

# Ilmastovaikutukset

Ojitettujen soiden kestävä käyttö

Työpaja 21.3.2019

Kari Minkkinen, HY

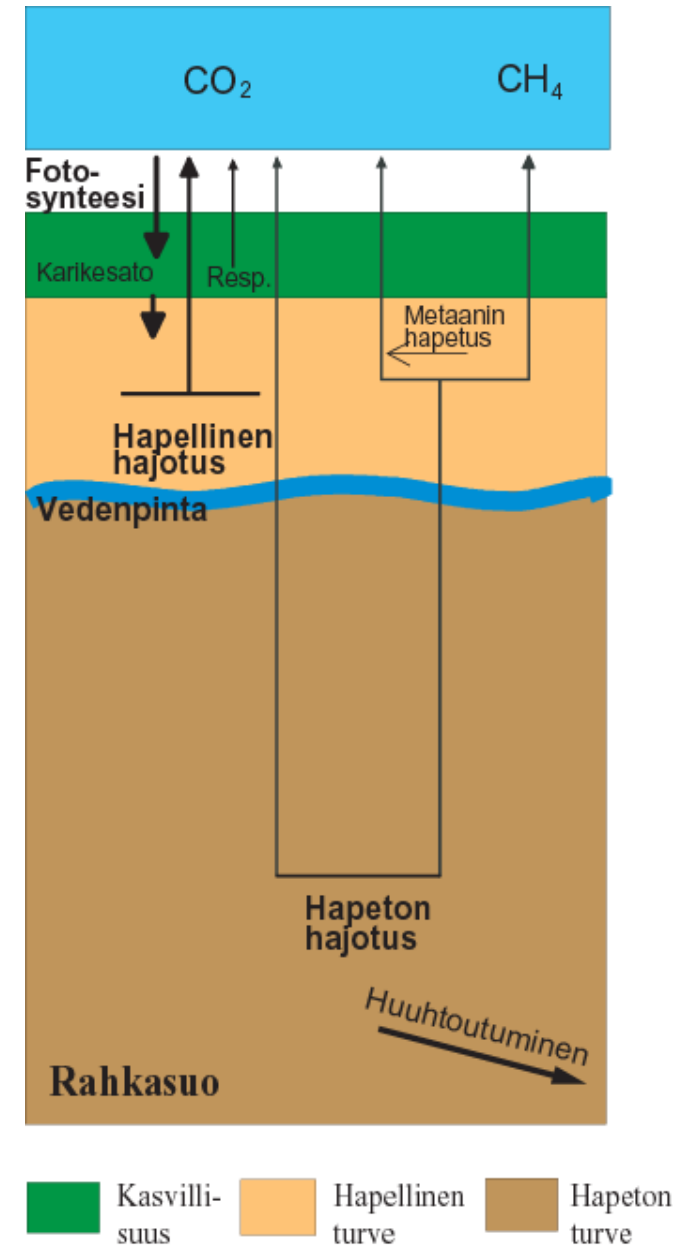
# Genesis

*”Ojituksen seurauksena suolta häviää hiiltä kymmenen kertaa nopeammin, kuin mitä sinne luonnontilassa kertyy”*

(Silvola, J. 1986, Ann. Bot. Fennici)

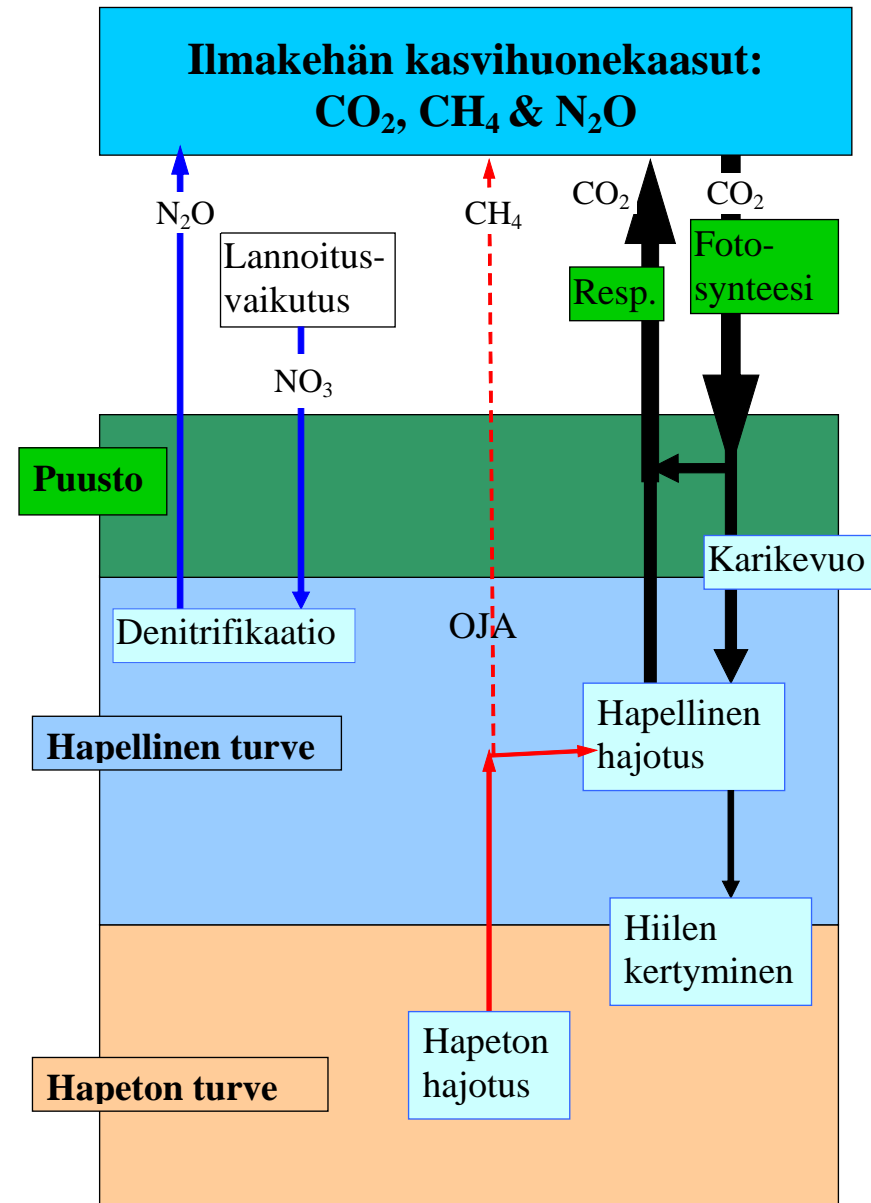
# Luonnontilainen suoekosysteemi

- $NPP > R_H \rightarrow$  NEE positiivinen, eli
- Kerryttää hiiltä
- Vaihtelee voimakkaasti  
(pitkän ajan keskiarvot  $2\text{--}100 \text{ g C m}^{-2} \text{ a}^{-1}$ )
  - suotyyppien välillä
  - suoyhdistymätyyppien välillä
  - ilmasto
  - suon ikä
- Korkeutena keskimäärin 0.5 mm vuodessa
- Vapauttaa metaania anaerobisessa hajoamisessa



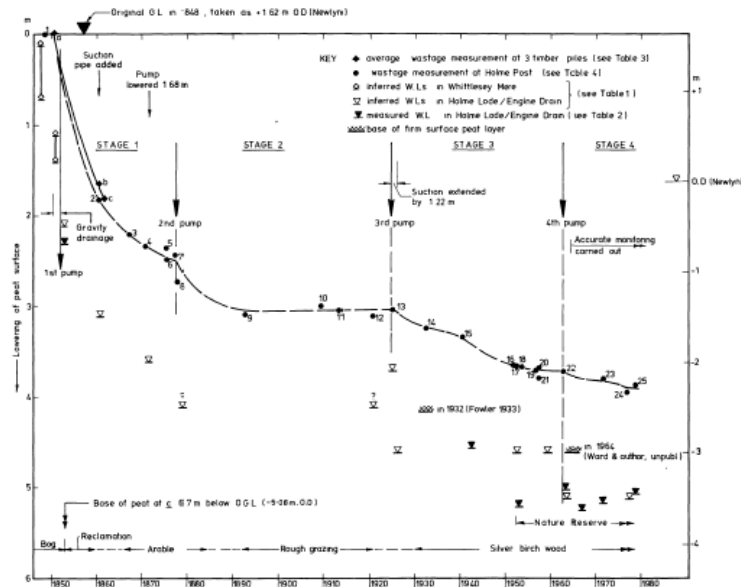
## Ojitus, mitä tapahtuu:

- Vettä poistuu
- Turvekerros painuu kasaan
- Turve tiivistyy ja sen tiheys kasvaa
- Metaanin tuotos ja päästöt vähenevät
- Typpioksiduulin päästöt kasvavat usein
- =>Turpeen hajotus kiihtyy hapellisissa oloissa jolloin ekosysteemiin varastoitunutta hiiltä täytyy vapautua ilmakehään
  - Hajotuksen nopeutuminen teoriassa kiistaton tosiasia
  - Todennettu laboratoriokokein
  - Mutta onko hiilen hävikistä empiirisiä havaintoja luonnosta?



# On!

- Esim. Holme Post, Englanti 1848-1978
- Turve painunut jo n. 4 metriä
- 1. fysikaalinen kokoonpuristuminen
- 2. turpeen oksidaatio

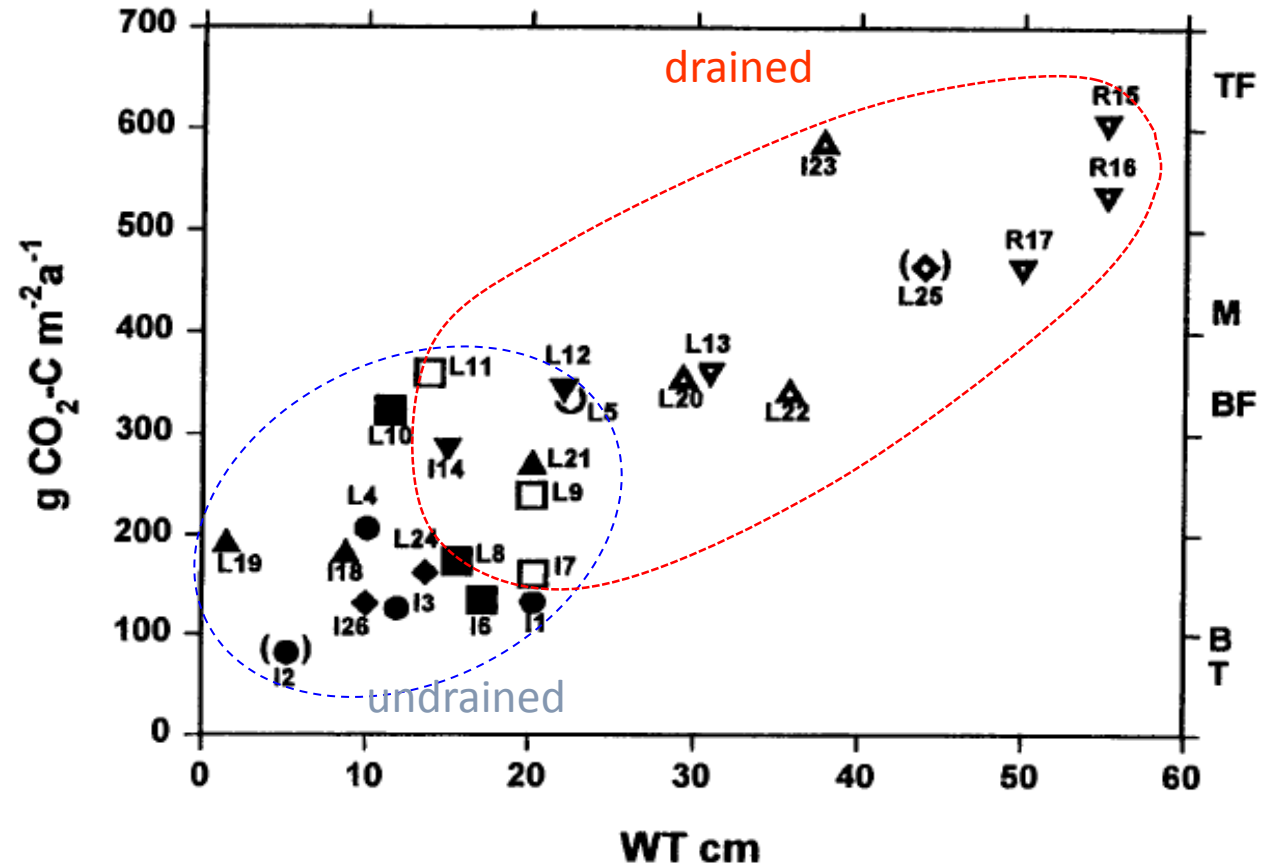


(Hutchinson 1980)



