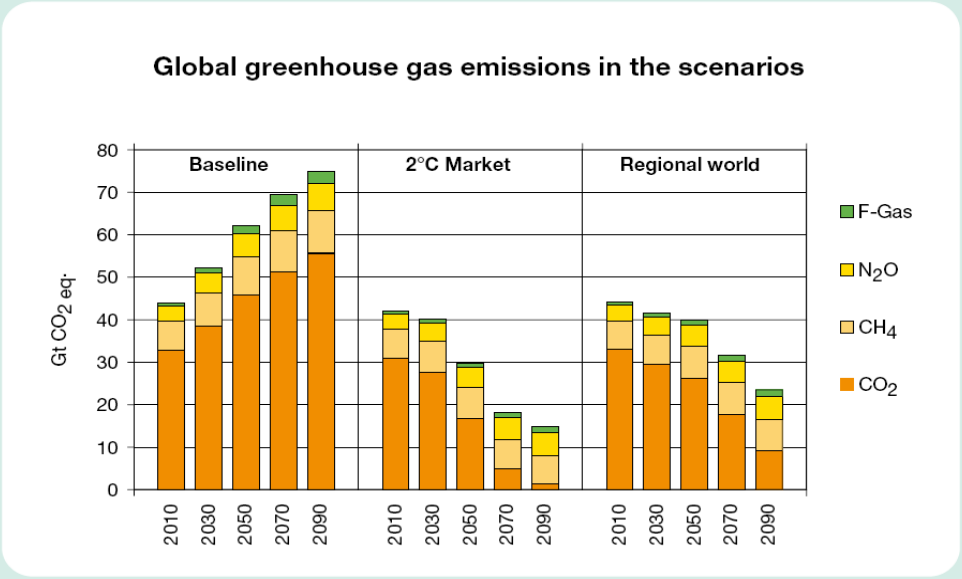
Investointeja ydinvoimaan on lisäksi rajoitettu

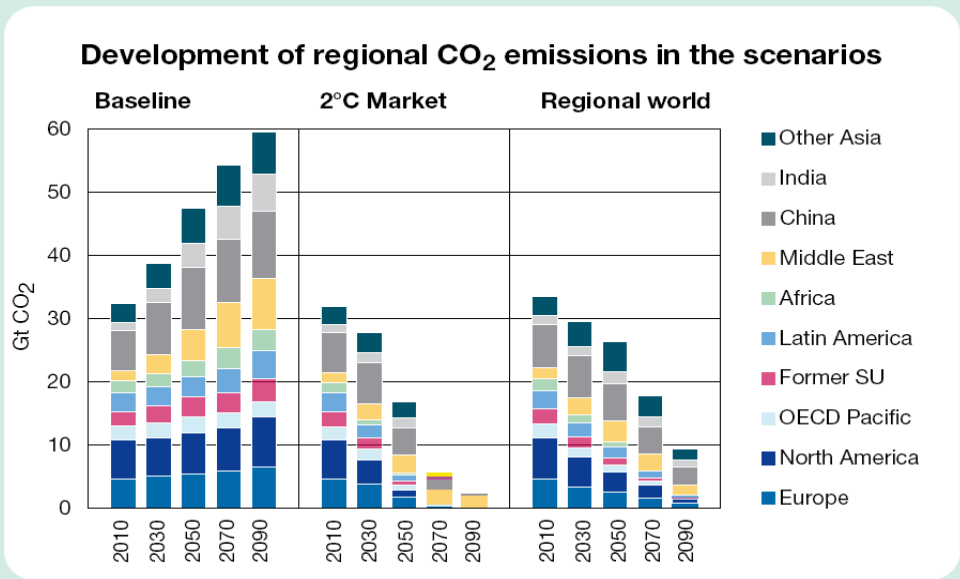
Energy source	Assumed resource base limitations	Constraints on capacity or production	Constraints on market penetration
Uranium # (fission power)	Category / 1000 t / EJ RAR 3300 1450 EAR-1 1500 660 EAR-2 2500 1100 Speculative 7500 3300 Unconventional 5200 1400 Total 20000 8800	Regional limits Global total ≈ 1400 GW in 2050, ≈ 3000 GW in 2100	Endogenous within capacity limits
Lithium (fusion power)	Translated to annual capacity expansion constraints	Global and regional limits on annual new installations	Endogenous within annual growth limits
Hydro power	WEC estimates on technical potential by region divided into five classes	Regional limits Global total: 8 PWh in 2050, 14 PWh in 2100	Endogenous potential limits
Wind power	None assumed	Large regional potentials (global total ≈12,000 GW)	Max. 35% of market by season (Canada: 50%)
Solar power	None assumed	Large regional potential	Max. 20–30% of market by season
Geothermal power	None assumed	Regional potential	As imposed by the regional potential



