

Kipsinlevityksen vaikutukset ravinnekuormitukseen

Petri Ekholm

KIPSI 2.0 -hankkeen päätösseminaari
2.12.2025

Mikä yhdistää?



Jo muinaiset amerikkalaiset

PAGE EIGHT

ARIZONA AGRICULTURIST

APRIL, 1927

"GYPSUM USED HERE, BEN FRANKLIN"

By J. W. McINNES, '27



It is spots like these that make or break the farmer of the southwest. This spot was later treated with gypsum with beneficial results.

WHEN Benjamin Franklin had a field of red clover on one of the main roads out of Philadelphia, he sowed on the sloping field, the letters: LAND PLASTER USED HERE BEN FRANKLIN. The words soon became famous to passersby as they stood out in relief of the deep green legume. The bearing that these words have upon the southwest is that we may make our fields respond in many cases to the same condiment that was used 20

many years ago by that noted diplomat. In scarcely any field of any size in Arizona, is there not a spot which does not show up as green and luxuriant as the rest. Here lies the profit or loss in many Arizona farms. It is the unproductive acre that eats out the profit from the bumper forty. The point is that if a spot in a field is tight or heavy, it is probably due to black alkali or a complicated sodium zeolite which tends to tighten the soil on wetting and render it im-

pervious to water. A simple test by the University chemists will determine the correct procedure for one to take. The probabilities are that leeching and a light application of gypsum, calcium sulphate, will correct that spot to make it as productive as the remainder of the field. In any case it behooves every farmer to look to the unproductive of his land, for it is there that he may receive the greatest percentage increase in his profits.

History of the Use of Agricultural Gypsum

by

William Crocker, Ph.D.

I. The Early Use of Gypsum as a Fertilizer.

It seems that the fertilizer value of gypsum was discovered separately and about simultaneously in Germany and France during the last half of the eighteenth century. The knowledge and the use of gypsum as a fertilizer spread quickly from these countries to surrounding countries—early to America and considerably later to Great Britain.

In 1808 Doctor A. Fothergill of Philadelphia gave a summary to the Board of Agriculture of Great Britain of what was known of the use of gypsum as a fertilizer in the United States. In this connection he gave the following statement concerning the discovery and early use of gypsum as a fertilizer:

"In the year of 1768 the Reverend A. Meyer of the Canton of Berne, by a fortunate accident, discovered the fertilizer value of gypsum, and liberally disclosed the secret to neighboring farmers. To their great surprise, experiments soon convinced them of its efficacy, which they considered little short of magic. Its fame spread through Germany and at length reached their German friends in Pennsylvania, where Judge Peters after subjecting it to various trials on different soils, candidly communicated to the public the result of his experiments. This first brought it to notice in America, and contributed not a little to extend its benefits to the remotest parts of the Union."

The following is a quotation from the Syracuse Journal, June 5, 1872. It appeared as an appendix to the book on gypsum as a fertilizer written by Judge Peters at the request of General Washington and later revised by Smith and Harris of Philadelphia for presentation to their agricultural friends:

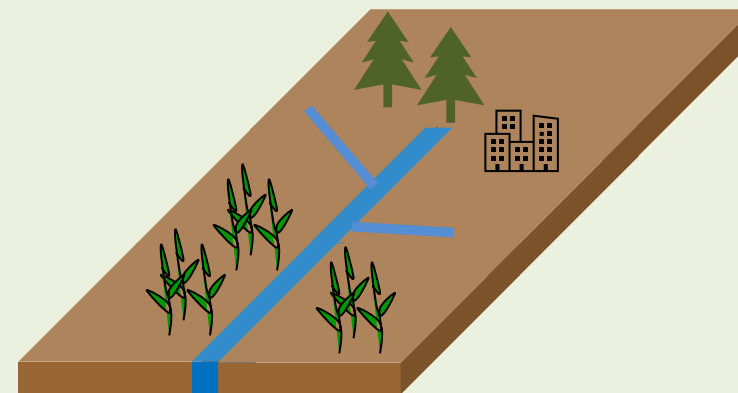
"The exact date when gypsum or Plaster of Paris was found to be one of the best agencies that could be employed in promoting the growth of grain and grasses is not known, but the fact is clearly established that the discovery was accidental, and made somewhere in France. Men engaged in working in alabaster found that the grass where they were accustomed to shake the dust from their clothing was of stouter growth than elsewhere, and rightfully attributed the cause to the dust which is now known as Plaster of Paris. A monk first put the discovery in practical test and the article gradually came into quite general use. It was introduced into the United States by Benjamin Franklin and first used by him in this country on his farm near Philadelphia."

