

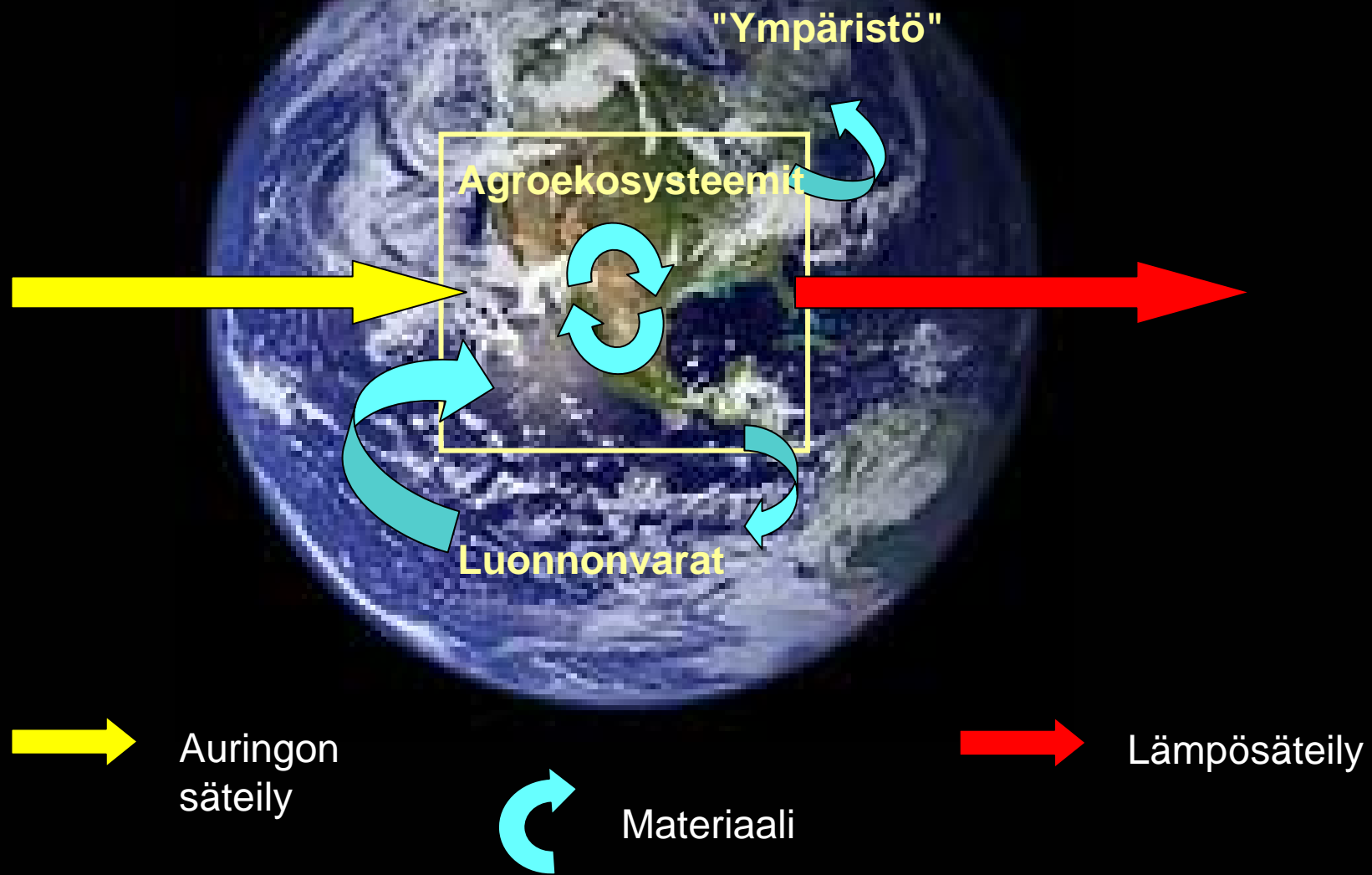


HELSINGIN YLIOPISTO  
HELSINGFORS UNIVERSITET  
UNIVERSITY OF HELSINKI

# Ravinteiden kierto ekologian kannalta

Jukka Kivelä

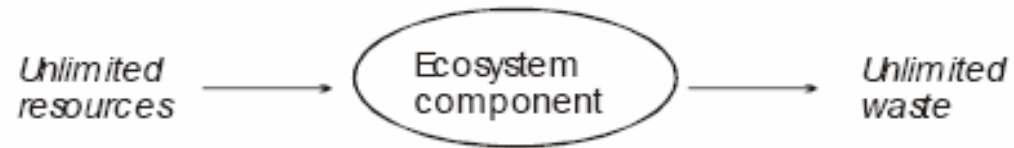




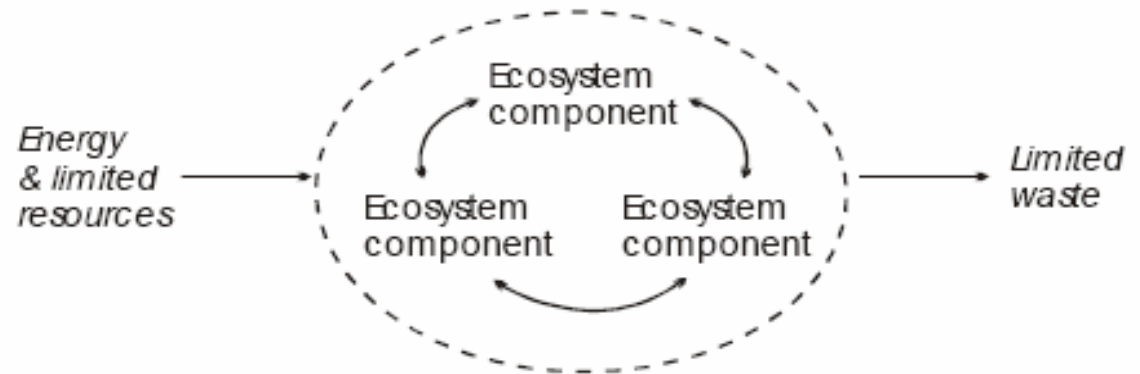


# Materian ja energian virtaus tuotantojärjestelmissä

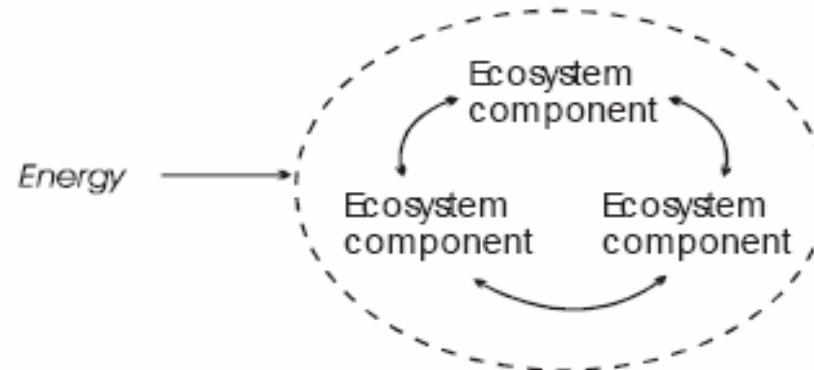
## 1. Suora materiaalivirta



## 2. Nykyinen tuotantotapa Osittainen kierrätys



## 3. Tuleva tuotantomalli Materiaalien kierrätys



Source: Graedel 1994



## Luonnonvaran käsite

- luonnosta saatavissa oleva aines (sekä eloton aines että eliöt), jota ihminen voi käyttää aineellisiin tarpeisiinsa
