

# Bioenergia osana globaalia biomassataloutta

*Juha Helenius*

Helsingin yliopisto, soveltavan biologian laitos

Suomen maataloustieteellisen seuran seminaari 9.11.2006

**Bioenergiaa biomassasta: mahdoton mahdollisuus**

**“Biomassa on runsas hiilineutraali uudistuva resurssi bioenergian ja biomateriaalien tuotantoon, ja sen käytön edistäminen liittyy useisiin yhteiskunnallisiin tarpeisiin.”**

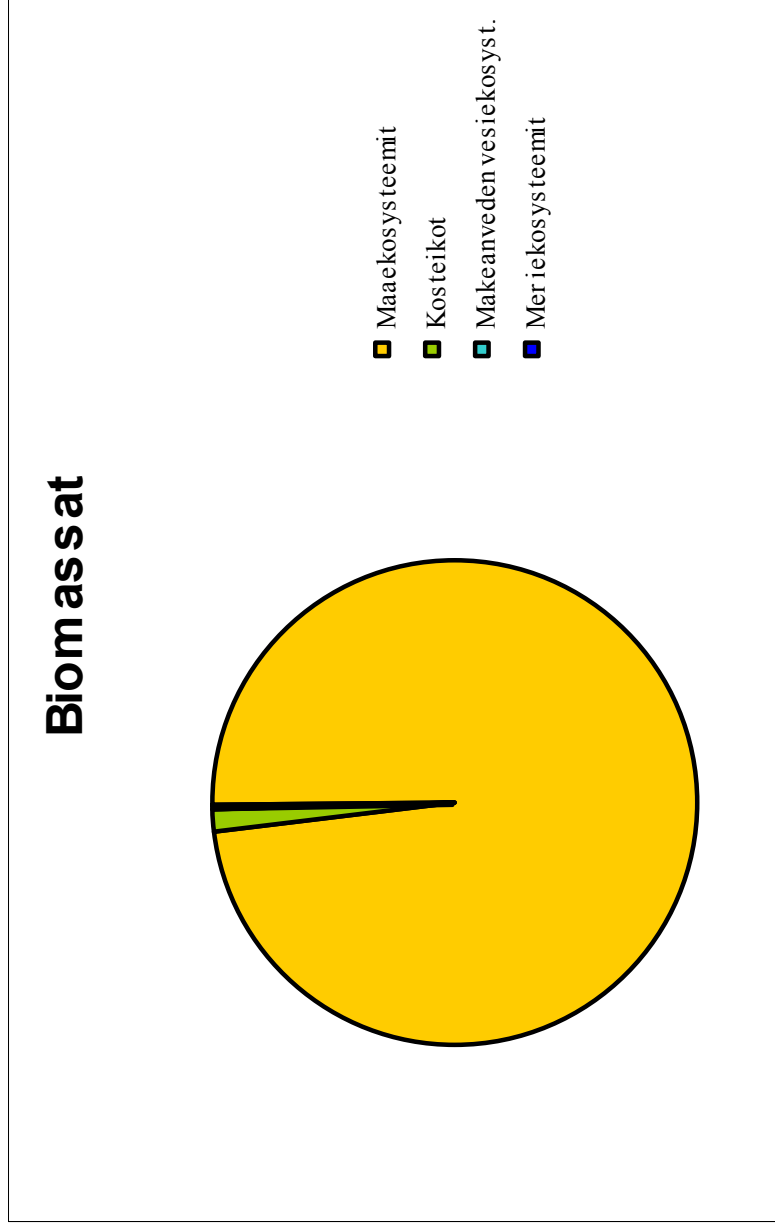
**Ragauskas et al. 2006. Science 311: 484-489.**

# Sisältö

1. Rajaus: terestriset biomassat, pääpaino viljely-ja laidunekosysteemeissä
2. Biomassa: ekosysteemin tuotantoa
3. Tilannekatsaus biomeihin
4. Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona
5. Maatalouden tuottamien biomassojen käyttö: järjestelmien suunnittelua

# Rajaus (1)

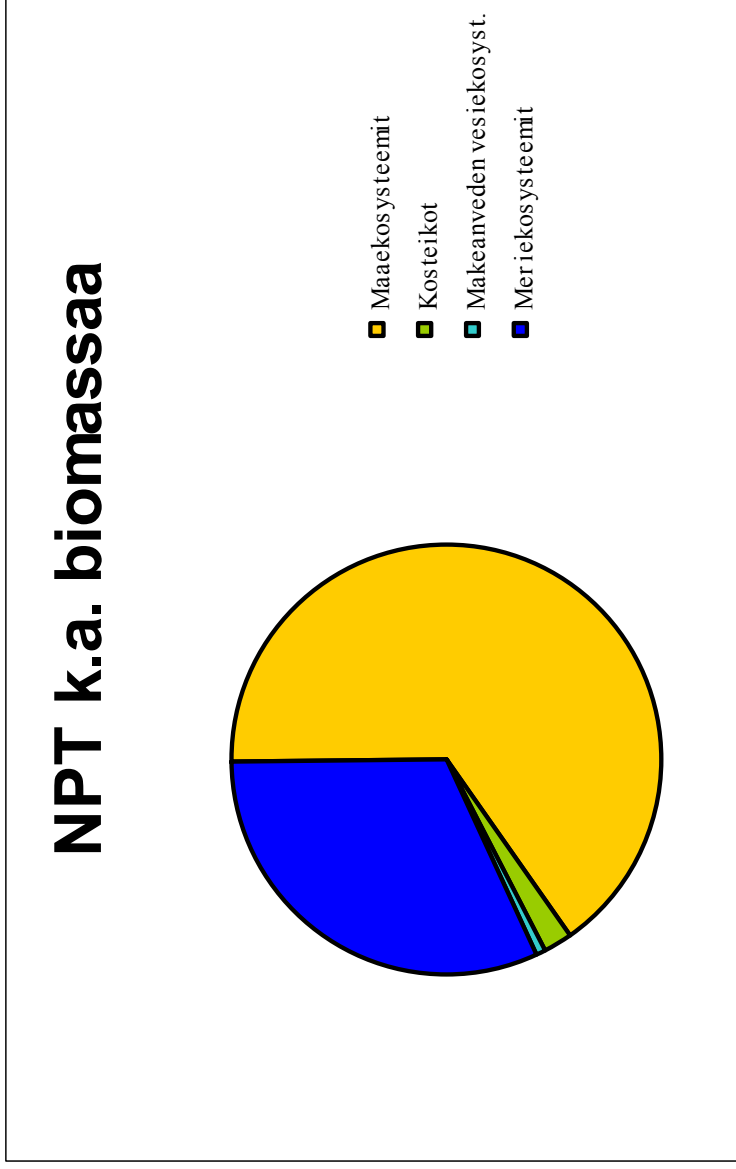
- Terrestriset ja akvaattiset biomassat 1841 giga t k.a.



Source: Whittaker 1975, ref. Townsend et al. 2003. Essentials of Ecology.

# Rajaus (2)

- Terrestrinen ja akvaattinen nettoprimaari-  
tuotanto biomassana, yht. 170 giga t k.a. /a



Olet. 17 GJ/t k.a.,  
NPT on n.

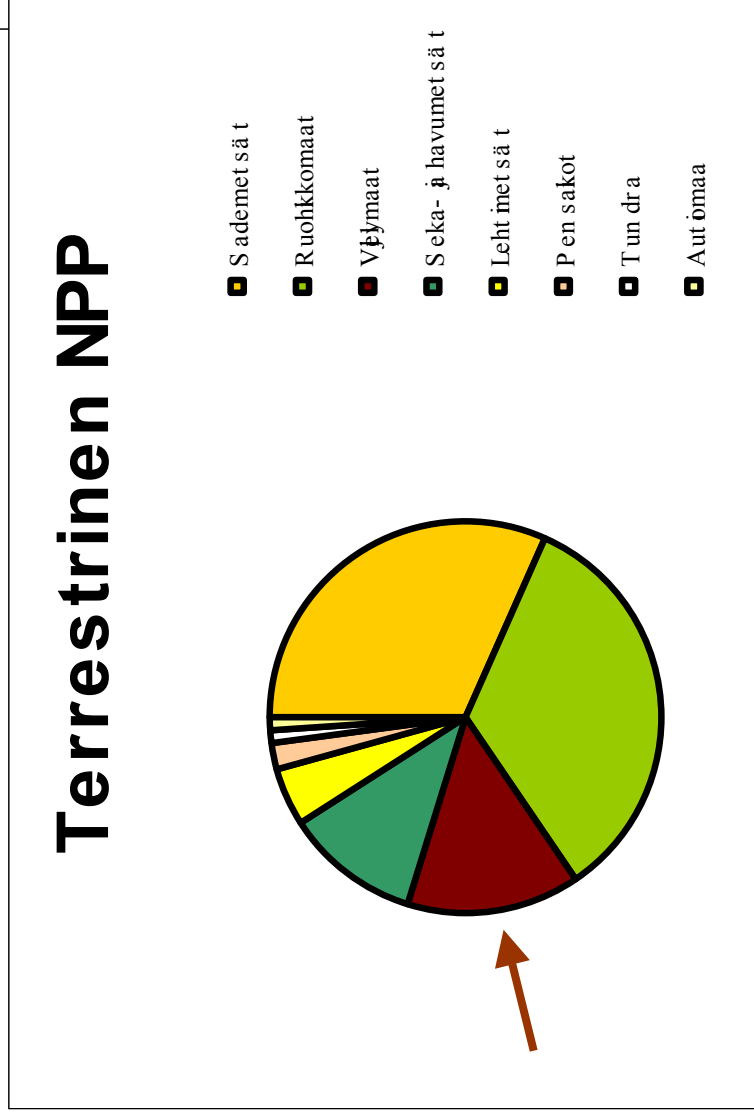
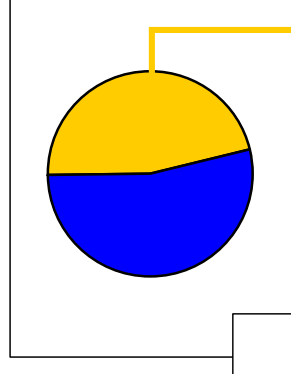
2,89 x 10<sup>6</sup> PJ /a.

Vrt. Maailman  
primaarienergian  
kulutus on n.

0,44 x 10<sup>6</sup> PJ/a.