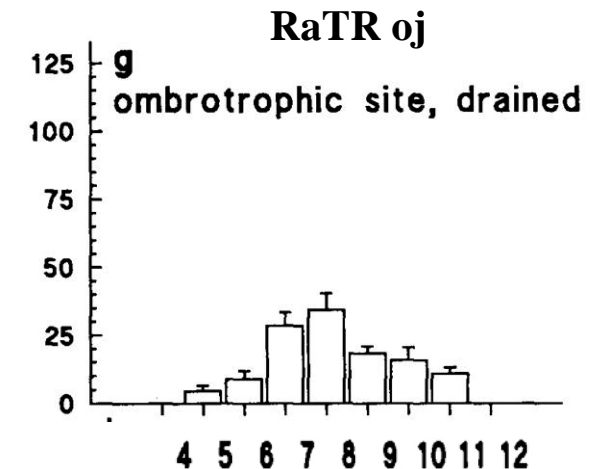
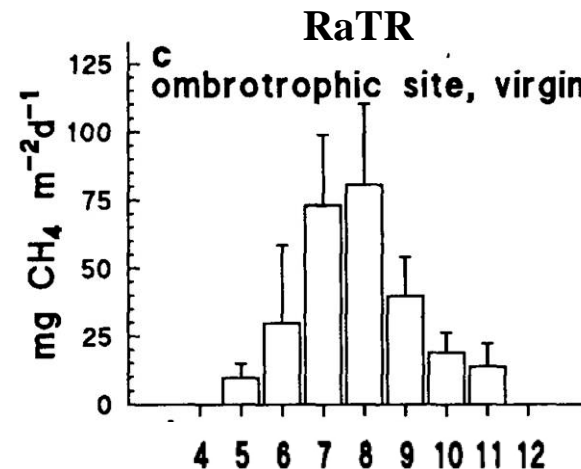
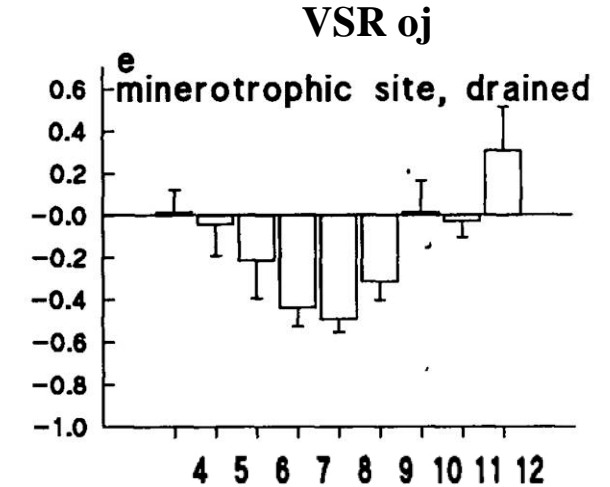
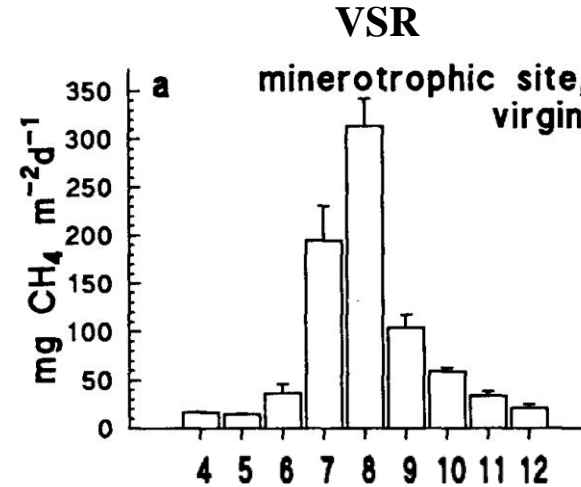
# Myös metsäojitetuilla soilla maahengitys kasvaa ojituksen jälkeen

- Suorassa suhteessa vedenpinnan tasoon (60 cm asti)
- **Maahengitys ei ole hiilitase, vaan siinä on mukana hajottajien ja tuottajien hengitys**
- Jos orgaanisen aineen hajotuksesta aiheutuva päästö ylittää tuotoksen, johtaa tämä maan hiilivaraston vähenemiseen



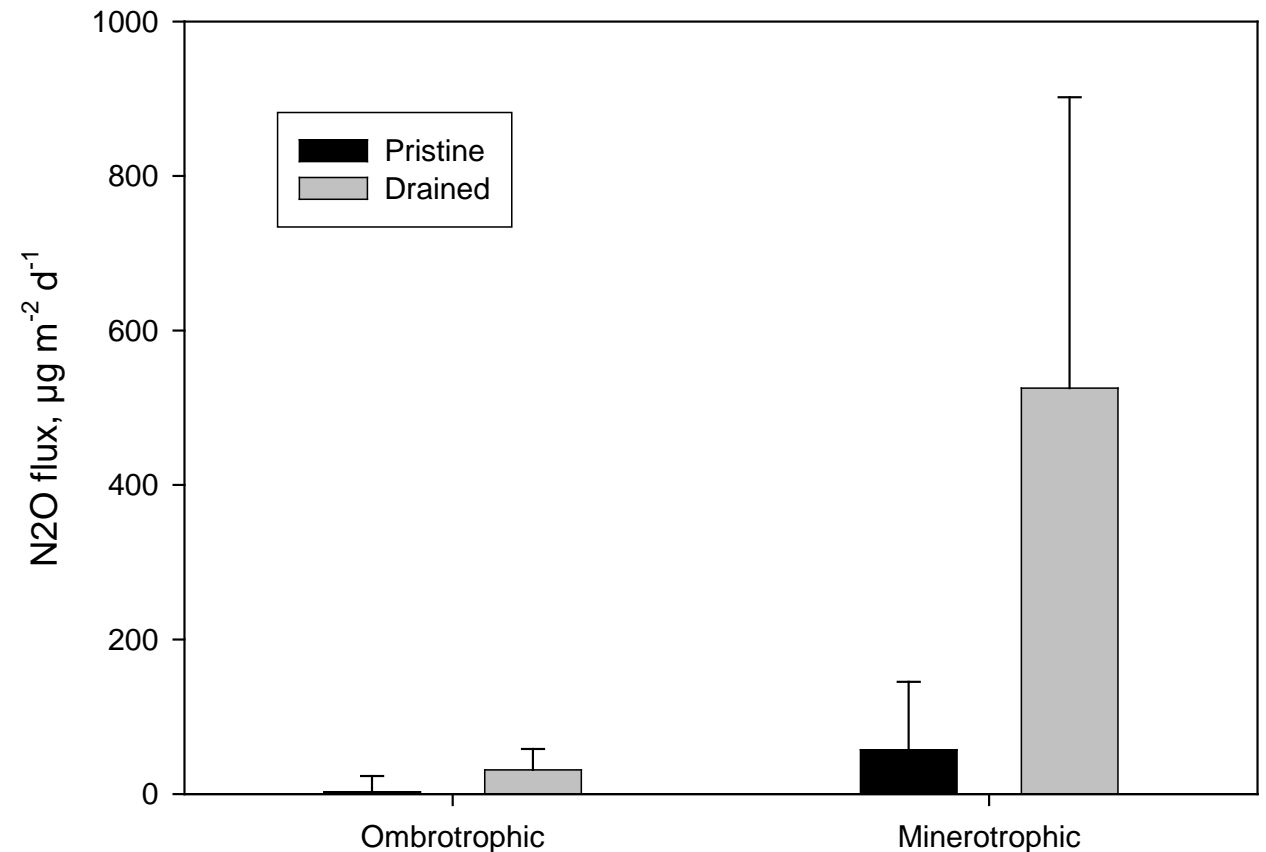
# Samaan aikaan: CH<sub>4</sub> päästöt vähenevät

- Sarasoiden suuret päästöt loppuvat
  - sarat häviävät:
    - metanogeenien ravinto vähenee
    - turvallinen kuljetus hapellisen turpeen läpi loppuu -> oksidaatio
- Rahkasoiden pienet päästöt puolittuvat
  - huonompi kuivatusvaikutus, vähemmän saravaikutusta



# $\text{N}_2\text{O}$ päästöt kasvavat merkittävästi reheviltä soilta, karuilta vähemmän

- Typpioksiduulia syntyy nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosesseissa
- Typen lähde metsäojitetulla suolla turpeen hajoaminen, mineralisaatio => voimakkaampaa runsastyyppisillä soilla, joilla myös parempi kuivatus
- Maataloudessa typen suurin lähde lannoitus



