

# Fosfori maassa ja kasvinravinteena

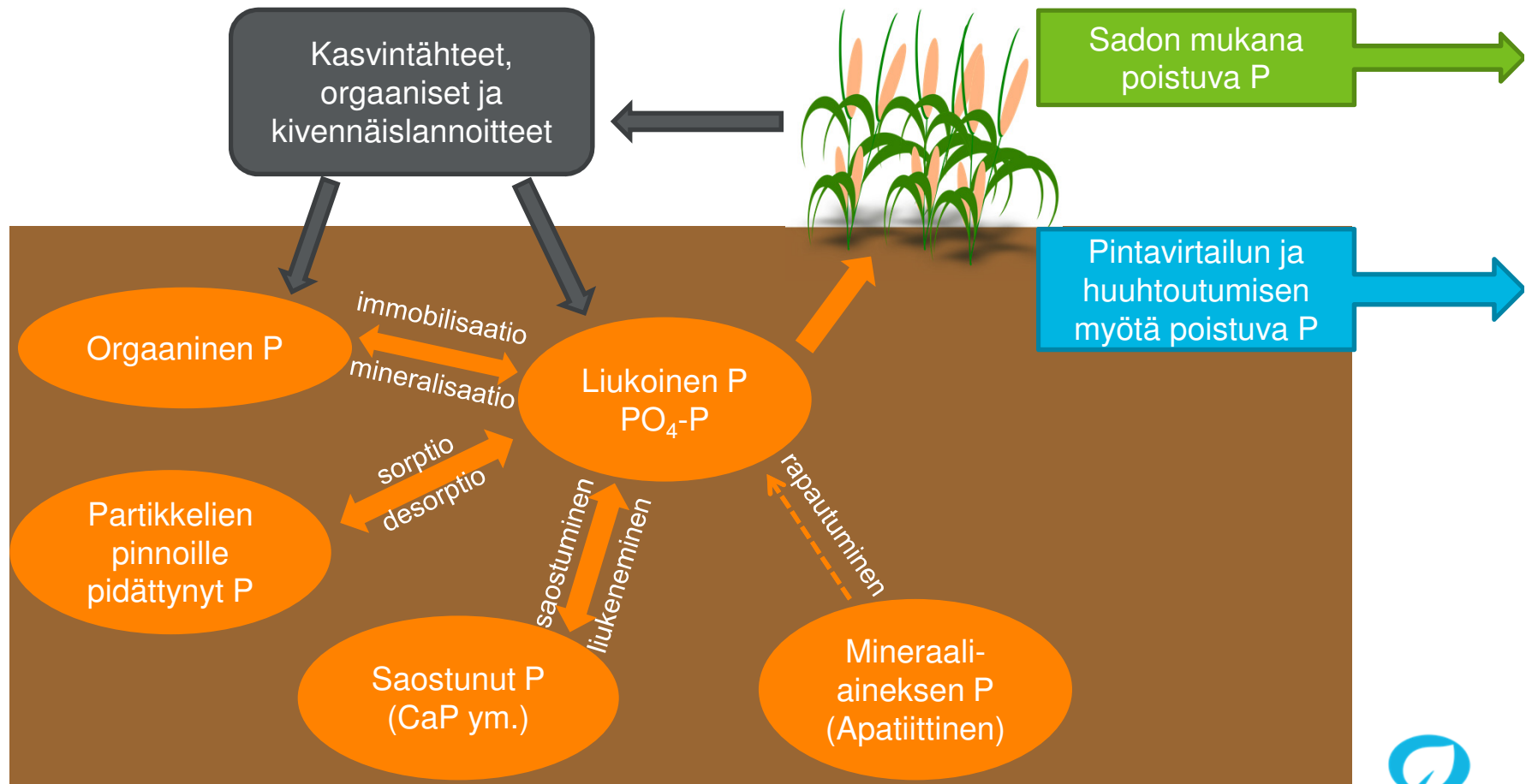
**Ravinnepiika, Kevätinfo I 14.3.2018**

Helena Soinne

# SISÄLTÖ

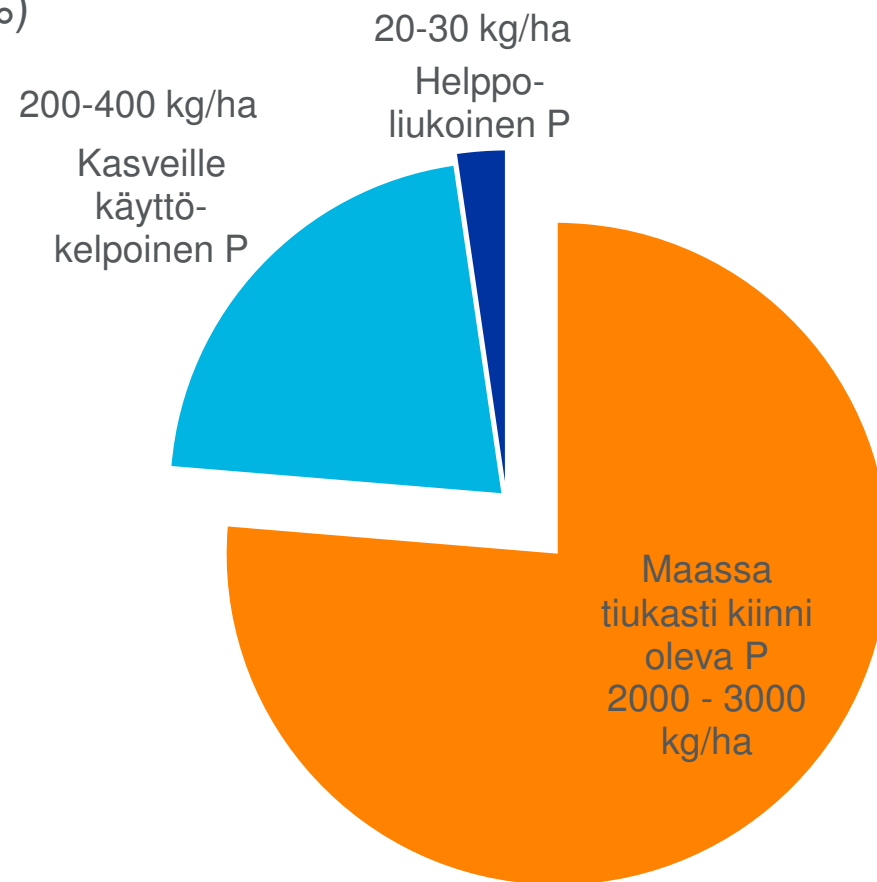
- Fosforinkierto
- Fosfori maassa
- Ravinteiden pidätyminen - Fosforin pidätyminen
- Fosforilannoitus ja fosforitilan muutokset
- Kasvit ja fosforinotto
- Kosteikot ja sedimentin fosforin käyttökelpoisuus