2 °C TAVOITE EDELLYTTÄÄ CO_2-PÄÄSTÖJEN KÄÄNTYMISTÄ LASKUUN HETI JA LOPULTA CO_2-PÄÄSTÖTÖNTÄ YHTEISKUNTAA

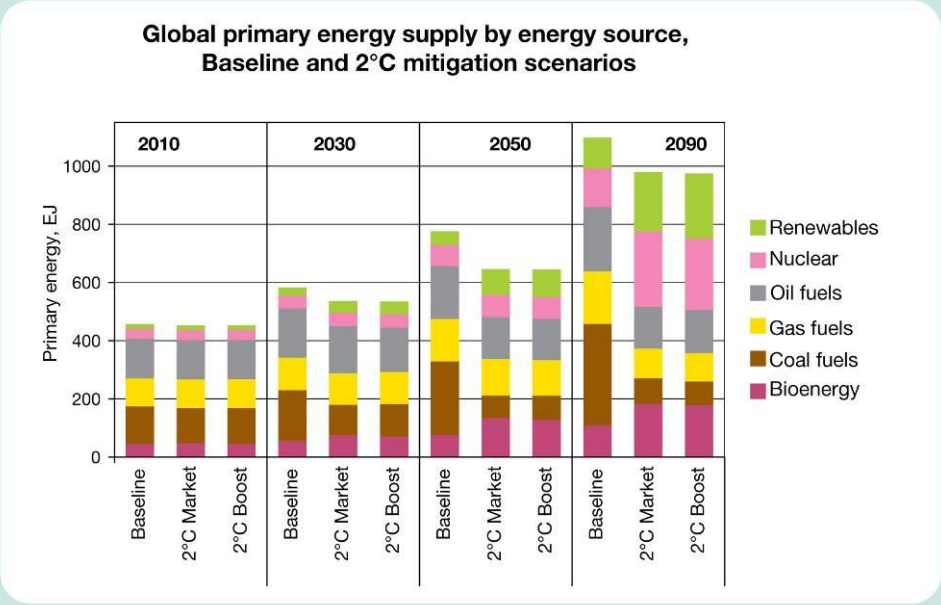
Ilman kansainvälistä ilmastopolitiikkaa tavoitetta ei saavutettu