Data from Regina et al. 1996

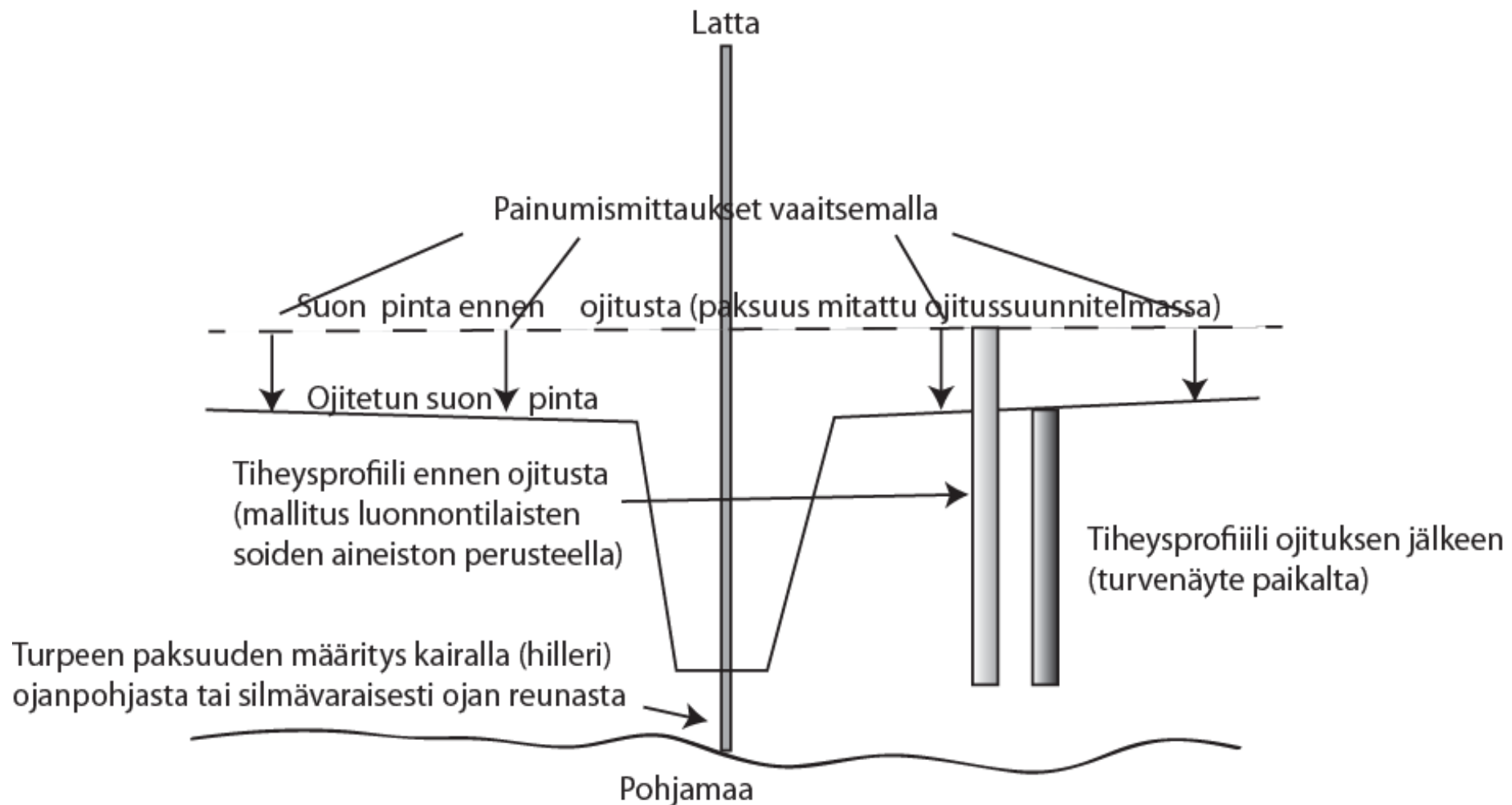


# Metsäojitettujen soiden maan hiilitaseet

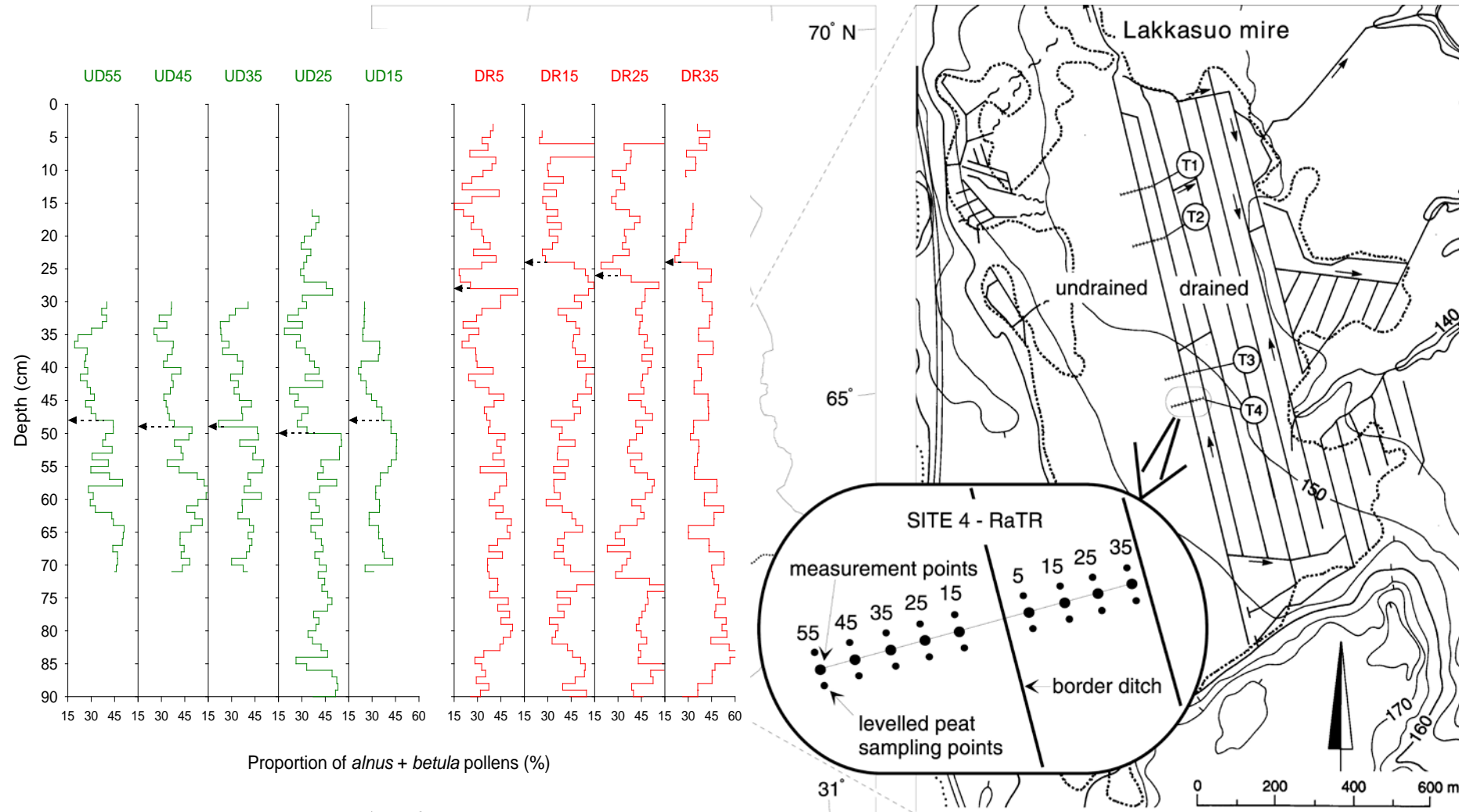
- CO<sub>2</sub>-/C-taseen luotettava mittaus ei ole ihan helppoa. Päästö ei ole tase! Puusto on pahasti mittausten tiellä!
- Menetelmiä:
  1. Hiilivarastojen muutoksen määrittäminen
  2. Tulevien ja lähtevien hiilivirtojen määrittäminen (Litter – Respiration)
  3. NEE-mittaus tornista (– puuston biomassan kasvu)
- Julkaistuja tutkimuksia:
  1. Hiilivarastonmuutosmittauksia (Minkkinen ja Laine 1998, Minkkinen ym. 1999, Simola ym. 2010, (Turetsky et al. 2011))
  2. Litter-Respiration (Ojanen ym. 2010, 2012, Uri et al. 2017)
  3. NEE-mittauksia (Lohila ym. 2008, 2011, Minkkinen ym. 2018, Meyer et al. 2013)
- Ulkomaisia tutkimuksia niukasti

# Turpeen hiilivaraston muutoksen määrittäminen

(Minkkinen & Laine 1998)



# Turpeen hiilitaseen muutoksen määrittäminen, siitepölyanalyysit (Minkkinen ym. 1999)



# Tulevat - lähtevät

- CO<sub>2</sub> heterotrofinen respiraatio eli orgaanisen aineen hajotus (D) kammioilla
- Kariketuotos L (maanpäälliset ja -alaiset) keräimillä ja juuritutkimuksista
- CO<sub>2</sub>-tase = L – D





# Mikrometeorologiset NEE-mittaukset

Lettosuo, Mtkg

Kalevansuo, Vatk

Suora CO<sub>2</sub> mittaus, 10 Hz:

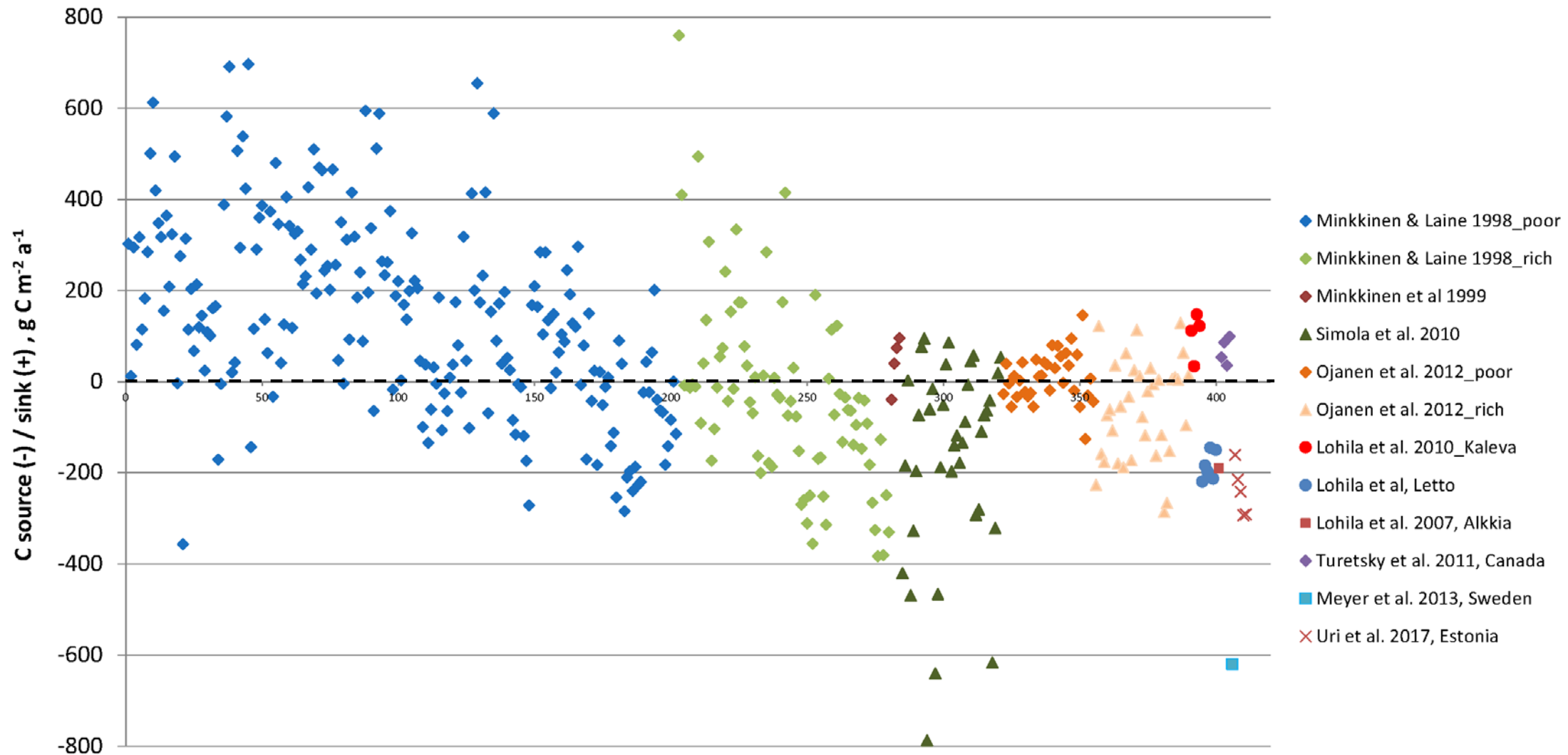
NEE = Ekosysteemin CO<sub>2</sub>-tase

Mittaukset eivät kuitenkaan ole koskaan aukottomia ja niitä pitää paikata malleilla.