# Fosforin (P) kierto



# Fosfori maassa

- Pintamassa on noin 2000...3000 kg P/ha
- Epäorgaaninen P: 60 % (20-80%)
- Orgaaninen P: 40 % (20-80%)



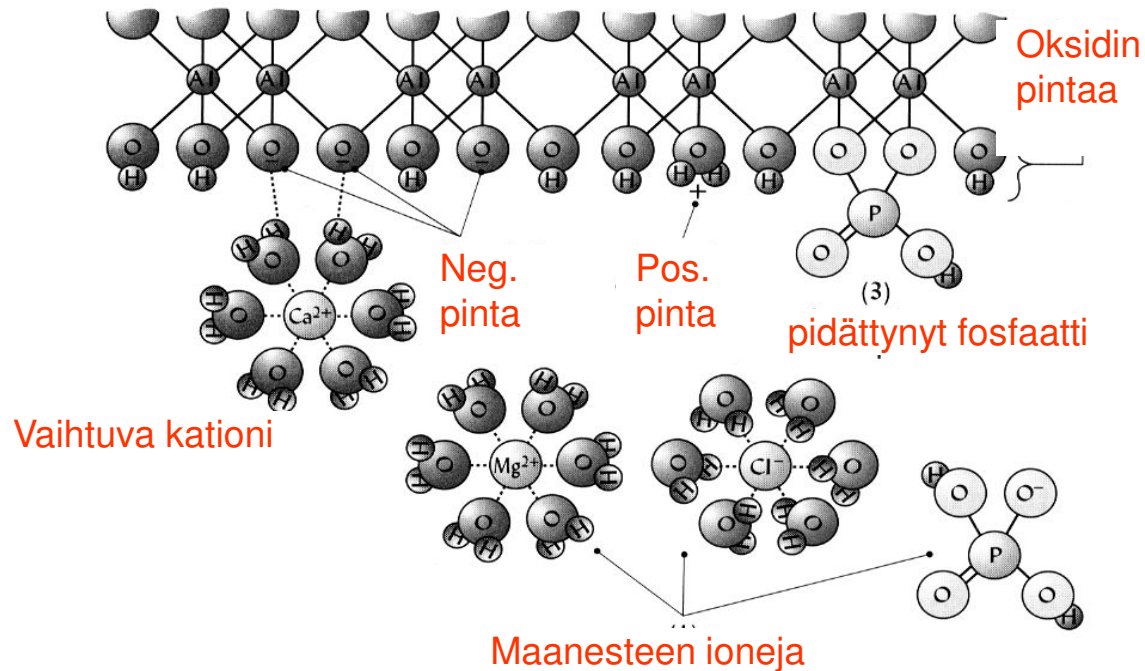
Kivennäismaan P-varantojen **suuruusluokka** muokkauskerroksessa (viljavuustutkimuksen P-luku 0-15 mg/l )

# Ravinteiden pidättyminen maassa

- Pidätyspintoja maassa
  - Savimineraalit, raudan ja alumiinin heikostikiteytyneet oksidit, orgaanien aines
  - Mitä pienemmistä hiukkasista maa-aines koostuu, sitä suurempi pinta-ala painoyksikköä kohti
- Pidätysmekanismeja
  - Sähköiset vetovoimat
    - Maapartikkelien sähköiset ominaisuudet: Pysyvä negatiivinen (-) tai pH:sta riippuva varaus (+ tai -)
    - Ravinteet  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $NO_3^-$  (varaus!)
  - Ligandinvaihto (kemiallinen sidos)  $PO_4^{2-}$

# Fosforin pidättyminen maassa

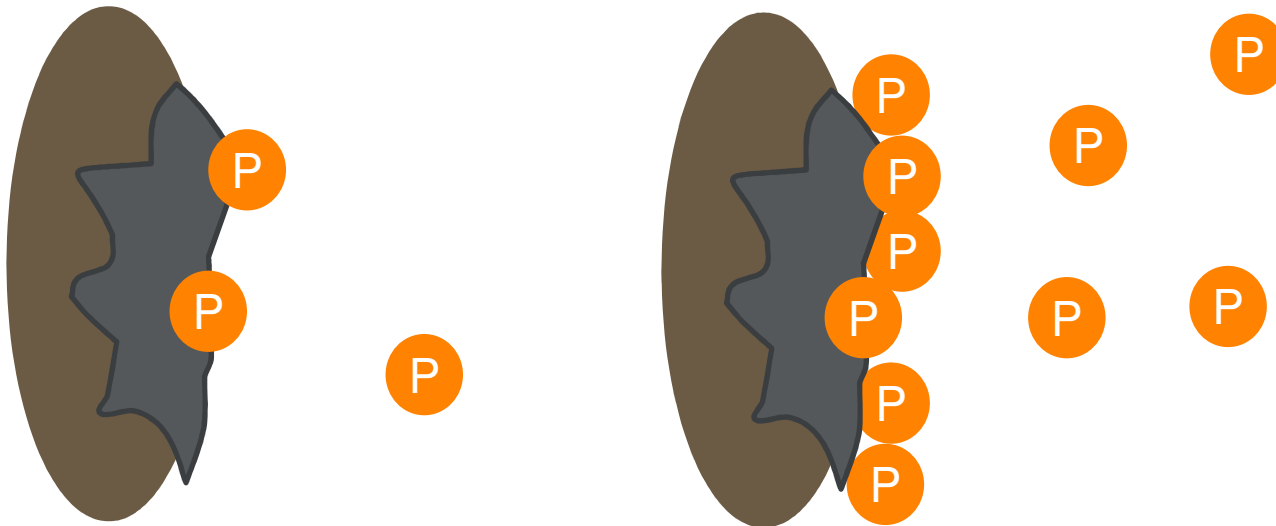
- Fosfaatti ( $\text{PO}_4^{2-}$ ) pidättyy ligandinvaihdolla – ei perustu sähköisiin varauksiin - Pidättyy voimakkaasti