# Rajaus (3)

- Nettoprimaarityönto  
hiilenä yht. 56,4 Pg C /a



# Rajaus (4)

- Maaekosysteemeissä suuri tuottavuus “tiheästä” biomassasta

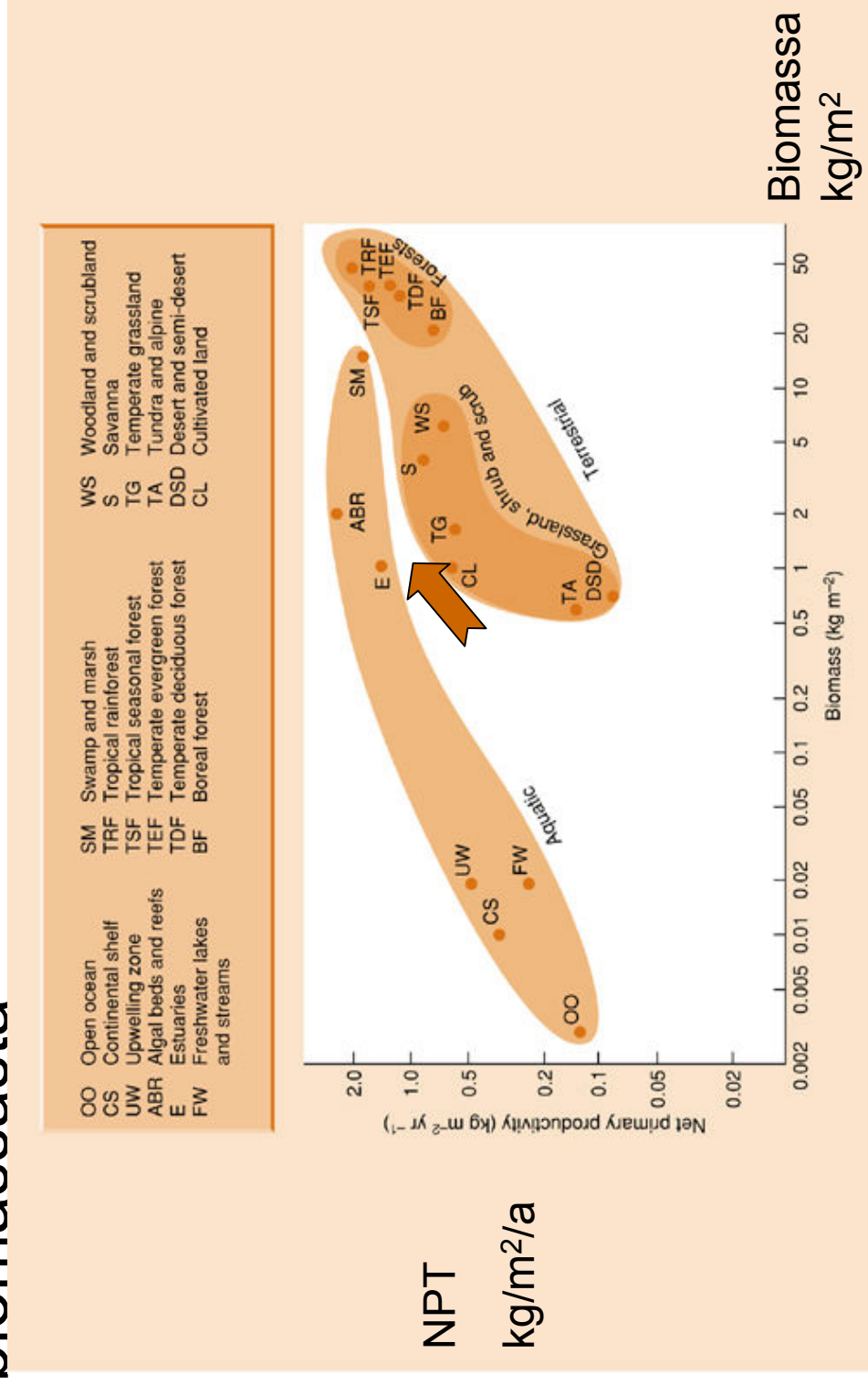
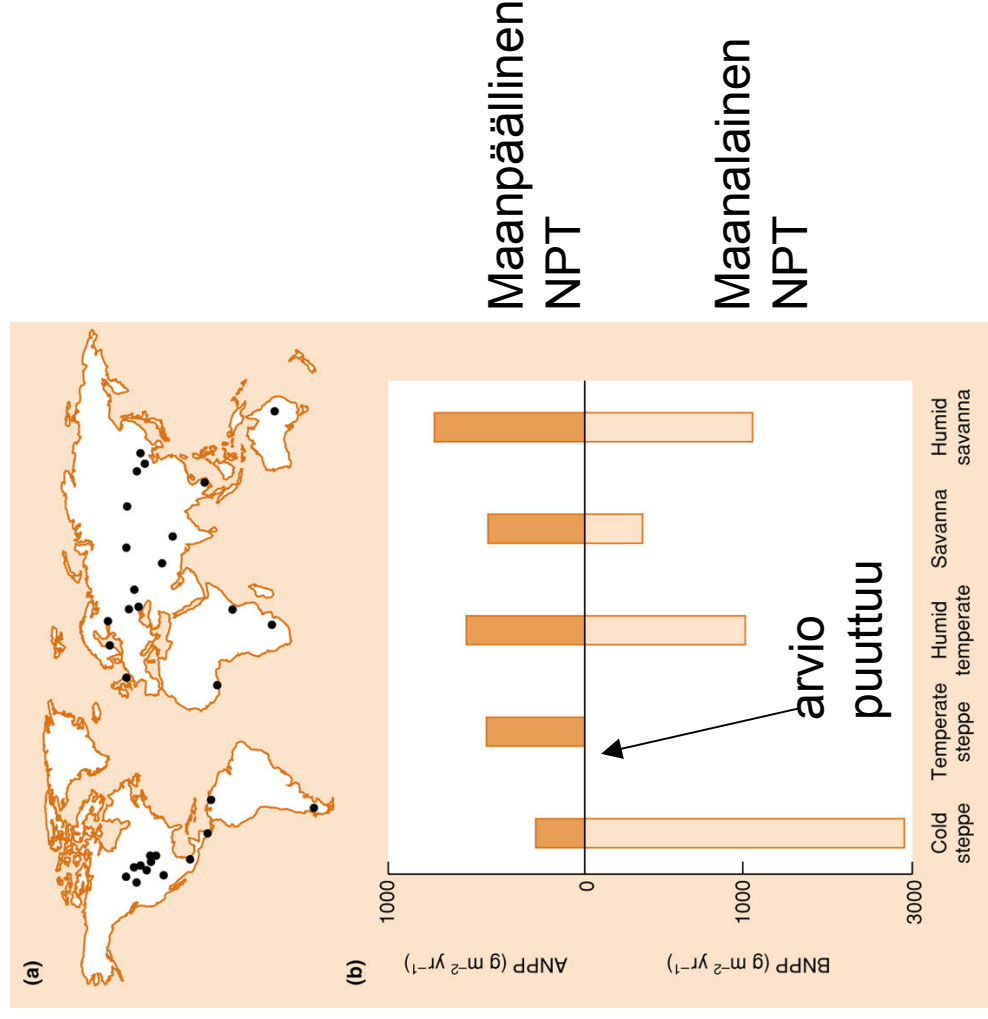


Figure 17.6 The relationship between average net primary productivity and average standing crop biomass for a range of ecosystems. (Based on data in Whittaker, 1975.) Source: Bagon et al. 2005. Ecology.

# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (1)

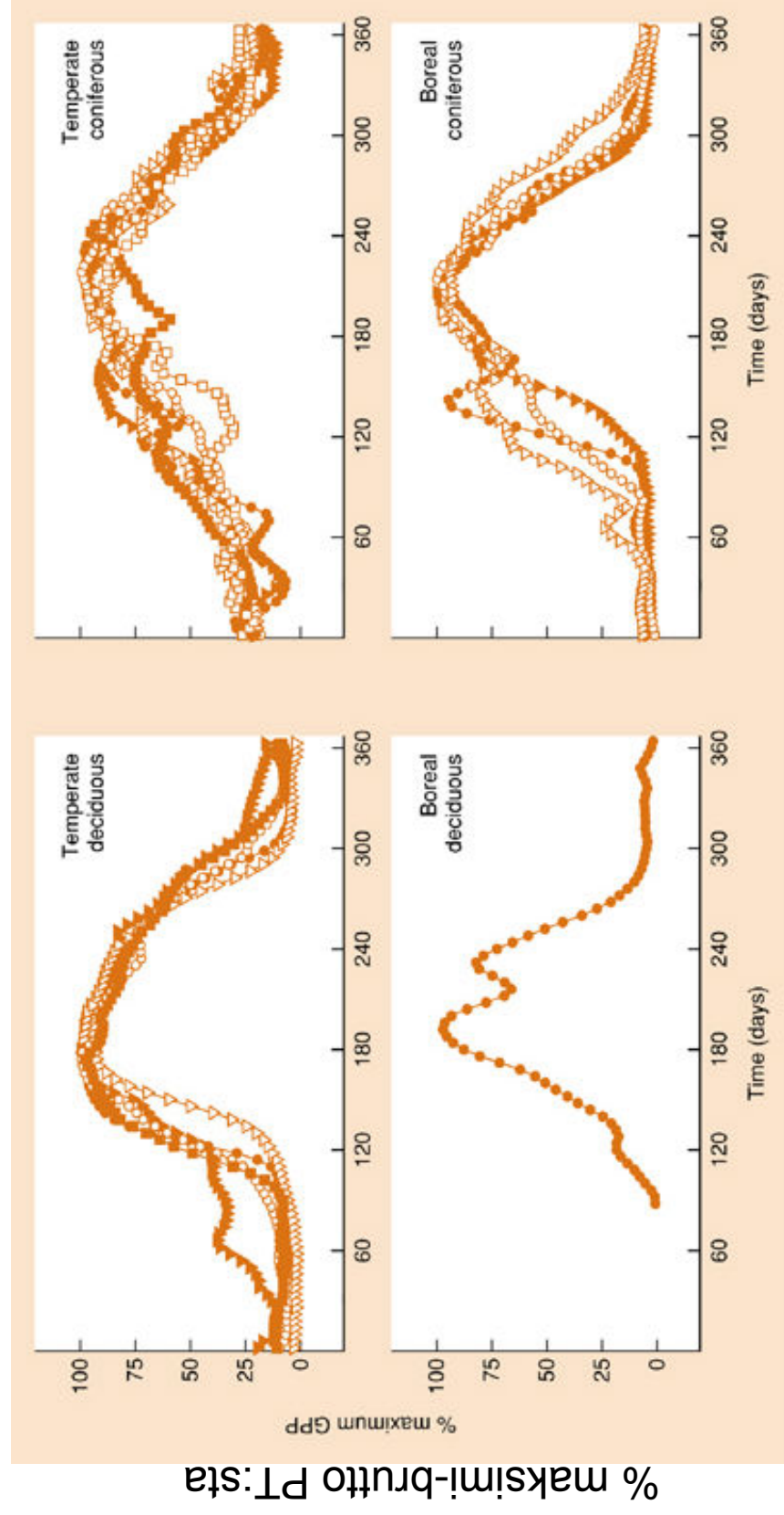
- Suuri(n) osa tuotannosta on maan alla (juuria)



From Scurlock *et al.*, 2002. Source: Bagon *et al.* 2005. Ecology.

# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (2)

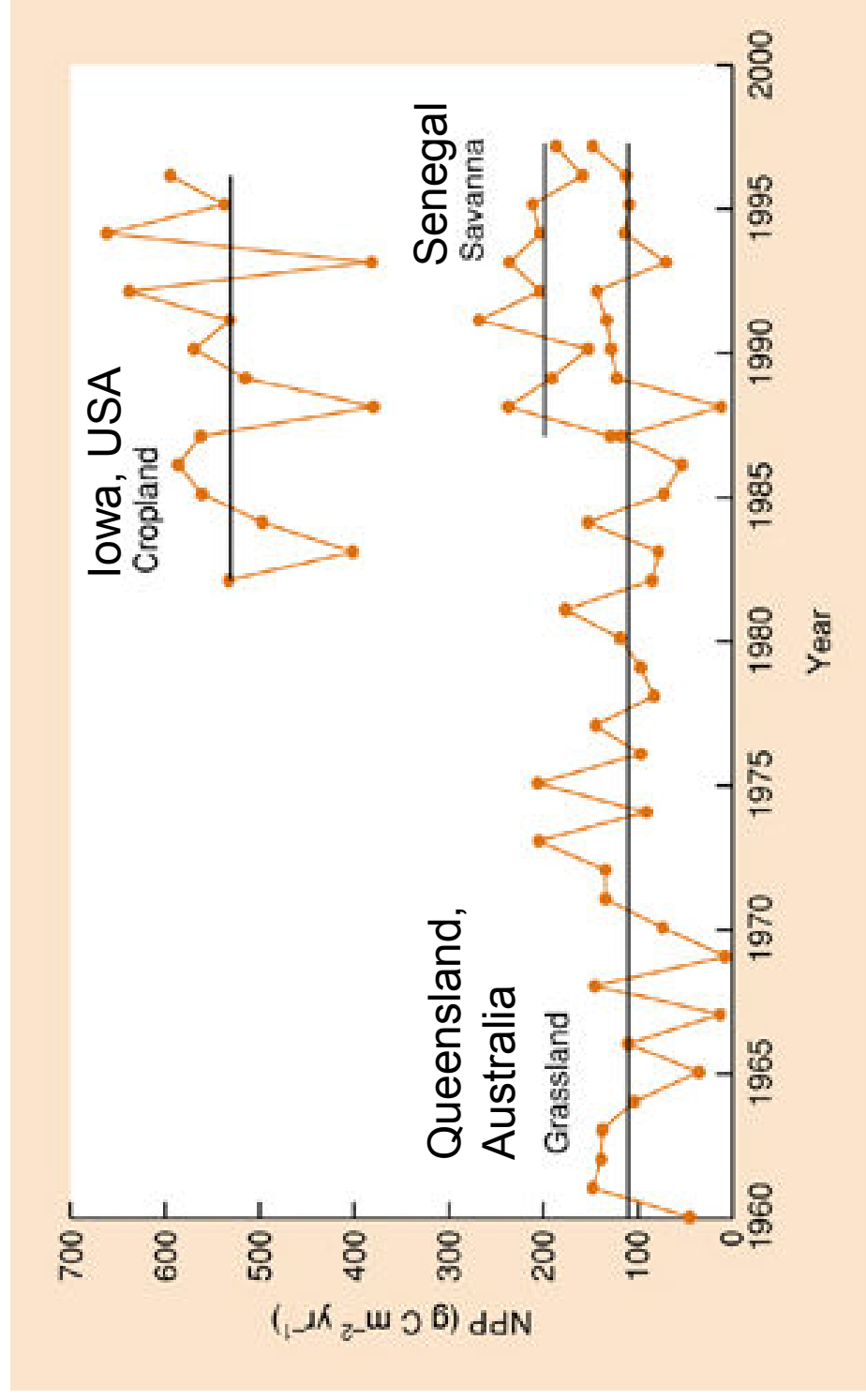
- Tuotanto ei ole tasaista ympäri vuoden, vaan kasvukausittaista



% maksimi-brutto PT:sta

# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (3)

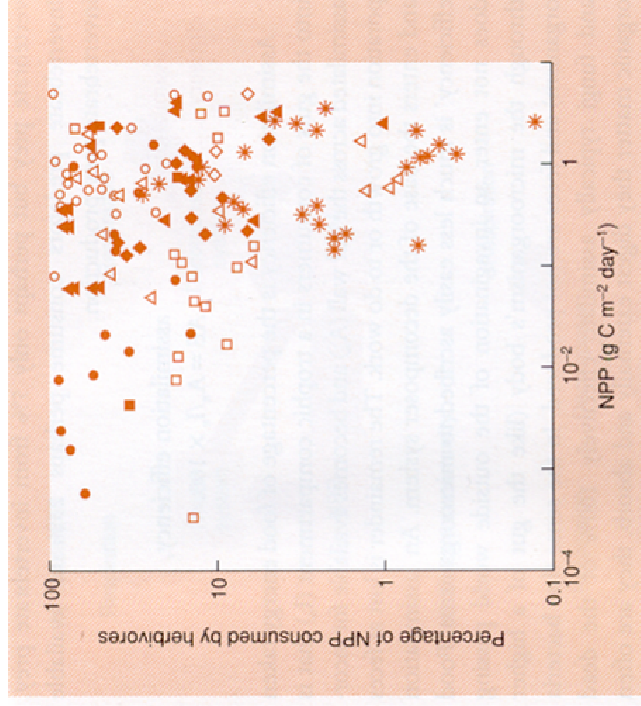
- Tuotanto vaihtelee kasvukausien välillä



After Zheng et al., 2003. Source: Bagon et al. 2005. Ecology.

# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (4)

- Tuotannosta on kilpailtava muiden herbivorien kanssa



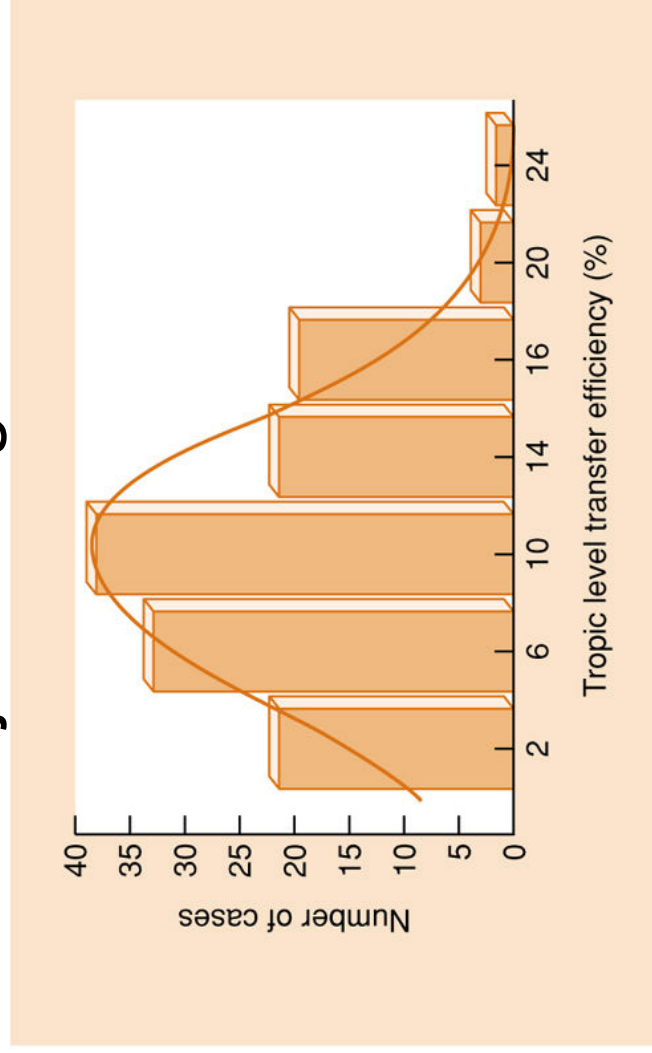
Tuottavissa yhteisöissä myös sekundaarituotanto (kulutus) suurta.

Figure 17.23 Relationship between the percentage of net primary production (NPP) consumed by herbivores and net primary production. ○, phytoplankton; ●, benthic microalgae; □, macroalgal beds; ◆, freshwater macrophyte meadows; ■, seagrass meadows; ▲, marshes; △, grasslands; ◇, mangroves; \*, forests. (Data from a number of sources, compiled by Cebrian, 1999.)

Source: Bagon et al. 2005. Ecology.

# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (5)

- Ravintoketjun energiansiirtotehokkuus n. 10%



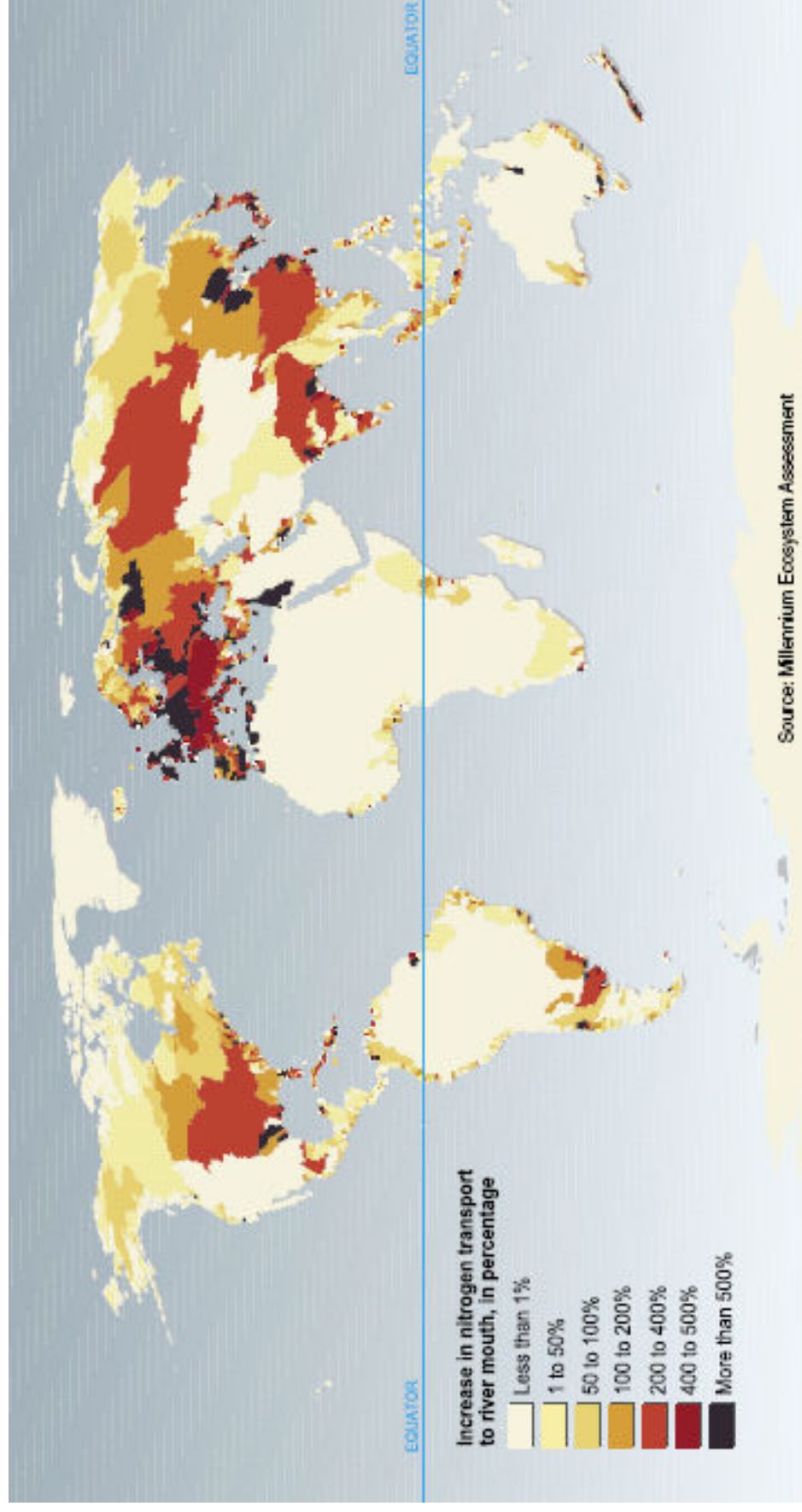
**Siksi:**

**Kasvibiomassa  
energiatehokkainta  
Kuva akvaattisista  
tutkimuksista,  
mutta yleisestikin  
keskiarvo: n. 10%**

**Figure 17.24** Frequency distribution of trophic-level transfer efficiencies in 48 trophic studies of aquatic communities. There is considerable variation among studies and among trophic levels. The mean is 10.13 % (SE = 0.49). (After Pauly & Christensen, 1995.)  
Source: Bagon et al. 2005. Ecology.

