Business from technology

Toimiiko bioenergia ilmastonmuutoksen hillinnässä?

Hiilitiedon lounastapaaminen 26.9.2013, Helsinki

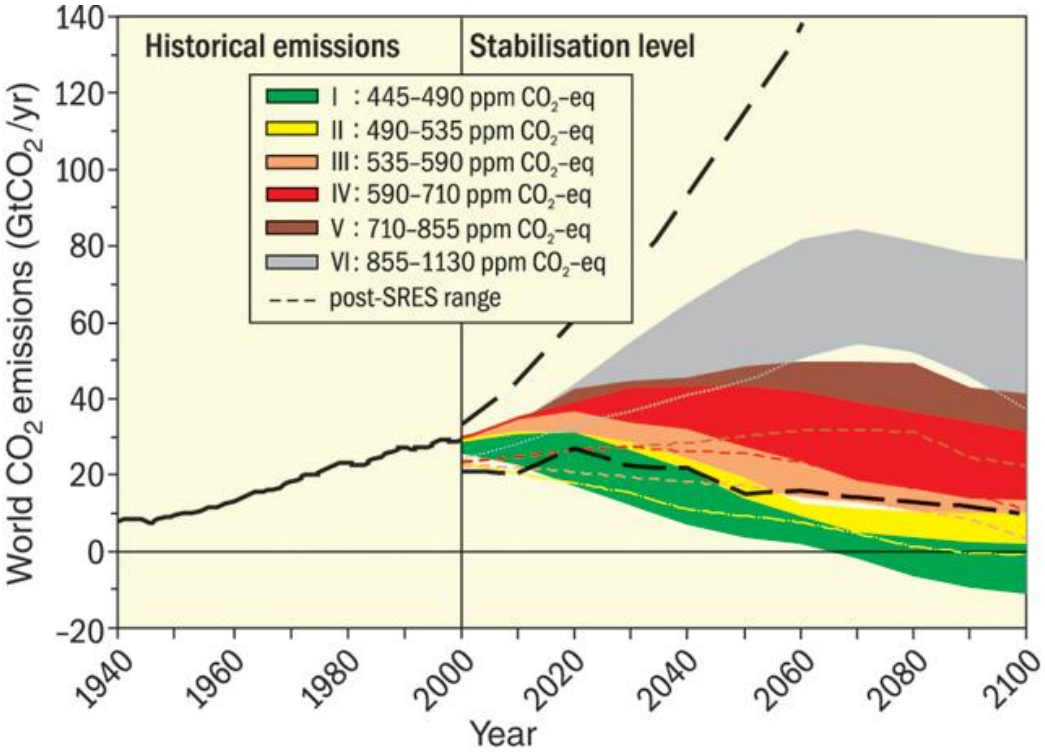
Sampo Soimakallio, johtava tutkija, TkT
VTT

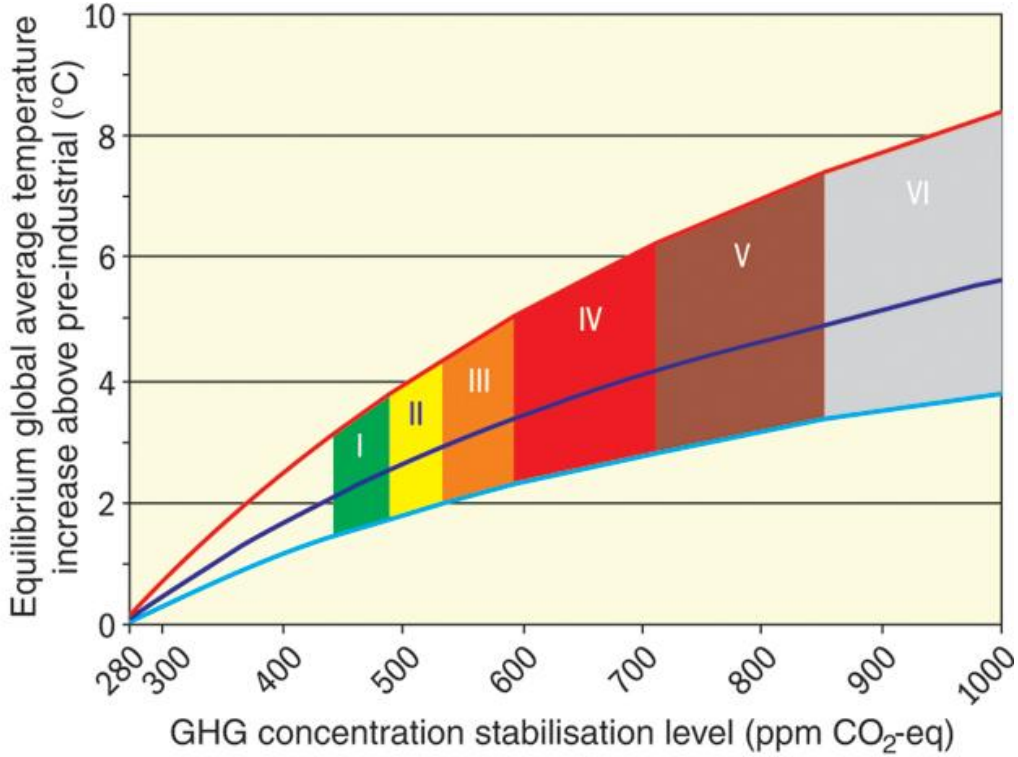
Sisältö

- Taustat
- Bioenergia ilmastonmuutoksen hillinnässä
- Bioenergian hiili- ja ilmastoneutraalius
  - Periaatteet
  - Metsäenergia
  - Nopeakiertoinen peltoenergia
- Muut kriittiset tekijät
- Bioenergia globaaleissa päästöjen rajoitusskenaarioissa
- Johtopäätökset

Taustat

Ilmastonmuutoksen hillintätavoitteet edellyttävät lähitulevaisuudessa merkittäviä vähennyksiä maailmanlaajuisissa kasvihuonekaasujen päästöissä





Source: IPCC 2007a

Ilmastovaikutukset ovat epävarmoja,

mutta riskit voidaan pyrkiä minimoimaan

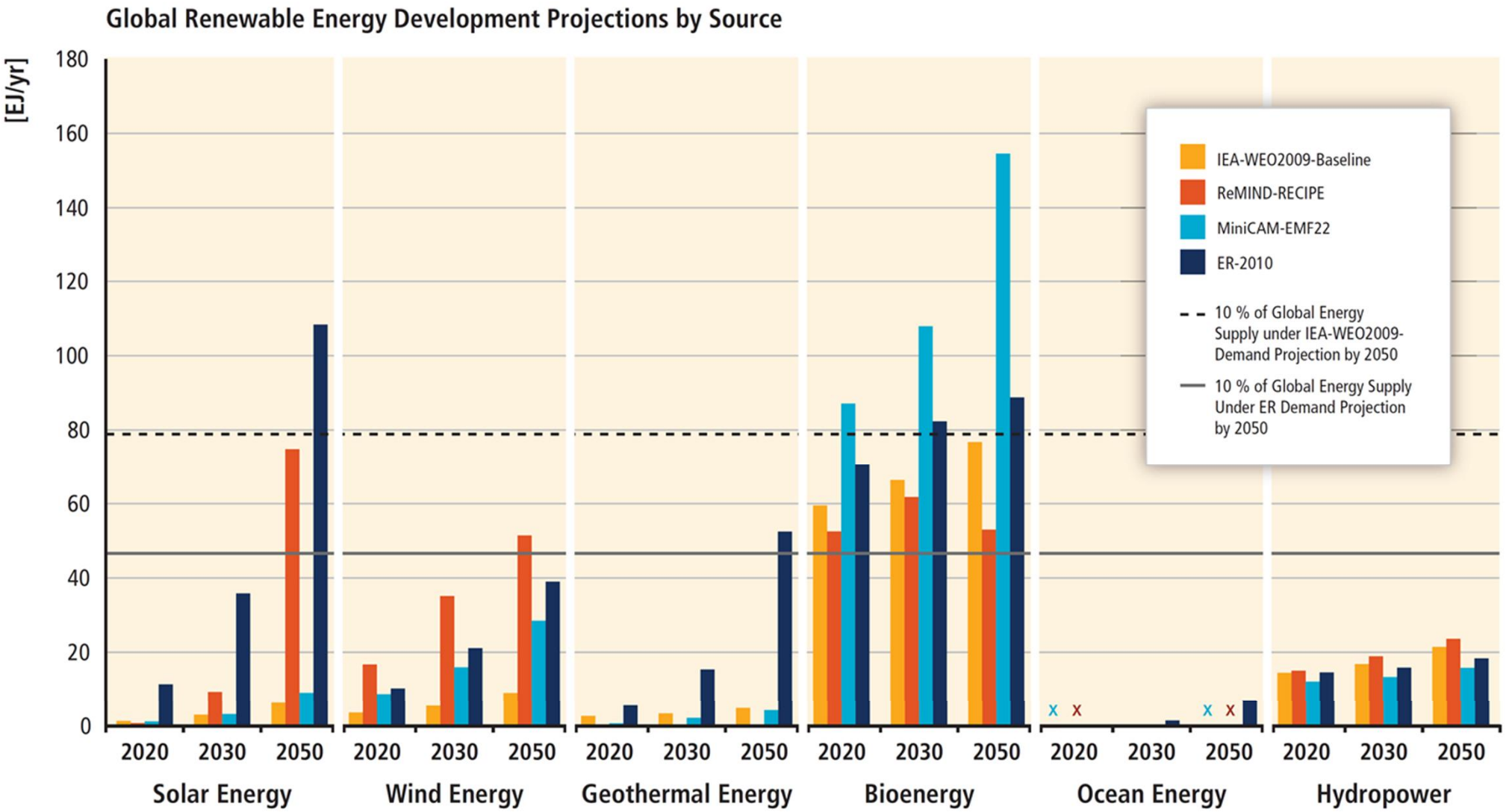


Figure 10.14 | Global RE development projections by source and global renewable primary energy shares (direct equivalent) by source for a set of four illustrative scenarios. The total renewable energy deployment projected for 2050 is 117 EJ/yr (IEA-WEO2009-Baseline), 214 EJ /yr (ReMIND-RECIPE), 323 EJ/yr (MiniCAM-EMF22) and 314 EJ/yr (ER-2010) respectively. Sources: IEA-WEO2009-Baseline (IEA, 2009; Teske et al., 2010), ReMIND-RECIPE (Luderer et al., 2009), MiniCAM-EMF22 (Calvin et al., 2009), ER-2010 (Teske et al., 2010).