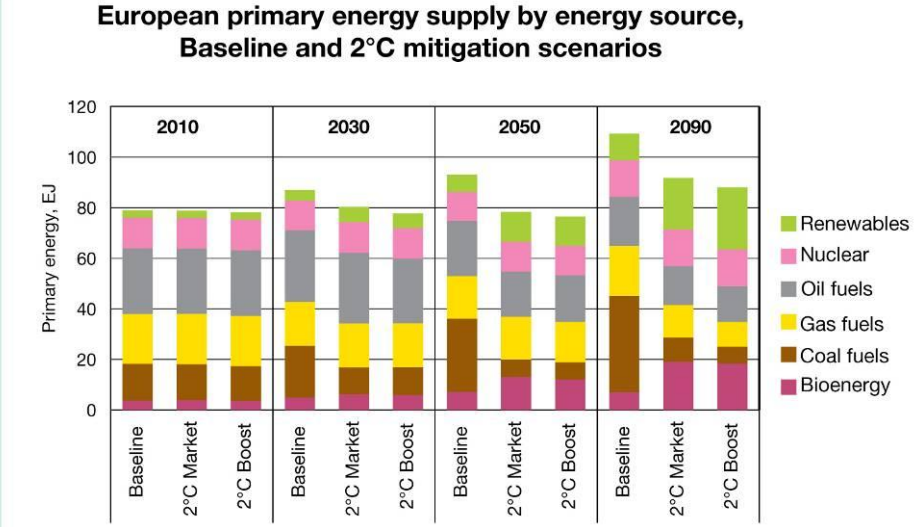




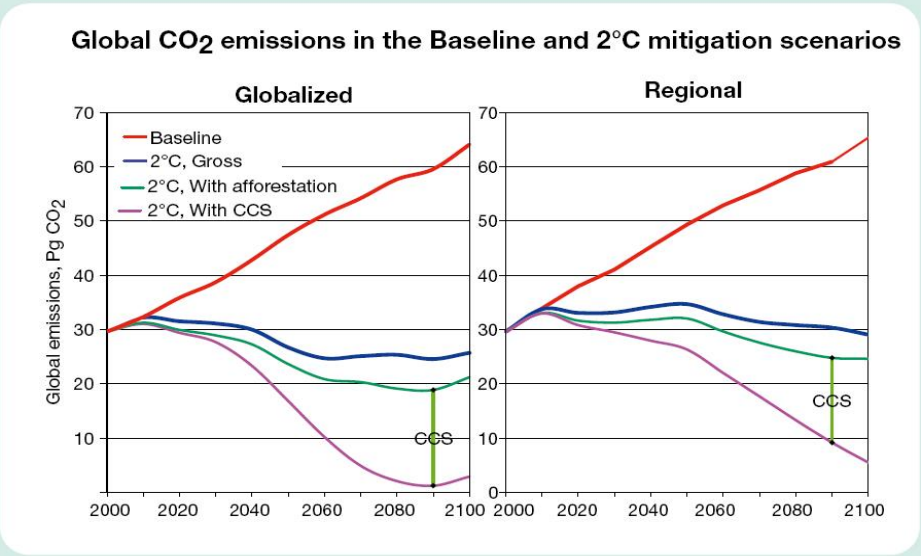
FOSSIILISTEN POLTTOAINEIDEN MERKITYS SUURI MYÖS TULEVAISUUDESSA

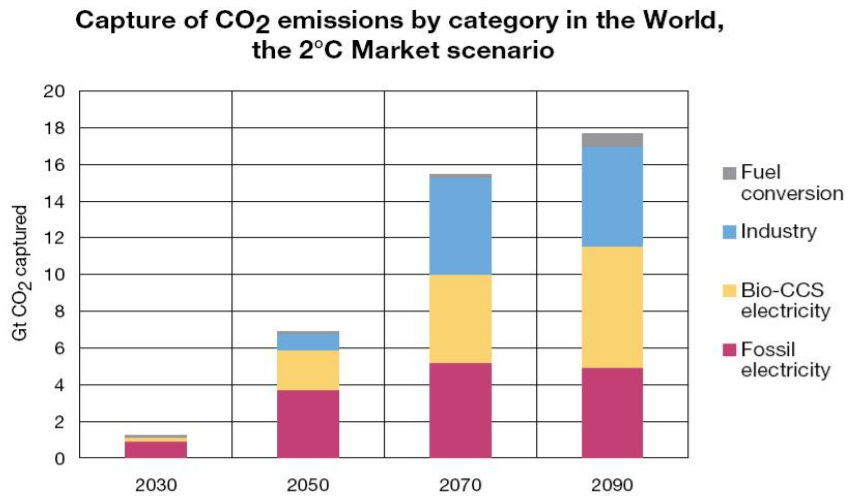
Kasvihuonepäästöjen vähentäminen lisää uusiutuvien osuutta ja hillitsee energian käytön kasvua