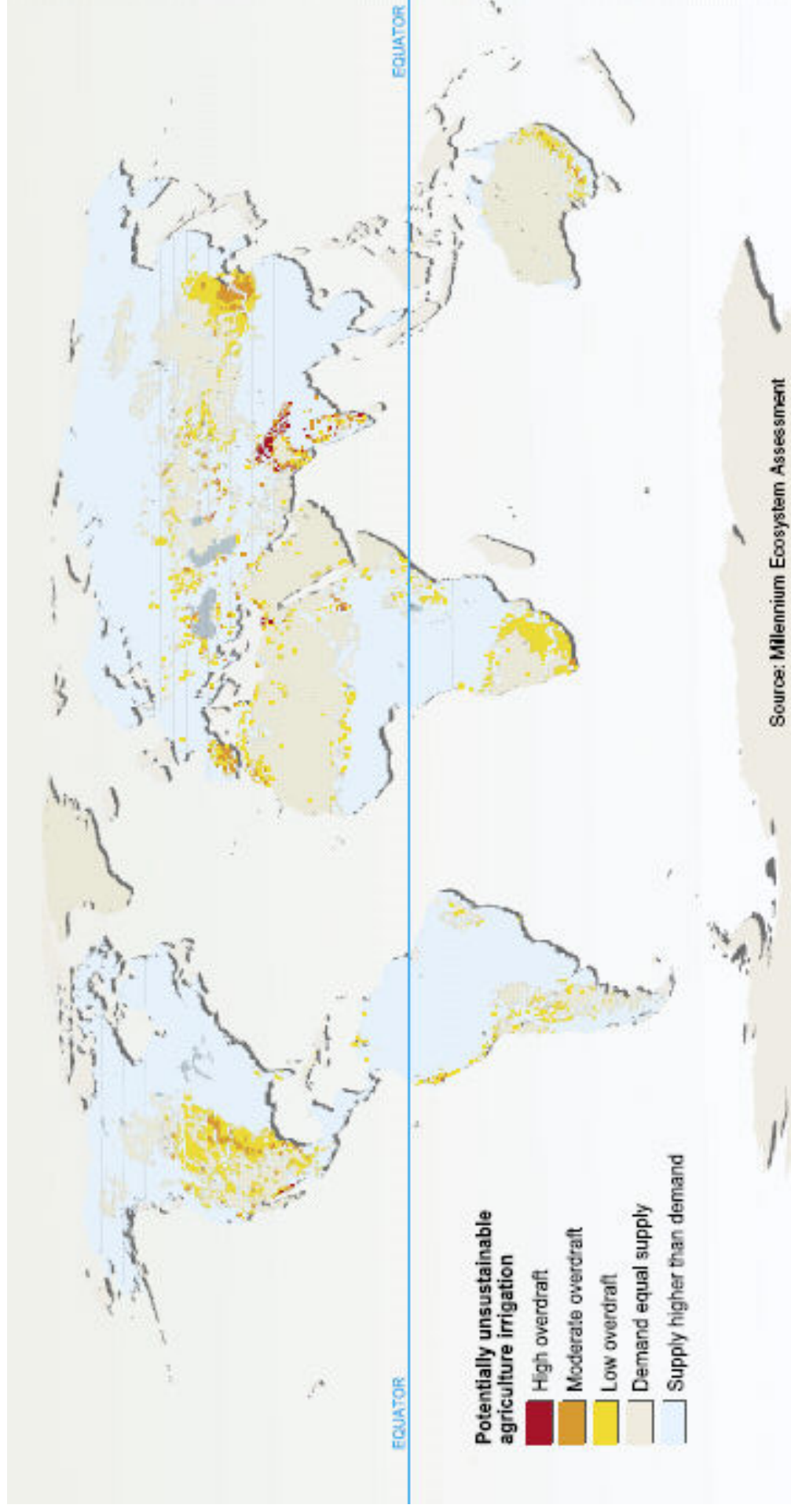
## Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (6)

- Tuottavuuden nosto edellyttää panoksia, jotka kuormittavat ympäristöä

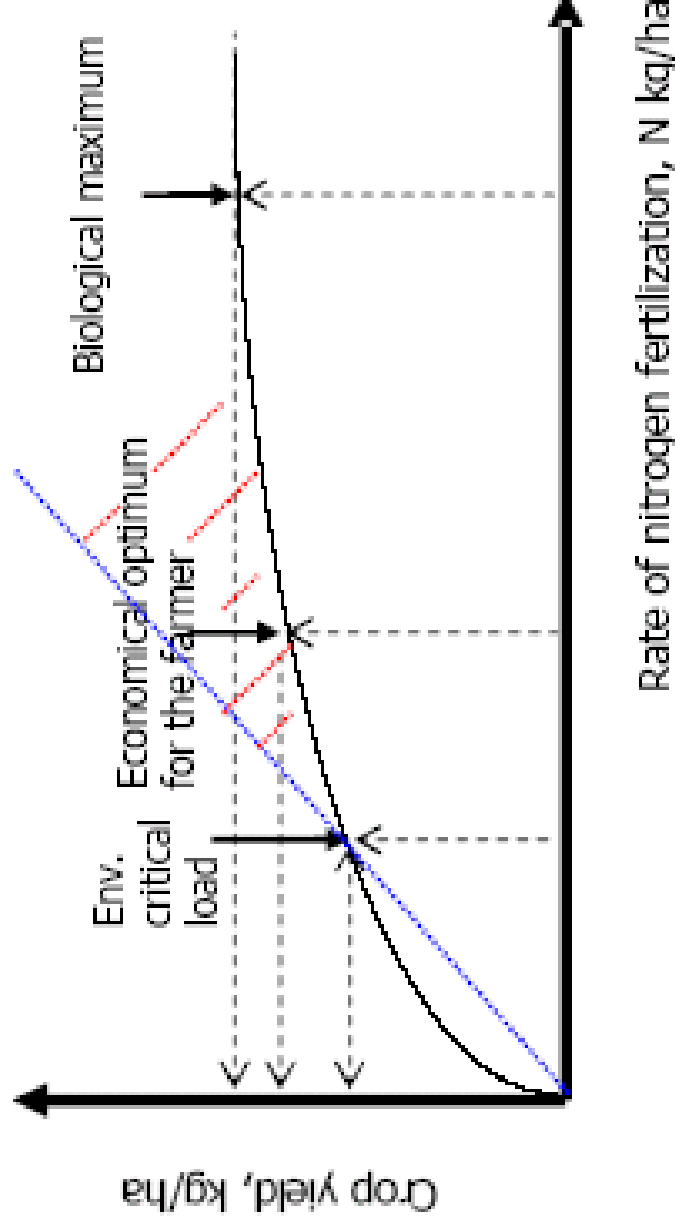


# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (7)

- ...ja kuluttavat rajallisia luonnonvaroja



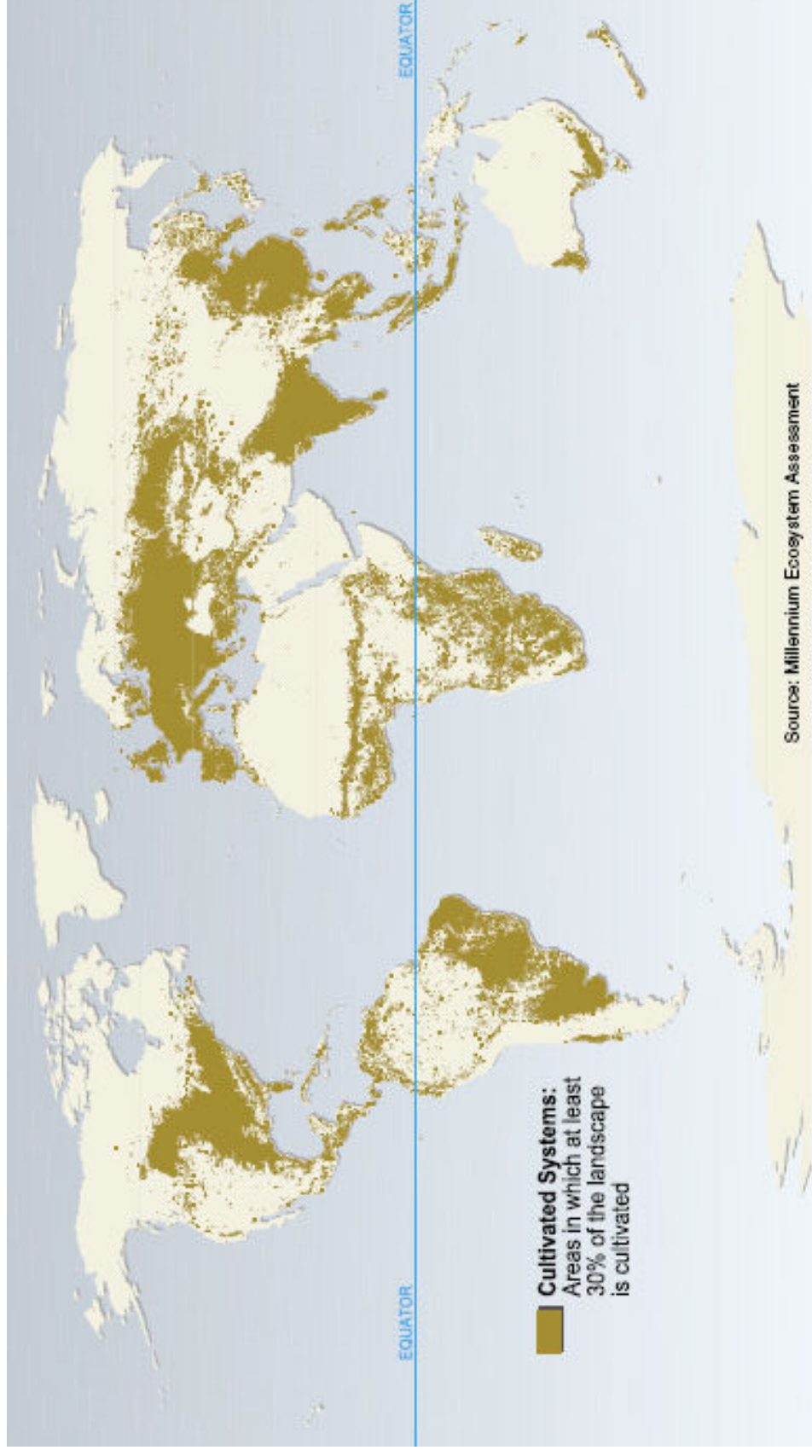
# Biomassa: ekosysteemin tuotantoa (8)



**Fig. 2.** The law of diminishing marginal return (*vähenevän lisä- tai rajatuoton laki*), N-fertilization as an example. Note the zero N balance curve (blue), the deviation of which beyond the environmentally critical point from the yield response curve (red dashed area of the graph) shows the increasing environmental load with increasing input rate. Note also: the response is not truly asymptotic, but instead, with excess input levels, the productivity may actually start declining. The decline may be due to direct effects on crop plants, or through disturbance of the crop ecosystem function supporting production.