Source: IPCC 2011

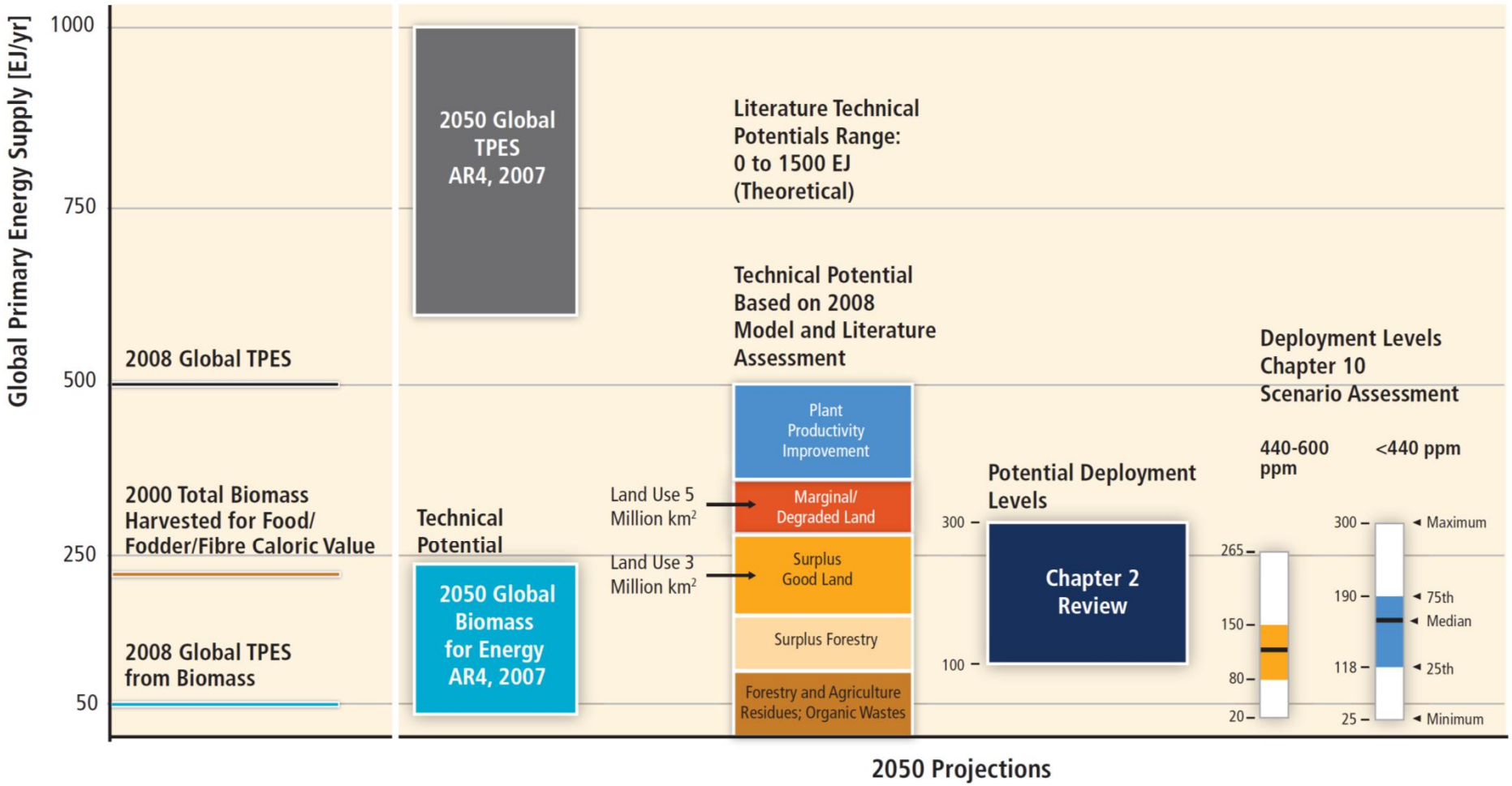


Figure 2.25 | On the left-hand side, the lines represent the 2008 global primary energy supply from biomass, the primary energy supply, and the equivalent energy of the world's total harvest for food, fodder and fibre in 2000. A summary of major global 2050 projections of primary energy supply from biomass is shown from left to right: (1) The global AR4 (IPCC, 2007d) estimates for primary energy supply and technical potential for primary biomass for energy; (2) the theoretical primary biomass potential for energy and the upper bound of biomass technical potential based on integrated global assessment studies using five resource categories indicated on the stacked bar chart and limitations and criteria with respect to biodiversity protection, water limitations, and soil degradation, assuming policy frameworks that secure good governance of land use (Dornburg et al., 2010, reproduced with permission from the Royal Society of Chemistry); (3) from the expert review of available scientific literature, potential deployment levels of terrestrial biomass for energy by 2050 could be in the range of 100 to 300 EJ; and (4) deployment levels of biomass for energy from long-term scenarios assessed in Chapter 10 in two cases of climate mitigation levels (CO_2 concentrations by 2100 of 440 to 600 ppm (orange) or <440 ppm (blue) bars or lines, see Figure 2.23(a)). Biomass deployment levels for energy from model studies described in (4) are consistent with the expert review of potential biomass deployment levels for energy depicted in (3).The most likely range is 80 to 190 EJ/yr with upper levels in the range of 265 to 300 EJ/yr.

Source: IPCC 2011

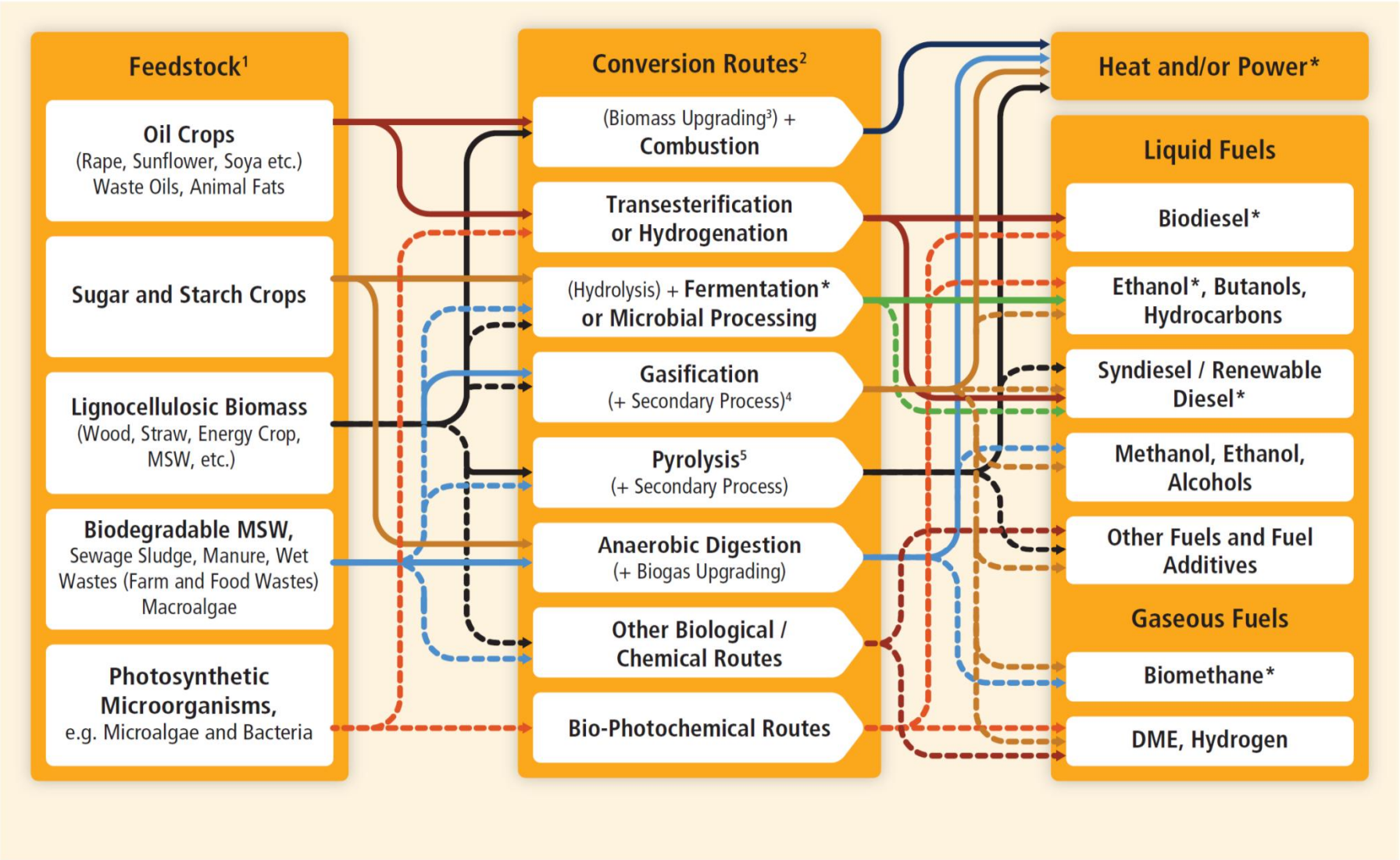


Figure 2.2 | Schematic view of the variety of commercial (solid lines, see Figure 2.6) and developing bioenergy routes (dotted lines) from biomass feedstocks through thermochemical, chemical, biochemical and biological conversion routes to heat, power, CHP and liquid or gaseous fuels (modified from IEA Bioenergy, 2009). Commercial products are marked with an asterisk.

Notes: 1. Parts of each feedstock, for example, crop residues, could also be used in other routes. 2. Each route also gives coproducts. 3. Biomass upgrading includes any one of the densification processes (pelletization, pyrolysis, torrefaction, etc.). 4. Anaerobic digestion processes release methane and CO_2 and removal of CO_2 provides essentially methane, the major component of natural gas; the upgraded gas is called biomethane. 5. Could be other thermal processing routes such as hydrothermal, liquefaction, etc. DME=dimethyl ether.

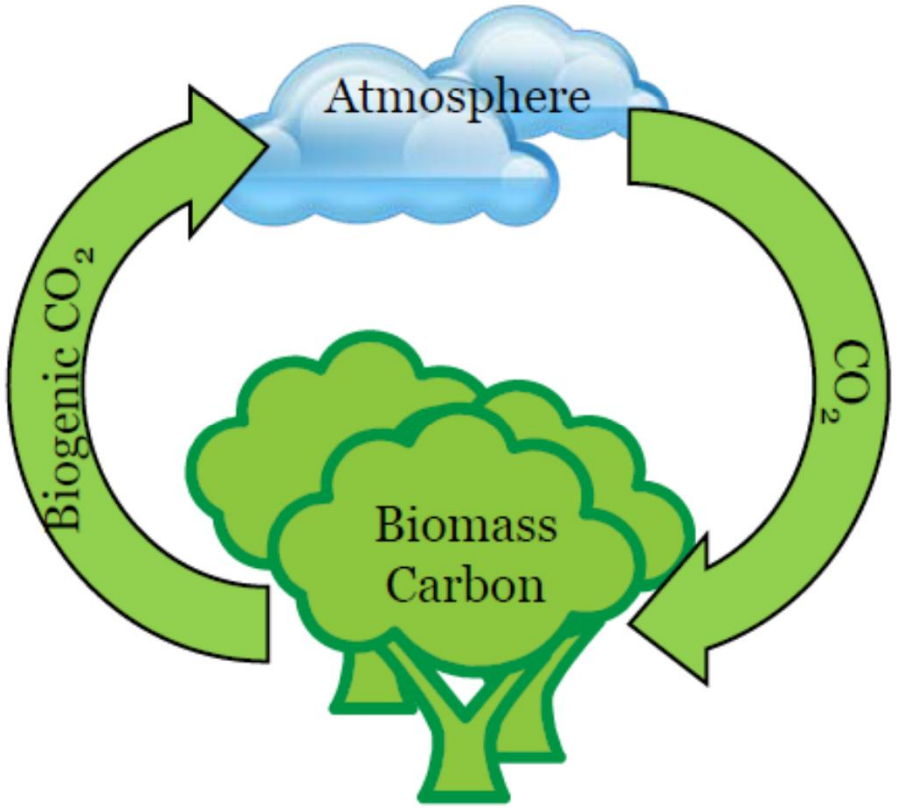
Source: IPCC 2011

Bioenergian käytön lisäämistä mahdollisesti rajoittavat tekijät

- Resurssien (raaka-aineet, maa-ala, energia, kemikaalit) tarve
- Kasvihuonekaasupäästöt ja ilmastovaikutukset
- Vaikutukset ilman laatuun, vesistöihin ja vesivarantoihin
- Luonnon monimuotoisuuden häviäminen
- Maaperän laadun huonontuminen
- Haitalliset terveysvaikutukset
- Kustannukset
- Eettiset kysymykset
- Tuottavan maa-alan puute
- Ruokaturvan heikentyminen
- Muut sosioekonomiset vaikutukset
- Poliittinen epävarmuus

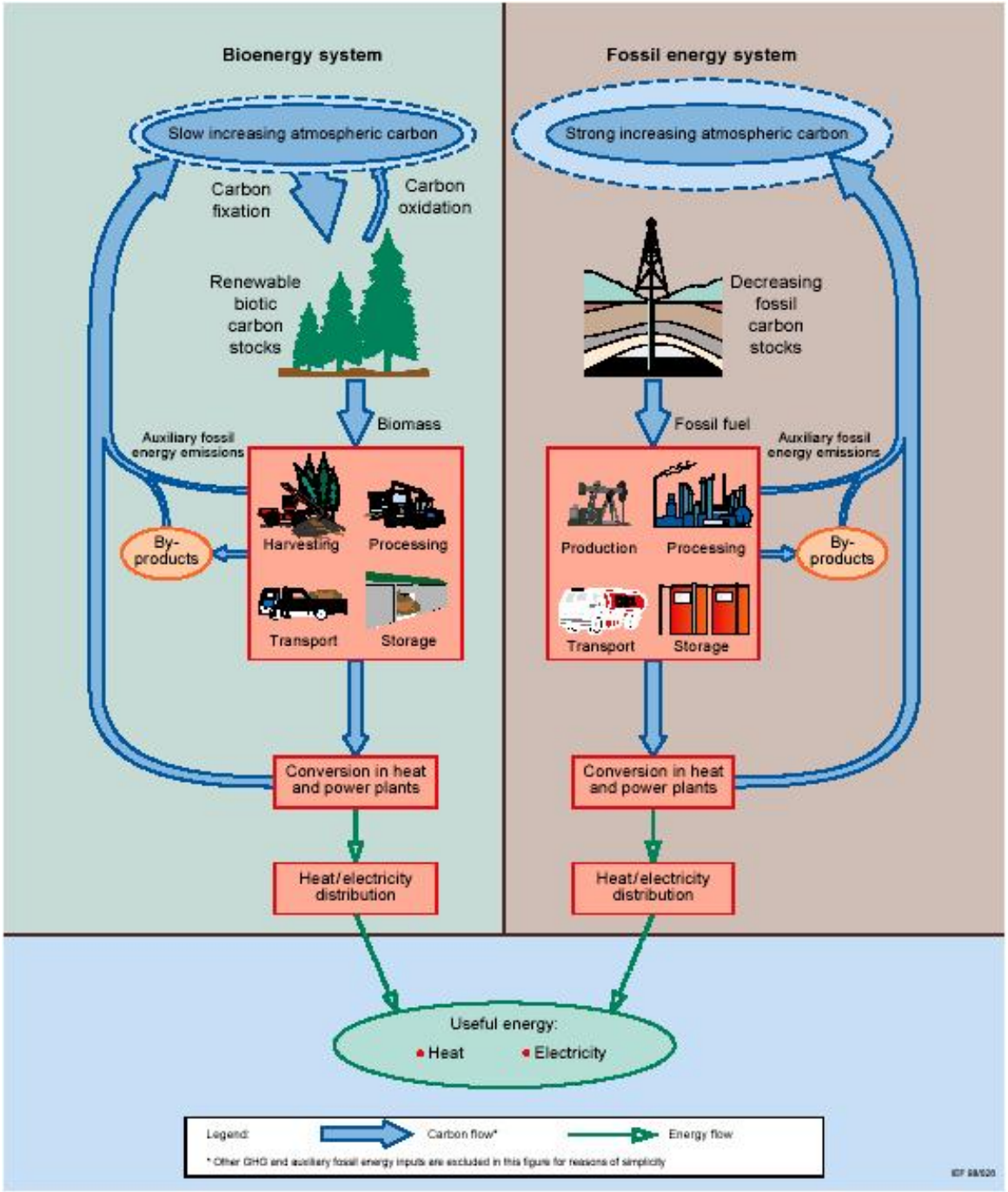
Bioenergia ilmastonmuutoksen hillinnässä