There are two outstanding figures in the investigation of gypsum as a fertilizer during the early national period of the United States. They are Judge Richard Peters of Philadelphia and John Binns of Loudon county, Virginia. Besides these champions of the use of land plaster, there are several other national figures that

Nurmijärvi, Nummenpään kylä, Pelto-oja Vuonna 2007



Fosforikuormituksen vähentämistavoitteita



Vesiensuojelutoimet

- Toimenpiteen tehokkuus (kg/ha) × toimenpideala (ha) = kg

Fosforikuormitus

- Hiukkasmainen fosfori
- Liuenut fosfori

Kuormituksen ja niiden vähentämistavoitteet:

- Merenhoidon ympäristötavoitteiden tarkistaminen 2024. Tausta-asiakirja merenhoidon kolmannen toimeenpanokierroksen ensimmäiseen osaan-
- Antti Räike

Suomenlahti

- Nykykuormitus 610 t/v
- Vähennettävä 13 %

Saaristomeri

- 434 t/v
- 26 %

Selkämeri

- 575 t/v
- 15 %

Merenkurkku

- 150 t/v
- 0 %

Perämeri

- 1531 t/v
- 9 %

Itämeren suojelukomissio

- HELCOM/WG Source to Sea
 - To develop by 2025 and apply by 2027 the best practices to improve **soil structure** and **aggregate stability** on **clay soils** to reduce **P losses** from agricultural lands, for example by using soil **structure lime** or **gypsum** (BSAP action E8)



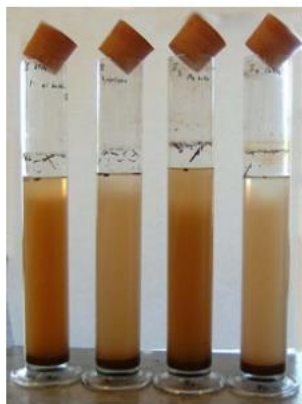
2006–2020: Kipsi laboratoriossa pellolle

MTT:n selvityksiä 118



Savimaiden eroosio

Erkki Aura, Katariina Saarela ja Mari Rätty



Ympäristö

2.2 Maahiukkasten diffuusio maan veteen

Ulkomaaisissa eroosiomalleissa usein maan savespitoisuutta pidetään eroosiota vähentävänä tekijänä. Kuitenkin kostean kesän jälkeen nimenomaan jäykkien savimaiden rakenne on huono ja salaojavedet ovat varsin sameita jo ensimmäisten syyssateiden aikana. Vaikka etenkin hienoa savesta (rakeen läpimitta $< 0,0002$ mm) yleisesti pidetään maan rakennetta stabiloivana aineksena, hyvin jäykkienkin savimaiden ojavedet ovat Suomessa sameita. Selitys löytyy pienten savihiukkasten liikkumisesta lämpöliikkeessä maan veteen märkänä aikana. Jos maa on osittain kuiva, veden pintajännite ("imu") puristaa hiukkasia yhteen estäen näin maan hajaantumista. Märän maan routaantuessa syntyvät jääkiteet imevät vettä maan huokosista, jolloin maa väliaikaisesti ikään kuin kuivuu. Roudan sulaessa vesi imeytyy jääkiteistä huokosiin, jolloin maa palautuu märäksi. Tuhoisinta jäykän savimaan rakenteelle on maan oleminen vedellä kyllästetyssä tilassa pitkään. Lämpöliikkeessä hiukkasten keskimääräistä etenemisnopeutta tiettyyn suuntaan ilmaiseva diffusiokerroin riippuu hiukkasten koosta ja saadaan lasketuksi Stokes – Einsteinin kaavalla (Einstein 1905):

$$D = (kT)/(6\pi\eta r) \quad (1)$$

missä k = Boltzman vakio $1,3805 \times 10^{-23}$ J K⁻¹, T = lämpötila °K, η = veden viskositeetti $1,005 \times 10^{-3}$ kg m⁻¹s⁻¹, r = hiukkasen säde m. Hiukkasten keskimääräisesti kulkema matka s (m) diffuusiosta on:

$$s = (2Dt)^{1/2} \quad (2)$$

missä t = aika sekuntia. Diffuusion merkitystä voidaan arvioida vertaamalla hiukkasten keskimääräistä liikkumista diffuusiosta painovoiman vaikutukseen hiukkasiin. Jos painovoiman merkitys tulee hallitsevaksi verrattuna lämpöliikkeeseen, voidaan olettaa, että vedellä kyllästetyssä maassa veteen joutuneet hiukkaset juuttuvat maan mutkittelleihin huokosiin. Painovoiman ansiosta hiukkasen kulkema matka

$$s = vt \quad (3)$$

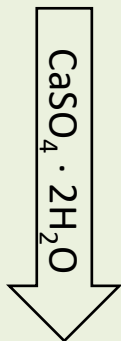
missä v on nopeus ja t on aika. Nopeus painovoimakiiltyvyyden g (ms⁻²) johdosta taasen saadaan suspensioanalyyseissä yleisesti käytetystä kaavasta:

$$v = 2/9 (gr^2(\rho_1 - \rho_2))/\eta \quad (4)$$

missä ρ_1 = hiukkasen tiheys ja ρ_2 = veden tiheys kg m⁻³. Kaavan (2) mukainen diffuusion matka asetetaan yhtä suureksi painovoiman ansiosta kulkeman matkan (3) kanssa ja sijoitetaan kaavat (1) ja (4). Tulokseksi saadaan, että diffuusion merkitys tulee painovoimaa tärkeämmäksi, kun hiukkasen säde suunnilleen alittaa 0,0002 mm eli nimenomaan hieno saven on altis diffuusiolle maan veteen, jos mikään mekanismi ei ole liimannut hienon saveksen hiukkasia yhteen.

Diffuusion merkitystä eroosion aiheuttajana tutkitaan pitämällä maa jatkuvasti hyvin märkänä ja tyhjentämällä välillä valuva vesi maasta hitaasti välttämällä liikkuvan veden aiheuttamaa hankauseroosiota maan suurissa huokosissa. Veteen lämpöliikkeessä joutuneiden hiukkasten pitoisuus on hyvä mitta eroosioalttiudelle. Äestetyin maan diffuusioeroosiota voidaan mitata sekoittamalla maata varovasti veteen ja sekoittamalla varovasti välillä suspensiota. Pienet savihiukkaset diffundoituvat muruista veteen ja pysyvät vedessä, kun sen

Miten kipsi vaikuttaa?

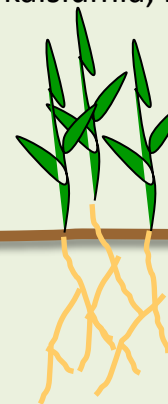


Liukoisuus

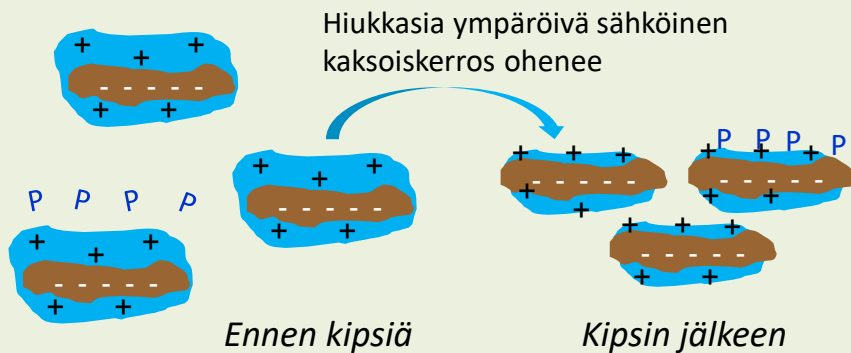
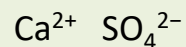
- Kipsi 3 g/l
- Maatalouskalkki 0,013 g/l

Sato ja viljely

- 4 t/ha kipsiä: 640 kg/ha rikkiä, 800 kg/ha kalsiumia, n. 8 kg/ha fosforia
- Maan rakenne voi parantua
- Ionivahvuus ei nouse haitalliselle tasolle