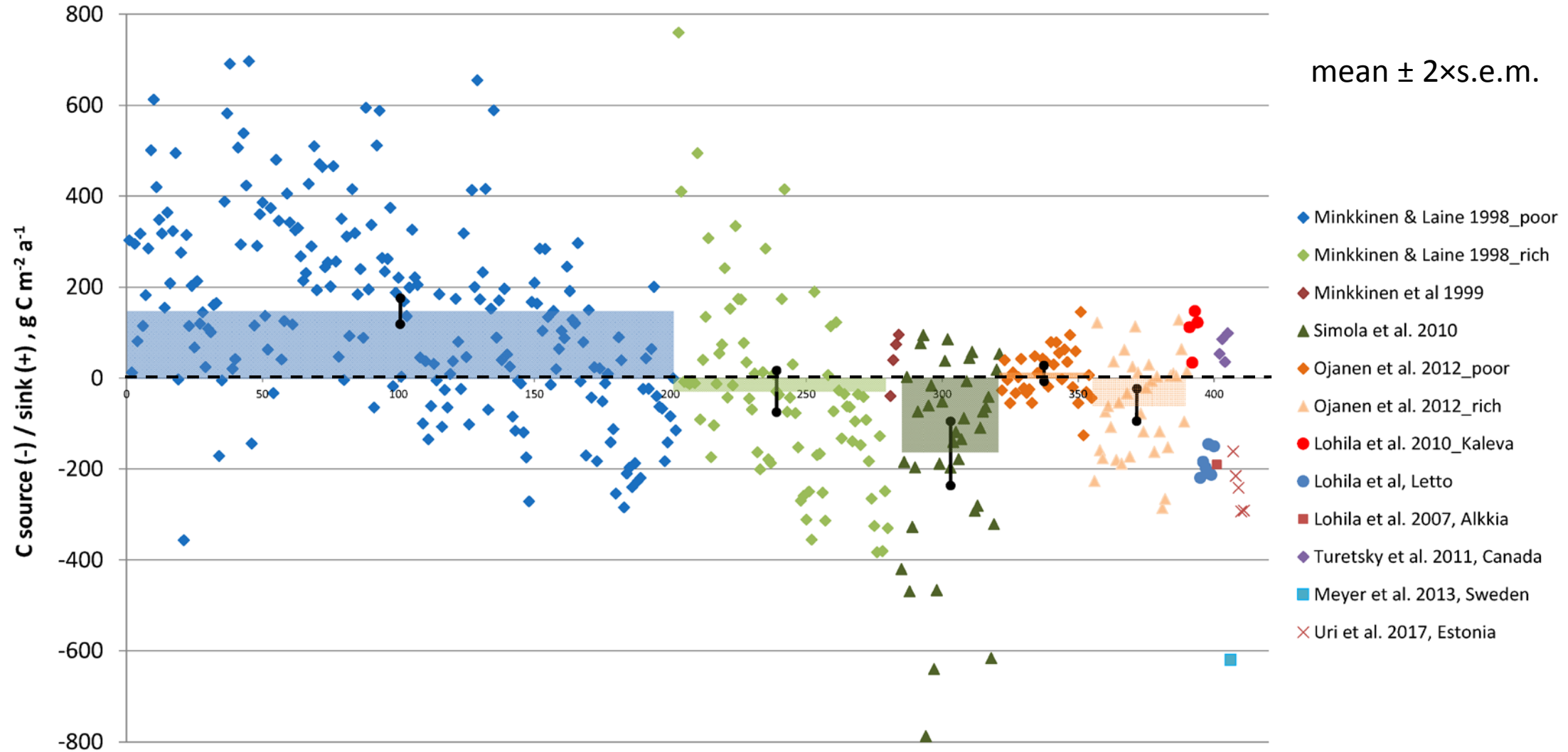
Maan CO<sub>2</sub> tase =  
NEE – biomassan kasvu



# Maaperän hiilitaseita ojitetuilta soilta

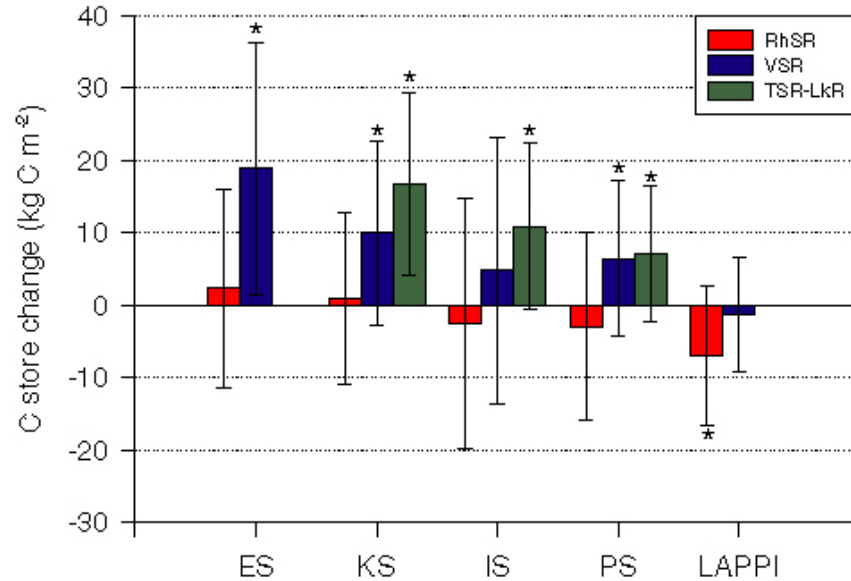


# Maaperän hiilitaseita ojitetuilta soilta



# Karut vs rehevät

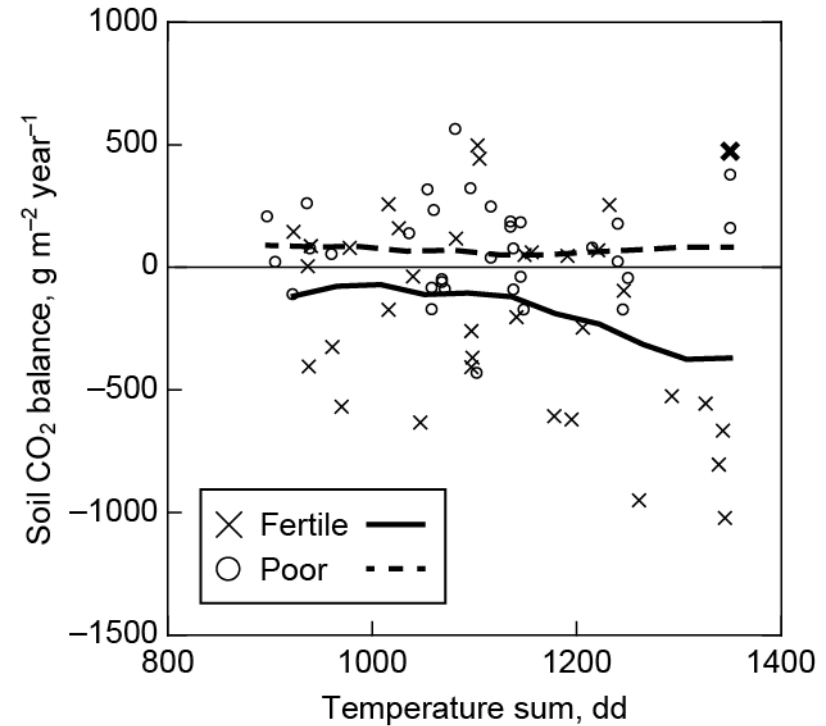
Karut nieluja, rehevät lähteitä



Minkkinen & Laine 1998

=

Karut nieluja, rehevät lähteitä



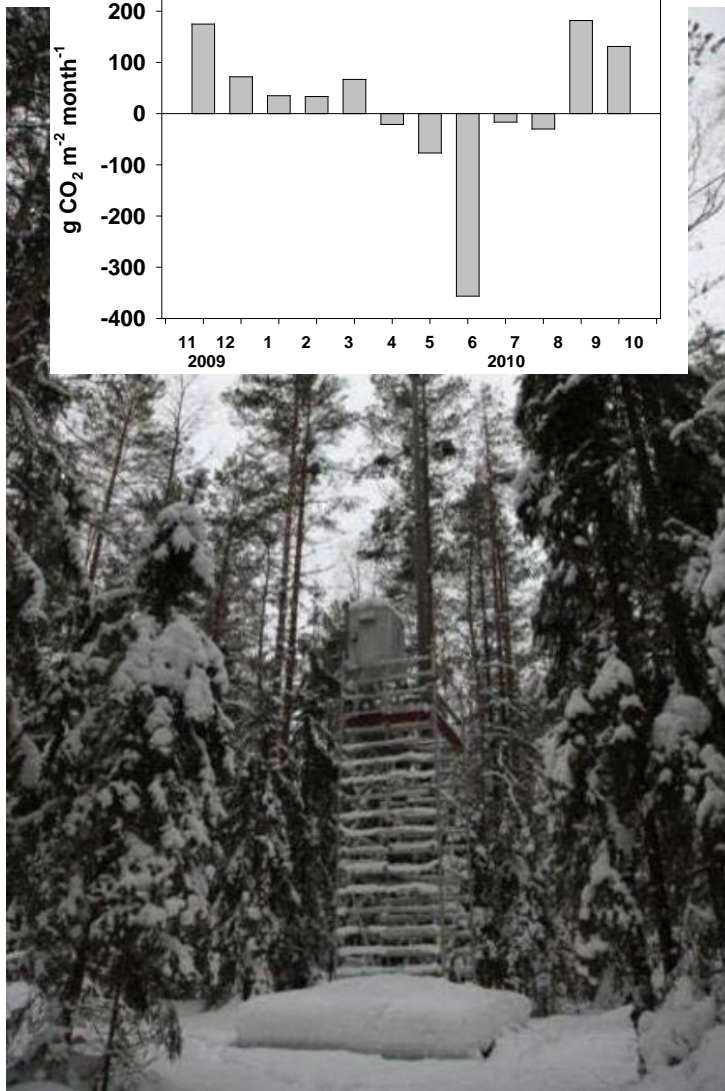
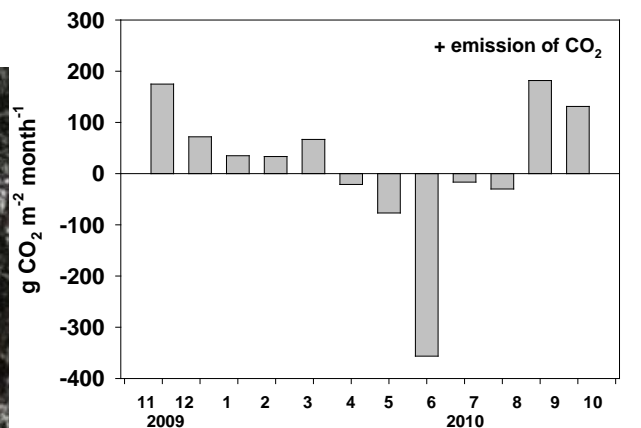
Ojanen ym. 2012



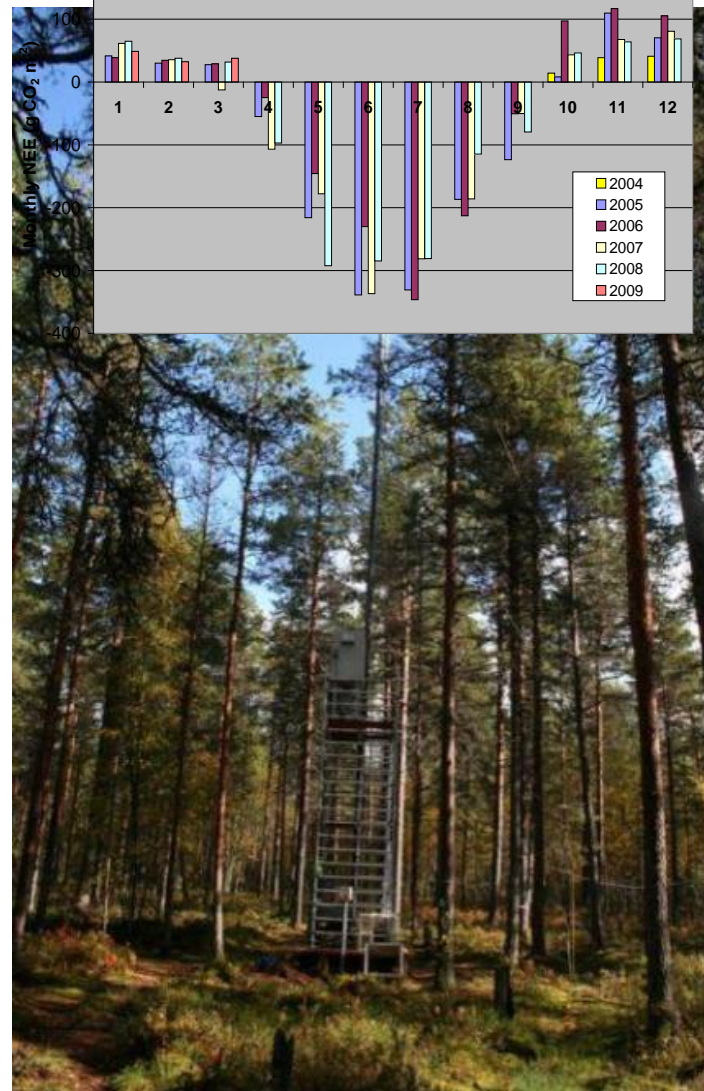
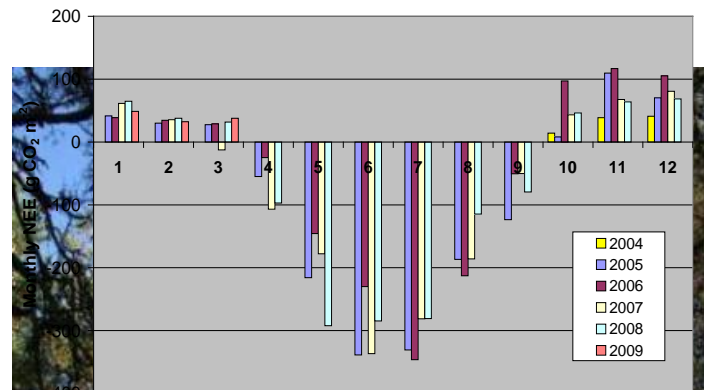
# Rehevät vs. Karut

**Ekosysteemi:**  
Nielu (n. 120 g  
CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>)

**Maaperä:**  
Lähde n. 700 g  
CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>



Lohila et al. unpubl.