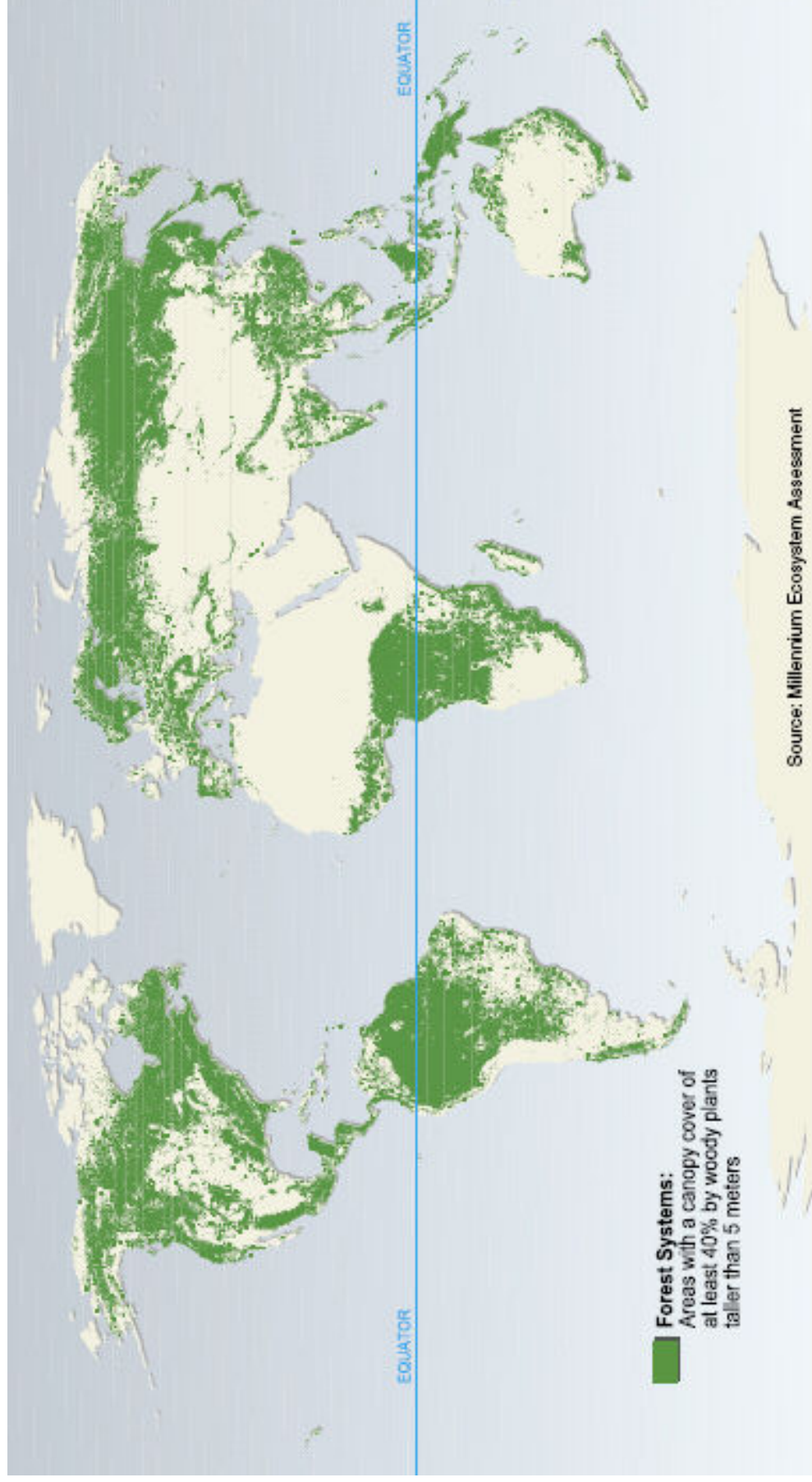
# Tilannekatsaus biomeihin (1)

- Viljelymaa-ala on niukkeneva vara



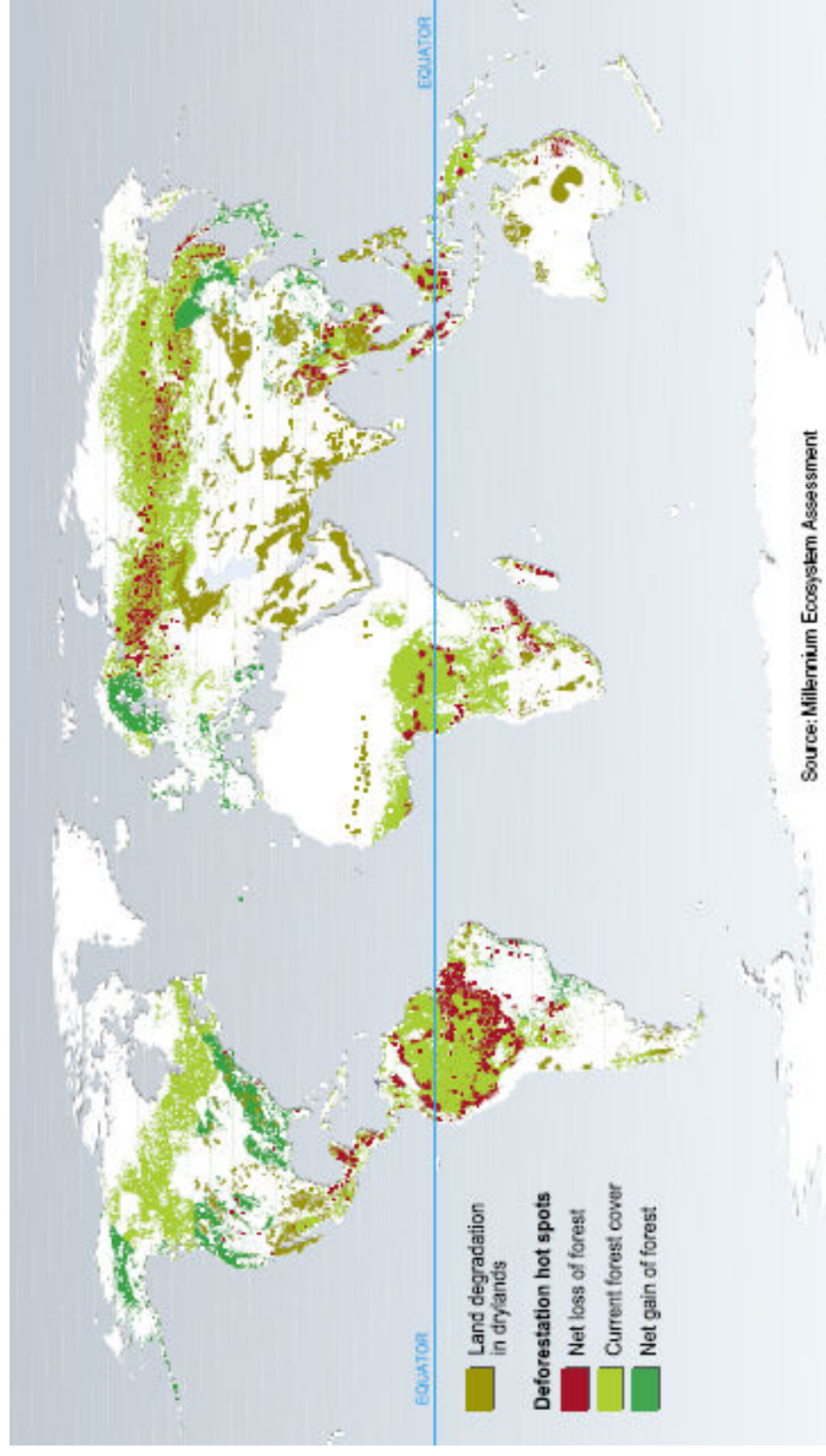
## Tilannekatsaus biomeihin (2)

- Metsävarat ovat epätasaisesti jakautuneet



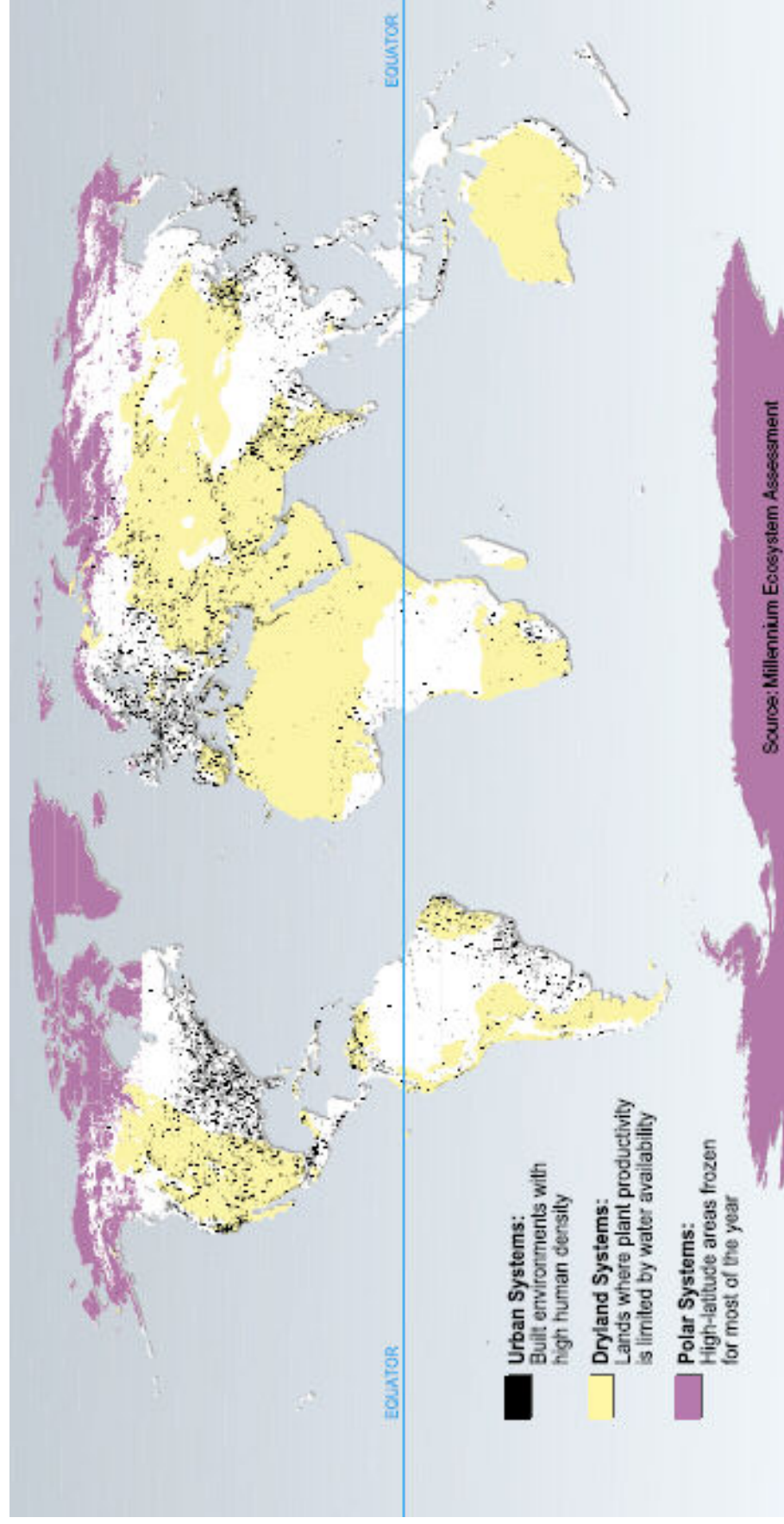
## Tilannekatsaus biomeihin (3)