Brady & Weil 2002

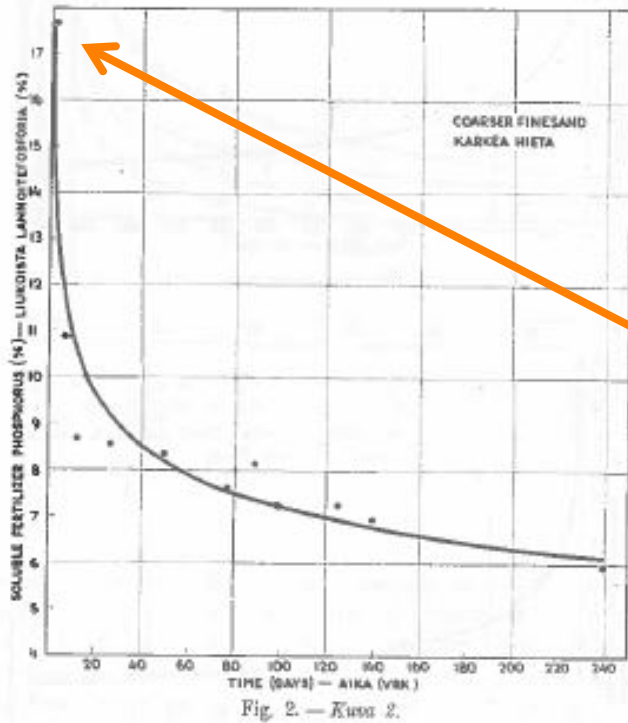
# Fosforin pidättyminen maassa

- Tasapaino maahan pidättyneen ja maanesteessä olevan fosforin välillä
- Mitä enemmän maassa on fosforia, sitä helpommin ja enemmän sitä vapautuu liukoiseen muotoon
- Peltojen helppoliukoiset P-varat ovat kasvaneet runsaan fosforilannoituksen vuoksi



Figures 2—5. The effect of time elapsed since superphosphate addition on the amount of fertilizer phosphorus soluble in acid ammonium acetate in various soils.

Kuvat 2—5. Superfosfaatin lietyksestä kuluksen ajan vaikutus happameen ammoniumasetaattiin liukoisen lannoitefosforin määrään eri maalajeissa.



## Tasapainon syntyminen lannoituksen jälkeen

(M. Sillanpään koe vuodelta 1961)

2 pv:n jälkeen P:n lisäyksestä viljavuustestillä uuttuvan P:n osuus alle 20 % lisätystä lannoite-P:sta.

240 pv:n jälkeen uuttui enää 6 % lisätystä lannoite-P:sta. Lähestytään maan hiukkaspinnoille pidättyneen P:n ja maanesteeseen liunneen P:n tasapainotilaa.

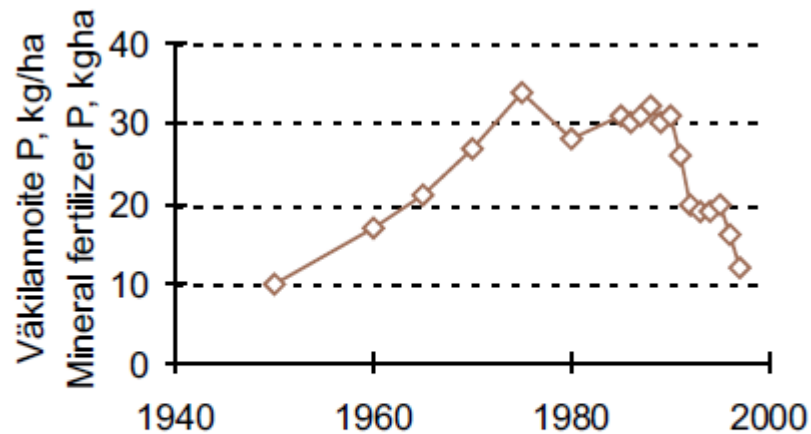


# Fosforilannoitteet ja viljavuusfosfori

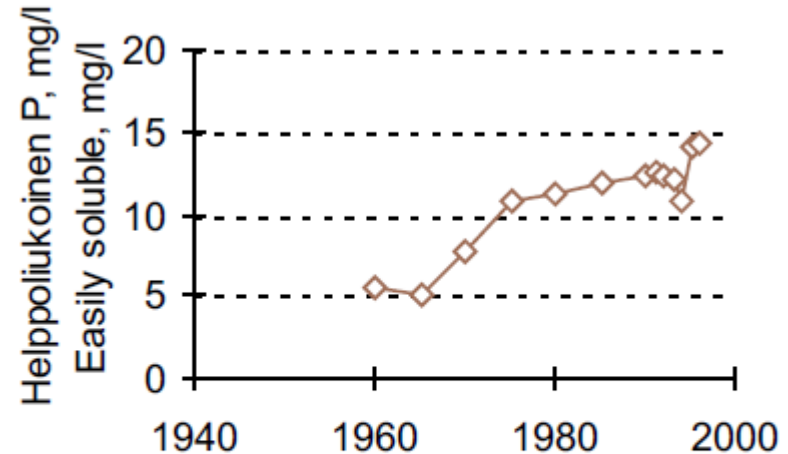
Yli-Halla, M.<sup>1)</sup>, Nykänen, A.<sup>2)</sup>, Siimes, K.<sup>1)</sup> & Tuhkanen, H-R.<sup>1)</sup> 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT:n julkaisuja. Sarja A 77. Jokioinen: MTT. 45 p. + 4 app. ISSN 1239-0852 (Painettu), ISSN 1239-0844 (Verkojulkaisu), ISBN 951-729-574-X (Painettu), ISBN 951-729-602-9 (Verkojulkaisu). <http://www.mtt.fi/asarja>

<sup>1)</sup> MTT, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen, markku.yli-halla@mtt.fi, katri.siimes@vyh.fi, hanna-riikka.tuhkanen@mtt.fi

<sup>2)</sup> MTT, Luonnonvarojen tutkimus, Ekologinen tuotanto. 51900 Juva. aria.nvkanen@mtt.fi



**Kuva 1.** Väkilannoitefosforin myynti Suomessa.



**Kuva 2.** Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys Suomessa Viljavuuspalvelu Oy:n aineistojen perusteella.

<http://www.mtt.fi/asarja/pdf/asarja77.pdf>

# Maan helppoliukoinen fosfori

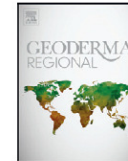
## Viljavuusfosfori



Contents lists available at ScienceDirect

Geoderma Regional

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/geodrs](http://www.elsevier.com/locate/geodrs)