Maanesteen ionivahvuus (johtoluku) kasvaa



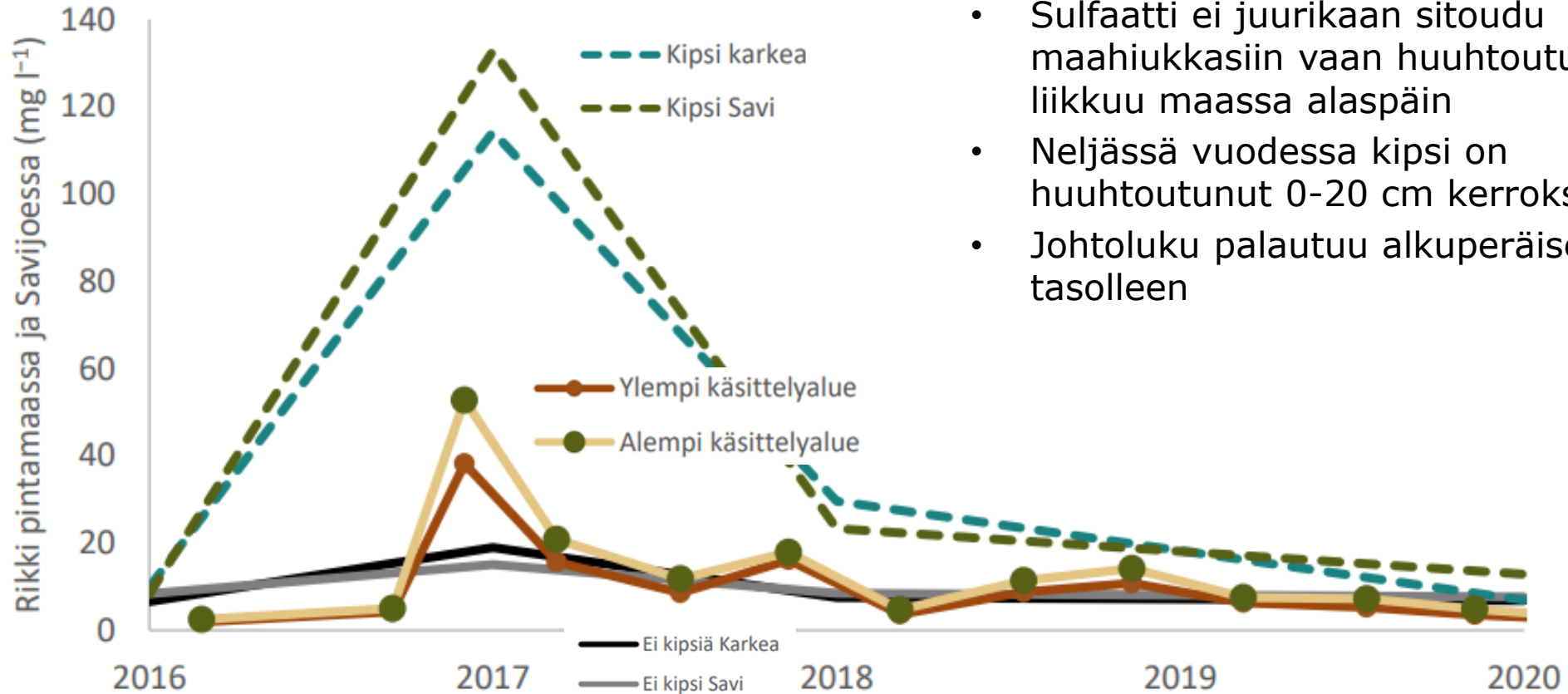
Hiukkaset lähemmäksi toisiaan
→ muodostuu "mikromuruja"
→ vähemmän alttiita eroosiolle
→ vähemmän fosforia maa-aineksen mukana vesiin

- Liuenutta fosforia huuhtoutuu vähemmän, fosfori silti kasveille käyttökelpoista
- Vähentää liuenneen orgaanisen hiilen huuhtoutumista
- Vähäinen vaikutus maan pH-arvoon (toisin kuin maatalouskalkilla, CaCO_3)

Peltojen kipsikäsittely ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) vesiensuojelukeinona

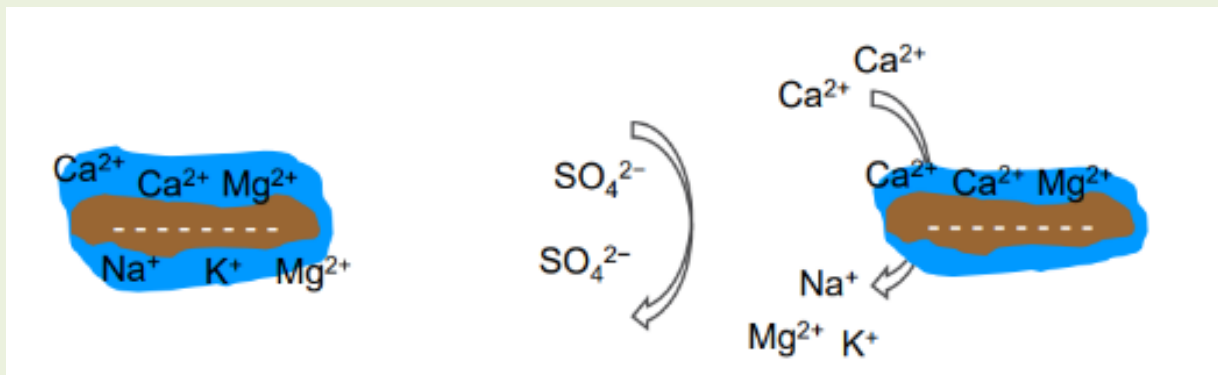
- Tutkittu laboratorio-, peltolohko- ja valuma-alueetasolla lähinnä USAssa ja Suomessa
- Vähentää
 - Hiukkasmainen P
 - Liennut P
 - Liennut orgaanen C
- Lisää
 - SO_4 , Ca, Mg, K
- Välitön vaikutus ("ensipuraisu") → antaa aikaa hitaammin vaikuttaville toimille
- Laaja potentiaalinen toimenpideala
- Suomessa käytetty Yaran Siilinjärven sivutuotekipsiä (4 t/ha)
 - USAssa savukaasujen pesussa muodostunutta kipsiä
 - Louhittu luonnonkipsi (esim. Latvia), kierrätyskipsi, teollisuudessa syntyvä kipsi