  - luonnonvaraa ei valmisteta (*manufacturing*), vaan luonnonvarasta valmistetaan
    - aineellinen tuotanto, aineellinen "kasvu"
  - luonnonvaraa louhitaan, kaivetaan, pumpataan, korjataan, pyydetään, ...
    - otetaan (pois) "luonnosta"

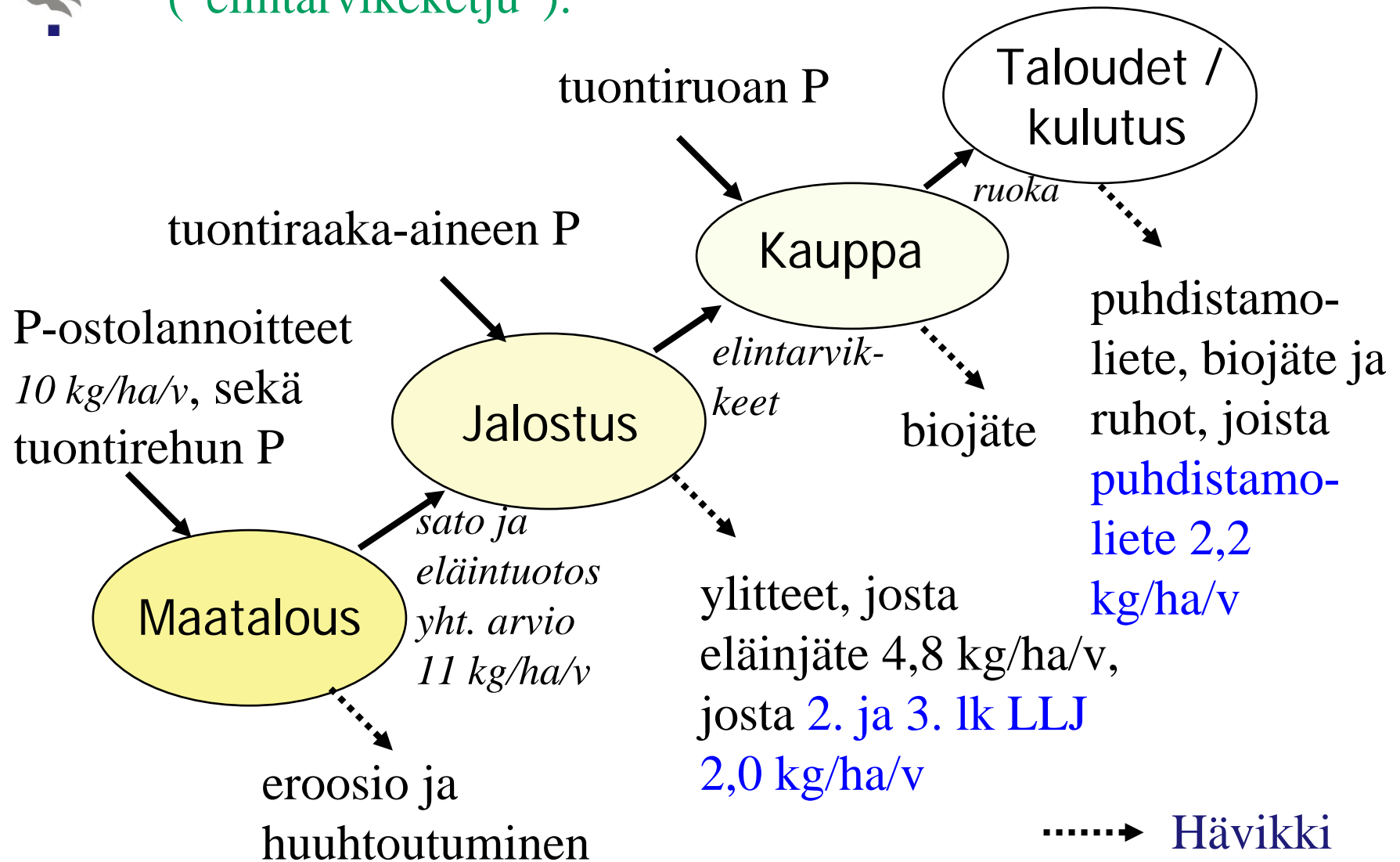


## Uusituvuus / uusiutumattomuus

- uusiutuvutta tarkastellaan ihmisen taloudellisessa aikamittakaavassa
  - kymmeniä tai satoja vuosia
  - vrt. geologinen tai evolutiivinen aikamittakaava ( $10^5$ - $10^8$  v.)
- "uusiutuva" viittaa teoriassa uusiutuvaan
- käytännön uusiutuvuus riippuu käyttö- ja uusiutumismisnopeuksien suhteesta
  - kestävä käyttö vs. ylikäyttö
  - esimerkkejä uusiutumismisnopeuden ylittävästä käytöstä?