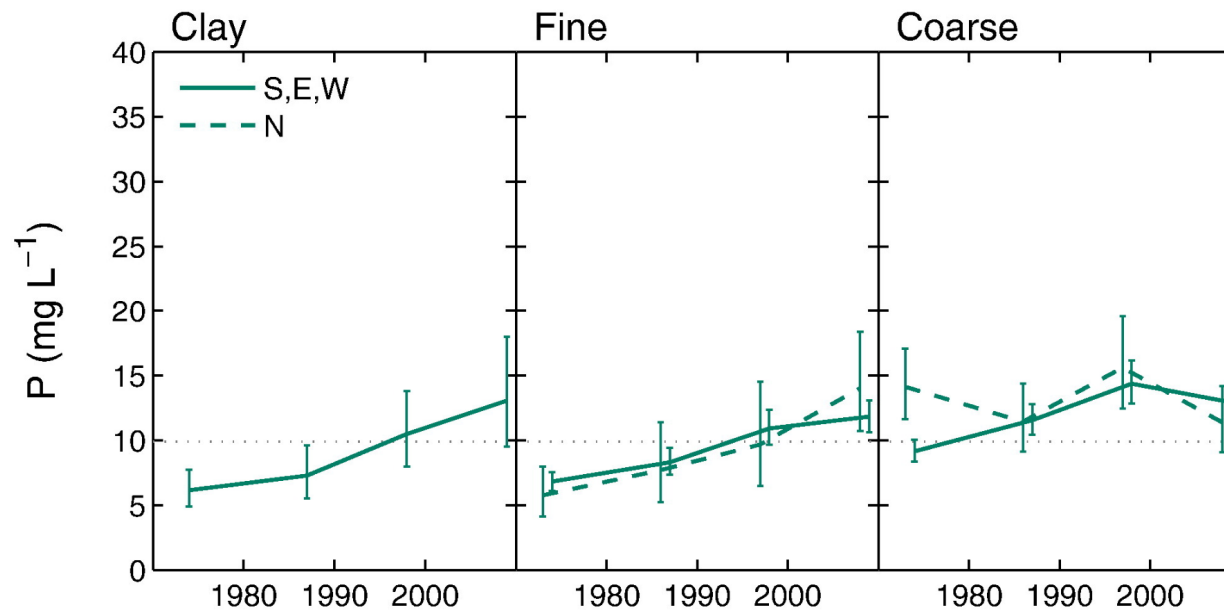


### 35-year trends of acidity and soluble nutrients in cultivated soils of Finland

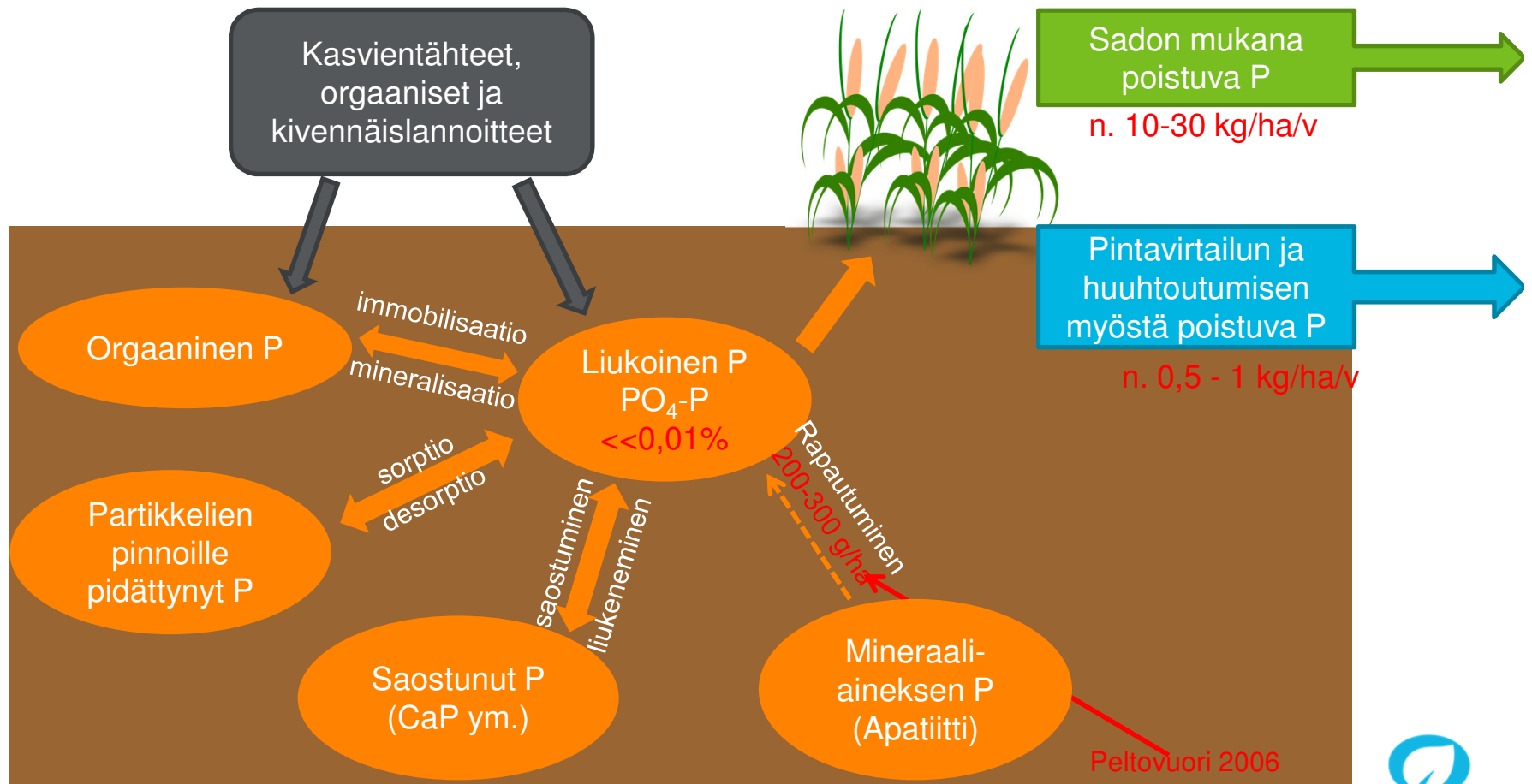


Riikka Keskinen \*, Elise Ketoja, Jaakko Heikkinen, Tapio Salo, Risto Uusitalo, Visa Nuutinen

*Natural Resources Institute Finland (Luke), Management and Production of Renewable Resources, Tietotie 4, FI-31600 Jokioinen, Finland*