CCS YKSI MERKITTÄVIMMISTÄ TEKNOLOGIOISTA ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄSSÄ

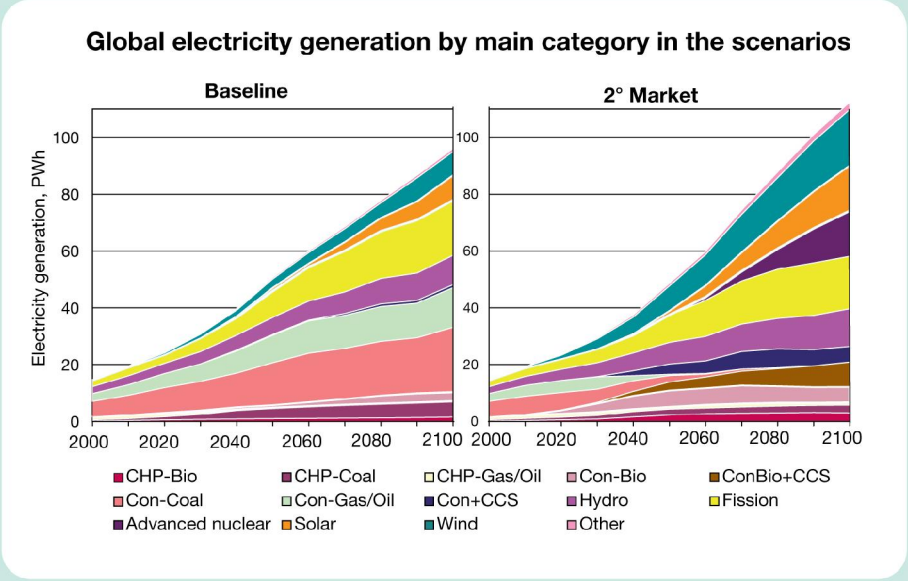


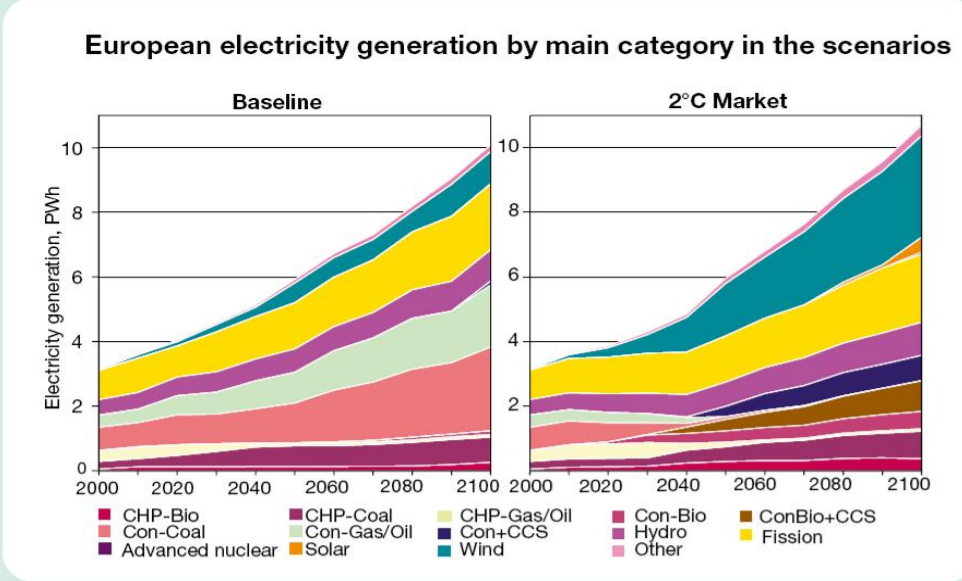


energy visions 2050

SÄHKÖN TUOTANTORAKENNE MUUTTUU OLEELLISESTI: LISÄÄ YDINVOIMAA, UUSIUTUVIA, CCS

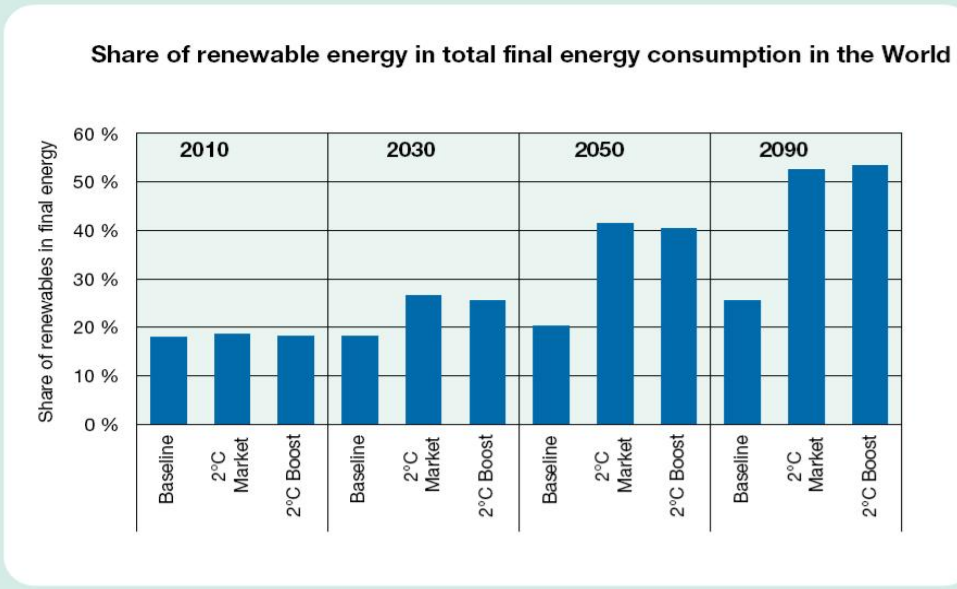
Ilmastotavoitteet johtavat energiajärjestelmän sähköistymiseen