The biomass carbon cycle fundamentally differentiates biomass from fossil fuel



Biogenic carbon is part of a relatively rapid natural cycle that impacts atmospheric CO_2 only if the cycle is out of balance

Fossil fuel combustion transfers geologic carbon into the atmosphere. It is a one-way process



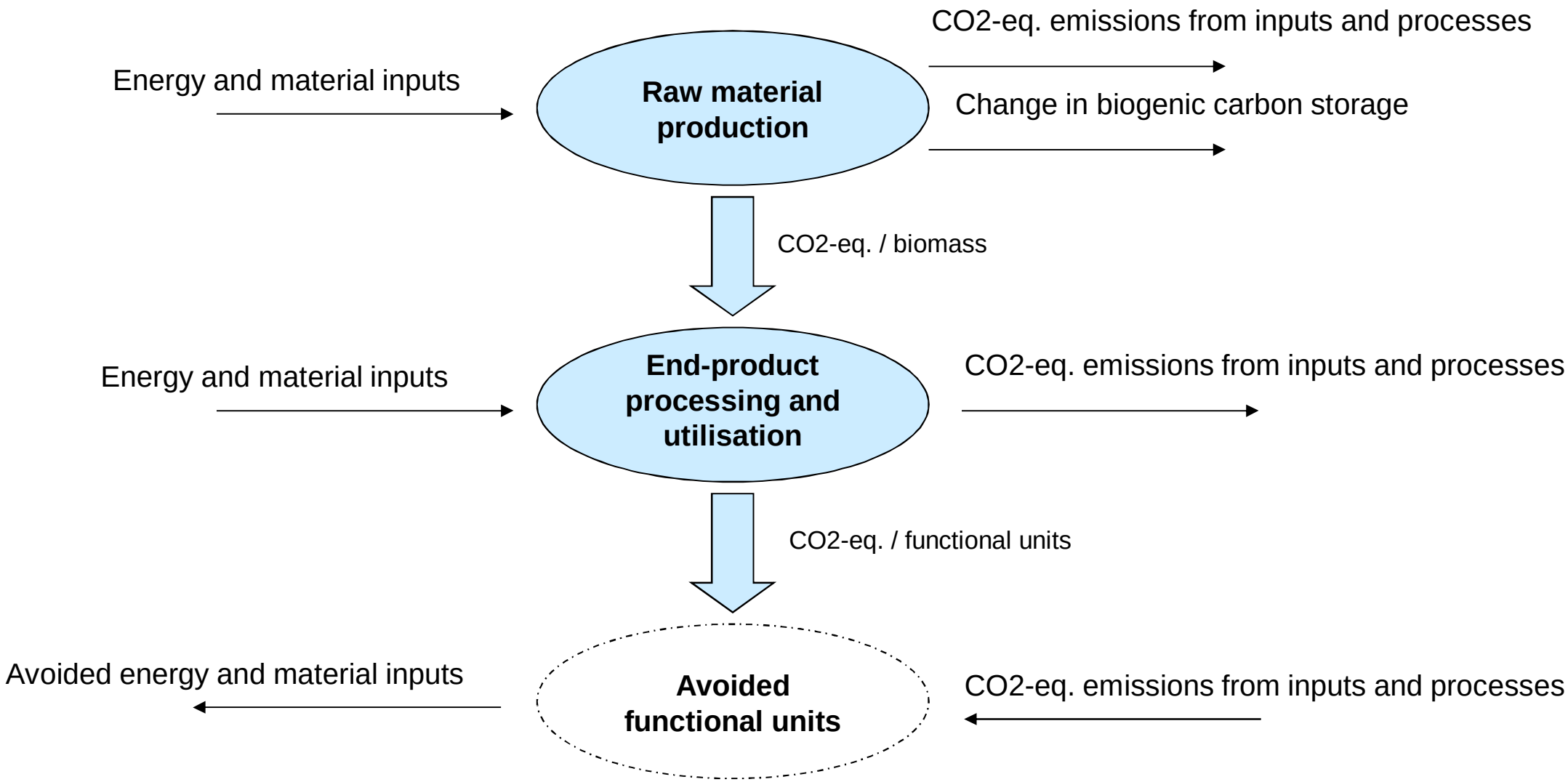
Bioenergialla voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjä, jos:

1) Uusiutuvasti tuotettuna hiilineutraalia

2) Korvataan fossiilisia polttoaineita

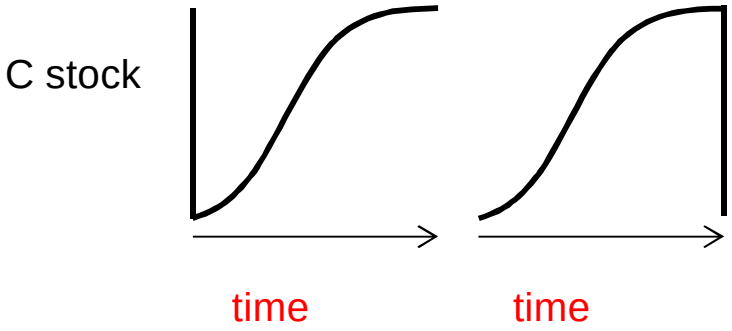
3) Kokonaispäästöt pienemmät kuin korvattavilla polttoaineilla