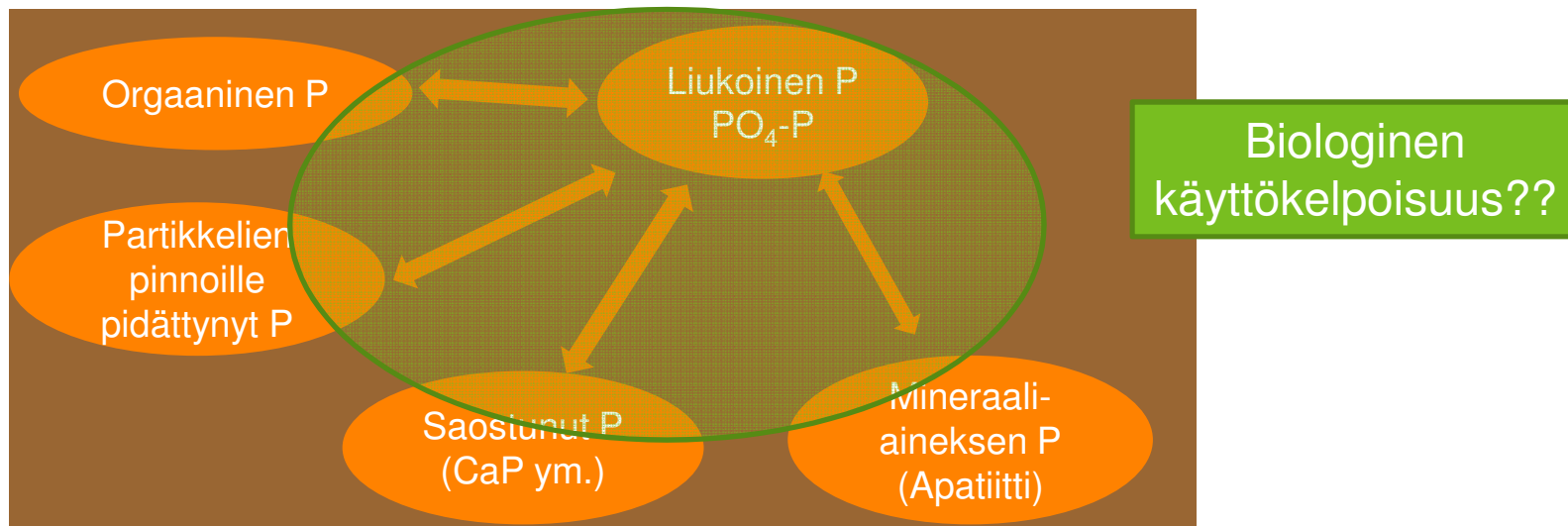
# Fosforin kierto



# Fosfori maassa

## Tutkiminen

- Useita eri menetelmiä, jotka vastaavat eri kysymyksiin ja luokittelevat fosforia eri tavoin
- Viljavuusuuutto – käytännön tarpeisiin
  - Suomessa hapan ammoniumasettaattiuutto
  - Maailmalla useita eri uuttoliuoksia, joilla omat tulkintansa
- Muita uuttomenetelmiä, joilla voidaan tutkia mm. kemiallista olomuotoa, pidättymistä, biologista käyttökelpoisuutta.
- **Tulosten tulkita!**



# Fosfori kasvissa

## Kasvutekijät

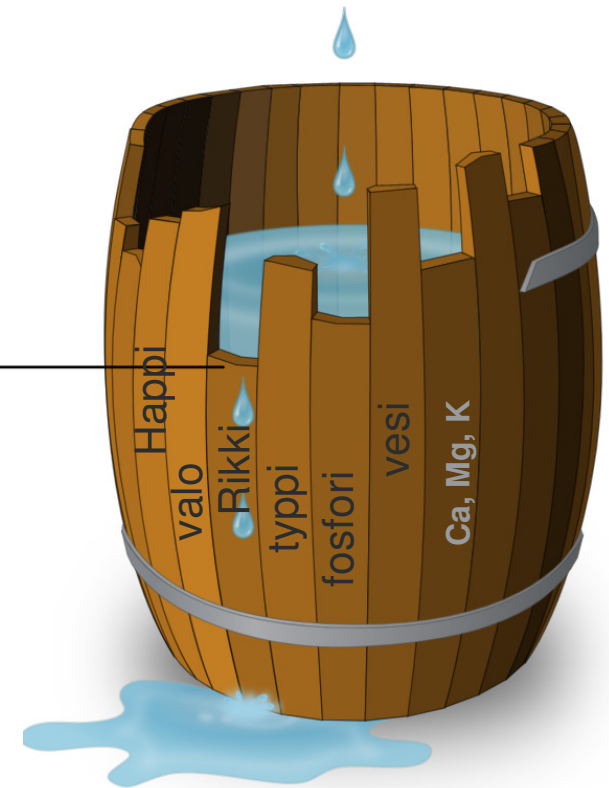
- **Kasvutekijät** määräävät sadon suuruuden ja laadun

### Sisäiset kasvutekijät:

- Kasvien perimä (laji, lajike)

### Ulkoiset kasvutekijät:

- Ilmastolliset: lämpötila, valo/energia, vesi, ilma
- Kasvinravinteet (C, O, H, N, P, Ca, jne.)
- Ympäristötekijät juuristossa



- **Minimitekijän laki**
  - epäedullisin kasvutekijä rajoittaa satoa

By DooFi - Own work, Public Domain,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6627159>

# Fosfori kasvissa

- **Kasvissa** helposti liikkuva ravinne
- Kasvien fosforinotto n. 10-30 kg/ha/v
- Energia-aineenvaihdunta
  - ATP-ADP, NADPH – NADP+
- Geneettisen informaation välittäminen
  - nukleiinihapot: DNA, RNA
- Solukalvoissa fosfolipidit, siemenissä fytiini jne



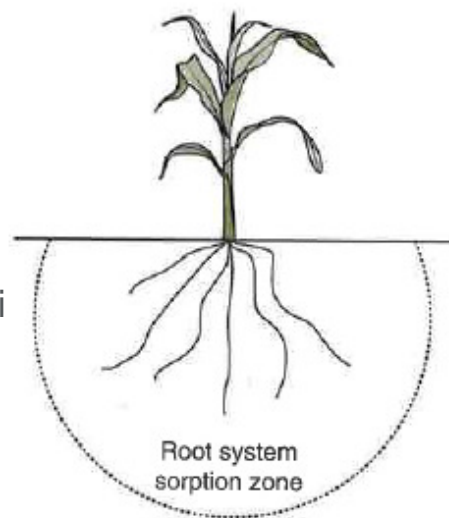
Kuva: Johanna Laakso HY/Luke

# Ravinteiden liikkuminen

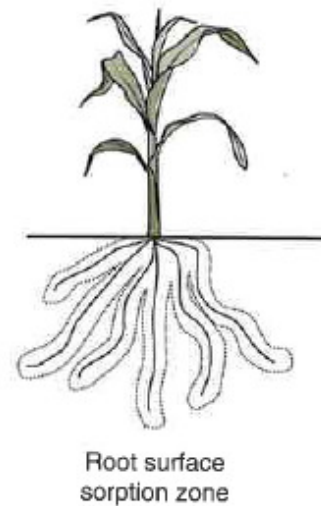
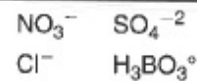


## ”Liikkuvat ravinteet”

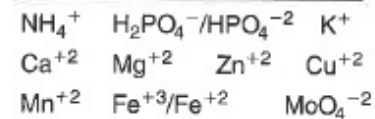
- Pidättyvät heikosti maahan
- Huuhtoutuvia
- Kasvi voi ottaa laajalta alueelta