**Ekosysteemi:**  
Nielu (n. 860 g  
CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>)

**Maaperä:**  
Nielu n. 220 g  
CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> a<sup>-1</sup>

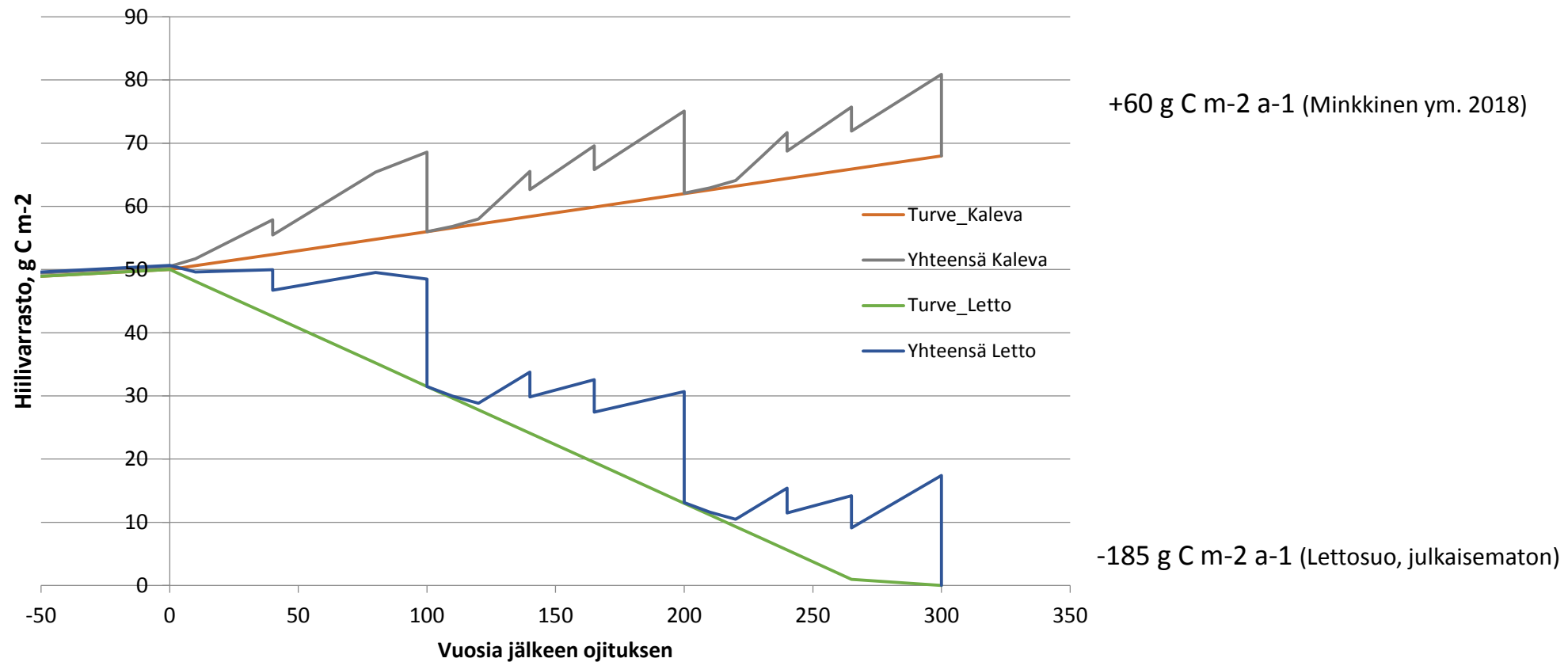
Lohila et al. 2011,  
Minkkinen et al. 2018

# Johtopäätös 1

- Ojitus saa aikaan turpeen hiilivarastojen vähenemisen rehevillä kohteilla, mutta ei välttämättä karuilla.
  - märempiä, sammalkasvu jatkuu, humuskerroksen muodostuminen, hitaampi orgaanisen aineen hajotus
- Koko ekosysteemin hiilitase useimmiten myös positiivinen (hiilivarasto ei vähene, useimmiten kasvaa)
- Koko Suomenkin tasolla puuston kasvu kompensoi turpeen hajotuksen. Onko siis mitään hätää?

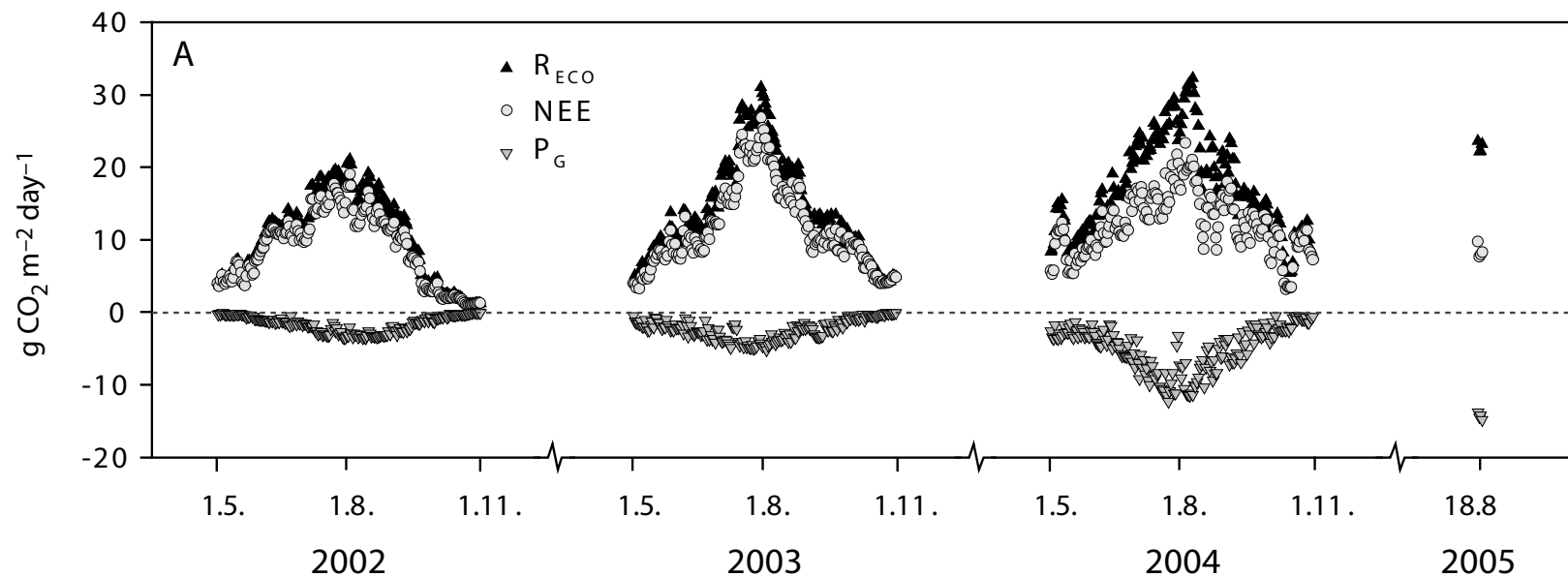
# Maan vs ekosysteemin hiilivarastot

Hiilivarastojen simuloitu kehitys, Kalevansuo vs  
Lettosuo



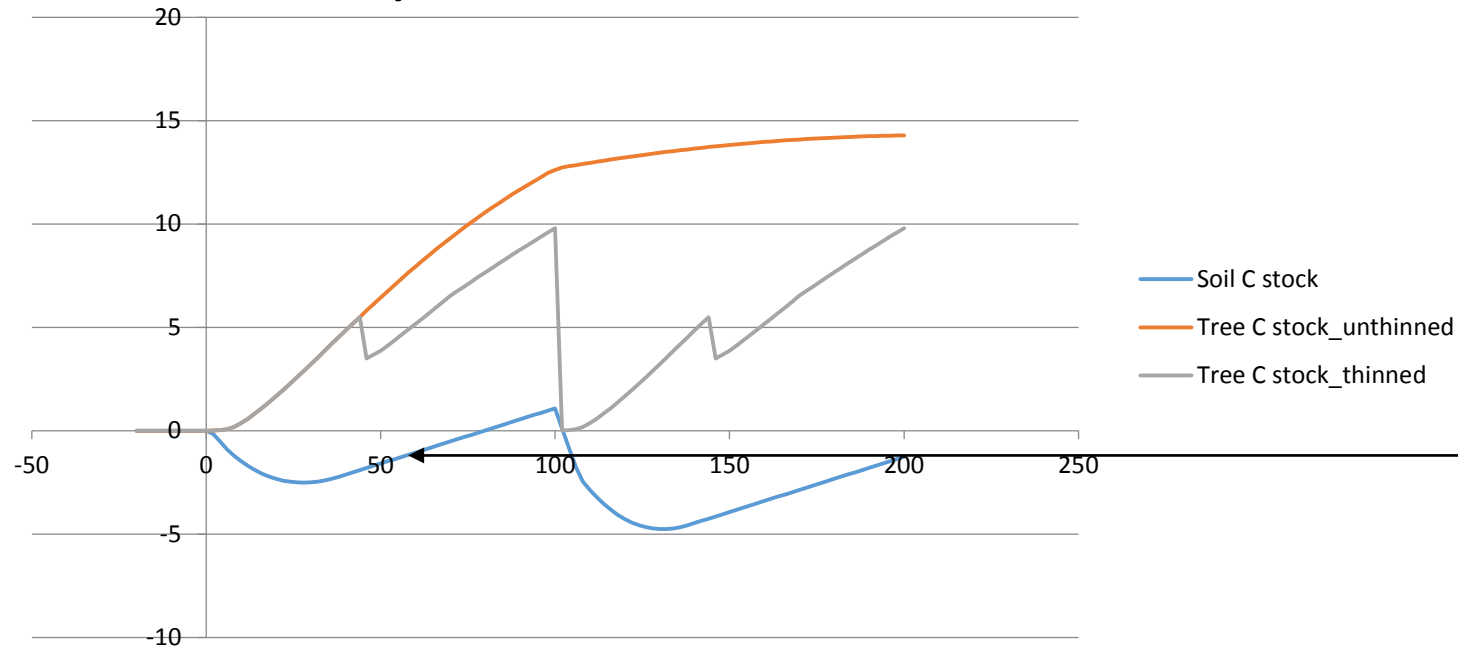
# Avohakkuuden vaikutus

- Avohakkuualue selvä hiilen lähde ainakin 3-4 vuotta hakkuun jälkeen (~550 g C/season)

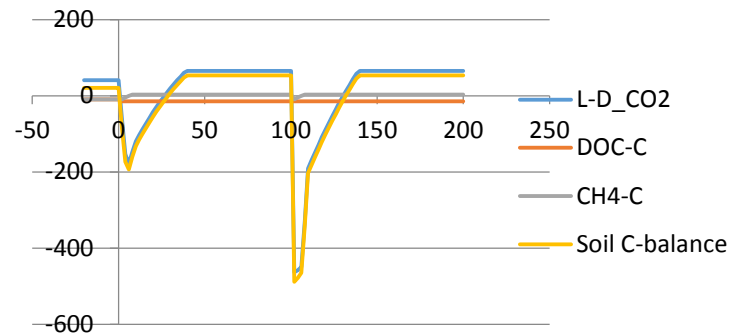
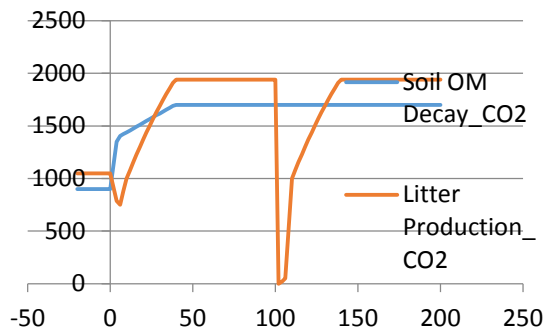


# Onko karu Kalevansuo aina hiilen nielu?

## Simuloitu kehitys:



- Hetkellinen nielu ei välttämättä tarkoita jatkuvaa nielua pitkällä aikavälillä
- Puuston yhteytyskoneisto poistuu aina hakkuissa



# Voiko päästöihin vaikuttaa?

- ...esim vedenpintaa säätelemällä?