- ...ja hupenevat erityisesti väestörikkäillä alueilla



## Tilannekatsaus biomeihin (4)

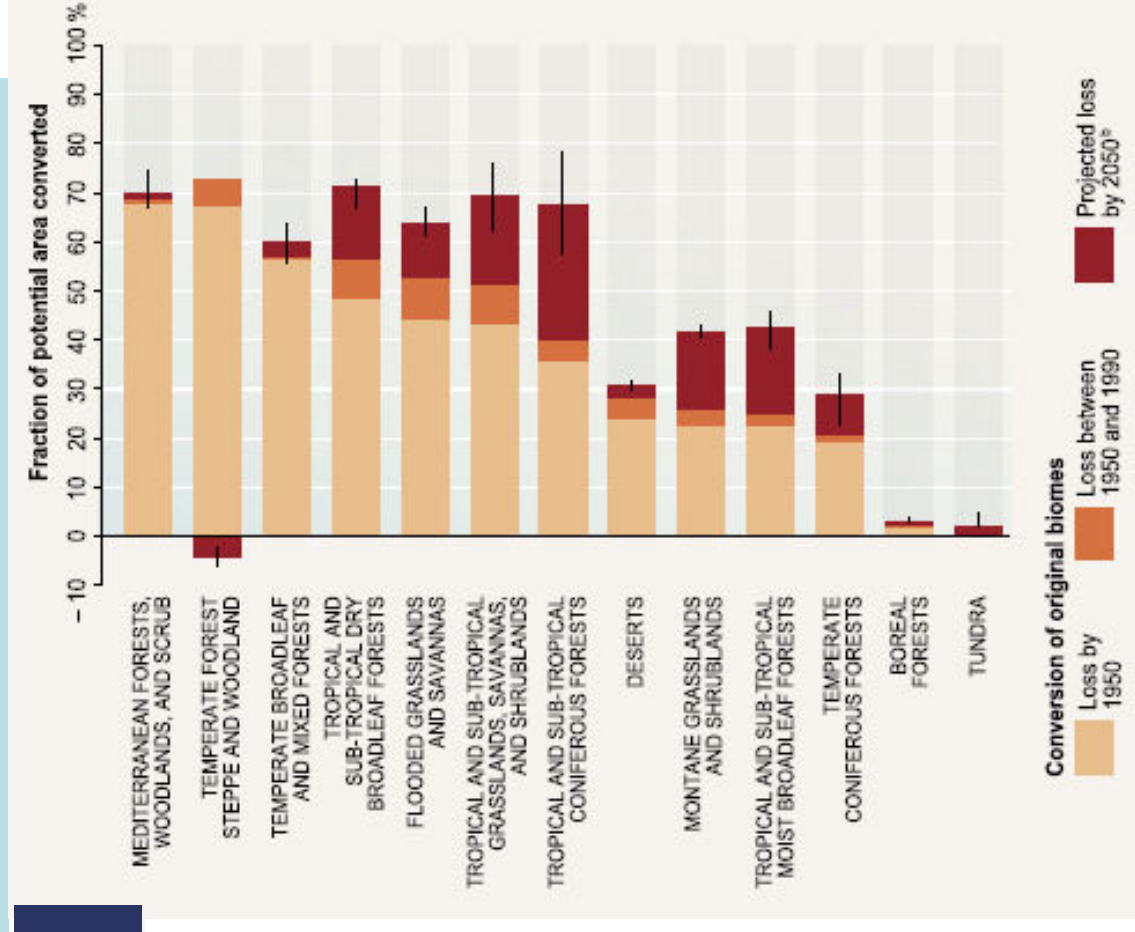
- Asutus ja fyysinen infrastr. kilpailevat ekosysteemien kanssa maa-alasta



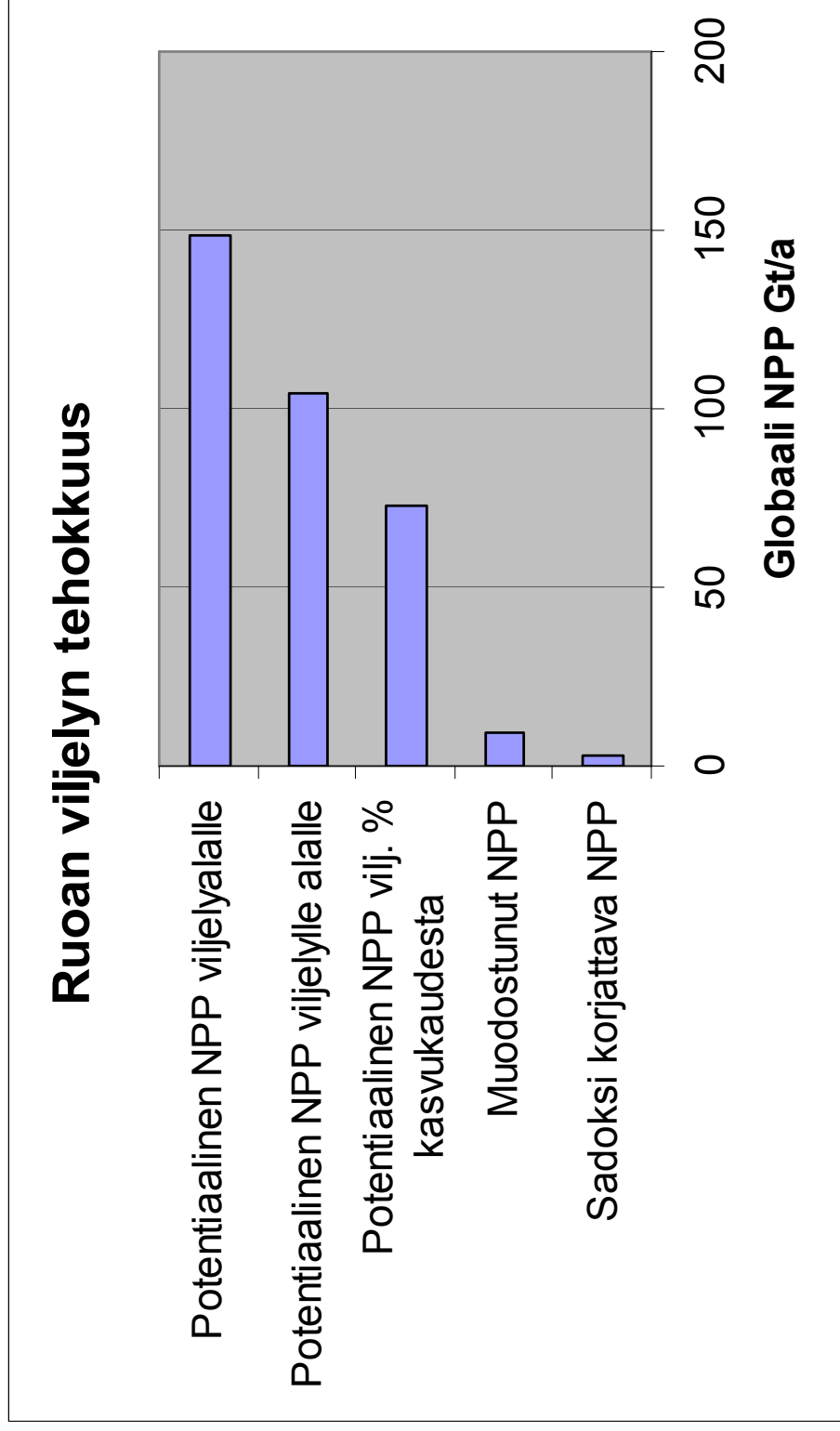
# Tilannekatsaus biomeihin (5)

**Figure 1.2. CONVERSION OF TERRESTRIAL BIOMES<sup>a</sup>**  
(Adapted from C4, S10)

Biomien raivaus (ensisijaisesti) viljelymaaksi, % alkuperäisestä alasta 1950, 1990, ja (ennuste) 2050 mennessä.



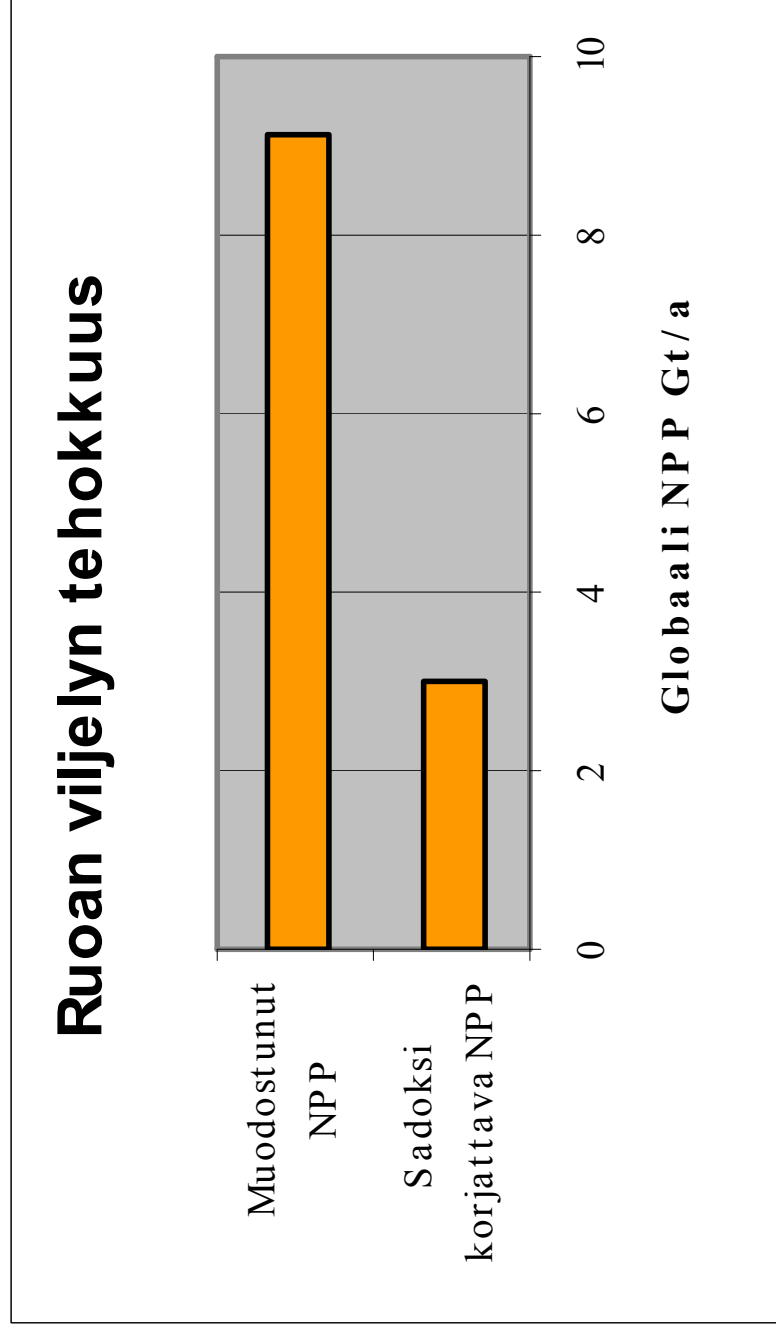
# Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (1)



Source: Duckham et al. 1976. Korjattu ylös kertoimella 1,89 satojen kasvun vuoksi aineistovuodesta 1972 tähän päivään.