Kipsin vaikutus maan ja veden rikkipitoisuuteen



- Maan johtoluku nousee
- Sulfaatti ei juurikaan sitoudu maahiukkasiin vaan huuhtoutuu ja liikkuu maassa alaspäin
- Neljässä vuodessa kipsi on huuhtoutunut 0-20 cm kerroksesta
- Johtoluku palautuu alkuperäiselle tasolleen

Kationinvaihtoreaktiot

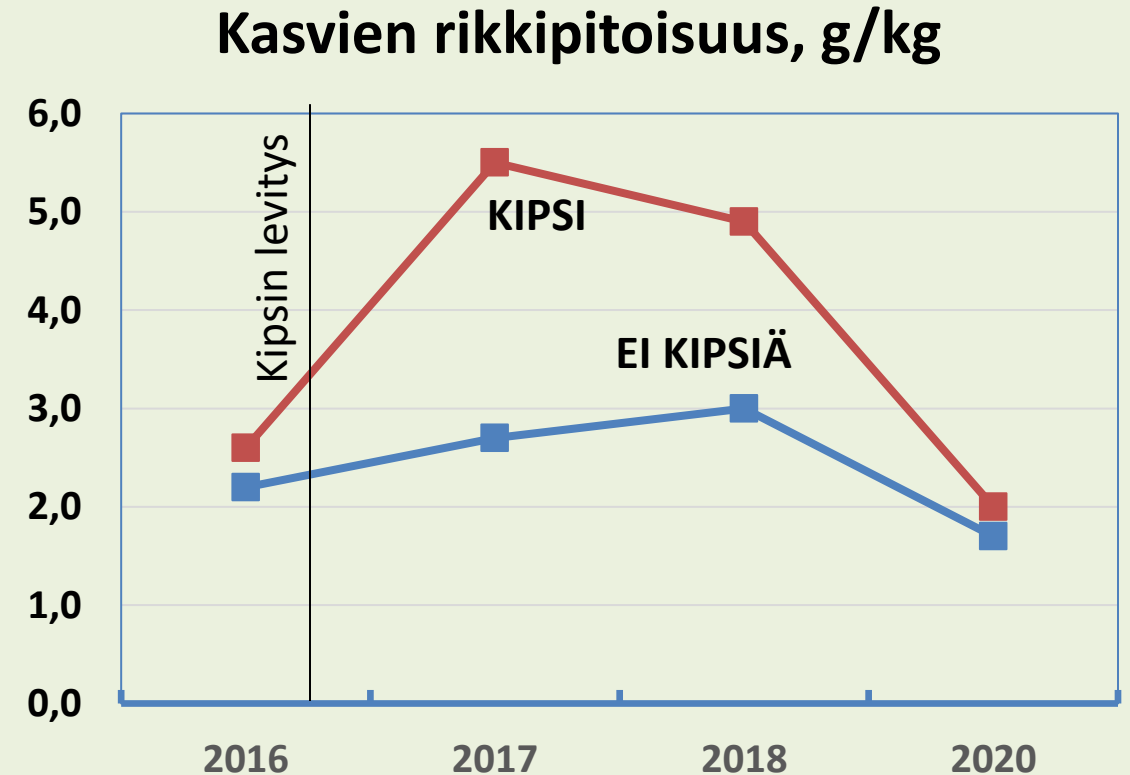


Savijoen kipsipilotti:

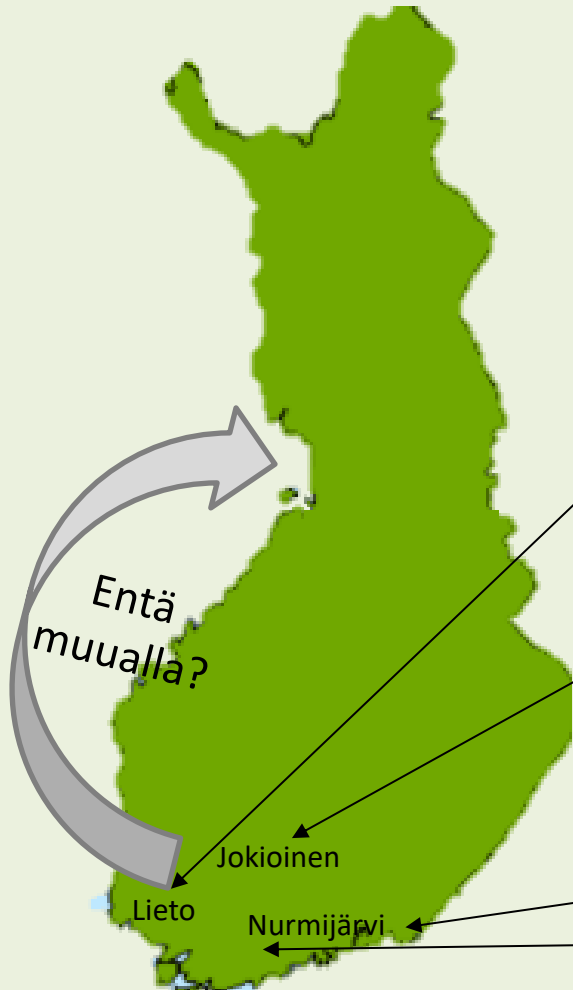
- Sulfaatista yli puolet huuhtoutumatta 5 vuoden päästä kipsinlevityksestä
- Kalsiumia huuhtoutunut vähemmän kuin sulfaattia
- Magnesiumia huuhtoutunut kalsiumin sijasta
- Maassa on runsaasti kalsiumia. Kipsilisäys tuo maahan suhteellisen vähän kalsiumia.
- Maan magnesiumpitoisuus ei muuttunut
- Kipsikäsittelyllä ei vaikutusta viljavuusanalyysin fosfori- tai kaliumlukuihin

Peltojen kipsikäsittelyllä ei haitallisia vaikutuksia kasvinravitsemukseen

- Kasveissa kohonnut rikkipitoisuus v. 1. ja 2. kasvukautena kipsin jälkeen
- Korkeimmat pitoisuudet ovat samaa tasoa kuin rypsin naattien rikkipitoisuus (3,5–7 g/kg)
- Ei vaikutusta muiden ravinteiden saantiin
- Seleenit!



Kipsi toimii Savi-Suomessa



Vähennemä (SAVE/SAVE2):

- Hiukkasmainen P: 35 – 72 %
- Liennut P: 25 – –3 %
- Liennut orgaaninen C: 34 – 88 %
- 4,7 v (Ekholm ym. 2024)

Vähennemä (TraP):

- Hiukkasmainen P: 51 – 69 %
- Liennut P: 29 – 58 %
- Liennut orgaaninen C: 30 – 37 %
- 2,6 v (Uusitalo ym. 2012)

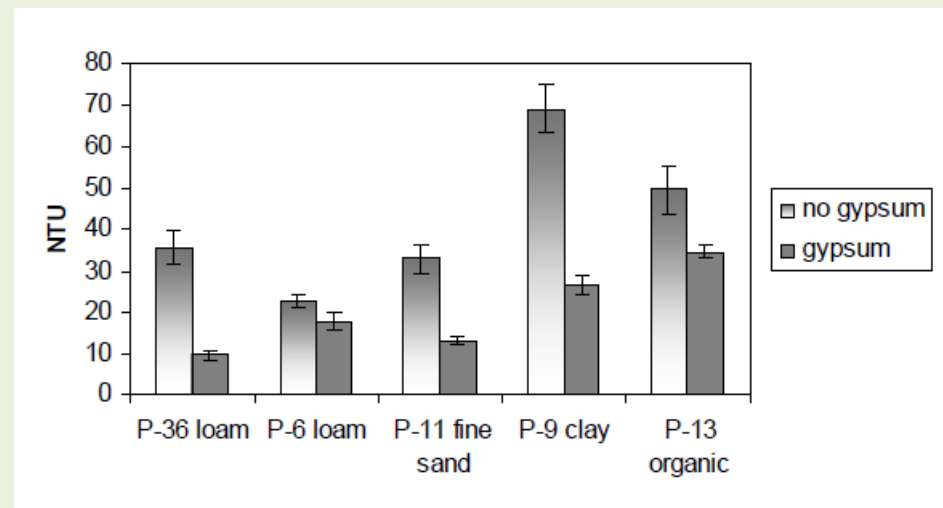
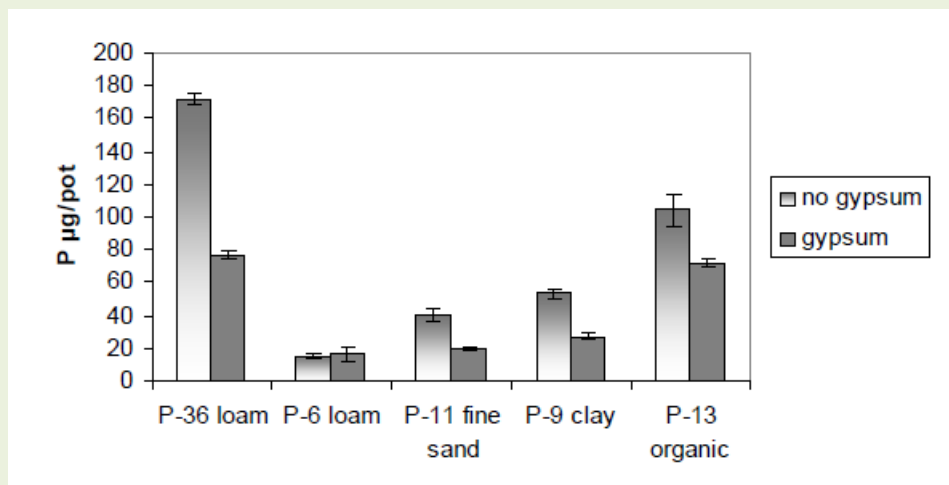
Vähennemä:

- Hiukkasmainen P: 91 %
- 1,5 v (Vantaanjoen kipsihanke 2020)

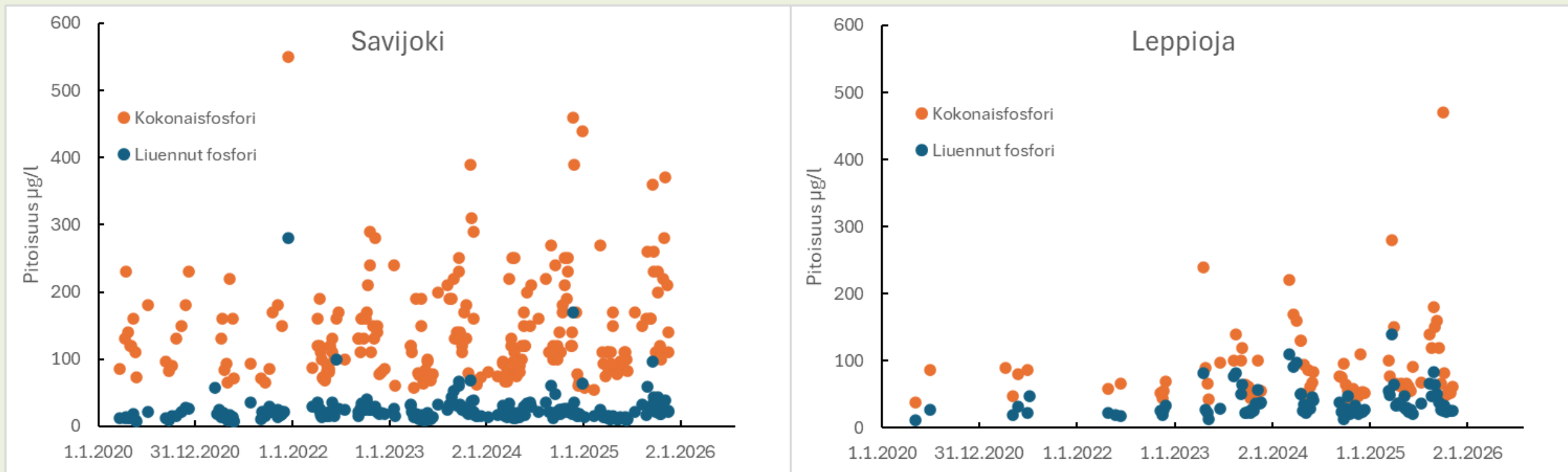
Vähennemä (TraP):

- Hiukkasmainen P: 60 %
- Liennut P: 30 %
- 4,5 v (Ekholm ym. 2013)