### MOBILE NUTRIENTS



### IMMOBILE NUTRIENTS



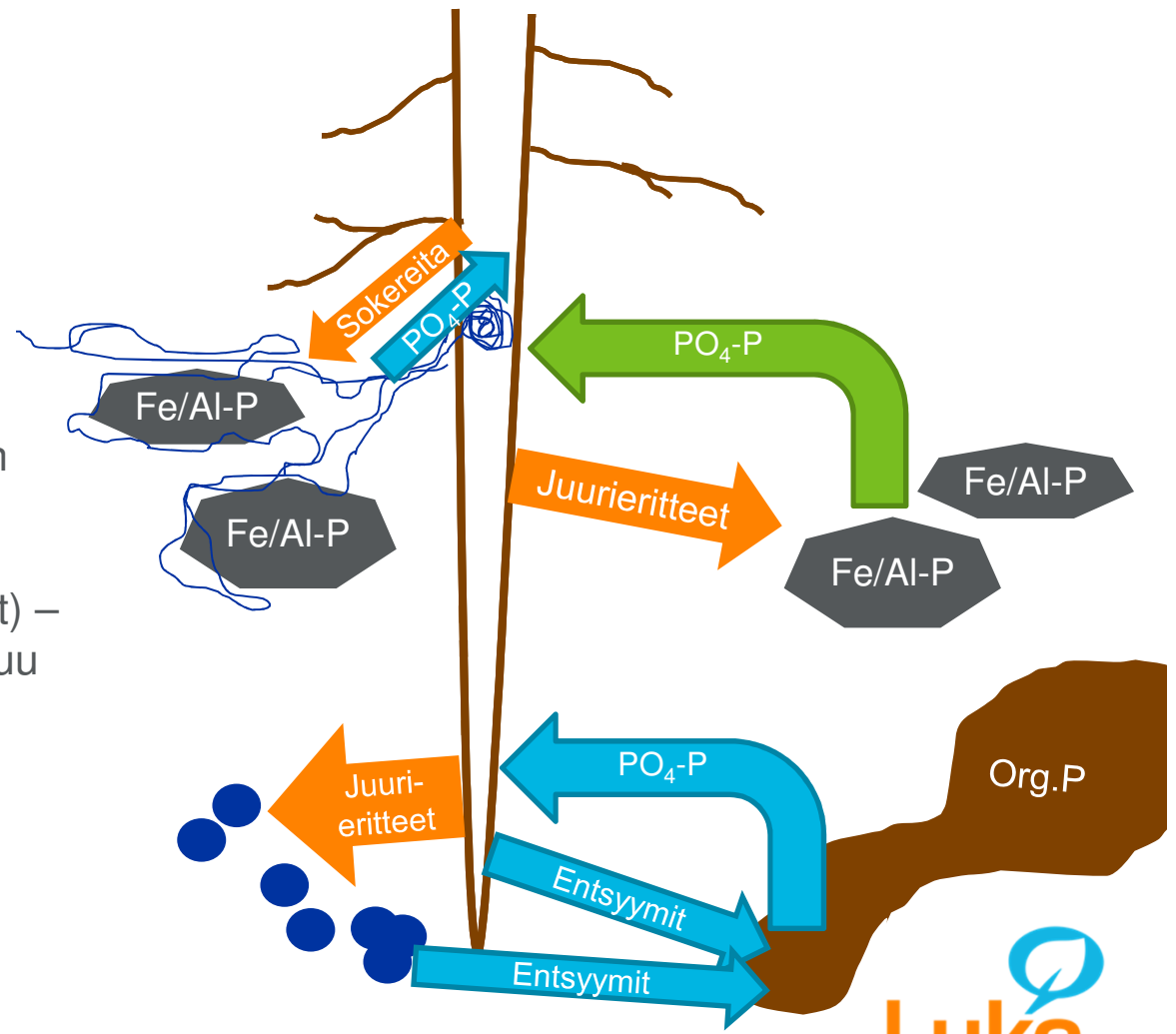
## ”Liikkumattomat ravinteet”

- Pidättyvät kationinvaihtopaikoille tai OM
- Pidättyvät tiukasti ligandinvaihdolla (P)
- Kasvi ottaa vain juuren läheltä
- Konsentraatiogradientti – diffuusio tuo lähemmäksi juurta

# Fosfori irti maasta kasville

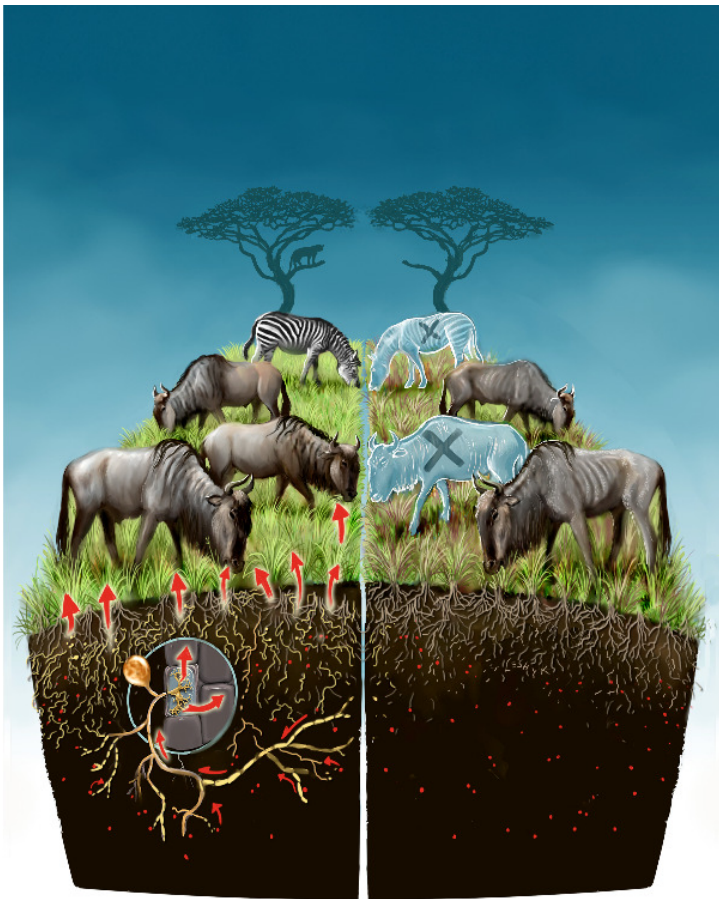
- **Kasvin keinoja edistää fosforinottoa**

- Juuripinta-alan kasvu
- Sienijuuri (mykorritsa), symbioosi, alhainen fosforitila
- Juurieritteet: mikrobitoiminta vilkastuu juuren ympärillä - mineralisaatio
- Fosfataasientryymit – orgaanisen P:n vapautuminen kasveille käyttökelpoiseen muotoon.
- Juurieritteet (orgaaniset hapot) – Muodostuu kelaatti, P vapautuu Fe- ja Al-oksidiin pinoilta






# Luonnon ekosysteemit



## Mycorrhizal symbioses influence the trophic structure of the Serengeti

Bo Maxwell Stevens<sup>1</sup>  | Jeffrey Propster<sup>2</sup> | Gail W. T. Wilson<sup>3</sup> | Andrew Abraham<sup>4</sup> | Chase Ridenour<sup>4</sup> | Christopher Doughty<sup>4</sup> | Nancy Collins Johnson<sup>1,2</sup>

536 | © 2018 The Authors. Journal of Ecology  
© 2018 British Ecological Society

wileyonlinelibrary.com/journal/jec

Journal of Ecology, 2018, 106, 536–546.