How bioenergy utilisation influences on GHG emissions

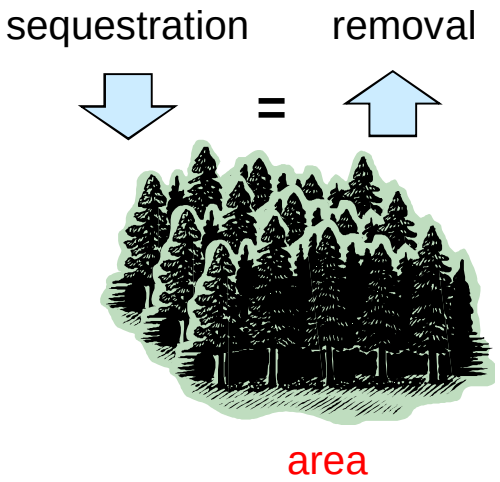


Carbon neutrality

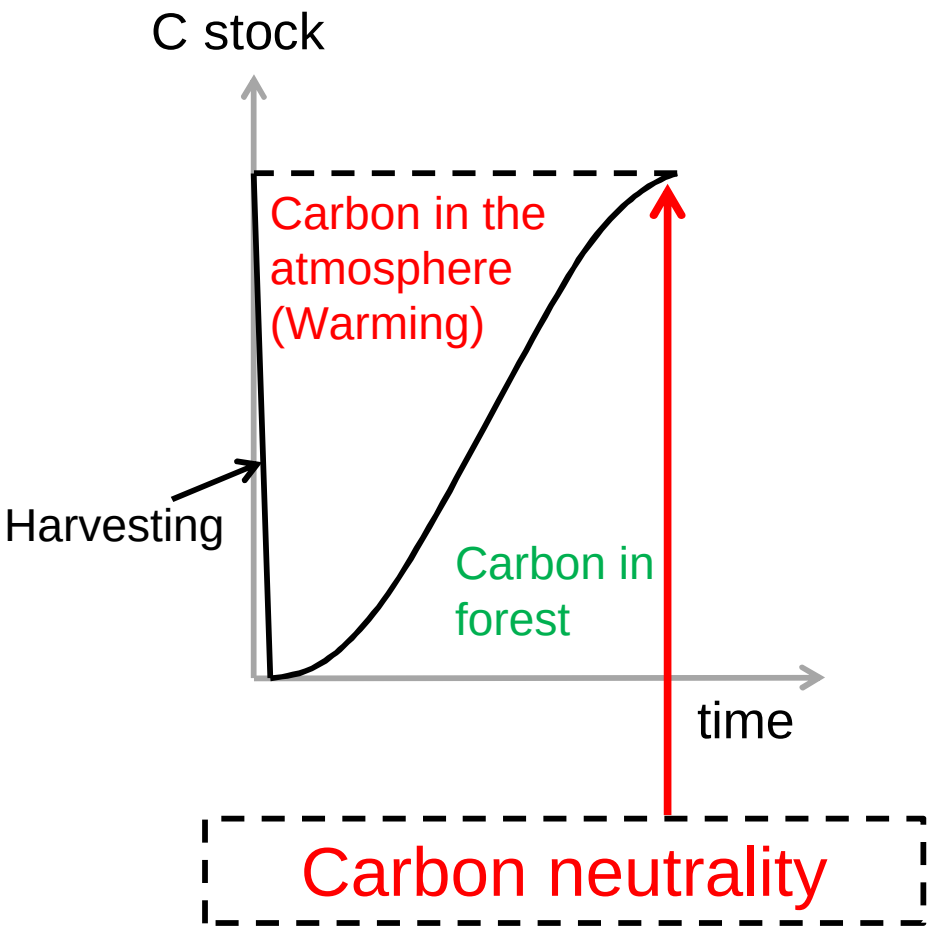
- Temporal carbon neutrality



- Spatial carbon neutrality

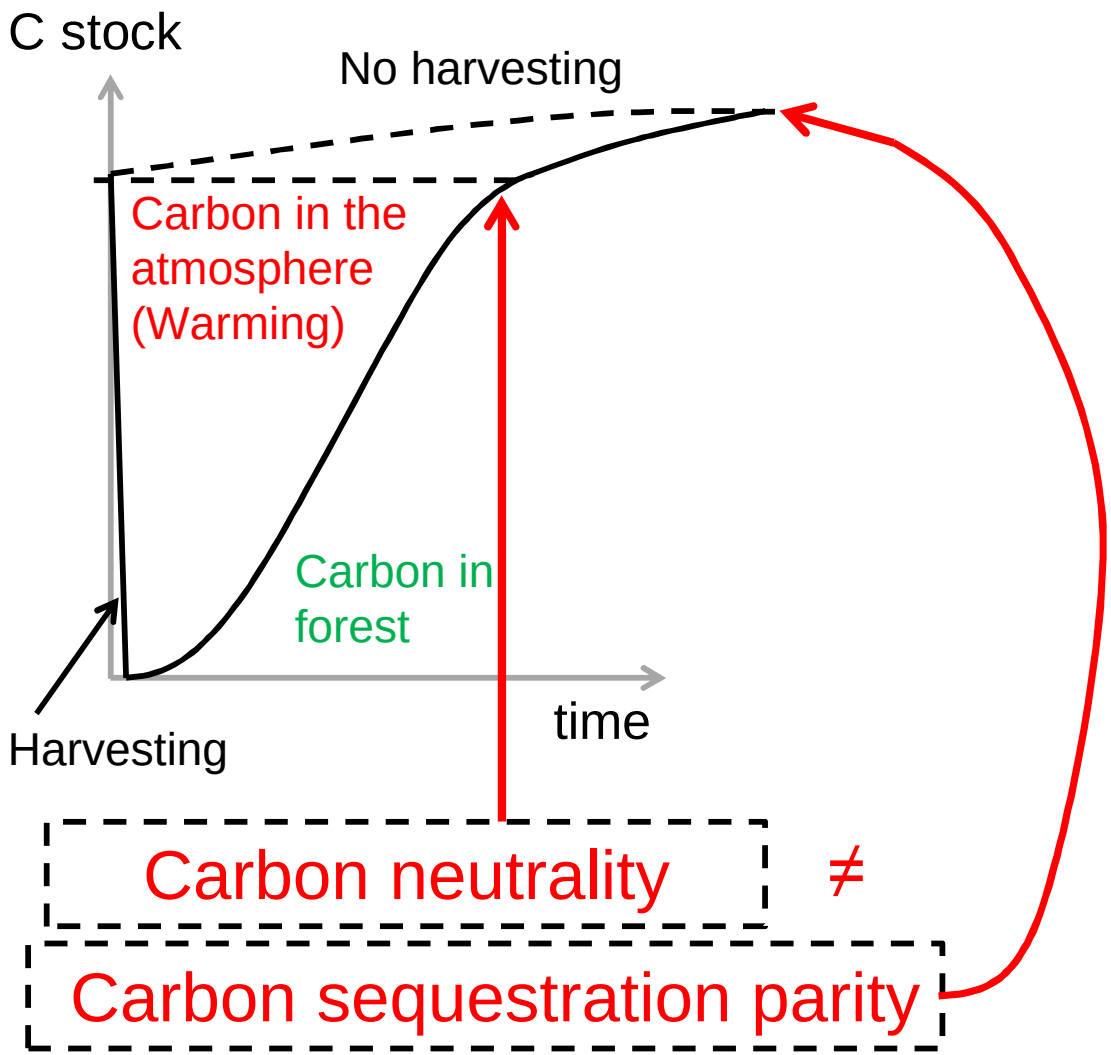


If biomass carbon is not in the biomass, it is in the atmosphere…



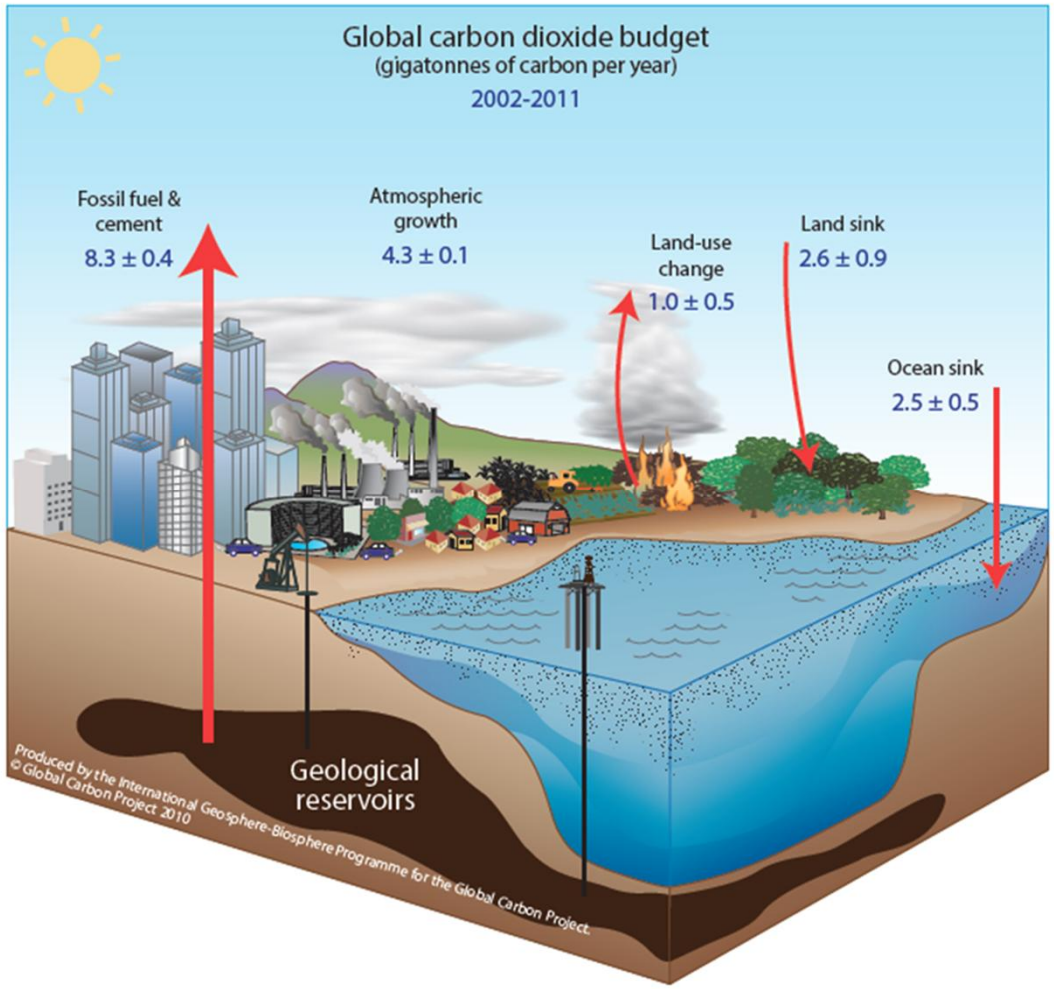
- **Clearing a forest stand reduces the biomass carbon stock which takes decades to be sequestered back into new growing trees**
- **Carbon neutrality ≠ Climate neutrality**

If biomass carbon is not in the biomass, it is in the atmosphere…



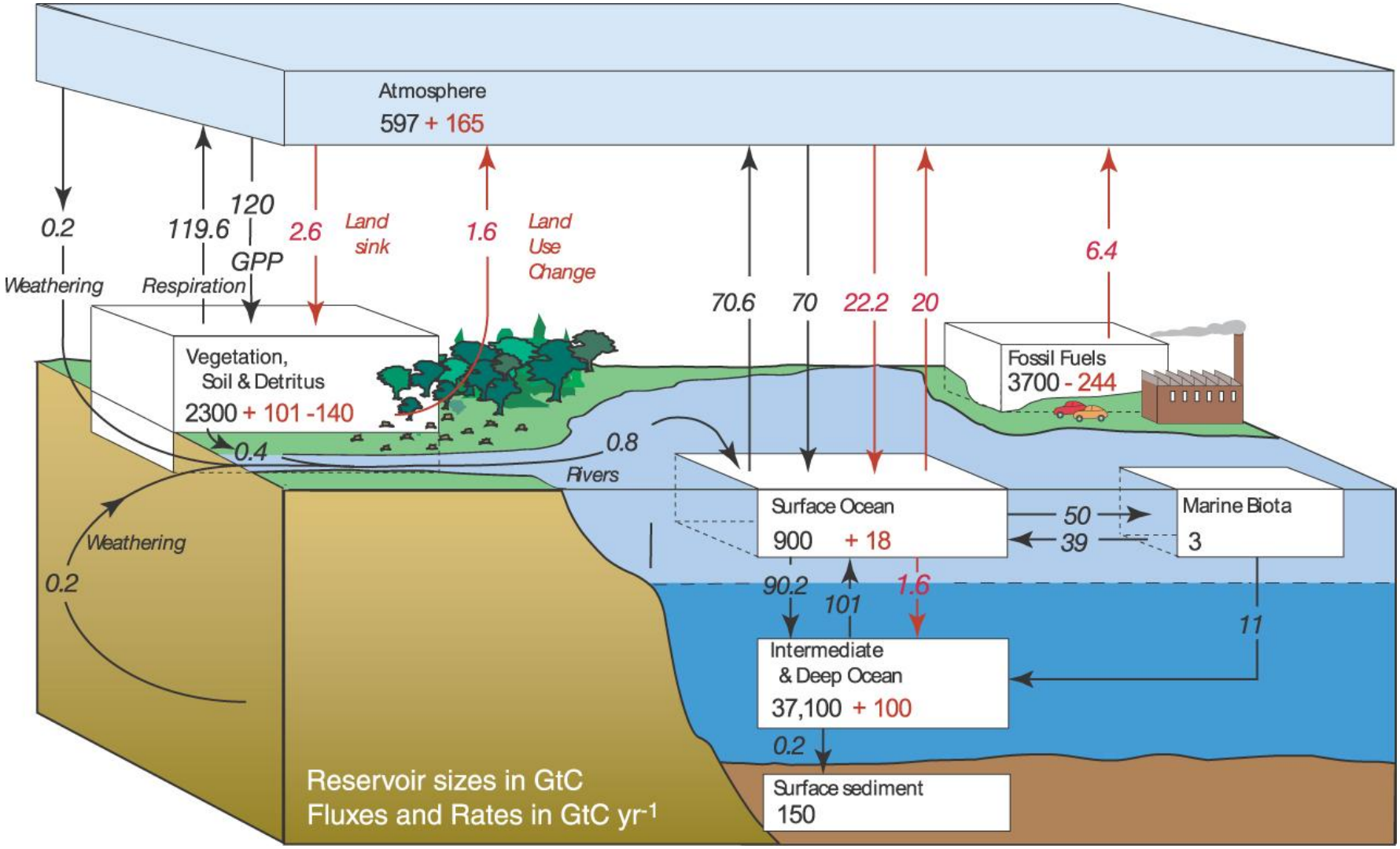
- **If biomass carbon stock increases in the case of no harvesting, then the parity between biomass harvesting and no harvesting is reached later than carbon neutrality of biomass harvesting**
- **Carbon neutrality ≠ Climate neutrality**

Ihmisen toiminnasta aiheutunut häiriö hiilenkierrossa 2002-2011 (PgC/yr)



Ilmakehän kannalta hiilen virroissa tapahtuvat yksikkömuutokset ovat toisiinsa nähden samanarvoisia

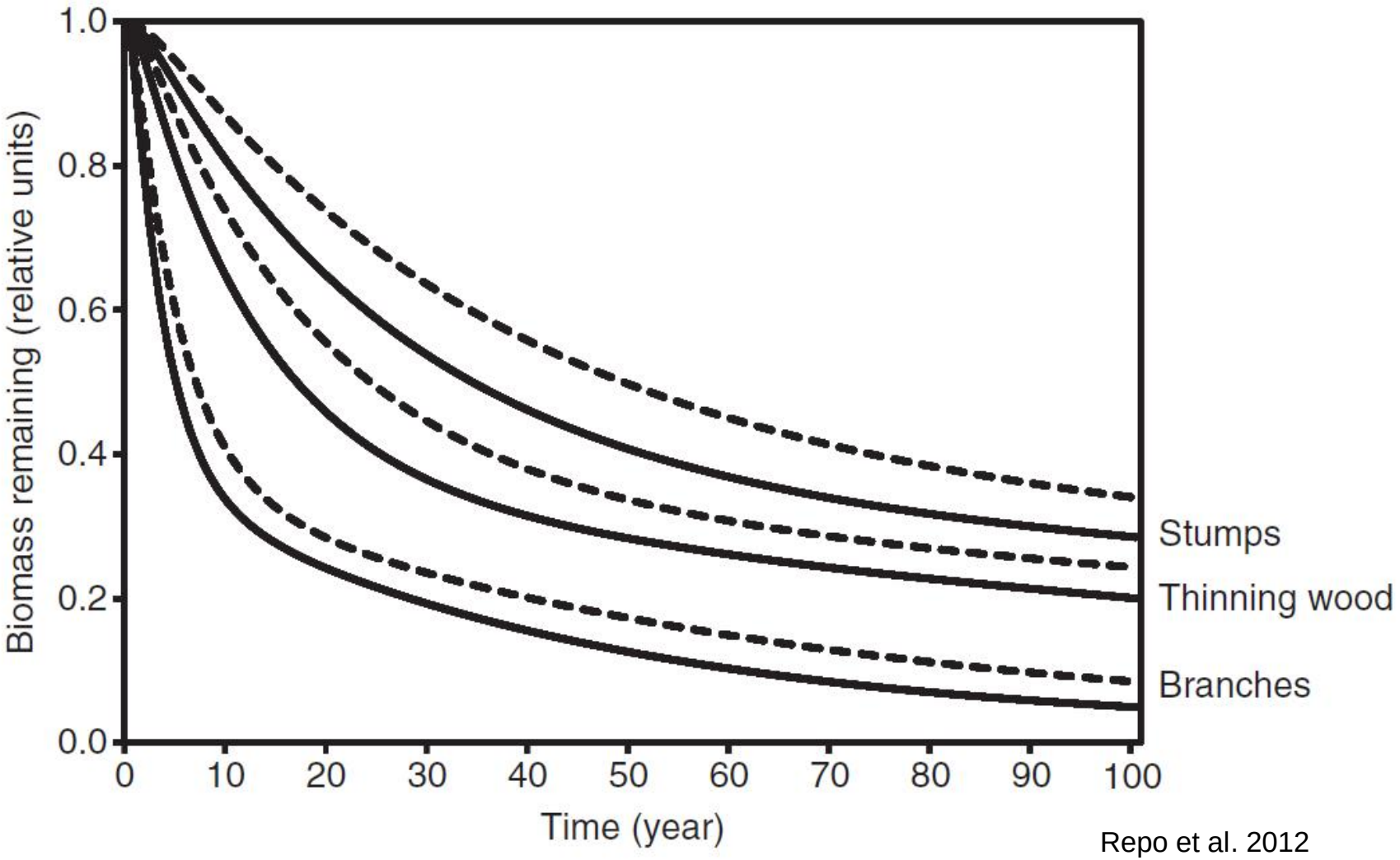
Ilmakehä on verrattain pieni hiilen varasto



Source: IPCC 2007b

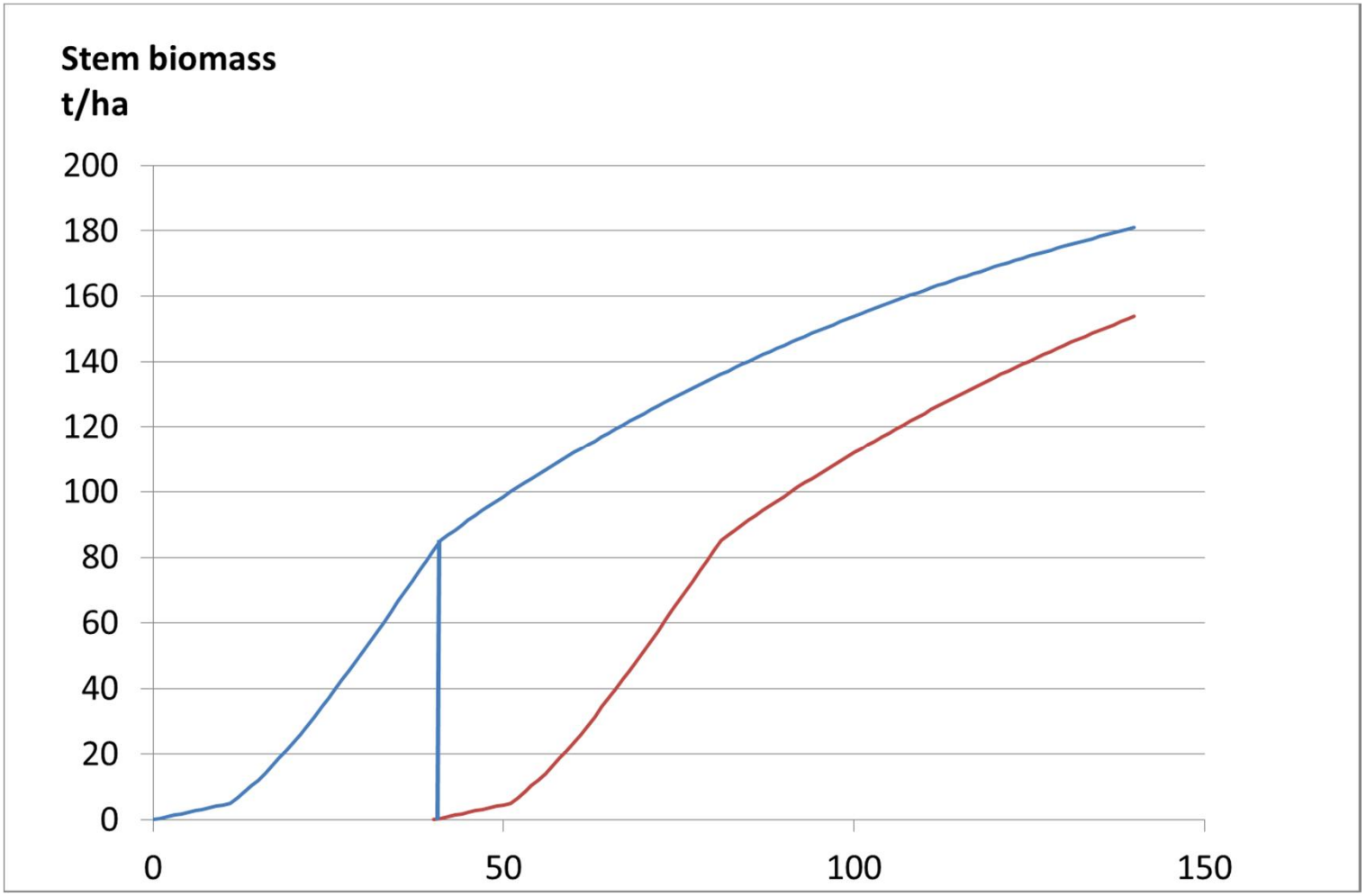
Metsäenergian hiili- ja ilmastoneutraalius?