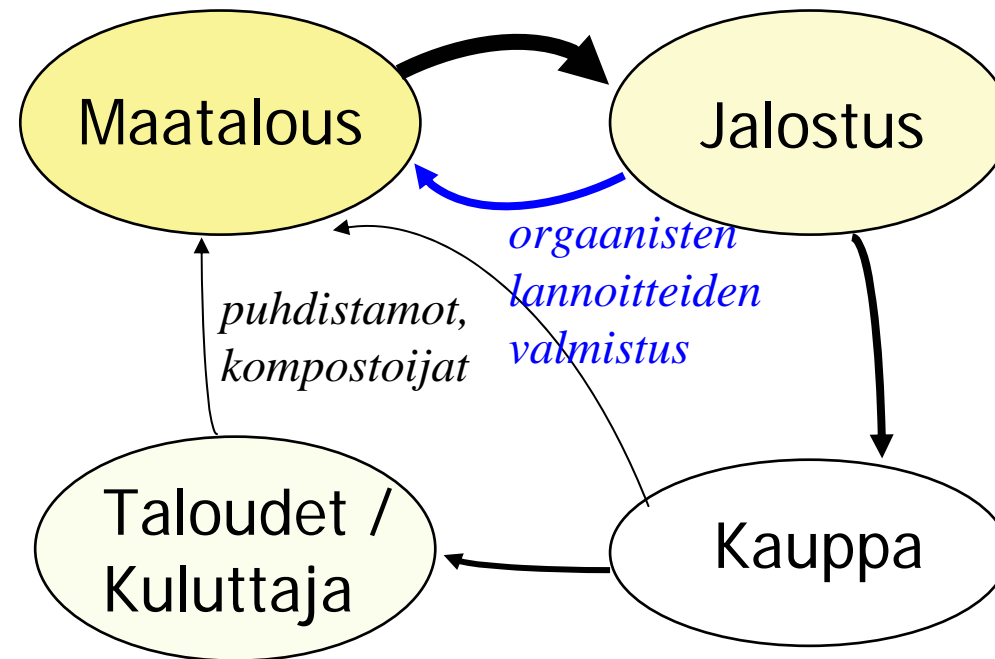


## Avoim ruokajärjestelmä ("elintarvikeketju"):





## Teollis-ekologinen ruokajärjestelmä ("elintarvikekierto"):





## Viljelymaa

- maatalouden perusluonnonvaran tärkeimmät mittarit:
  - pinta-ala
  - laatu
    - viljeltävyys
    - viljavuus
- maatalousmaa-ala on niin suuri (35 % maapallon maa-alasta), että maatalous on jo pelkän maankäytön vuoksi globaalimuutoksen osatekijä
- Suomessa ~ 10%





## Typpi N

- ilmakehässä 80 000 kg/ha
- maassa n. 10 000 kg/ha
  
- maan typestä suurin osa ei ole mobilisoituvaa: kasveille käyttökelpoinen typen määrä voidaan mitata inkubointimenetelmällä (mineralisaatio)
- keinolannoitetypen valmistamiseen kuluu 1,7-2 litraa öljyä vastaava energiamäärä
- typen luontainen laskeuma on n. 10 kg/ha/a
- symbionttimikrobit sitovat  $N_2$  ekosysteemeihin, symbioosi on kasviosakkaalle kallista,
  - n. 6 g glukoosia / g  $N_2$  sidottuna



## N

- teollinen typensidonta (sähköllä) on **1,7-kertais-**  
**tanut luontaisen typen kierron** ilmakehästä  
ekosysteemeihin
  - tämä lisätyppi kulkee lannoitteina  
peltoekosysteemeihin
  - pelloilta osa tpestä huuhtoutuu liukoisena nitraatti-  
anionina ( $\text{NO}_3$ ) vesistöihin



## N

- lannasta ja lannoitteista haihtuu ilmaan ammoniakkia ( $\text{NH}_3$ ), joka liukenee ilman vesihöyryyn, ja palaa sateessa ammonium-ionina ( $\text{NH}_4^+$ ): laskeumalla on lannoittava vaikutus
  - paikallinen laskeuma esim. sikalan tai minkkitarhan ympäristössä voi olla n. 30 kg N/ha/a, n. 20 kg/ha/a enemmän kuin typen luontainen taustalaskema