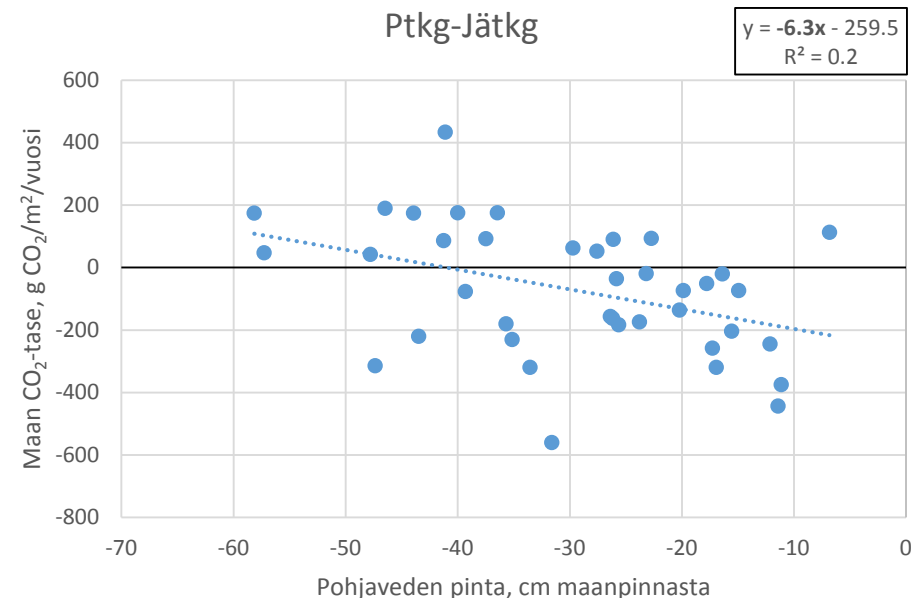
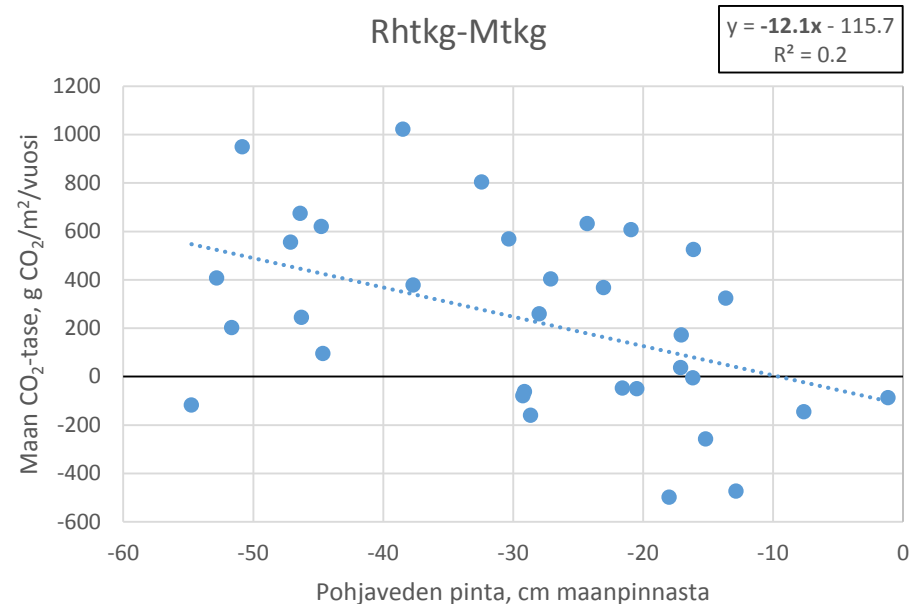
# Vedenpinnan vaikutus – CO<sub>2</sub> tase

**DATA:** Kaikki Suomessa kerätty ojitettujen soiden kaasupäästöihin ja kariketuotoksiin perustuva hiilitasedata (Ojanen ym. 2013, Minkkinen ym. 2011, Minkkinen ym. 2007, julkaisemattomat)

-Rehevistä kohteista rajattu yli 60 cm syvät havainnot pois

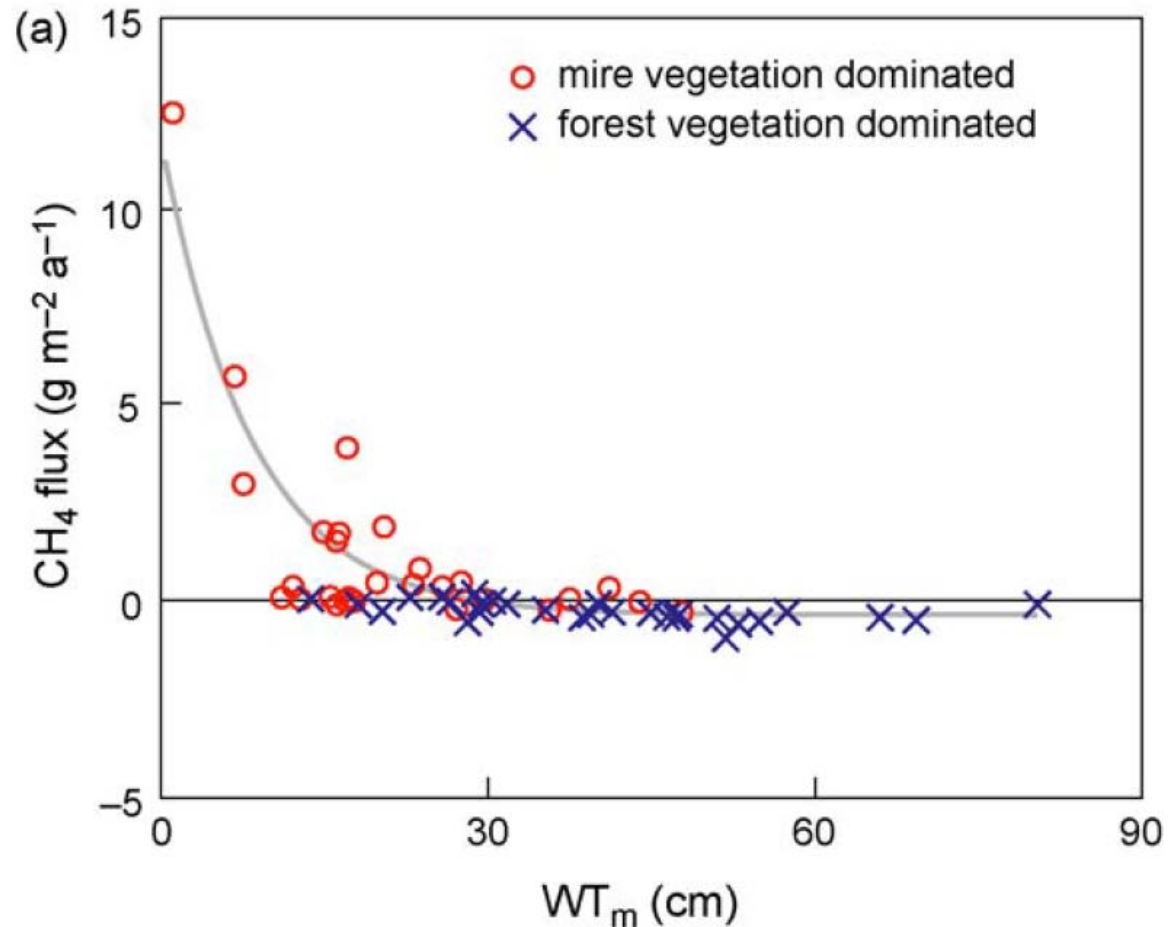
**TULOS:** 10 cm muutos vedenpinnassa vastaa 63 / 121 g CO<sub>2</sub> muutosta taseessa. **Märempi parempi!**

***Mitä tämä tarkoittaa, esim. kunnostusojituksen suhteen?***



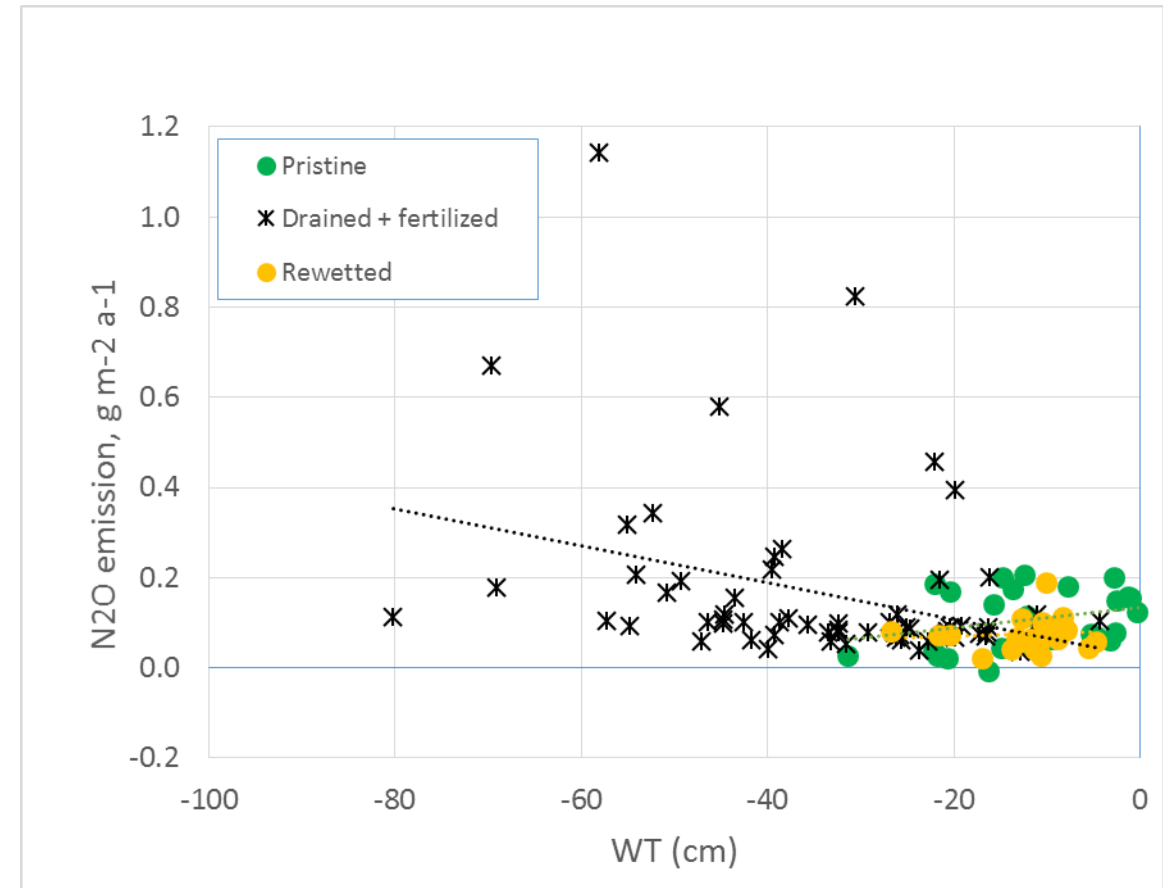
# Vedenpinnan vaikutus

CH<sub>4</sub> tase (ojitetut)



(Ojanen et al. 2010)