Jos hakkuutähteitä ei korjata, ne lahoavat metsässä



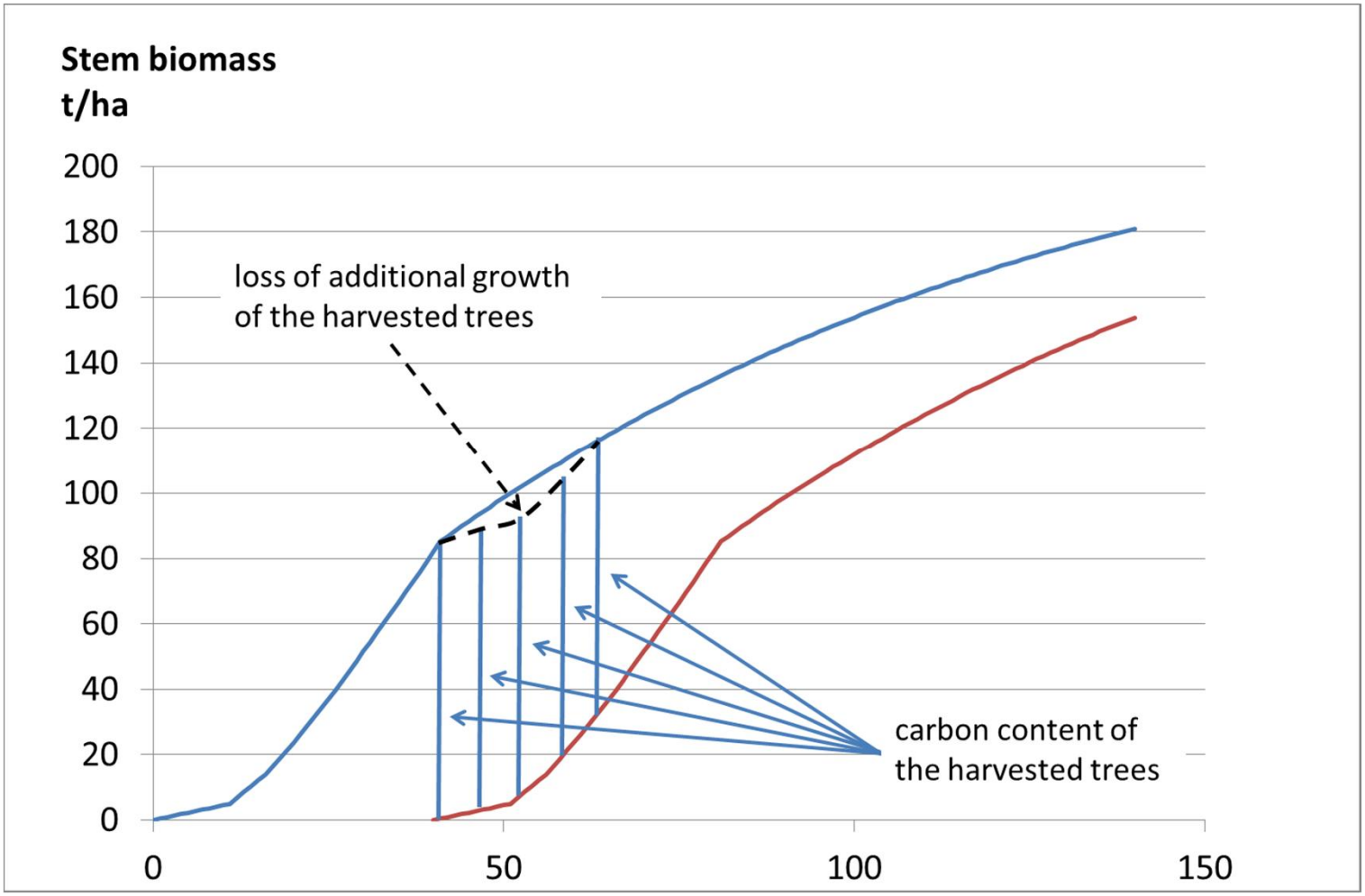
Repo et al. 2012

Jos kasvavia puita ei kaadeta, ne jatkavat kasvuaan



Source: Modified from Pingoud et al. 2012, data based on MOTTI forest stand simulator

Kasvavien puiden kaataminen energiaksi vapauttaa puiden hiilisisällön ja aiheuttaa väliaikaisen kasvun menetyksen



Source: Modified from Pingoud et al. 2012, data based on MOTTI forest stand simulator

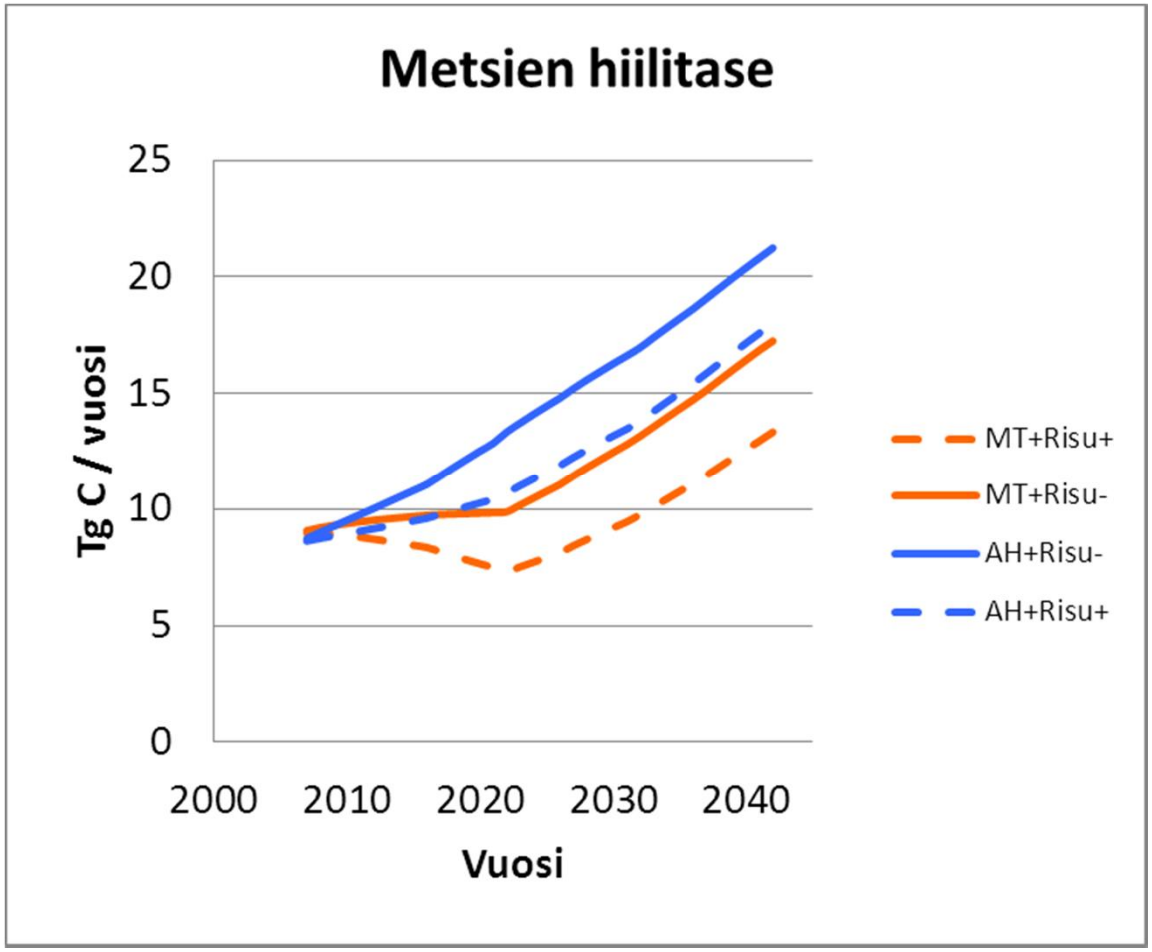
Mikä painoarvo metsäbiomassaositteiden CO_2-päästöille pitäisi elinkaariarvioinnissa antaa?

Biomass source	GWP_{bio}-20	GWP_{bio}-50	GWP_{bio}-100	data source
branches (d = 1 cm)	0.4	0.2	0.1	Repo et al. 2011
branches (d = 2 cm)	0.5	0.3	0.2	Repo et al. 2011
branches (d = 5 cm)	0.6	0.4	0.3	Repo et al. 2011
stumps (d = 10 cm)	0.7	0.4	0.3	Repo et al. 2011
stumps (d = 20 cm)	0.8	0.5	0.4	Repo et al. 2011
stumps (d = 26 cm)	0.8	0.6	0.4	Repo et al. 2011
stumps (d = 35 cm)	0.8	0.6	0.5	Repo et al. 2011
stem wood (sa = 80 a)	1.0	0.8	0.6	Pingoud et al. 2012
stem wood (sa = 60 a)	1.0	0.8	0.6	Pingoud et al. 2012
stem wood (sa = 40 a)	1.1	0.9	0.6	Pingoud et al. 2012

d = diameter
sa = stand age at felling

CO_2 emissions from wood combustion ~ 110 g CO_2/MJ

Energiapuun korjuun lisäämisen vaikutus metsien hiilitaseeseen

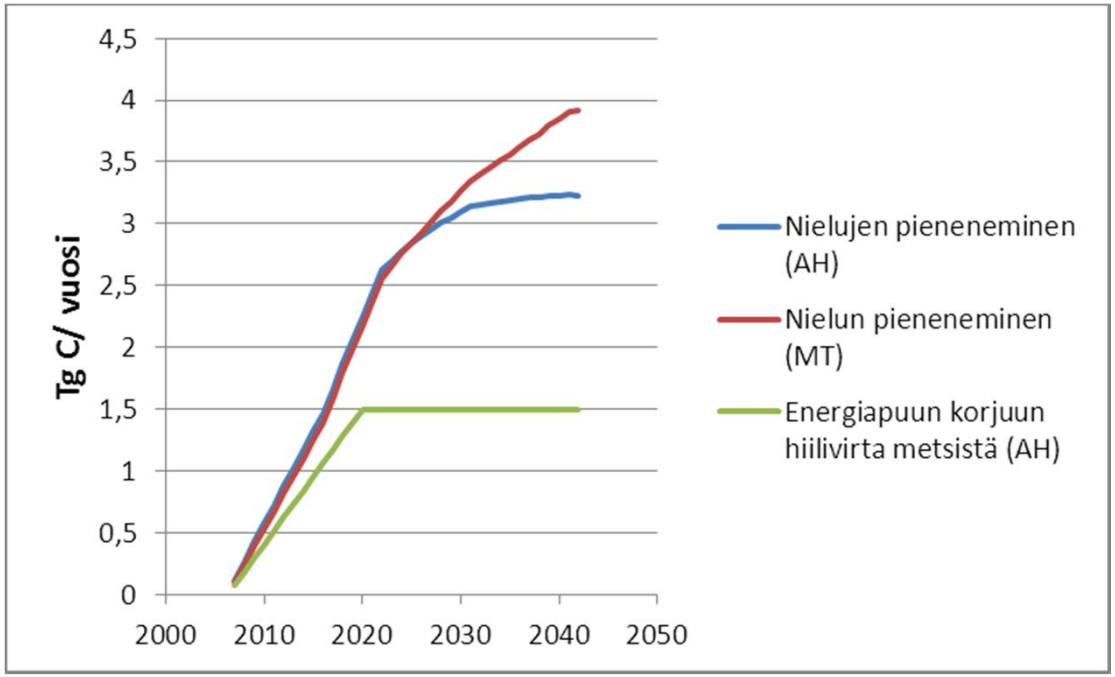


Metsähake ja käyttö polttolaitoksissa 2020-

- 20,0 Mm3/a Risu+
- 12,5 Mm3/a Risu-

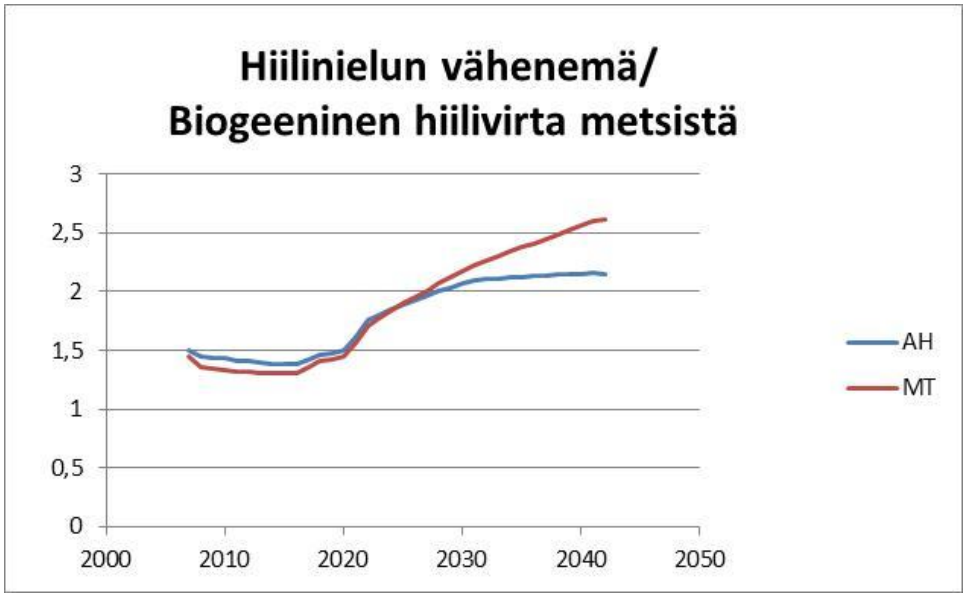
Skenaarioissa teollisuuspuunkäyttö alhainen (AH) tai maltillinen (MT) ja energiapuun käyttö runsasta (Risu+, katkoviivat) tai vähäisempää (Risu-, yhtenäiset viivat). Lähde: Asikainen et al. 2012