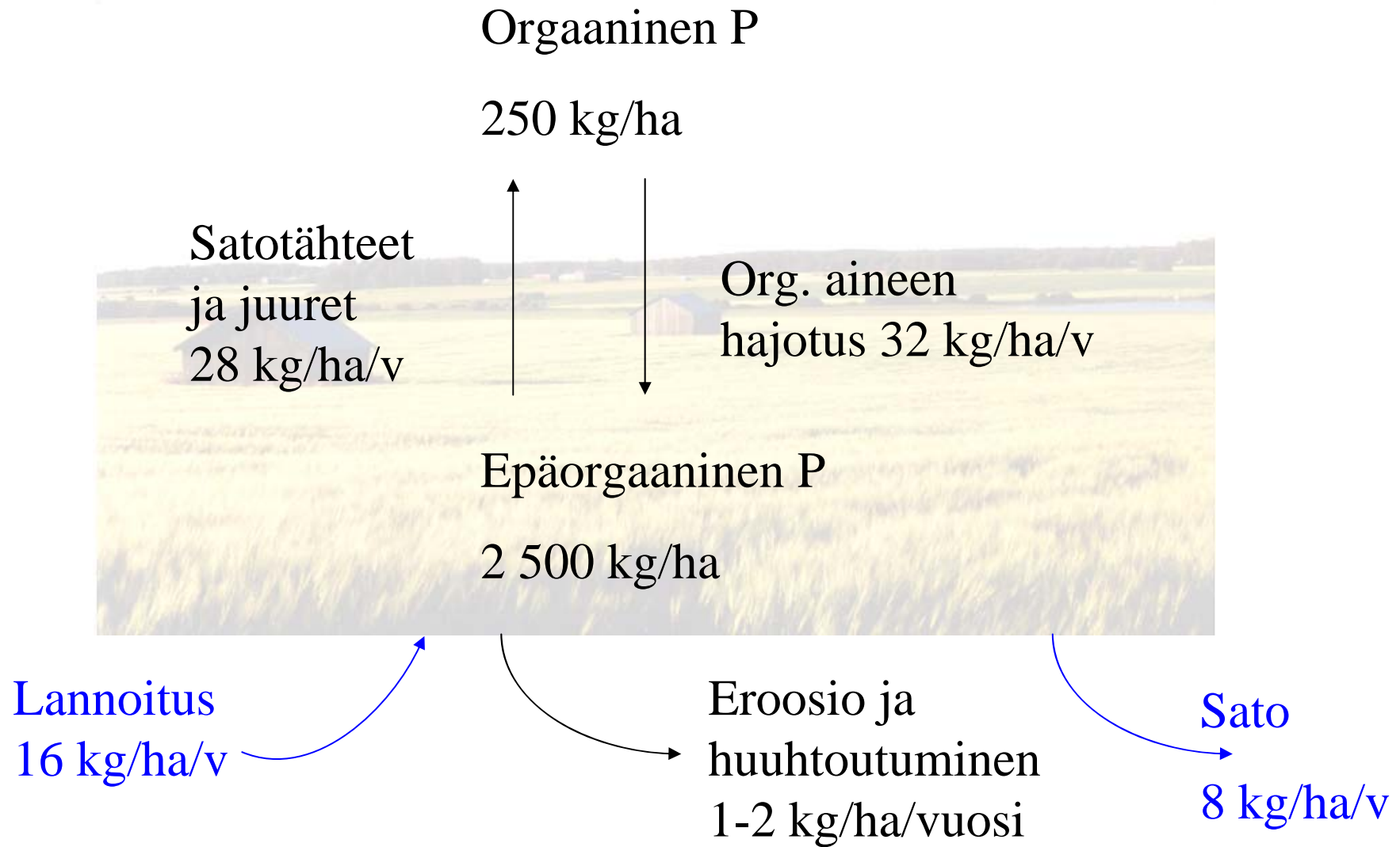
## Fosfori P

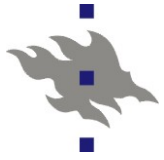
- maaperän fosforin alkuperä on **apatiitti-**mineraaleissa, josta se rapautuu kasvien käyttöön
- luonnonvarainen ekosysteemi: ”suljettu kierto”
- peltoekosysteemi: osittainen kierto



## P

- kestävä käyttö vaatii kierrätyksen: apatiitti on uusiutumaton ja rajallinen kaivannainen
  - lannoitekäyttö per ha suurin teollisuusmaissa, suurimmat varannot Afrikassa
- varastoituu suurinakin määrinä maahan, missä pidättyy voimakkaasti
  - fosfori liikkuu sekä veden mukana (liukoinen) sekä maa-ainekseen (savekseen) kiinnittyneenä (pidättynyt)
  - huuhtoutuneena päätyy meriin (guano oli kierrätyslannoite: kaloista vesilintujen kautta pelloille!)





## P

- agroekosysteemissä lannoitekäyttö korvaa vaihtoehtoisen biologisen prosessin
  - mykorrhitsa-symbiontit (sienijuuri) vapauttavat maasta kasvien käyttöön (lannoitus ehkäisee tätä)



## Fosforin kierto eläinperäisten sivutuotteiden kautta

- Eläinperäisiä sivutuotteita kertyy 230 000-240 000 vuodessa
  - 140 000 tonnia turkiseläimille
  - 90 000 renderointiin, josta muodostuu 30 000 tonnia lihaluujauhoa (N-P 8-6)
  
- P kokonaismäärä 6400 tonnia
  - 2,2 kg / ha
  - Eläinperäisten sivutuotteiden ja yhdyskuntalietteiden fosfori riittäisi lähes korvaamaan sadossa pelloilta poistuneen fosforin





# Viljelymaa

- viljelymaa-**ala**

- kokonaispeltoala on varsin vakaa

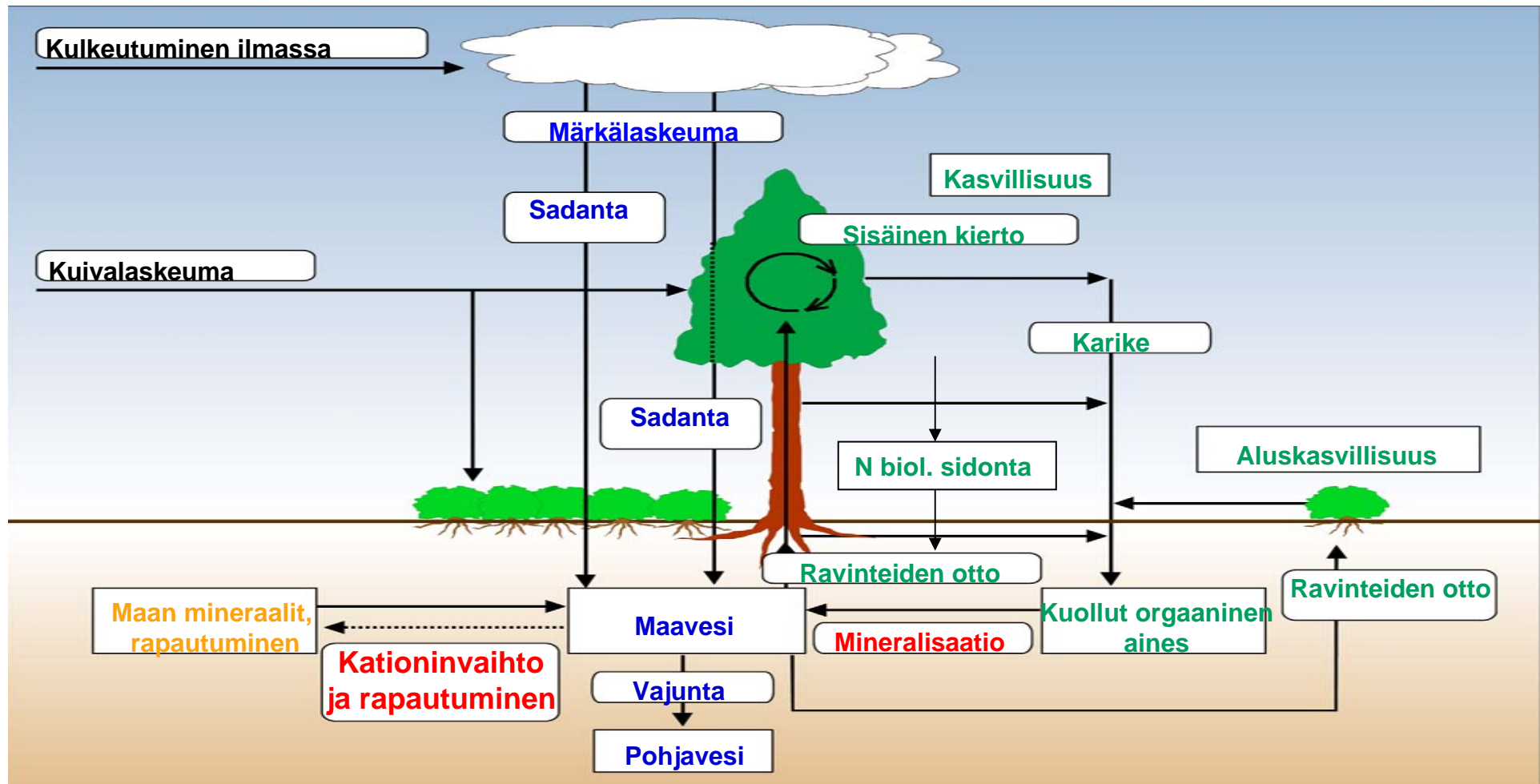
- Suomessa 2,2 milj. ha peltoa, 8000 ha niittyä