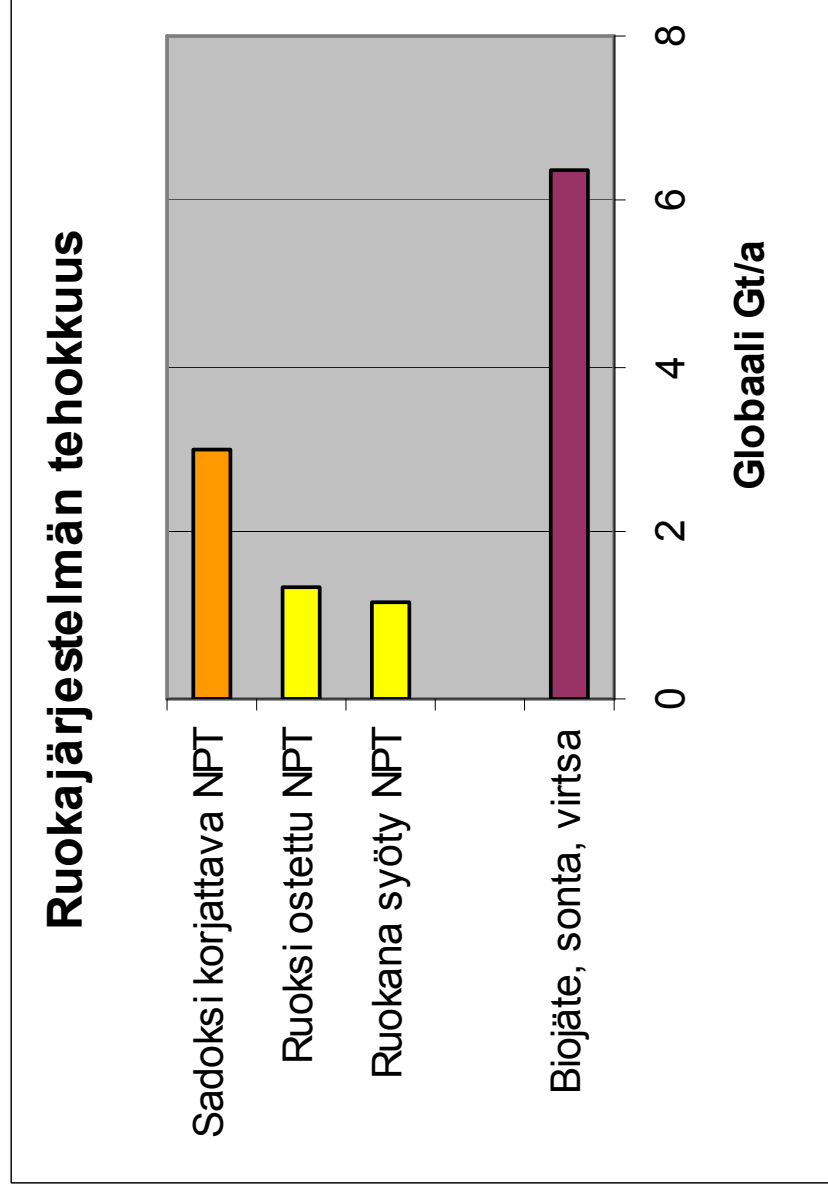
## Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (2)

- Ruoantuotannossa muodostuneesta NPT:sta noin 1/3 korjataan sadoksi, 1/3 jää juuristomassaksi, ja 1/3 korjuutähteiksi.



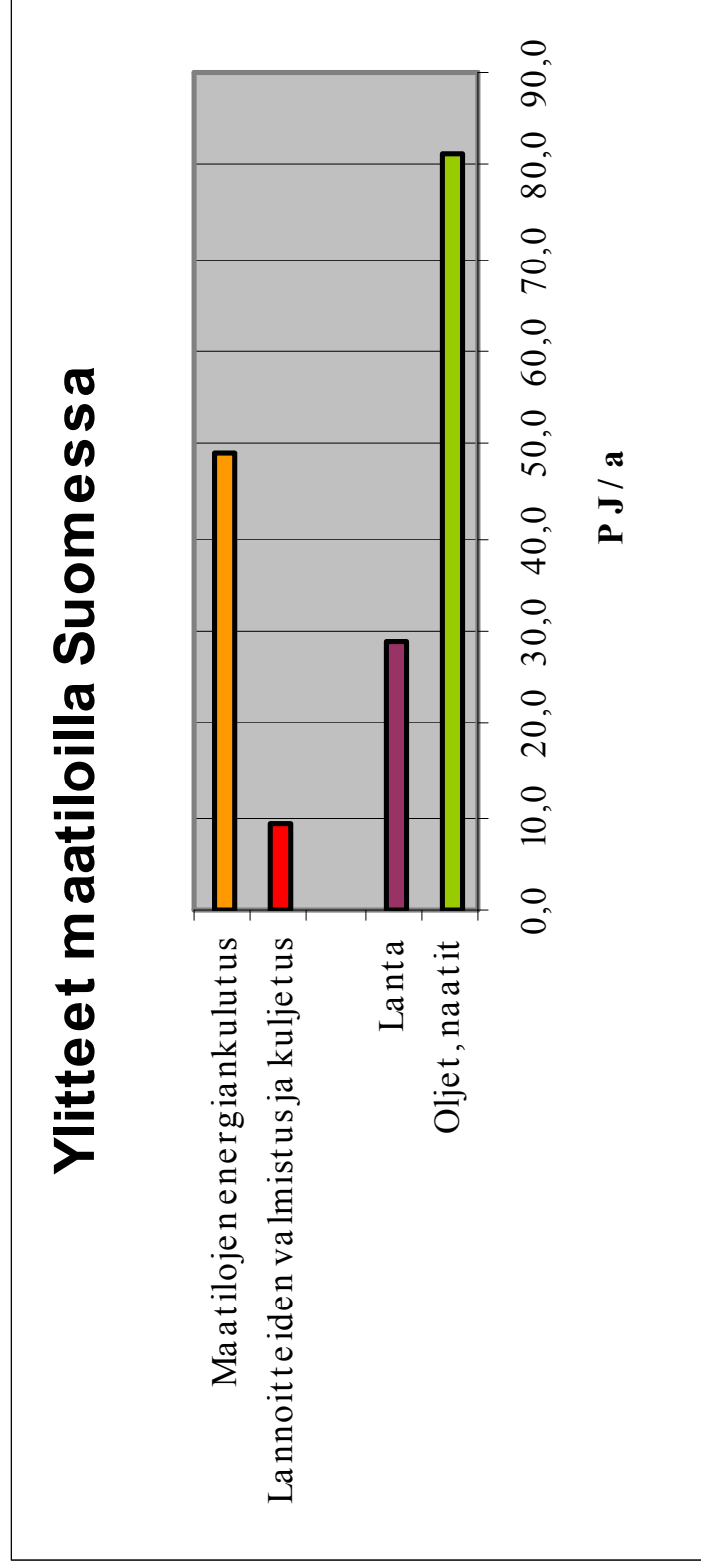
## Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (3)

- Satotähteet pellolla sekä ruokaketjussa muodostuvat ylitteet: suurempi energiasisältö kuin ruokakasvien hyötysadoissa.



# Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (4)

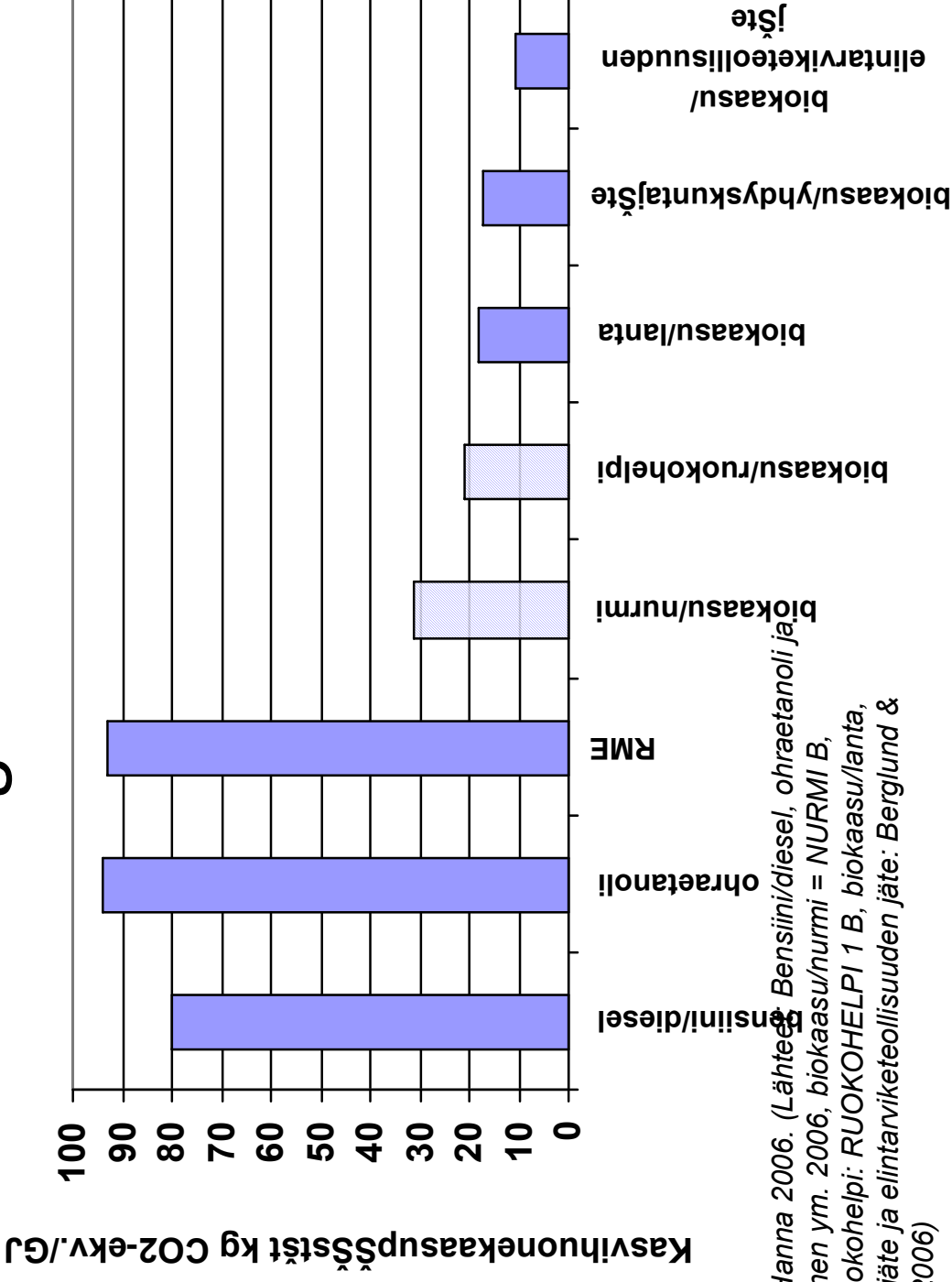
- Maatilojen ylitteiden ekologinen potentiaali Suomessa



Lähde: *Lampinen & Jokinen (2006) Suomen maatilojen energiantuotantopotentiaalit*. Ekologinen perspektiivi. Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84.

# Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (5)

- Biokaasu ekologisin muoto?



Tuomisto, Hanna 2006. (Lähteet: Bensiini/diesel, ohraetanoli ja RME: Mäkinen ym. 2006, biokaasu/nurmi = NURMI B, biokaasu/ruokohelpi: RUOKOHELPI 1 B, biokaasu/lanta, yhdyskuntajäte ja elintarviketeollisuuden jätte: Berglund & Börjesson 2006)

# Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (6)

*TAULUKKO 1. Biokaasun teoreettinen maksimi-tuotantopotentiaali Suomessa (Asplund ym. 2005).*

Jätelaji	Määrä (t)	Energia (TWh)	Energia (PJ)
Yhdyskuntajäte	860 000	0,9...1,3	3,1...4,6
Elintarviketeollisuus	430 000	0,4...0,6	1,5...2,3
Jätevedenpuhdistamoiden liete	160 000	0,9	3,1
Lanta ja olki	25 000	30...140	110...490
Peltobiomassat (kesantopelto)	1 900 000	6,8	25
Kaatopaikkakaasu		0,7	2,4
<b>Yhteensä</b>		<b>40...150</b>	<b>140...530</b>

Lähde: Tuomisto, Hanna 2006.

# Bioenergia kilpailevana tai täydentävänä tuotantona (7)

- Energiaomavarainen ruokajärjestelmä järkevin tavoite?

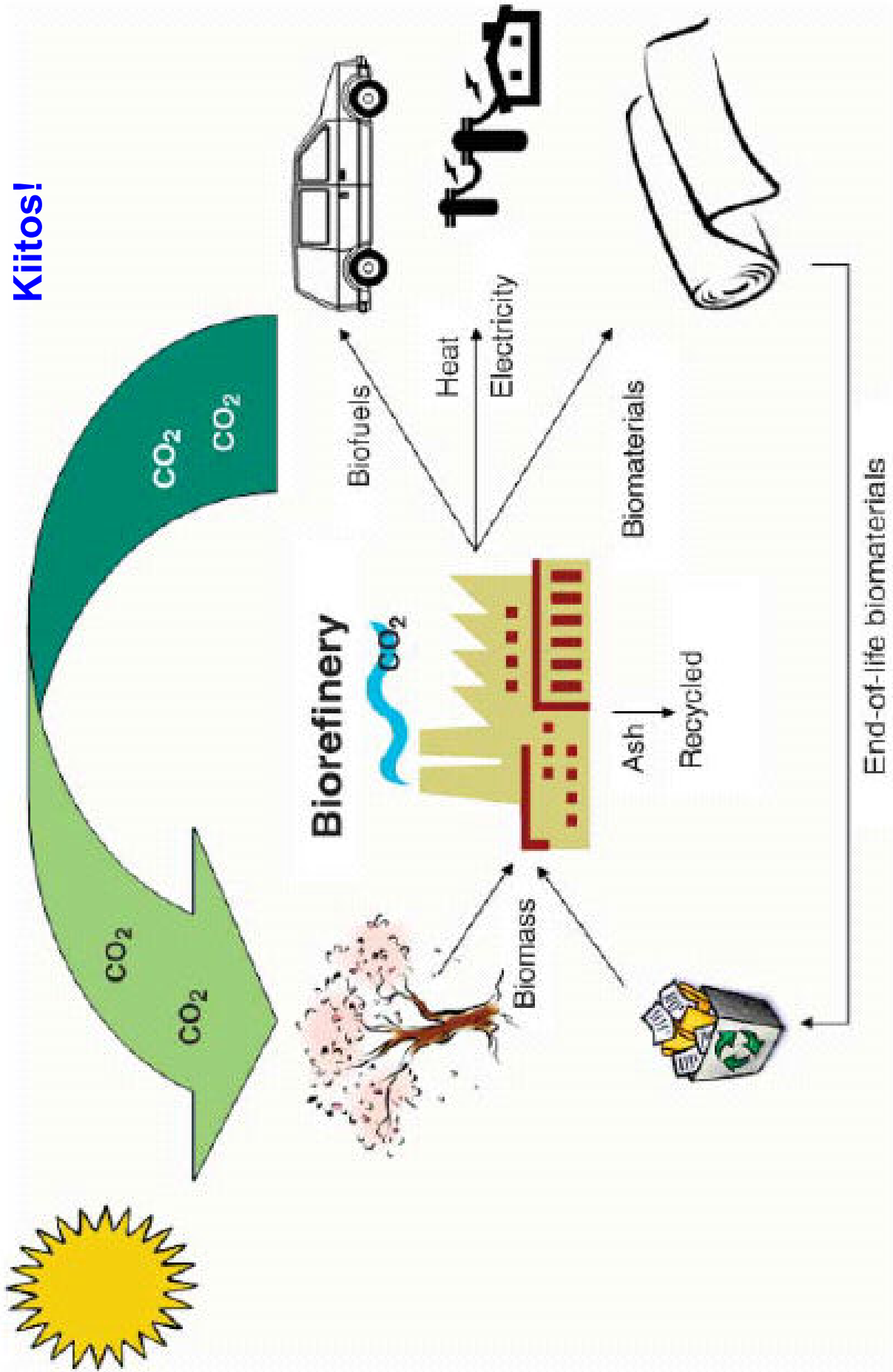
*TAULUKKO 2. Biokaasun teknis-taloudellinen maksimi tuotantopotentiaali Suomessa (Asplund ym. 2005).*

Jätelaji	Energia (TWh)	Energia (PJ)
Yhdyskuntajäte (60 %)	0,5...0,8	1,9...2,8
Elintarviketeollisuus (50 %)	0,2...0,3	0,8...1,2
Jätevedenpuhdistamoiden liete (25 %)	0,2	0,6
Lanta ja olki (10 %)	3,0...14	11...49
Pelto biomassat (70 000 ha)	2,1	7,5
Kaatopaikkakaasu (10 % vuosi)	0,7	2,4
<b>Yhteensä</b>	<b>6,7...18</b>	<b>24...64</b>

Lähde: Tuomisto, Hanna 2006.

# Maatalouden tuottamien biomassojen käyttö: järjestelmien suunnittelua

- Energiaomavarainen ruokajärjestelmäärkevin tavoite?
- Ravinne- ja energiaomavaraisuus yhdistettävissä? (Kierrätys ja biologinen typensidonta)
- Paikalliset hajautetut, mutta verkotetut järjestelmät?



**Fig. 1.** The fully integrated agro-biofuel-biomaterial-biopower cycle for sustainable technologies.

# Viitteet:

- Ragauskas, A. J. et al. 2006. The path forward for biofuels and biomaterials. *Science* 311: 484-489.
- Whittaker, R.H. 1975. *Communities and Ecosystems*. 2nd edn. Macmillan, London. (ref. Townsend et al. 2003)
- Townsend, C. R. et al. 2003. *Essentials of Ecology*. 2nd edn. Blackwell, Oxford.
- Geider, R.J. et al. 2001. Primary productivity of planet Earth: biological determinants and physical constraints in terrestrial and aquatic habitats. *Global Change Biology* 7: 849-882. (ref. Bagon et al. 2005)
- Bagon, M. et al. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. 4th edn. Blackwell, Oxford.
- Scurlock, J. M. O. et al. 2002. Estimating net primary productivity from grassland biomass dynamic measurements. *Global Change Biology* 8: 736-753. (ref. Bagon et al. 2005)
- Falge, E. et al. 2002. Seasonality of ecosystem respiration and gross primary production as derived from FLUXNET measurements. *Agricultural and Forest Meteorology* 113: 53-74. (ref. Bagon et al. 2005)
- Zheng, D. et al. 2003. Terrestrial net primary production estimates in 0.5 degree grid cells from field observations - a contribution to global biogeochemical modelling. *Global Change Biology* 9: 46-64. (ref. Bagon et al. 2005)
- Cebrian, J. 1999. Patterns in the fate of production in plant communities. *American Naturalist* 154: 449-468. (ref. Bagon et al. 2005)
- Pauly, D. & V. Christensen 1995. Primary production required to sustain global fisheries. *Nature* 374: 255-257. (ref. Bagon et al. 2005)
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Duckham, A. N. et al. 1976. An approach to the planning and administration of human food chains and nutrient cycles. In: Duckham et al. (eds.) *Food Production and Consumption. The efficiency of human food chains and nutrient cycles*. North-Holland Publishing, Oxford & Am. Elsevier, New York.
- Lampinen, A. & E. Jokinen 2006. Suomen maatilojen energiantuotantopotentiaalit. Ekologinen perspektiivi. Jyväskylän yliopiston Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 84.
- Tuomisto, H. 2006. Peltobiokaasu liikenteen biopolttoainevaihtoehtona energia-, kasviuonekaasu- ja ravinnetaseiden kannalta. *Agroekologian Pro gradu -tutkielma*. Helsingin yliopiston soveltavan biologian laitos.
- Mäkinen, T. ym. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Taustaselvitys. VTT Tiedotteita 2288. VTT, Espoo. (ref. Tuomisto 2006)
- Berglund, M. & P. Börjesson 2006. Environmental systems analysis of biogas systems - Part I: Fuel-cycle emissions. *Biomass and Bioenergy* 30: 469-485. (ref. Tuomisto 2006)
- Asplund, D. ym. 2005. Uusiutuvan energian lisäysmahdollisuudet vuoteen 2015. VTT, Jyväskylän yliopisto, Jyväskylän Science Park ([http://ktm.elinar.fi/ktm\\_jur/ktmjur.nsf/all/E5063805F1B754D5C22570190028414D?opendocument](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/all/E5063805F1B754D5C22570190028414D?opendocument)) (ref. Tuomisto 2006)