Metsänielujen pieneneminen ja energiapuun korjuun hiilivirta kun energiapuun korjuuta lisätään



Lähde: Asikainen et al. 2012

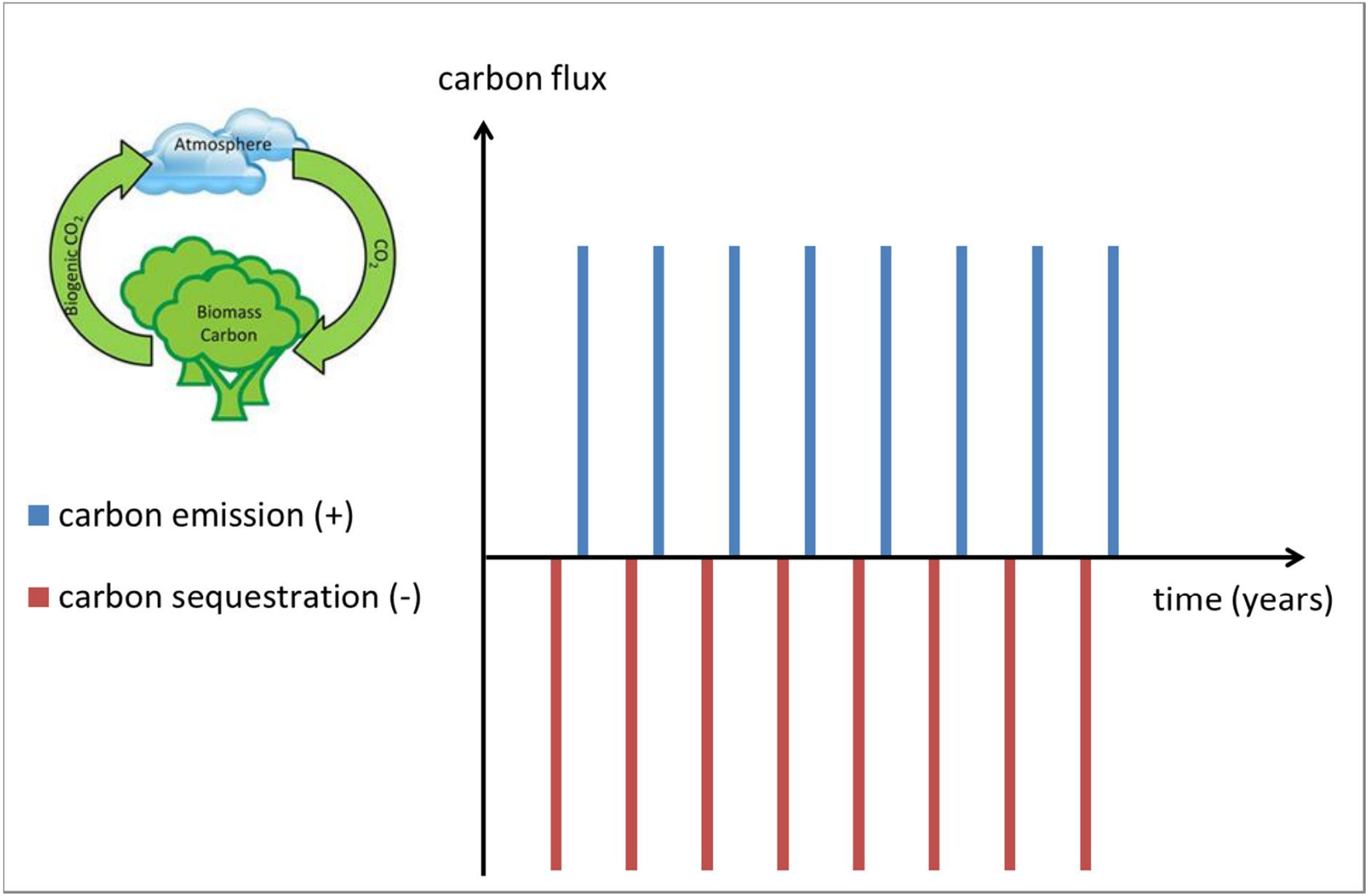
Puun poltosta aiheutuva CO_2-päästö samaa luokkaa tai hieman suurempi kuin kivihiilen tai turpeen elinkaariset päästöt



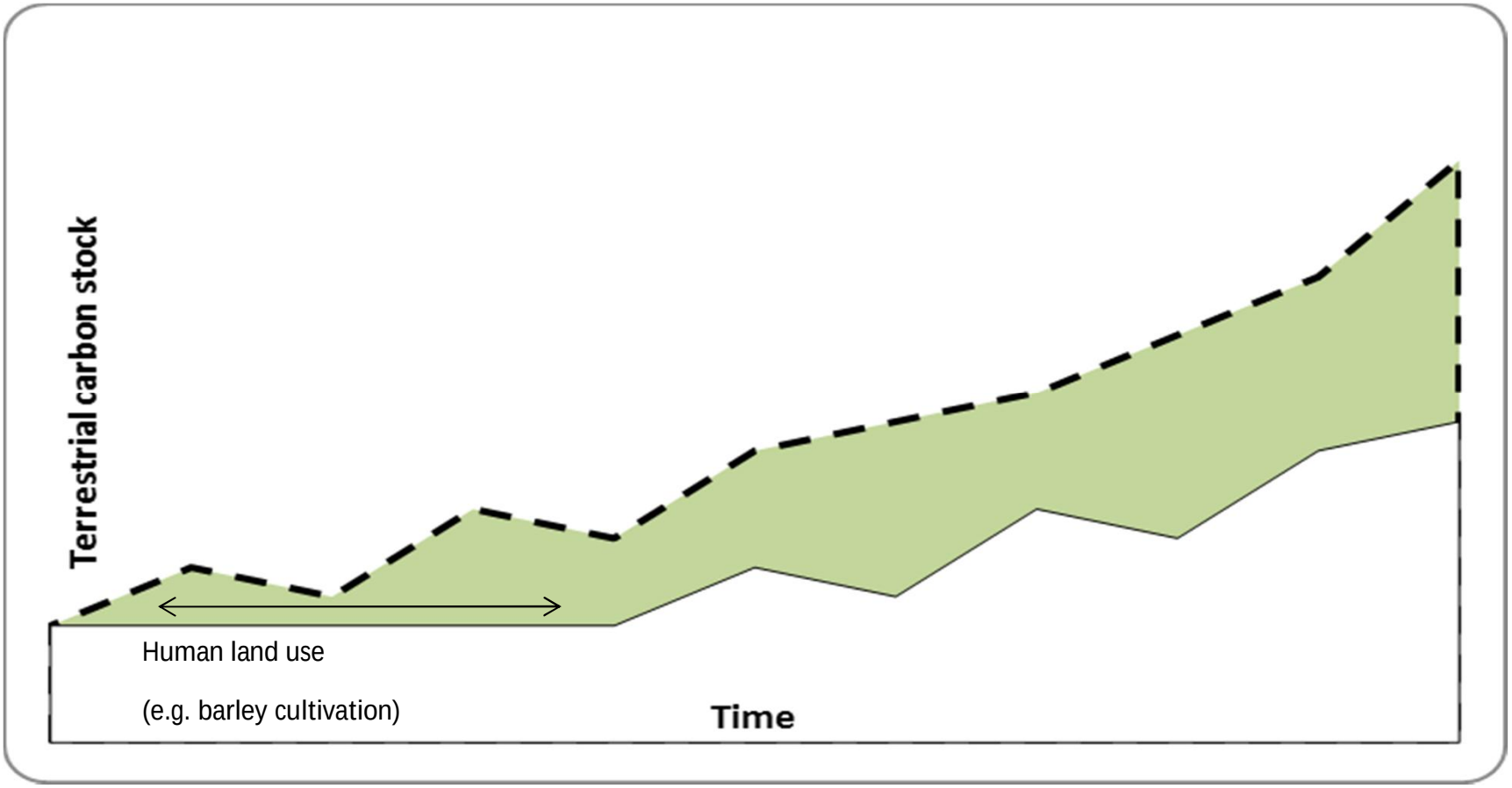
Nielujen pieneneminen on koko tarkastelujakson ajan suurempi kuin metsistä saatava hiilivirta!

Nopeakiertoisen peltoenergian hiili- ja ilmastoneutraalius?

Yhtenä vuonna vapautettu hiili sitoutuu seuraavana vuonna takaisin, ei siis ongelmaa…?

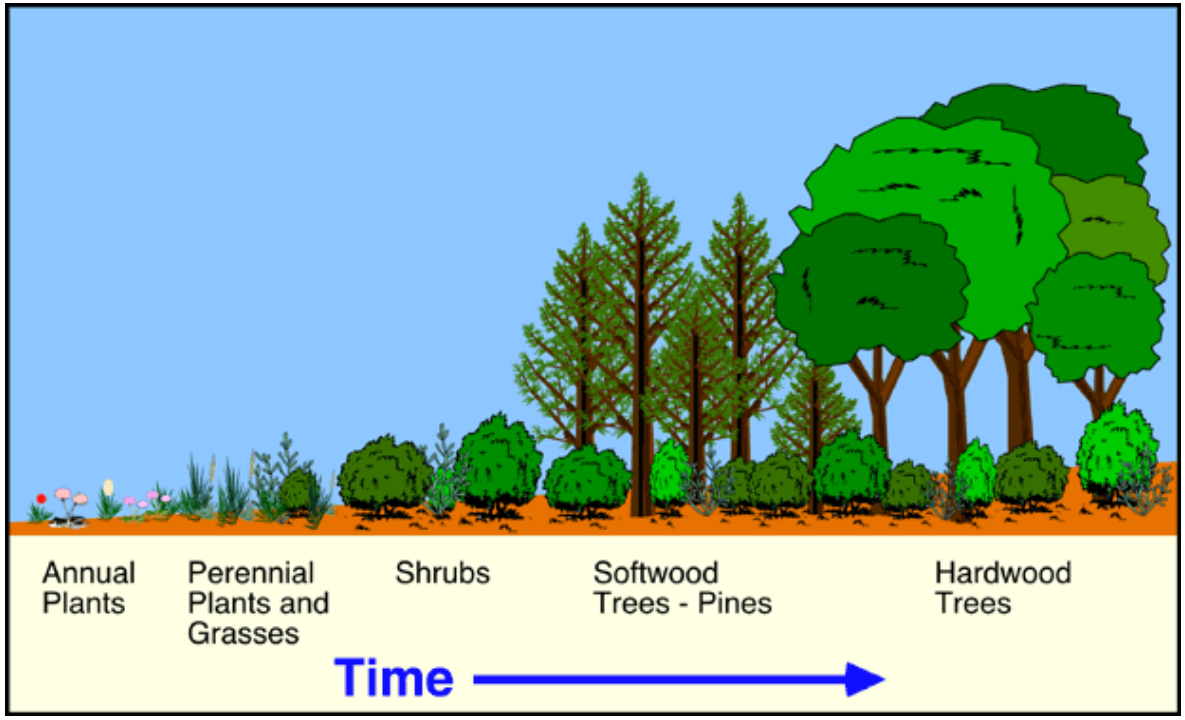


…vai voisiko maan hiilivarasto kasvaa, jos bioenergiaa ei tuotettaisi?