- Maailmassa 1,5 mrd ha peltoa (*arable land*)

- vertaa: 3,2 mrd ha pysyviä laitumia (*permanent pastures*)

- Suomi 4000 m<sup>2</sup>, Maailma 2500 m<sup>2</sup> /henkilö

# Ravinteiden lähteet luonnonvaraisessa systeemissä



**P, K, Ca, Mg:** 80-100 % alkuperä on **rapautuminen**  
**N:** **biologinen sidonta** tärkein, lisäksi merkittävä laskeuma

Helmissaari (2000a)

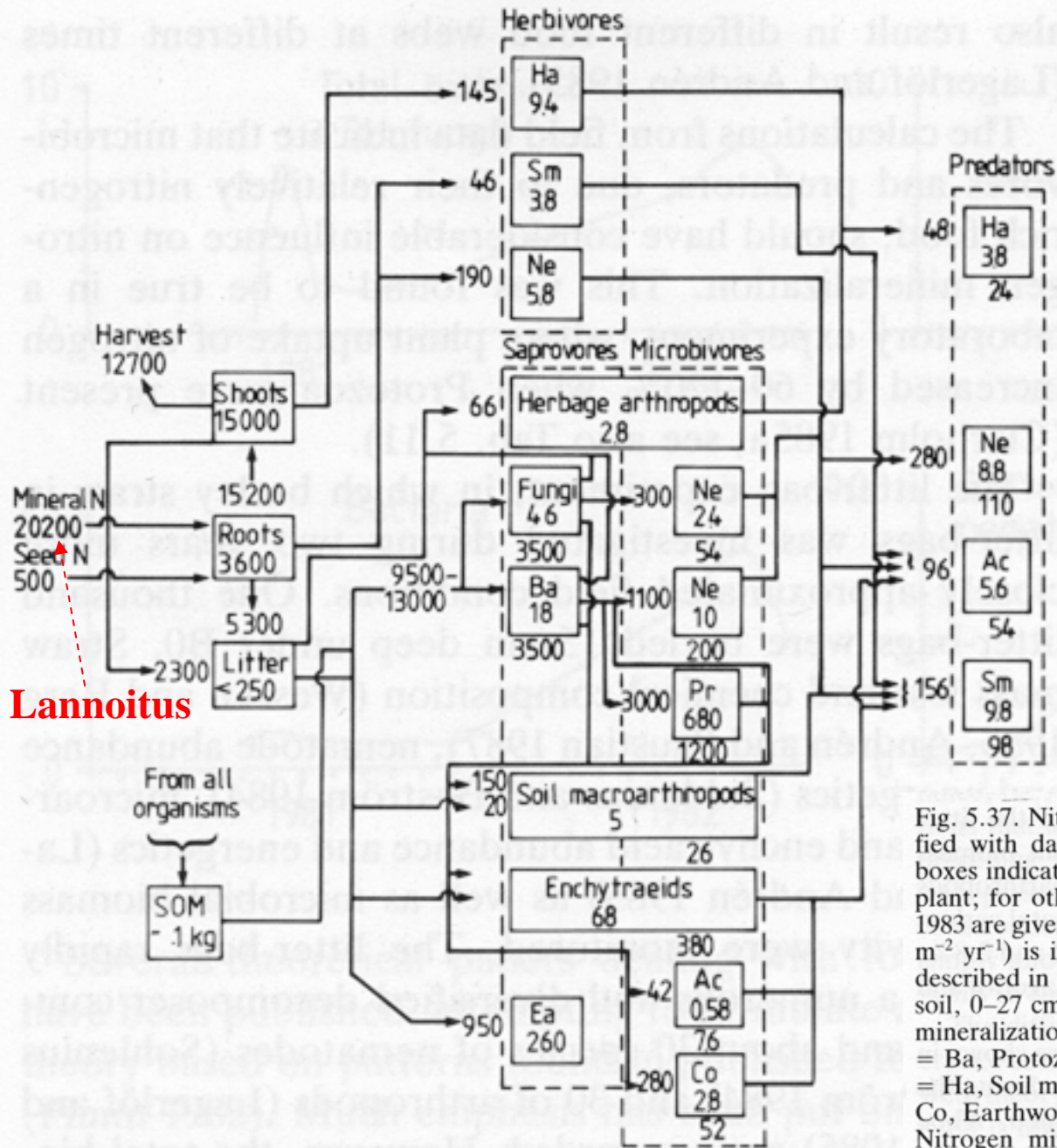


## Lehtimetsän ravinnemääriä

Hubbard Brook Ecosystem Study LTER <http://www.hubbardbrook.org/>

kg/ha/a	N	P	K	Ca	Mg
Kasvuun sitoutuu	115	12	67	62	10
Laskeuma	18	0	1	4	6
Kallioperän rapautuminen	0	13	11	34	37
Reabsorptio ( <i>Intra-system</i> )	31	28	4	0	2
Org. aineen hajotus	69	81	86	85	87