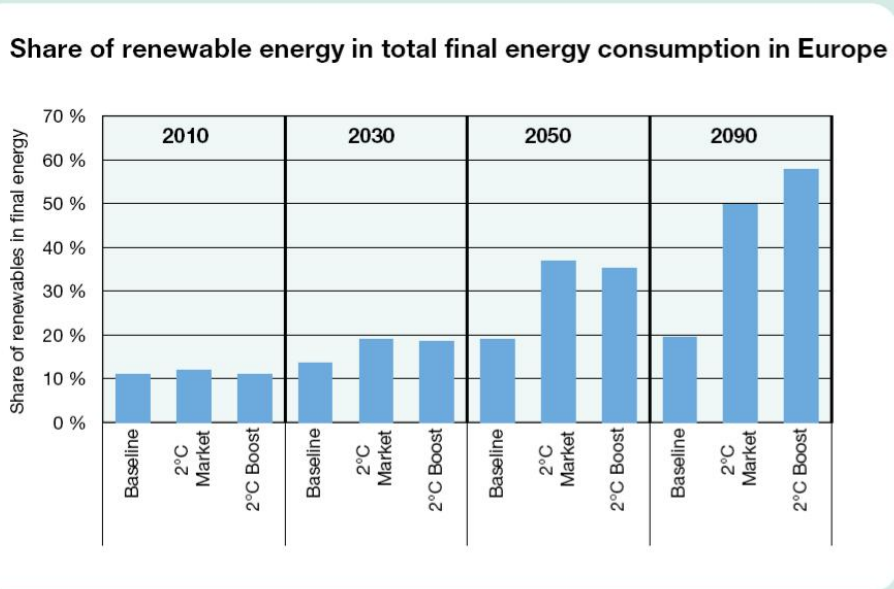




UUSIUTUVIEN ENERGIALÄHTEIDEN OSUUS ENERGIAN LOPPUKULUTUKSESTA

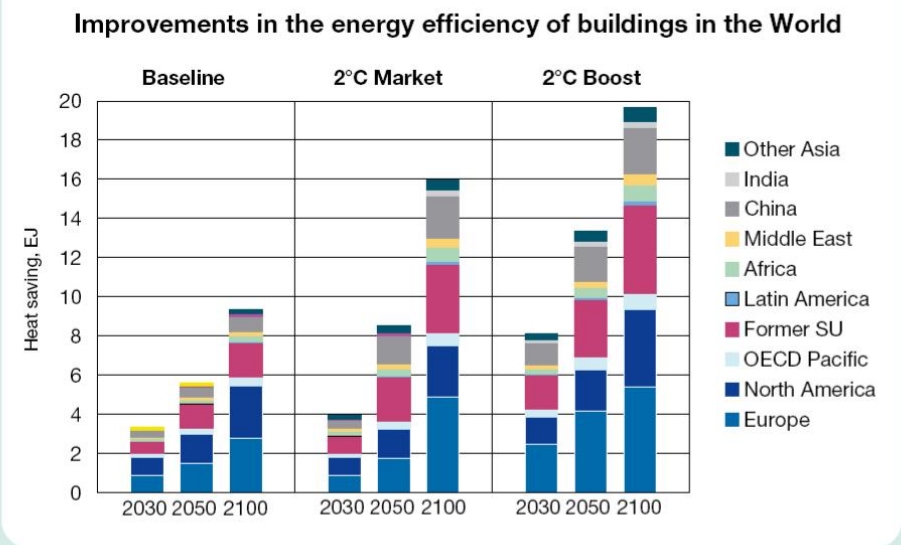
EU:n 20 % tavoite vuodelle 2020 ei taloudellisesti optimaalinen laskelmissa