## LETTER

doi:10.1038/nature25789

## Pervasive phosphorus limitation of tree species but not communities in tropical forests

Benjamin L. Turner<sup>1</sup>, Tania Brenes-Arguedas<sup>1</sup> & Richard Condit<sup>1</sup>

Artist's depiction of the Serengeti food web with normal AM (left) and a hypothetical food web without nutrient inputs from these important symbioses (right). Illustration by Victor Leshyk. <http://news.nau.edu/serengiti-food-web/>

# Peloilta karanneen fosforin kierrätys

## Kosteikko

- vesistökuormitusta vähentävä ojan, puron, joen tai muun vesistön osa ja sen ranta-alue, joka suuren osan vuodesta on veden peitossa ja muunkin ajan pysyy kosteana.

## Laskeutusallas

- ojan tai puron yhteyteen kaivamalla tai patoamalla tehty vesiallas, jonka päätarkoituksena on kerätä pelloilta ja ojaverkosta veden mukana liikkeelle lähtenyttä maa-ainesta ja estää sitä pääsemästä vesistöön.

## LASSE-hanke

### Laskeutusallas-kosteikosta poistettavan sedimentin peltolevitys (MMM/Makera 2012-2015)

Johanna Laakso, Risto Uusitalo ja Markku Yli-Halla



HELSINGIN YLIOPISTO



Kuva: Johanna Laakso HY/Luke

© Luonnonvarakeskus



# Johanna Laakson väitöstutkimus



DISSERTATIONES SCHOLA DOCTORALIS SCIENTIAE CIRCUMIECTALIS,  
ALIMENTARIAE, BIOLOGICAE. UNIVERSITATIS HELSINKIENSIS

20/2017

JOHANNA LAAKSO

## Phosphorus in the Sediment of Agricultural Constructed Wetlands

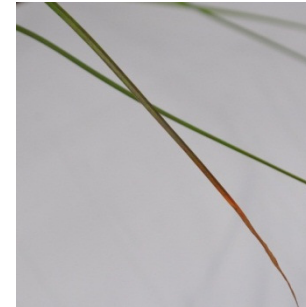
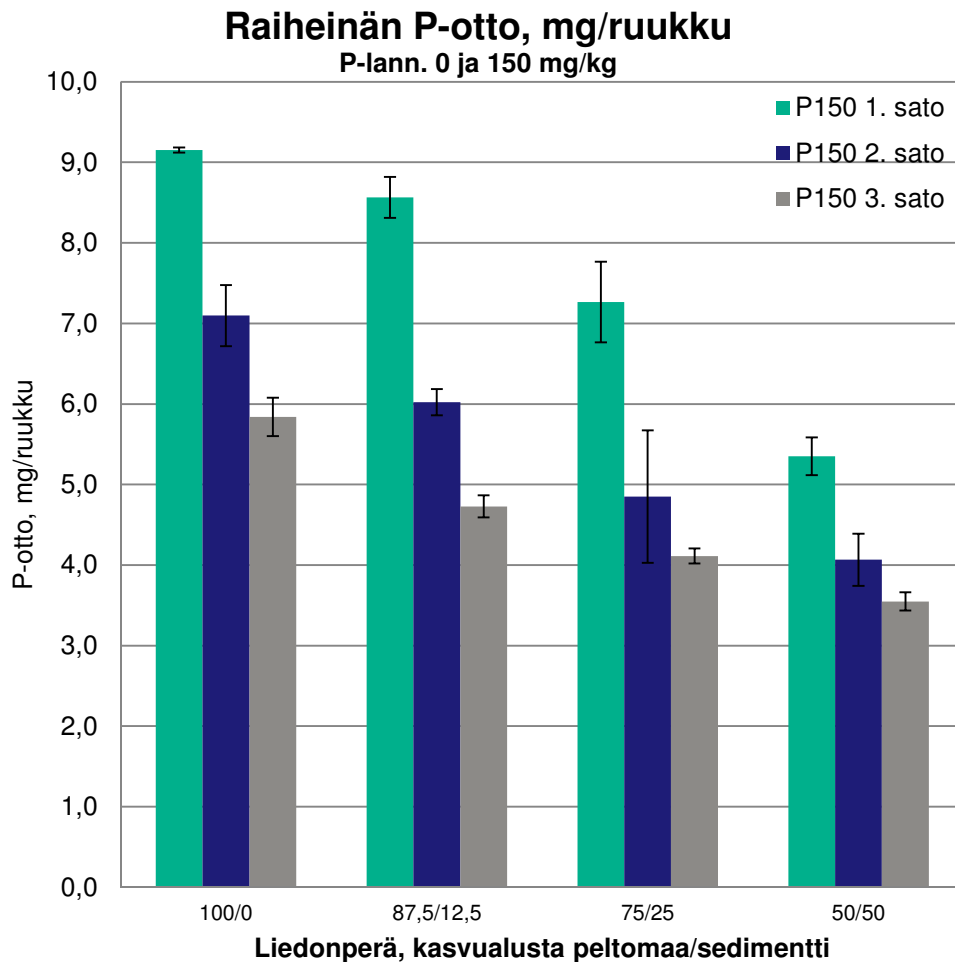
- Kosteikon ruoppaus ja sedimentin käyttö pellolla
- Tutkimuksessa mukana 5 savialueiden kosteikkoa
- Kosteikkosedimentin kemialliset analyysit
- Astiakoe
- Sadetuskokeet



ENVIRONMENTAL SOIL SCIENCE  
FACULTY OF AGRICULTURE AND FORESTRY  
DOCTORAL PROGRAMME IN SUSTAINABLE USE OF RENEWABLE NATURAL RESOURCES  
UNIVERSITY OF HELSINKI

<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/224575/phosphor.pdf?sequence=1>