<http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/soils/soils.html>



Lannoitus

Typpi ohrapellon ravintoverkossa,  $\text{mg N m}^{-2}\text{a}^{-1}$

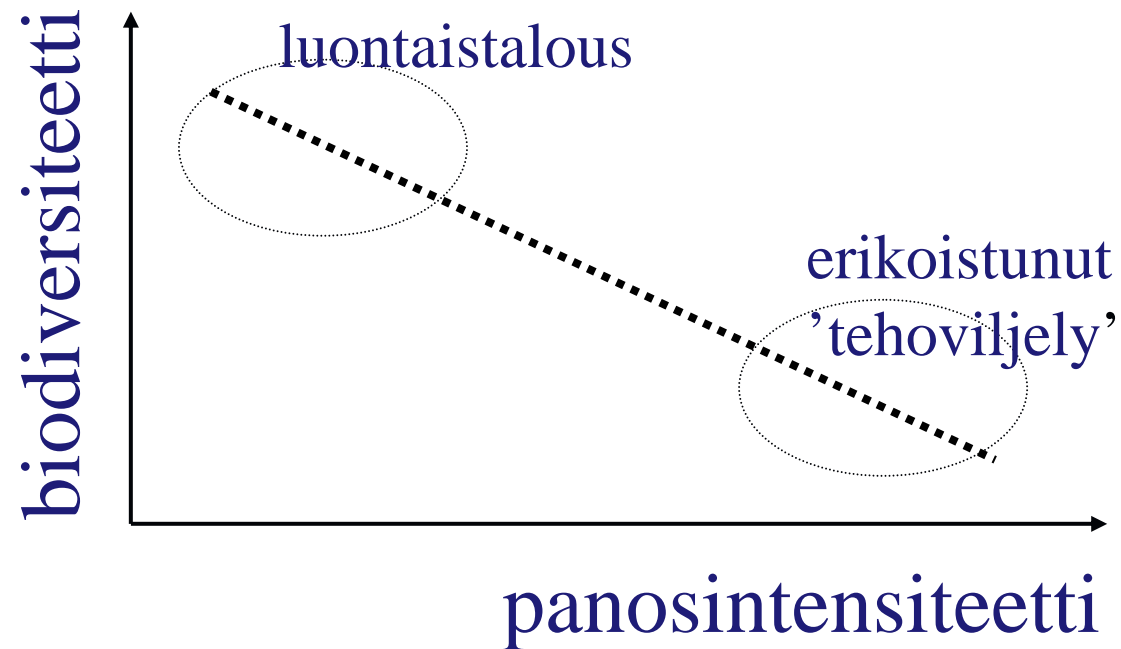
Fig. 5.37. Nitrogen food web of the Kjettslinge field, exemplified with data from fertilized barley (B120). Values in the boxes indicate biomass nitrogen ( $\text{mg N m}^{-2}$ ) at harvest for the plant; for other organisms mean values for September 1982–1983 are given. On the left side of each box consumption ( $\text{mg N m}^{-2}\text{ yr}^{-1}$ ) is indicated, calculated using energetic quotients as described in the text. All biomass values are given for the top soil, 0–27 cm depth. See text for more information. Nitrogen mineralization is indicated by values under each box. (Bacteria = Ba, Protozoa = Pr, Nematodes = Ne, Herbage arthropods = Ha, Soil macroarthropods = Sm, Acari = Ac, Collembola = Co, Earthworms = Ea). Data partly from Paustian et al. 1990. Nitrogen mineralization was divided between bacteria and fungi for practical reasons; only the sum (7000) is relevant.)

(Source: Andrén et al. 1990)



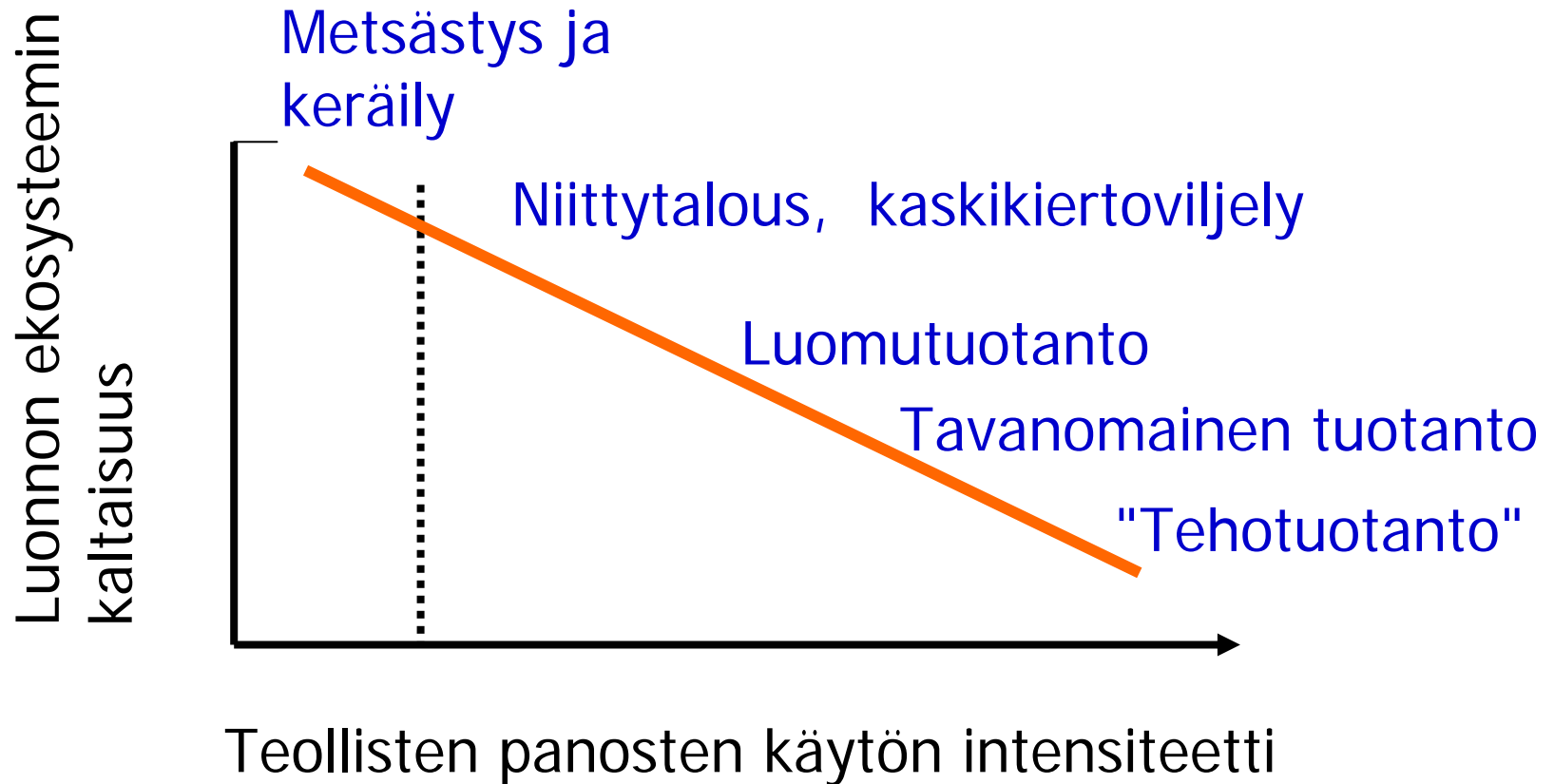
# Ekosysteemin ulkopuolisten panosten käytön ja biodiversiteetin suhde:

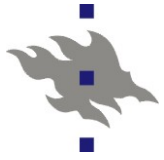
■ talous + tiede + teknologia





# Luonnon monimuotoisuuden ja tuotantotavan suhde





## **viljelykasvien lajimonimuotoisuuden hyödyntäminen peltoviljelyssä**

- kasvinvuorotus / viljelykierto kullakin lohkolla
  - 'maan väsymisen' estäminen: kompleksinen vaikutus maaperäeliöstössä
  - esikasviarvon hyödyntäminen
  - patogeeni- ja tuhoeläinkantojen hallinta
  - humustasapainon ylläpitäminen
  
- monipuolinen viljelykasvilajivalikoima tilan lohkoilla
  - satoriskin pienentäminen
  - eri tuotantomuodot mahdollisia, markkinariskin pienentäminen



## viljelykasvien lajimonimuotoisuuden hyödyntäminen peltoviljelyssä sekaviljelyn avulla

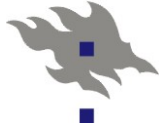
### ■ sekaviljely

- kilpailuvaikutuksen pienentäminen ja/tai resurssien käytön tehostaminen
- tauti- tai tuhoeläinvahinkojen vähentäminen
- satoriskin pienentäminen
- suhteellinen kokonaissato (*RYT relative yield total*) ja 'sekaviljelyteho' (*LER land equivalent ratio*)
  - jos  $>1$ , sekaviljelyn kokonaissato suurempi kuin kokonaissato vastaavilla puhdaskasvustoilla

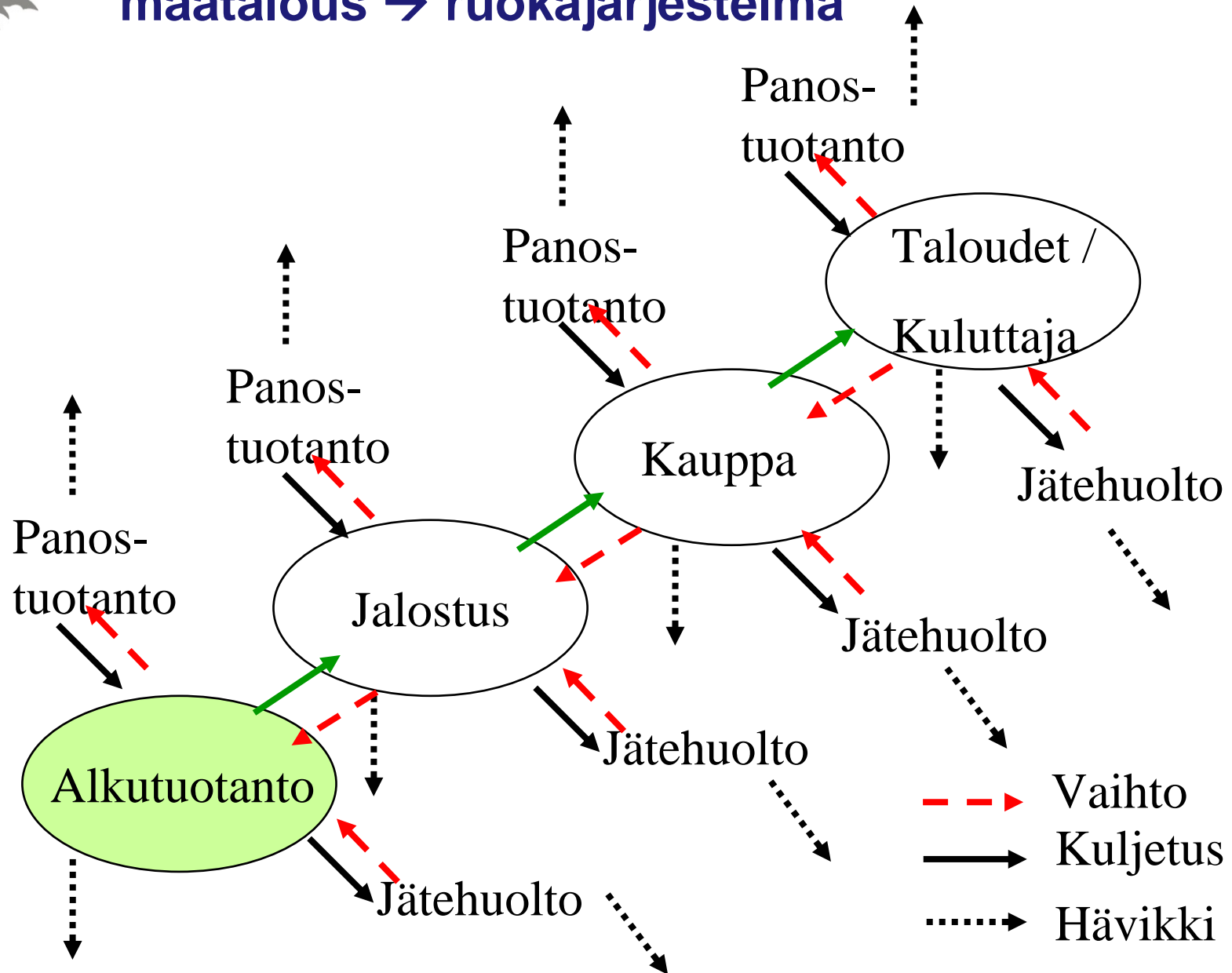




Monipuolinen kasvinvuorotus, karjatila, Suomi. (Luostarinen & Yli-Viikari 1997)