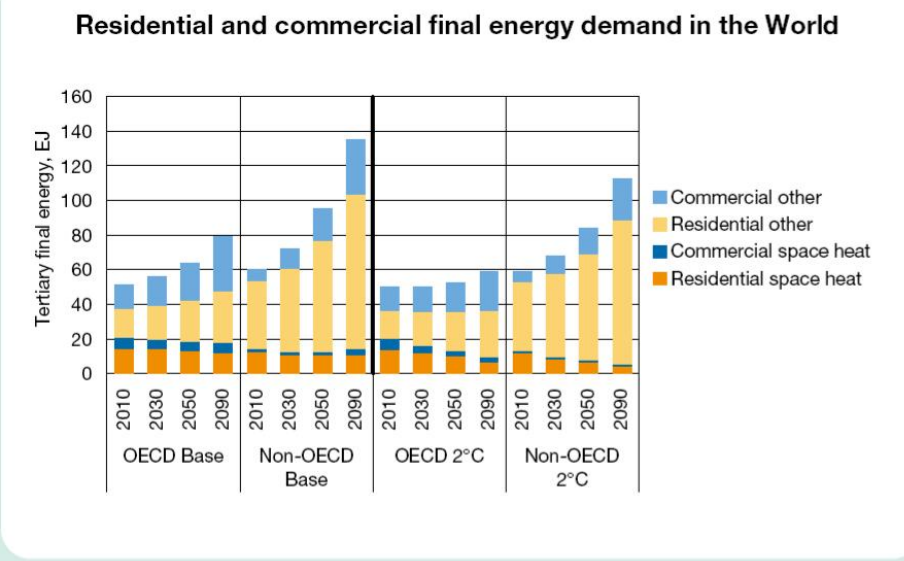




ENERGIANSÄÄSTÖPOTENTIAALI SUURI RAKENNUKSISSA

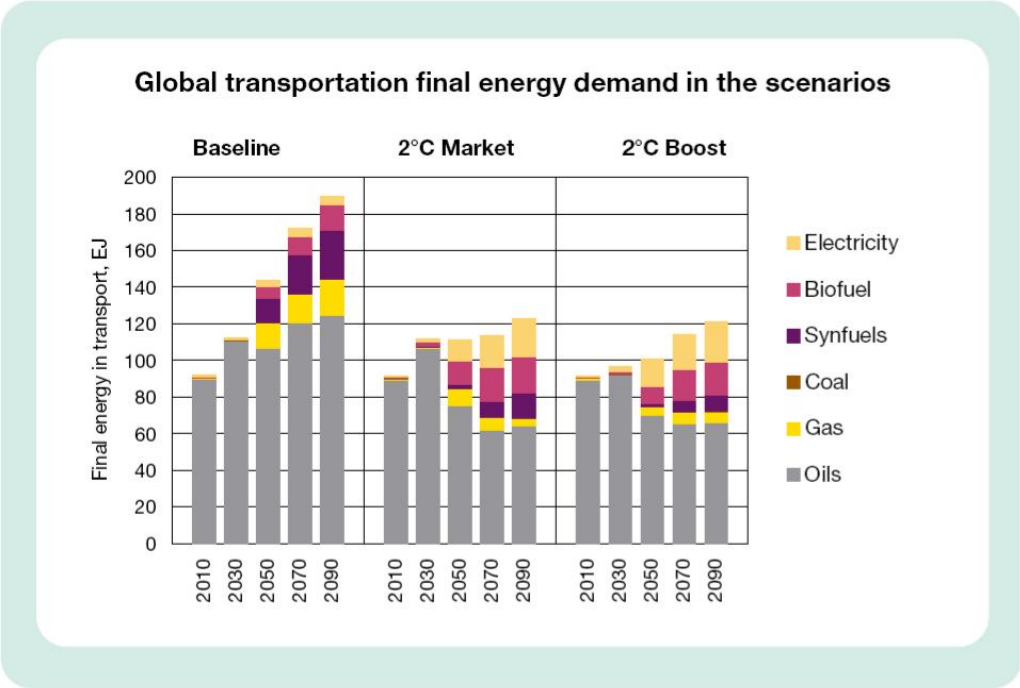
Lämmityksen osuus energiankulutuksesta pienenee radikaalisti
Muutos kuitenkin hidas ilman ohjaustoimenpiteitä