N<sub>2</sub>O päästö

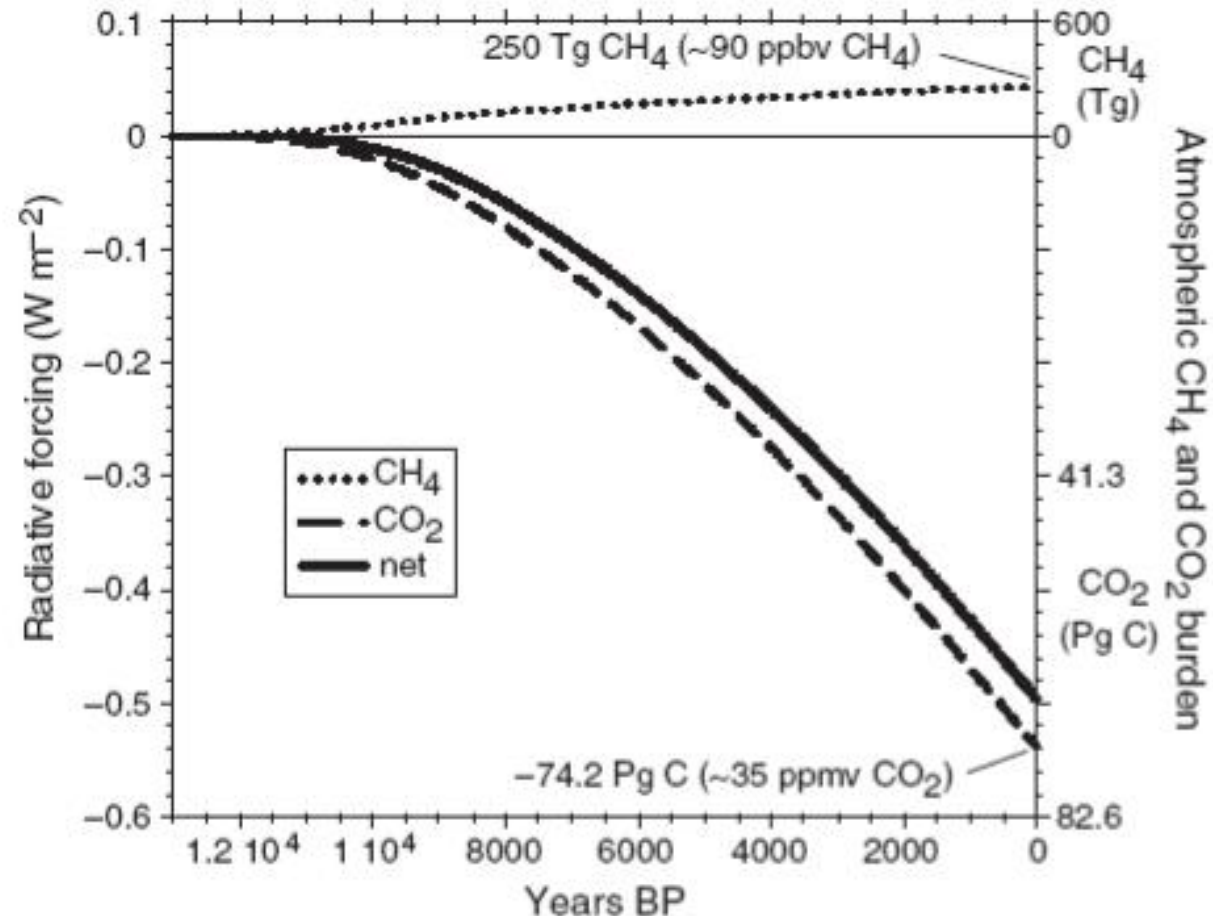


(Minkkinen et al. unpubl.)

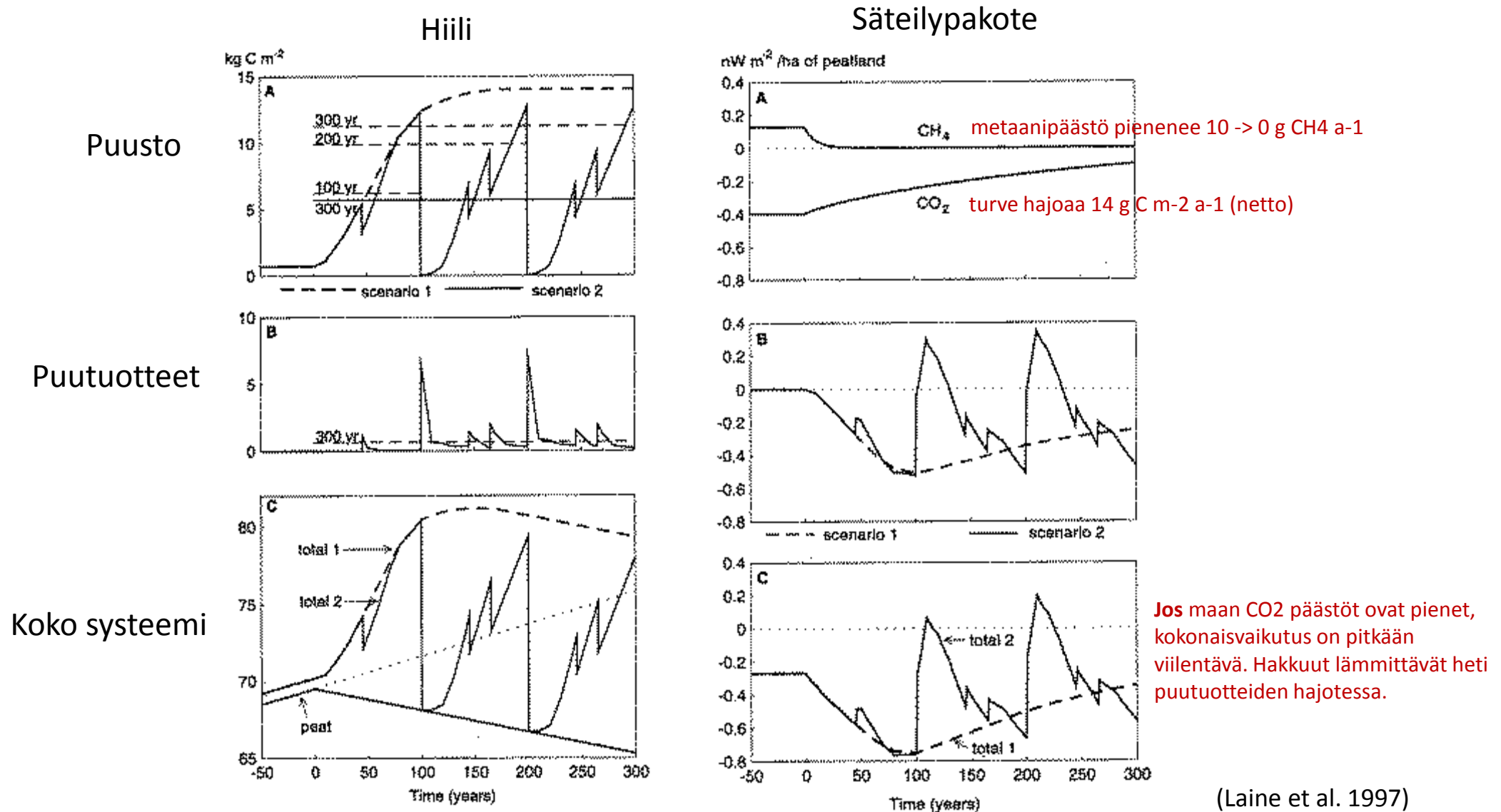


# Suon hiilenkierto ja ilmastovaikutukset

Vaikka CH<sub>4</sub> lämmittää enemmän kuin CO<sub>2</sub> viilentää sadan vuoden aikajänteellä suon kehityksen aikana, luonnontilaisilla soilla on ollut ilmastoa viilentävä vaikutus.

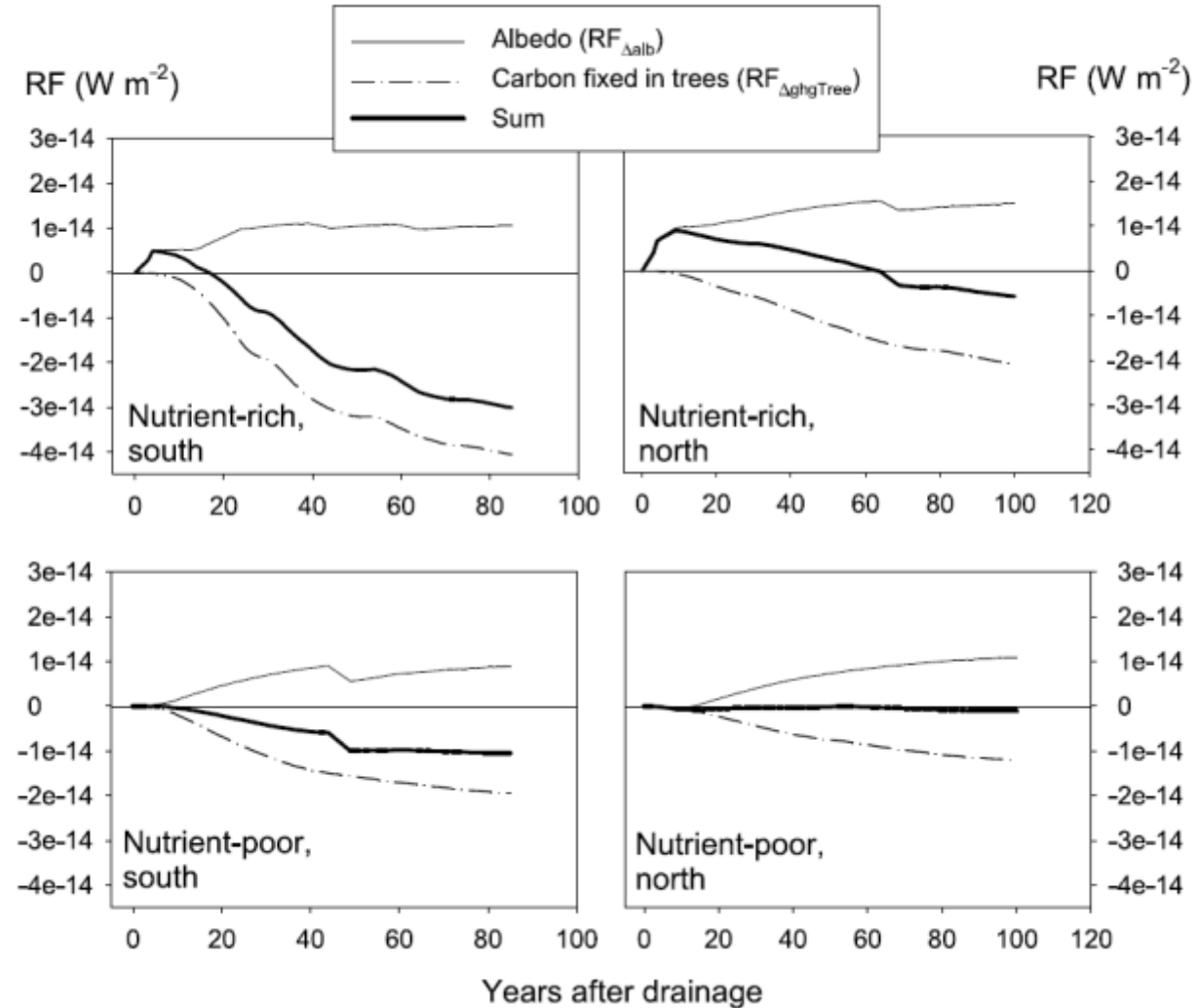


# Miten hiilivarastojen ja KHK-päästöjen muutokset vaikuttavat säteilypakotteeseen eli ilmastovaikutukseen?



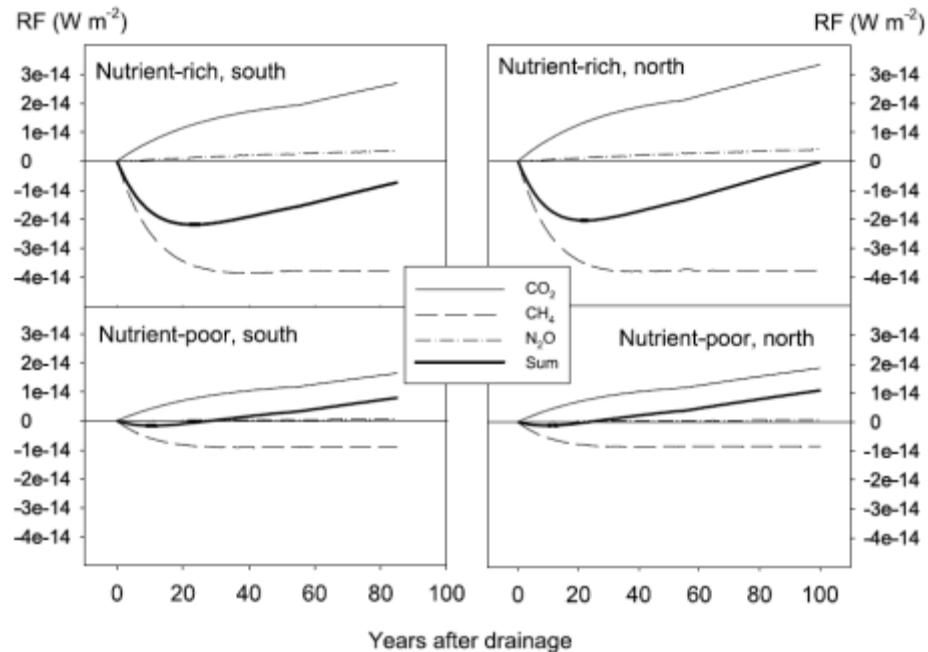
# Albedo: kompensoi osan puuston nieluvaikutuksesta

Ilmasto-  
vaikutus samaa  
luokkaa puuston hiilen  
sidonnan kanssa –  
mutta vastakkainen eli  
ilmastoa lämmittävä!