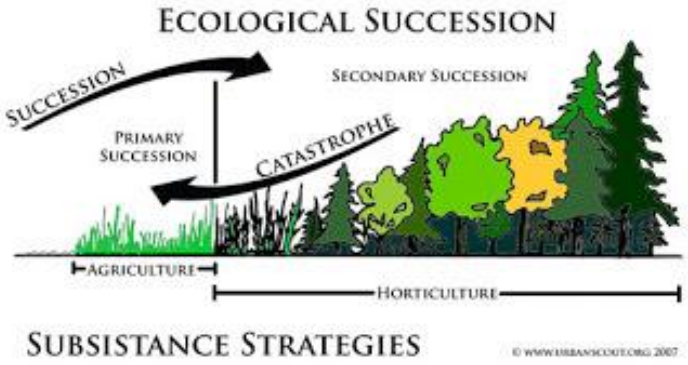


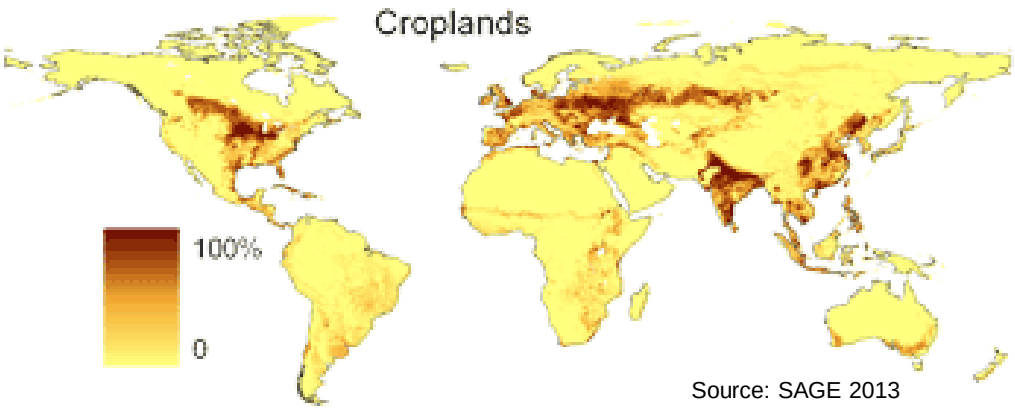
Muokattu lähteestä: Milà i Canals et al. 2007

Ekologinen sukkessio

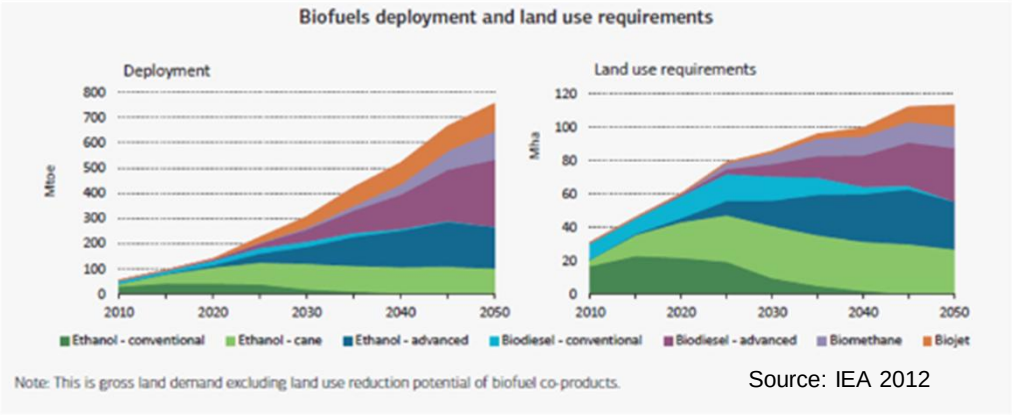


Source: Dr. Michael Pidwimy, University of British Columbia Okanagan





Source: SAGE 2013

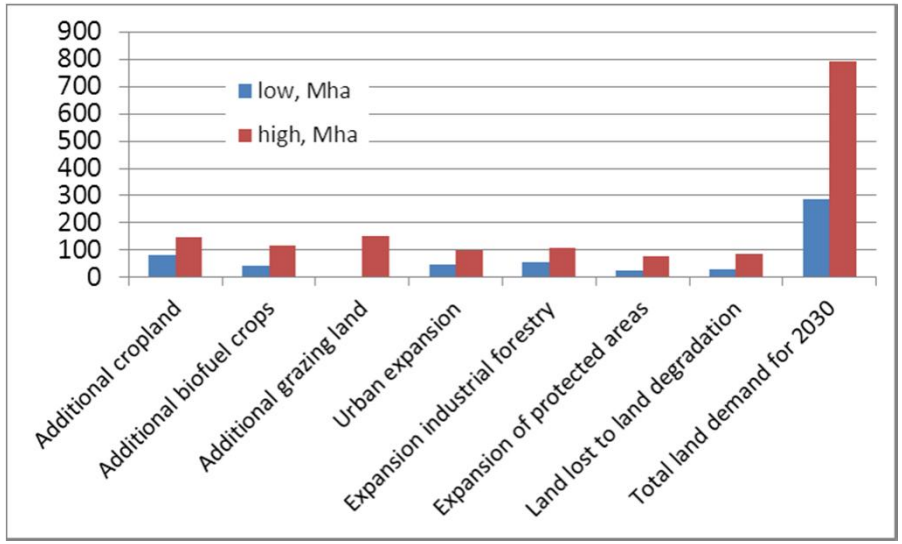


Source: IEA 2012

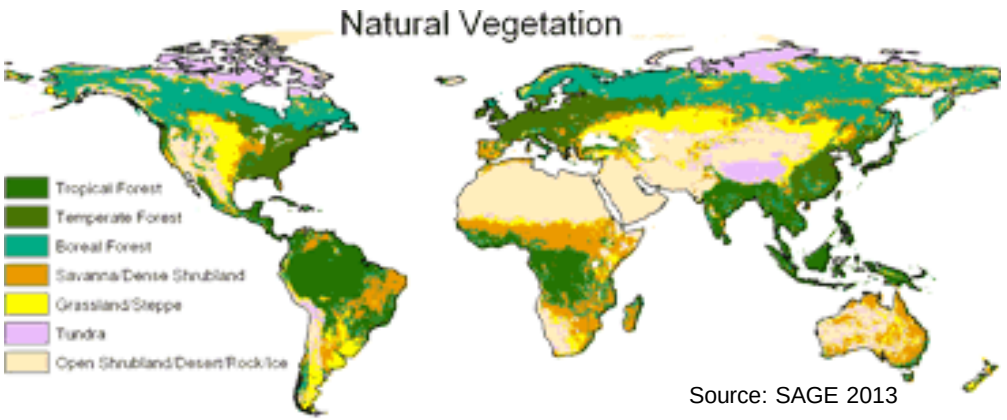
Maan tarve paikallisesti kasvaa

Source: IEA 2011

Globaalit vaikutukset maankäyttöön



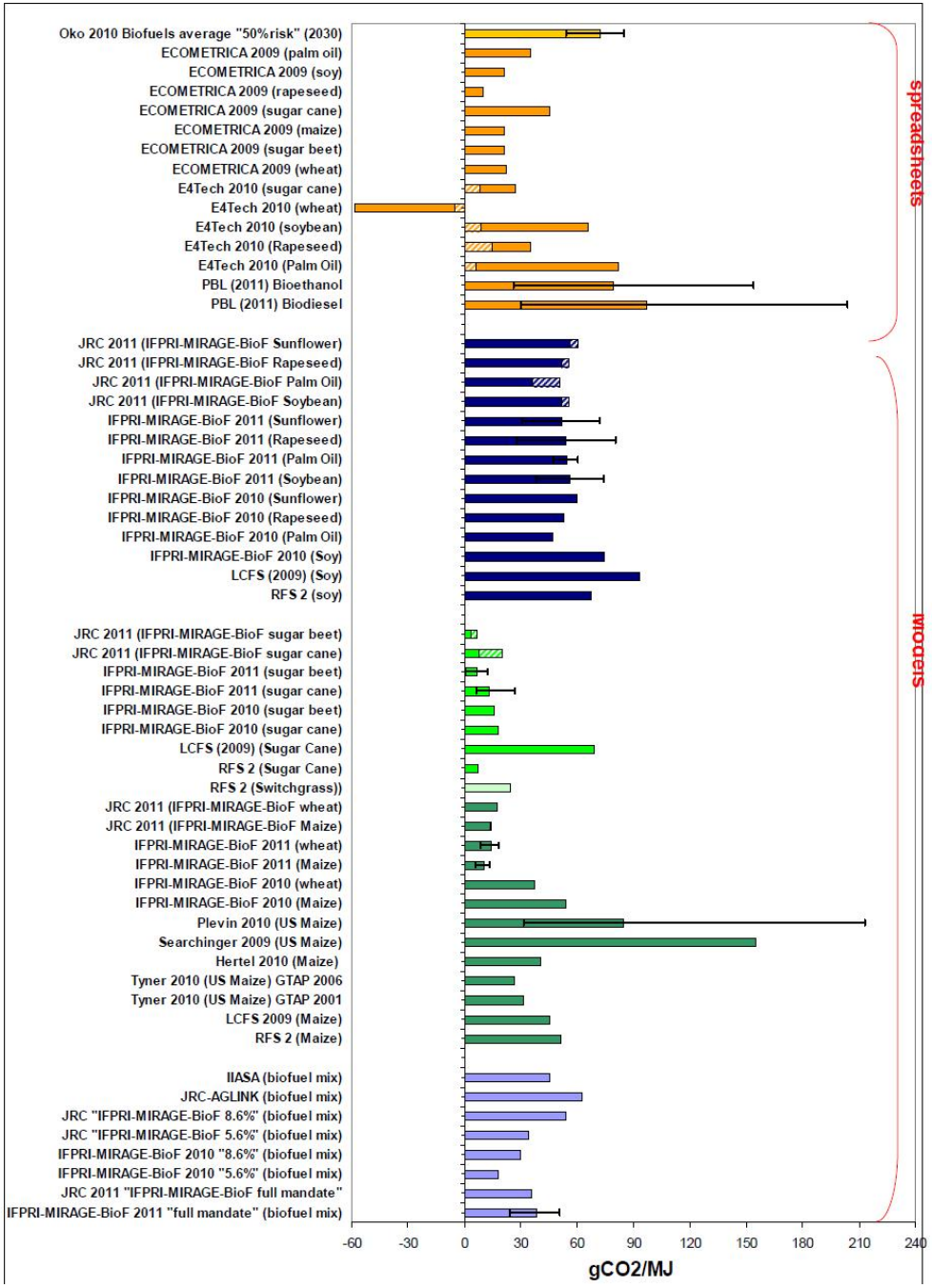
Adapted from: Lambin & Meyfroidt 2011



Source: SAGE 2013

(Epäsuorien) maankäytön muutosten päästöt ovat epävarmoja, mutta voivat olla erittäin merkittäviä

Vrt. tyypilliset elinkaariset päästöt:
- bensiini, diesel ~ 80-100 g CO_2e/MJ
- hiili, turve ~ 110 g CO_2e/MJ
- maakaasu ~ 70 g CO_2e/MJ



Source: EC 2012b

Muut bioenergian ilmastohyötyjä pienentävät tekijät

- Raaka-aineiden tuotannossa ja polttoaineiden jalostuksessa sekä kuljetuksissa, varastoinnissa yms. tarvittavan energian tuotannossa syntyvät päästöt
- Lannoitteiden N_2O-päästöt
- Fossiilisten polttoaineiden korvautuminen markkinoilla voi jäädä huomattavasti teoreettista pienemmäksi
- Pienhiukkas- ja nokipäästöt voivat pienpoltossa ja maanraivauksessa merkittävästi lisätä kasvihuonevaikutusta

Globaalit päästöskenaariot

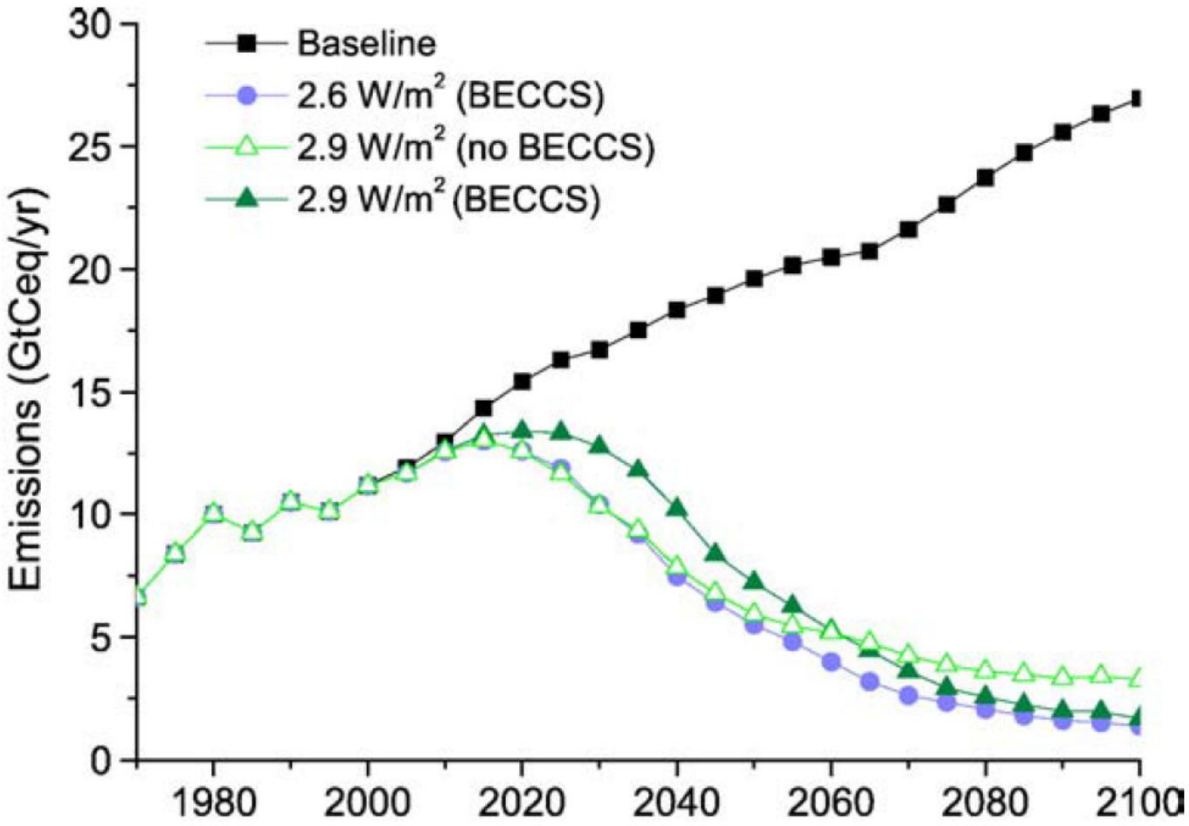


Fig. 4. GHG emissions in 2.6 and 2.9 W/m^2 scenarios.