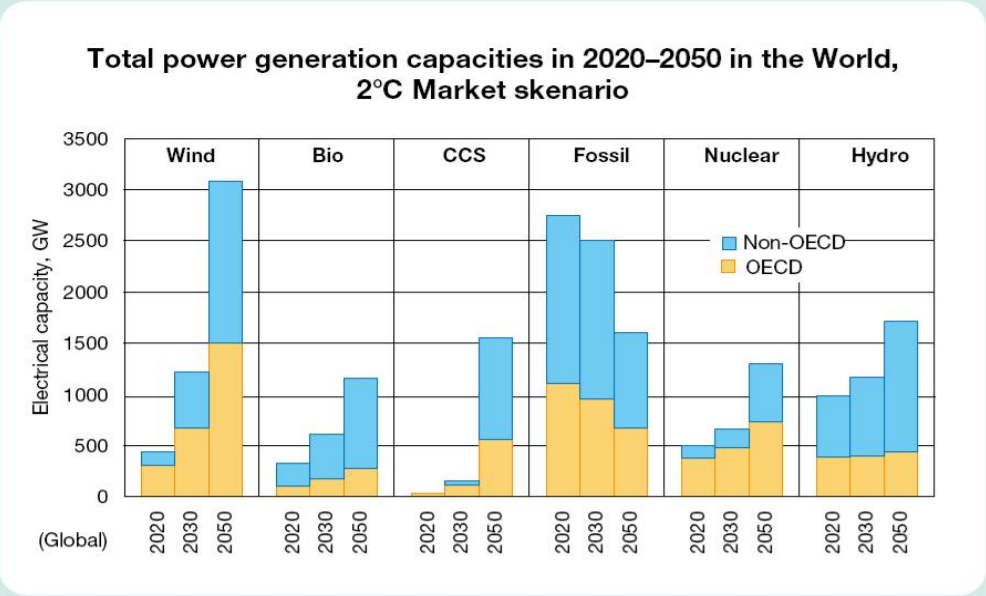


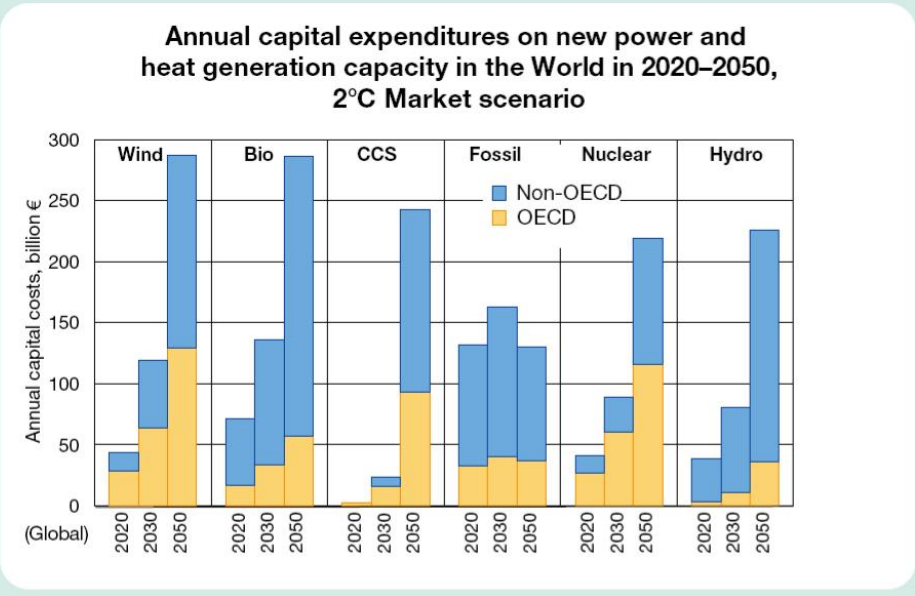
ILMASTOTAVOITTEET JA KONVENTIONAALISEN ÖLJYN EHTYMINEN MUUTTAVAT LIIKENTEEN ENERGIANKÄYTTÖÄ

- § Öljyn korvaaminen vaihtoehtoisilla polttoaineilla kaikissa skenaariossa
- § Sähköautojen markkinoille tulo 2 °C-skenaariossa
- § Skenaariotulokset hyvin herkkiä oletuksille teknologioiden ja kustannusten kehityksistä