# Astiakoe: Sedimentti pidatti kasveille käyttökelpoista fosforia, myös lisättyä lannoitefosforia



Ylempänä: P:n puutos raiheinällä (sedimentissä kasvanut) ja kuva kokeesta / J. Laakso. Alempana: vas. peltomaassa ja oik. pelkässä sedimentissä kasvaneet koejäsenet P-lannoitustasolla 90 mg/kg (vastaa P-lannoitusta 225 kg/ha) / J. Heikkinen

# Vesiensuojelukosteikot ja ravinnekierrätys

- **Kosteikkosedimenttien fosfori takaisin kiertoon?** (Laakso et al.)
  - Savimaa-alueilla sedimentti ei sellaisenaan sovellu kasvualustaksi. Peltolevityksestä ei ole kasvinravitsemuksellista hyötyä. Karkeammat maat?
  - Saattaa päinvastoin alentaa pellon helppoliukoisen fosforin pitoisuutta
  - Lannoitefosforia saattaa sitoutua kasvien ulottumattomiin uudelle oksidipinnalle, jota syntyy sedimentin hapettumisen seurauksena.
  - Sedimentin rikkipitoisuus?

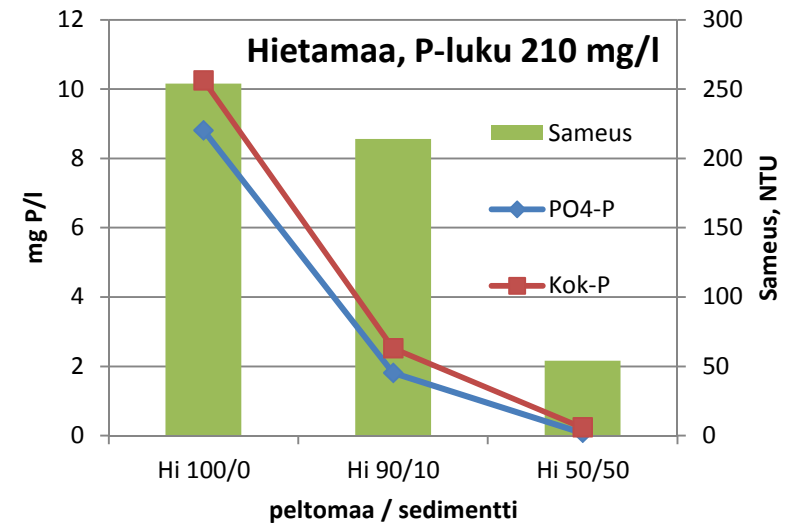
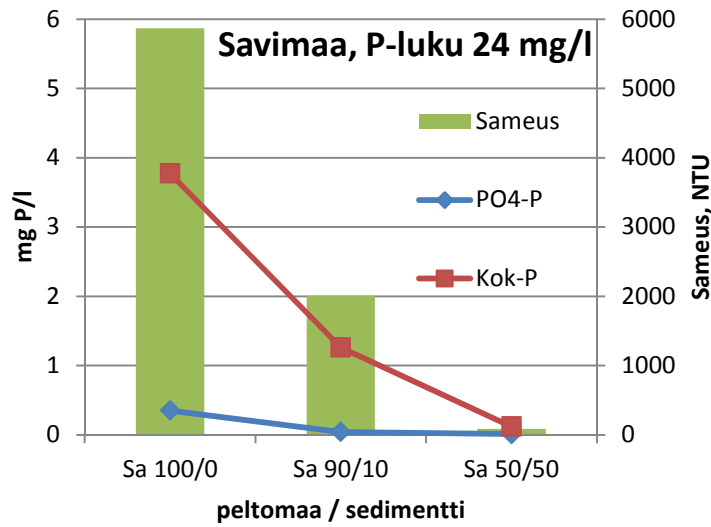


Kuvat: Johanna Laakso HY/Luke



© Luonnonvarakeskus

## Sadesimulointikoe: valunnan P-pitoisuus ja sameus



- Kun peltomaahan lisättiin 10 % sedimenttiä, PO<sub>4</sub>-P:n pitoisuudet laskivat 89 % savimaan ja 79 % hietamaan pintakerrosvalunnassa
- Kokonais P:n osalta vastaava lasku oli 67 % ja 75 %

# Kosteikkosedimenttikokeiden tulosten tarkastelu

## Astiakoe:

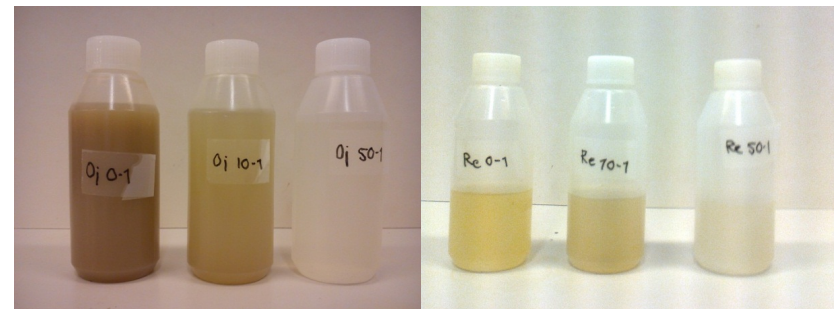
- Mitä enemmän sedimenttiä kasvualustassa oli, sitä pienempi kasvin P-otto oli
- sedimentti pidätti myös lannoitefosforia
- Raiheinän kuiva-ainesato pieneni ja P:n puutosoireet yleistyivät, kun sedimentin määrää lisättiin kasvualustassa

## Sadesimulointikoe:

- Sedimenttilisäys vähensi liukoisen ja kokonaisfosforin määrää valunnassa
- Sedimentin suuri Al- ja Fe-oksidiin pitoisuus paransi maan aggregaattien stabiilisuutta
- Soveltuva levitysmäärä hehtaaria kohden (muokkauskerrokseen) 2-5 til.-% pidättämään fosforia valunnasta esim. karjan ruokintapaikoilla



peltomaassa ja oik. pelkässä sedimentissä kasvaneet koejäsenet P-lannoitustasolla 90 mg/kg (vastaa P-lannoitusta 225 kg/ha) / Janne Heikkinen



Sadesimuloinnissa kahdesta eri maasta tulleen valumaveden sameus eri sedimenttilisäysmäärillä / Johanna Laakso HY/Luke

# Järvenkunnostus ja sedimentin peltolevitys

- Helsingin yliopisto mukana järvien kunnostushankkeessa, jossa tutkitaan myös sedimenttiä kasvien fosforinlähteenä:
  - <http://biochar-hy.blogspot.com/ee/2017/10/towards-best-practice-for-reusing-lake.html>



- Alustavien tulosten mukaan sedimentti luovutti hyvin fosforia kasvien käyttöön. Liukoisen P:n pitoisuudet sedimentissä suuria!



Kiitos!