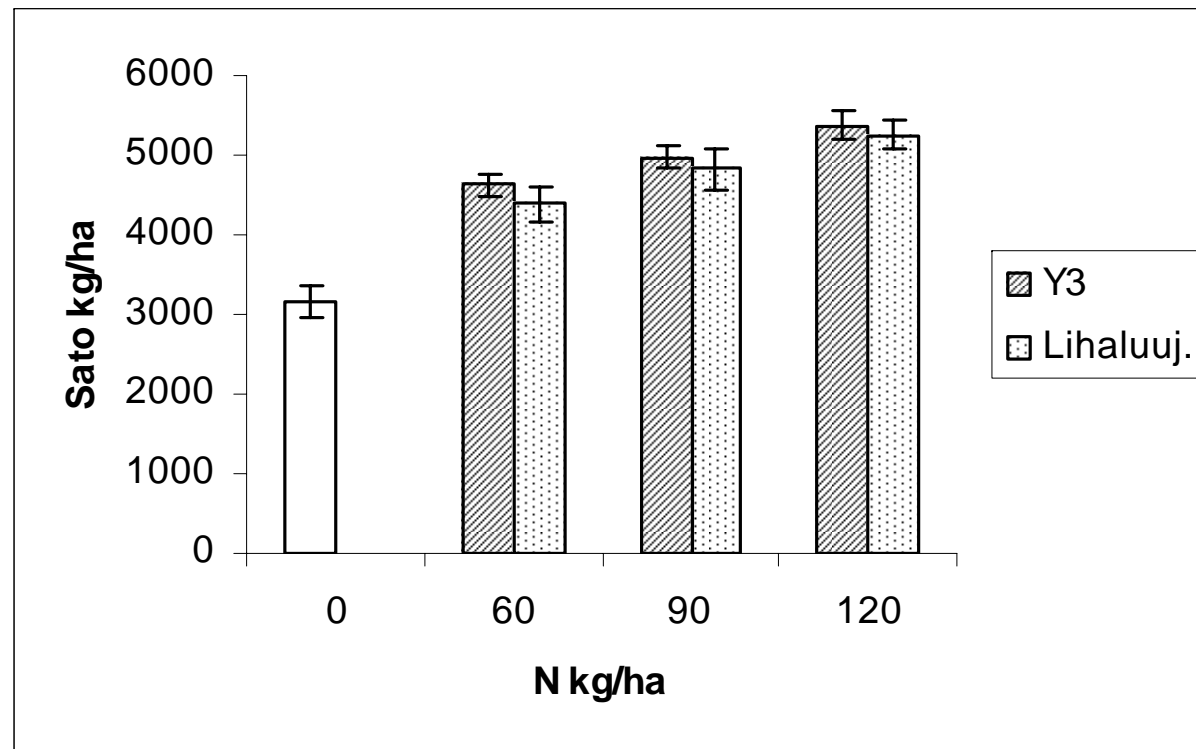
# systemihierarkioita: maatalous → ruokajärjestelmä





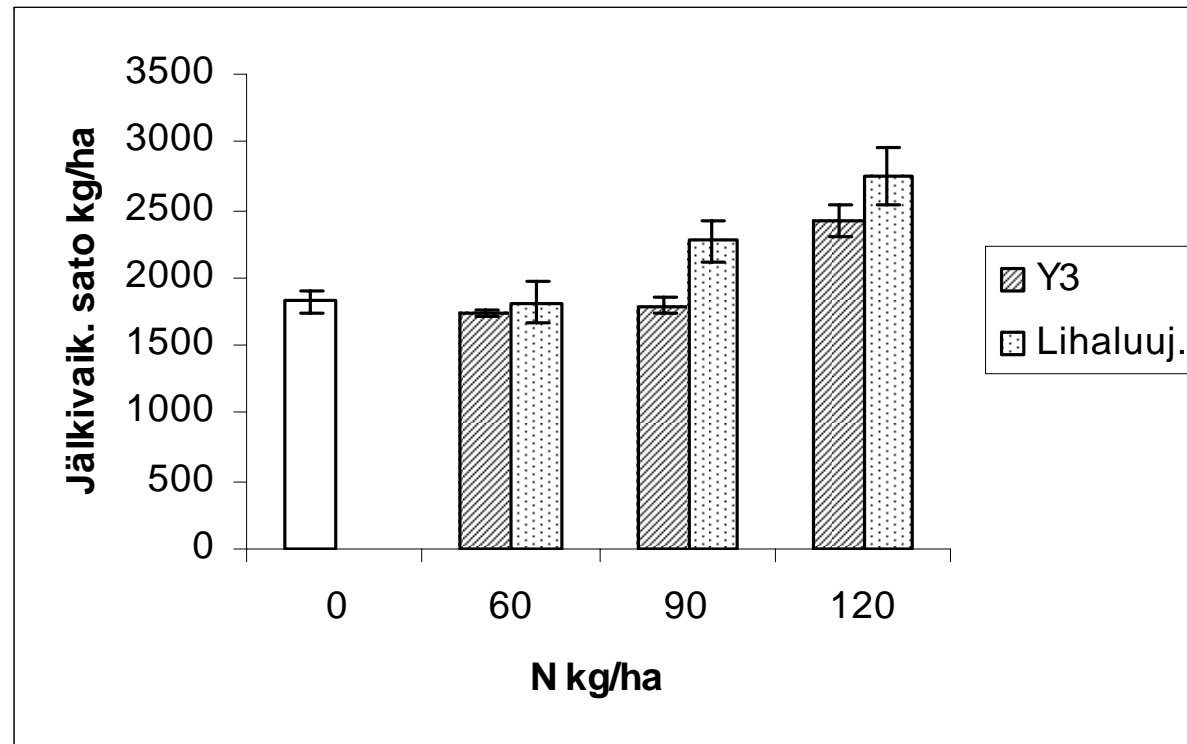


# Lihaluu jauho lannoitus kauralla Etelä-Pohjanmaan koeasemalla 2000-2002





# Lannoituksen jälkivaikutus kauralla 2003





# Kiitos mielenkiinnostanne!

Viljo -lannoitteiden tuotekehitys projekti:

Helsingin yliopisto, Soveltavan biologian laitos,  
agroekologian osasto

raaka-aineet: lihaluujauho, vinassi, melassi, turve

Viljo –lannoitteiden valmistus ja myynti:

Honkajoki Oy, Elosato. Lisätietoa osoitteesta:  
[www.elosato.fi](http://www.elosato.fi)