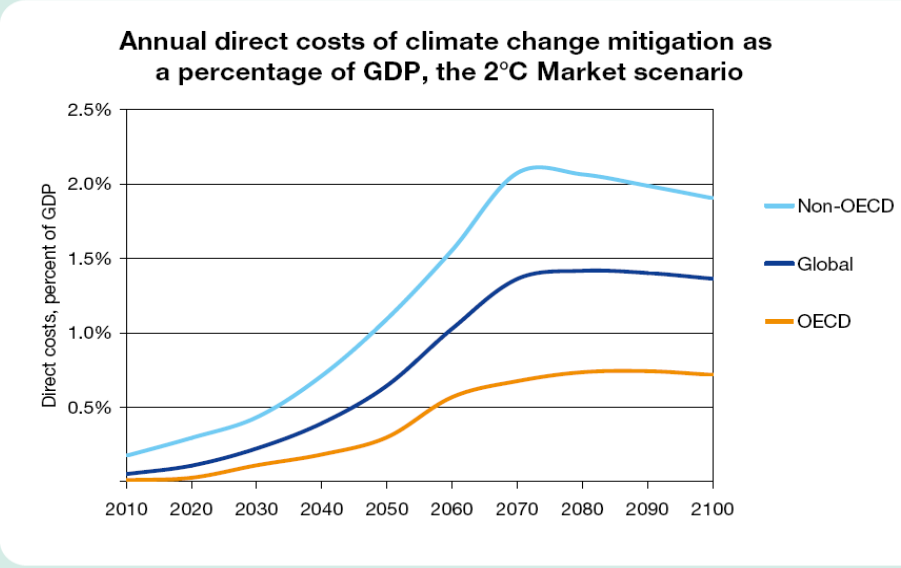
VUOSITTAISET KUSTANNUKSET UUTEEN LAITOSKAPASITEETTIIN NOUSEVAT YLI 1000 MILJARDIIN VUONNA 2050

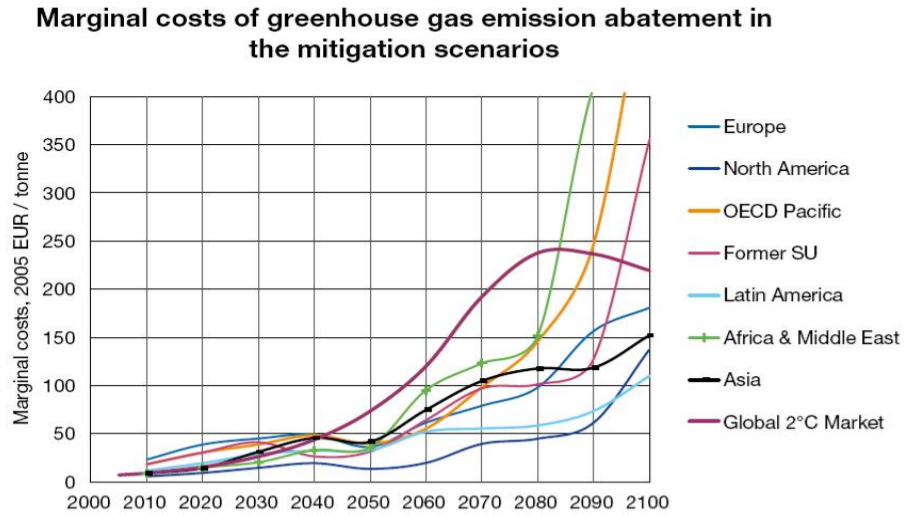




ILMASTONMUUTOKSEN HILLINNÄN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET PIENIMMÄT OECD-MAISSA

Kustannukset kasvavat merkittävästi "Regional Policies"-skenaariossa laskentajakson lopussa suuremman energiaintensiteetin vuoksi





JOHTOPÄÄTÖKSET

- Ilmastonmuutoksen hillintä on mahdollista, mutta vaatii koko energiajärjestelmän uudistusta, kansainvälistä yhteistyötä ja kuluttajien asenteiden muutosta
- Alueelliset politiikat vaikuttavat haitallisesti sekä talouskasvuun että päästöjen vähentämiseen hidastamalla yhteiskunnan modernisaatiota
- Nopeutettu teknologian kehitys pienentää ilmastonmuutoksen hillinnän kustannuksia, kun investoinnit puhtaaseen teknologiaan nopeutuvat