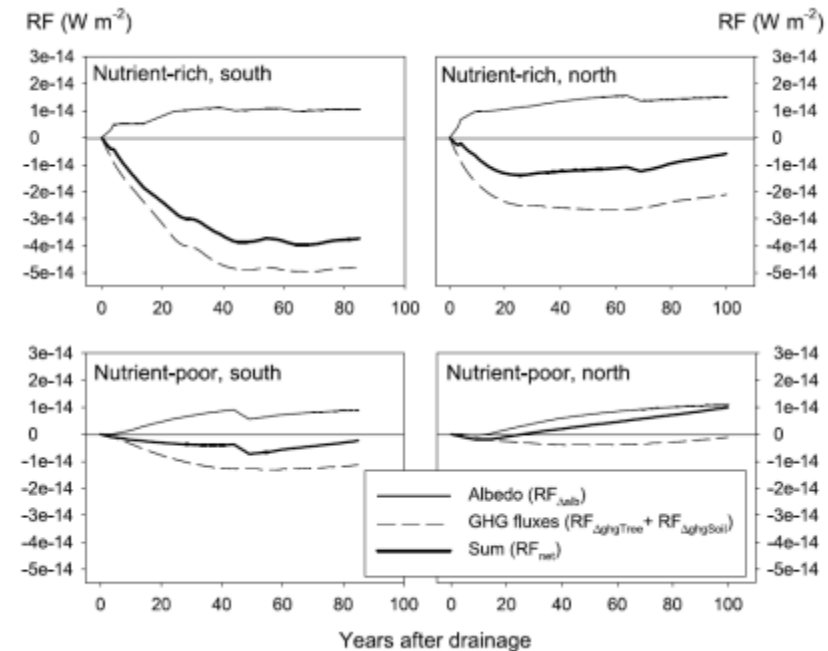


# Albedo – tai sitten vastaa n. 5 g metaania (karun luonnontilaisen suon päästö)

Maan kaasut vs. albedo



Maa+puut vs. albedo



...mutta koska vaikutus on paikallinen, vaikutus koko maapallon lämpötilaan epäselvä  
(leviääkö lämpö tasaisesti...?)

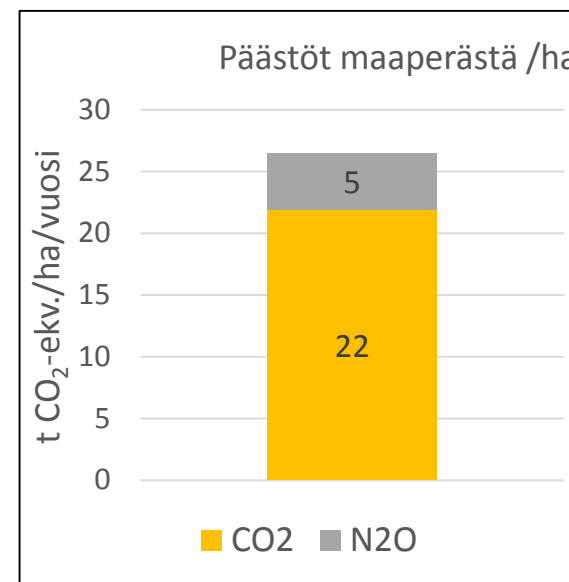
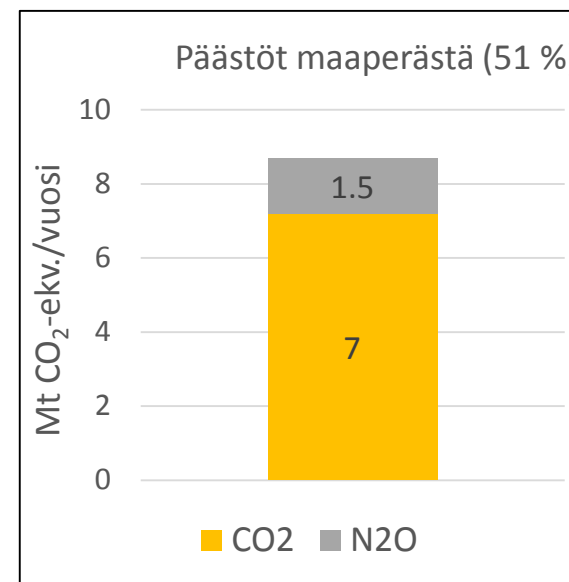
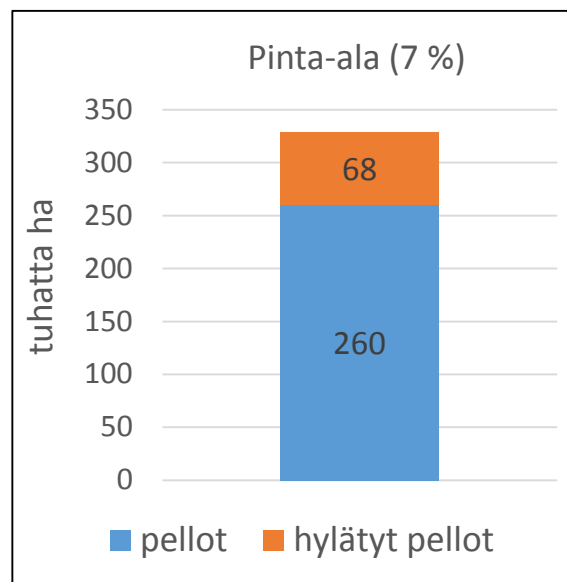
# Maatalouden päästöt

- Kuivatusvaikutus samansuuntainen kuin metsäojitetuilla, mutta **voimakkaampi**, koska lannoitus ja maanmuokkaus ja ei-pysyvä kasvipeite
- Eli: CO<sub>2</sub> ja N<sub>2</sub>O +++, CH<sub>4</sub> –
- Yksivuotisilla viljelykasveilla suuremmat maan päästöt kuin monivuotisilla
- Metsittäminen ei lopeta päästöjä maaperästä, jos WT pysyy syvällä
- Ojapäästöjä ei ole juuri mitattu. Ennallistamista tosi vähän Suomessa. Keski-Euroopassa enemmän: vaara CH<sub>4</sub> päästöjen hyvin suureen kasvuun, jos rehevä pelto tulvitetaan
- **Pellonraivaus** ja lannanlevitys suolle erittäin suuri N<sub>2</sub>O ja CO<sub>2</sub> päästöjen aiheuttaja

# Pinta-alat ja päästöt (2016)

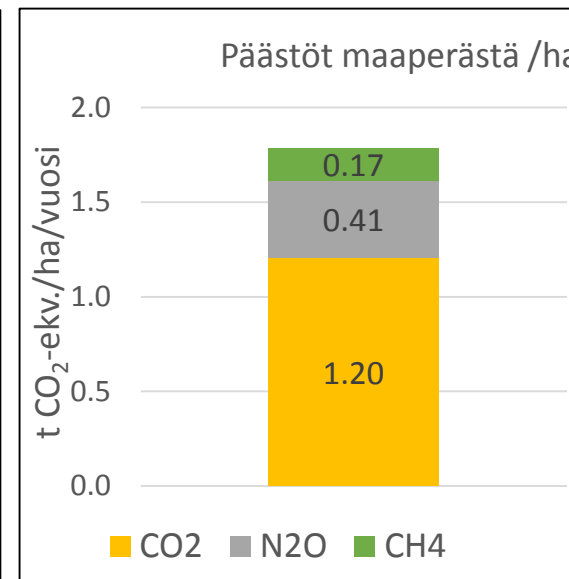
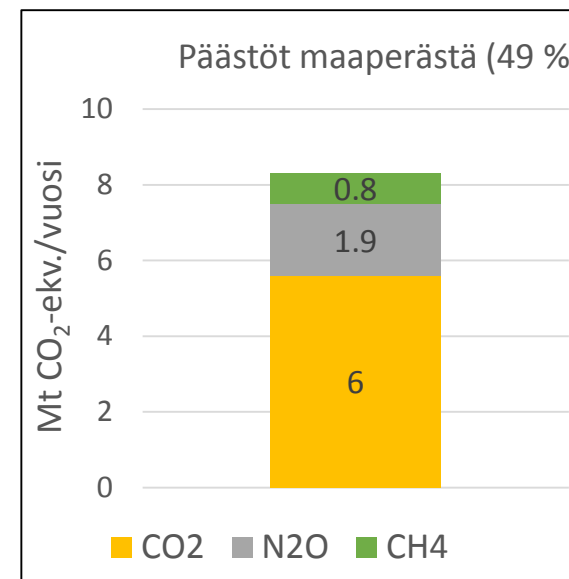
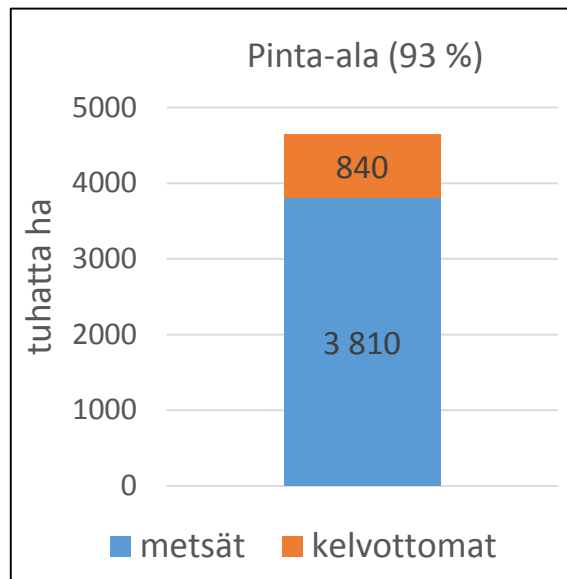
-Raportoidut!

## Turvemaapellot (12 % kaikista pelloista)



Tiedot koonnut Paavo Ojanen

## Metsäojitetut suot (20 % kaikista metsistä)



= 5 miljoonaa ha

= 17 miljoonaa t / vuosi

pelto = 15×metsä

VMI11:

<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-467-0>

NIR, 2016:

[http://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp\\_kahup\\_1990-2017\\_2018\\_19735\\_net.pdf](http://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2017_2018_19735_net.pdf)

<https://unfccc.int/documents/65334>

(metsäojitettujen N<sub>2</sub>O-päästöä korjattu:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.036>)



A photograph of a forest path. The path is covered in moss and leads through a dense forest of tall, thin trees. The ground is covered in moss and fallen leaves. The trees are mostly deciduous with some evergreens. The lighting is soft, suggesting a forest interior.

Kiitos!