Van Vuuren et al. 2010

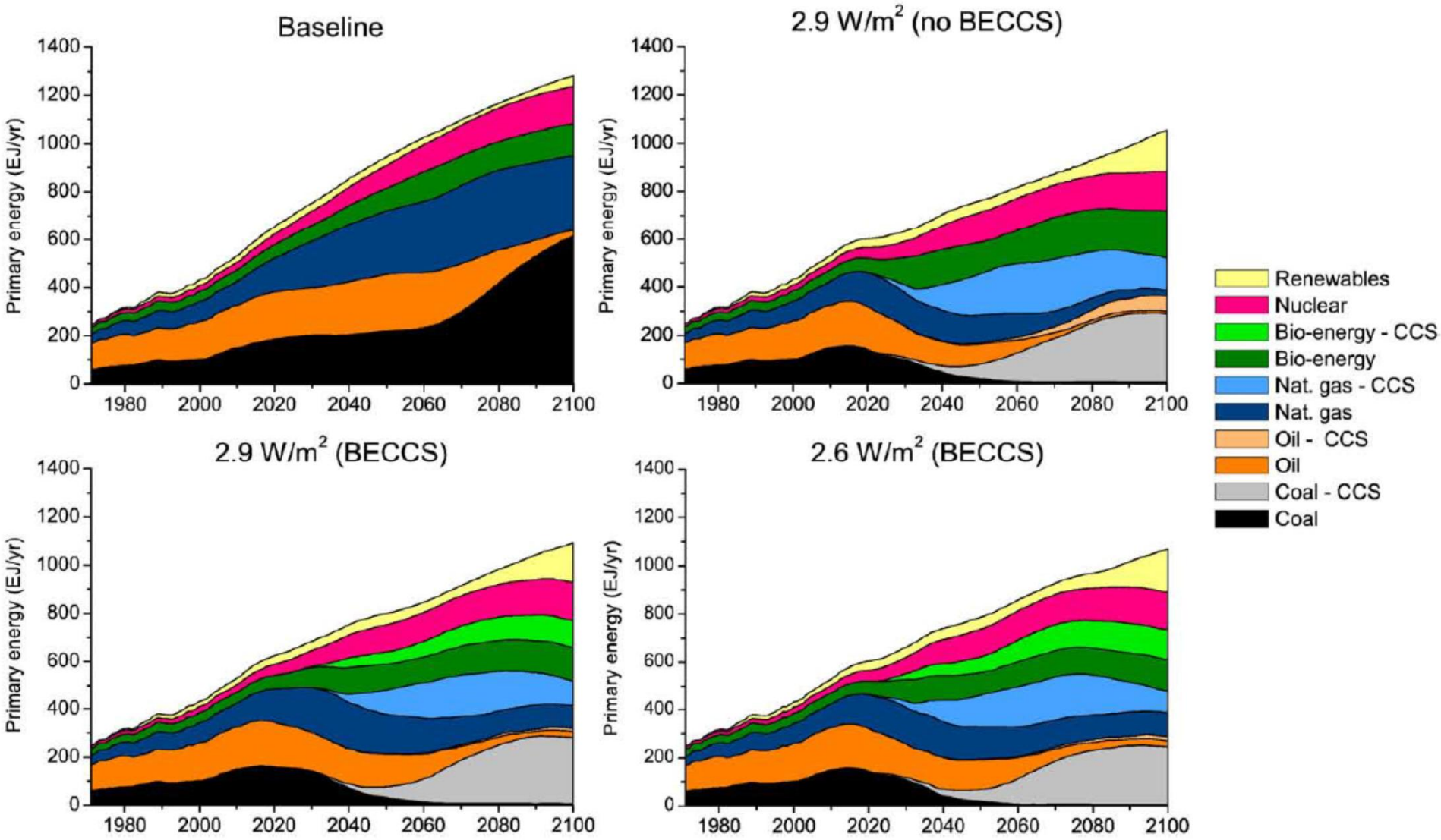


Fig. 6. Energy use in the baseline scenario and in the 2.9 and 2.6 W/m^2 scenarios (nat. gas = natural gas).

Van Vuuren et al. 2010

→ Bioenergian käyttö kasvaa tiukimmassa päästöjen rajoitusskenaariossa n. 70 EJ/a vuoteen 2050 mennessä ja n. 125 EJ/a
→ Päästöjen vähentäminen nojautuu hyvin vahvasti CCS-teknologian hyödyntämiseen

Van Vuuren et al. 2010

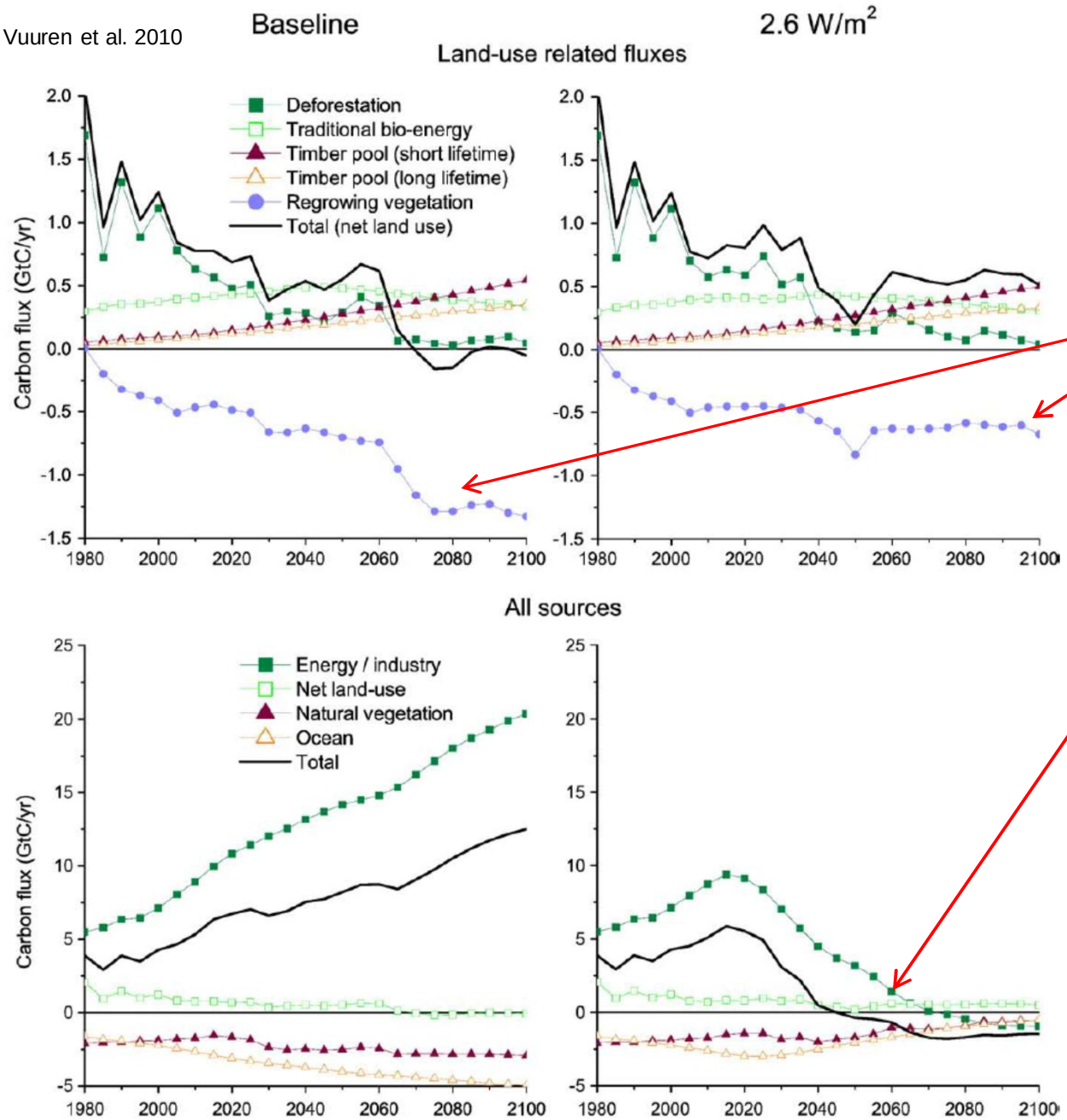


Fig. 9. Carbon emissions to the atmosphere related to land use (upper panel) and all sources (lower panel) for the baseline and 2.6 W/m^2 scenarios.

Päästöjen rajoittaminen

- Bioenergian käytön lisääminen pienentää kasvillisuuden hiilinielua
  - ~ 10 g CO2/MJ
  - Metsiin ei kosketa
  - ILUC:a ei tapahdu
  - ”Hylätyt” maatalousmaat ja ruohomaat
  - Monia epävarmuuksia
- Energiajärjestelmän CO_2-päästöt tulee olla negatiiviset vuosisadan loppupuolella

Johtopäätökset (1/2)

- Uusiutuvasti kasvatettu biomassa on määritelmän mukaan hiilineutraalia
- Bioenergian tuotannon kasvattaminen kuitenkin pienentää kasvillisuuden ja maaperän hiilivarastoja tai niiden kasvua suoraan tai epäsuorasti
  - peltobiomassojen primäärinen tuotanto kilpailee tuottavasta maasta
  - puuenergian käytön kasvattaminen pienentää metsien hiilivarastoa
  - **hiilivajeesta johtuen bioenergia ei voi olla ilmastoneutraalia** (muiden kuin nopeasti lahoavien jätejakeiden osalta)
  - → **hiilineutraalius ≠ ilmastoneutraalius**
- Biopolttoaineiden jalostus yleensä kasvattaa päästöjä ja usein pienentää korvaushyötyjä, vrt. esim.
  - hake → kivihiili
  - synteettinen biokaasu → maakaasu
  - synteettinen biodiesel → dieselöljy

Johtopäätökset (2/2)

- **Ilmastonmuutoksen hillintätavoitteiden saavuttamisessa bioenergia ei ole lainkaan niin tehokas ja varma keino kuin aiemmin on yleisesti ajateltu**
  - biopolttoaineiden elinkaariset kokonaispäästöt monissa tapauksissa samaa suuruusluokkaa fossiilisten polttoaineiden kanssa
  - epävarmuudet erityisesti maaperäprosessien ja markkinamekanismien kautta tapahtuvissa vaikutuksissa huomattavia
  - bioenergian tuotannossa syntyvät päästöt tulee vähentää muilla keinoilla
- Bioenergiaa on kuitenkin mahdollista tuottaa uusiutuvasti
- **Kestävä ≠ ilmastoystävällinen**
- Päästövähennysvelvoitteiden täyttämisessä bioenergia on suhteellisen suotuisa ratkaisu ainakin niin kauan kun päästölaskenta ei ole täydellistä

Lähdeviitteet

- Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. (toim.). 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metlan työraportteja 240. 211 s. http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.htm.
- EC 2012b. Impact assessment, Accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources. Commission staff working document. SWD(2012) 343 final. Brussels, 17.10.2012.
- GCB 2010. The Global Carbon Project. http://www.globalcarbonproject.org/
- IEA 2012. Energy Technology Perspectives 2012. http://iea.org/etp/
- IPCC 2007a. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Working Group III: Mitigation. http://www.ipcc.ch
- IPCC 2007b. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007: Working Group I: The Physical Science Basis. http://www.ipcc.ch
- IPCC 2011. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. http://srren.ipcc-wg3.de/report
- Lambin, E., Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. PNAS 108(9), 3465–3472.
- Milà i Canals, L., Bauer, C., Depestele, J., Dubreuil, A., Freiermuth Knuchel, R., Gaillard, G., Michelsen, O., Müller-Wenk, R., Rydgren, B. 2007. Key elements in framework for land use impact assessment within LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment 12(1), 5–15.
- Pingoud K, Ekholm T, Savolainen I. 2012. Global warming potential factors and warming payback time as climate indicators of forest biomass use. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 17: 369–386.
- Repo, A., Tuomi, M., Liski, J. 2011. Indirect carbon dioxide emissions from producing bioenergy from forest harvest residues. GCB Bioenergy 3, 107–115.
- Repo, A., Känkänen, R., Tuovinen, J-P., Antikainen, R., Tuomi, M., Vanhala, P., Liski, J. 2012. Forest bioenergy climate impact can be improved by allocating forest residue removal. GCB Bioenergy 4, 202–212.
- SAGE 2013. Global Land Use Data. Center for Sustainability and the Global Environment. http://www.sage.wisc.edu/iamdata/
- Van Vuuren, D.P., Stehfest, E., den Elzen, M.G.J., van Vliet, J., Isaac, M. 2010. Exploring IMAGE model scenarios that keep greenhouse gas radiative forcing below 3 W/m2 in 2100. Energy Economics 32, 1105–1120.

Kiitos!

Lisätietoja: sampo.soimakallio@vtt.fi