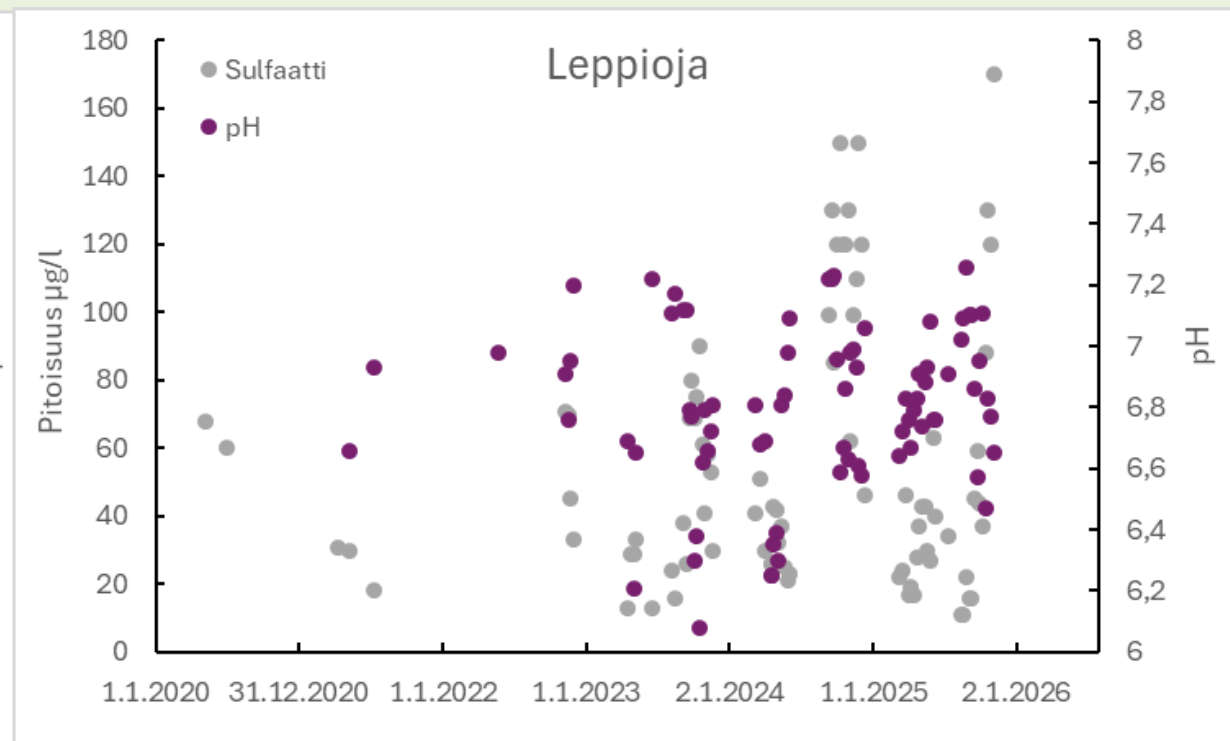
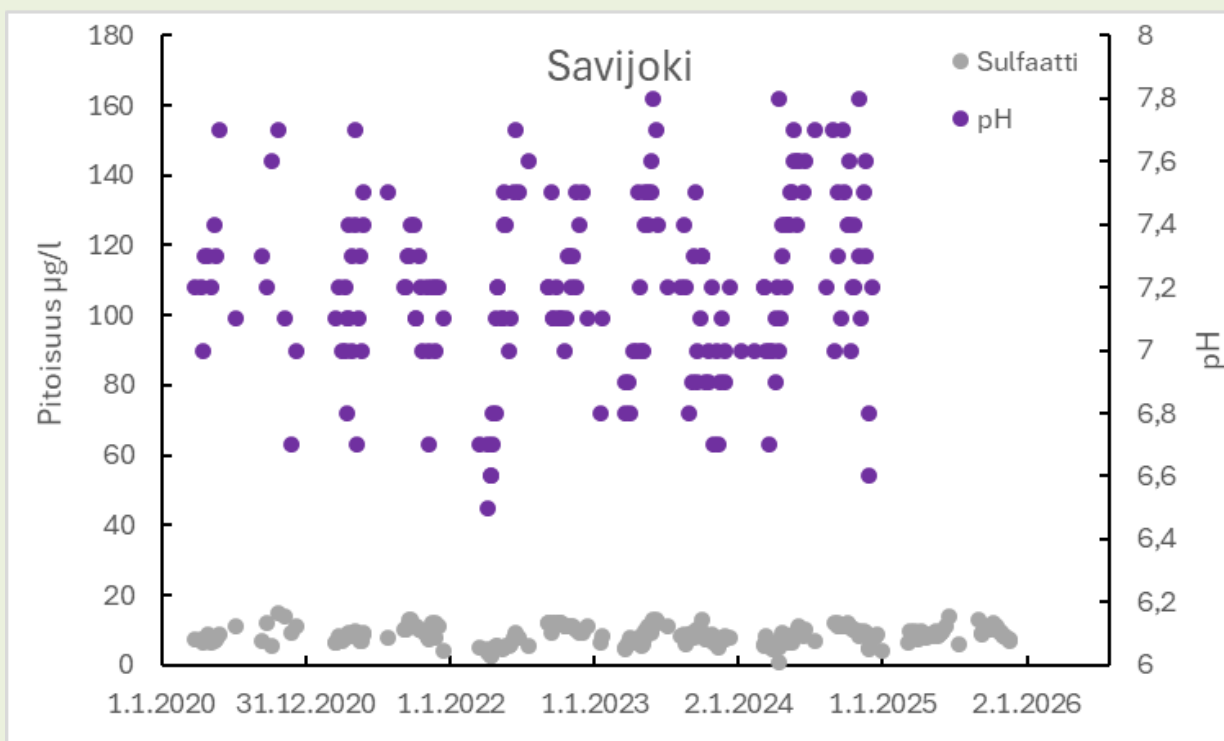
Yksinkertainen laboratoriokoe erilaisilla peltomailla



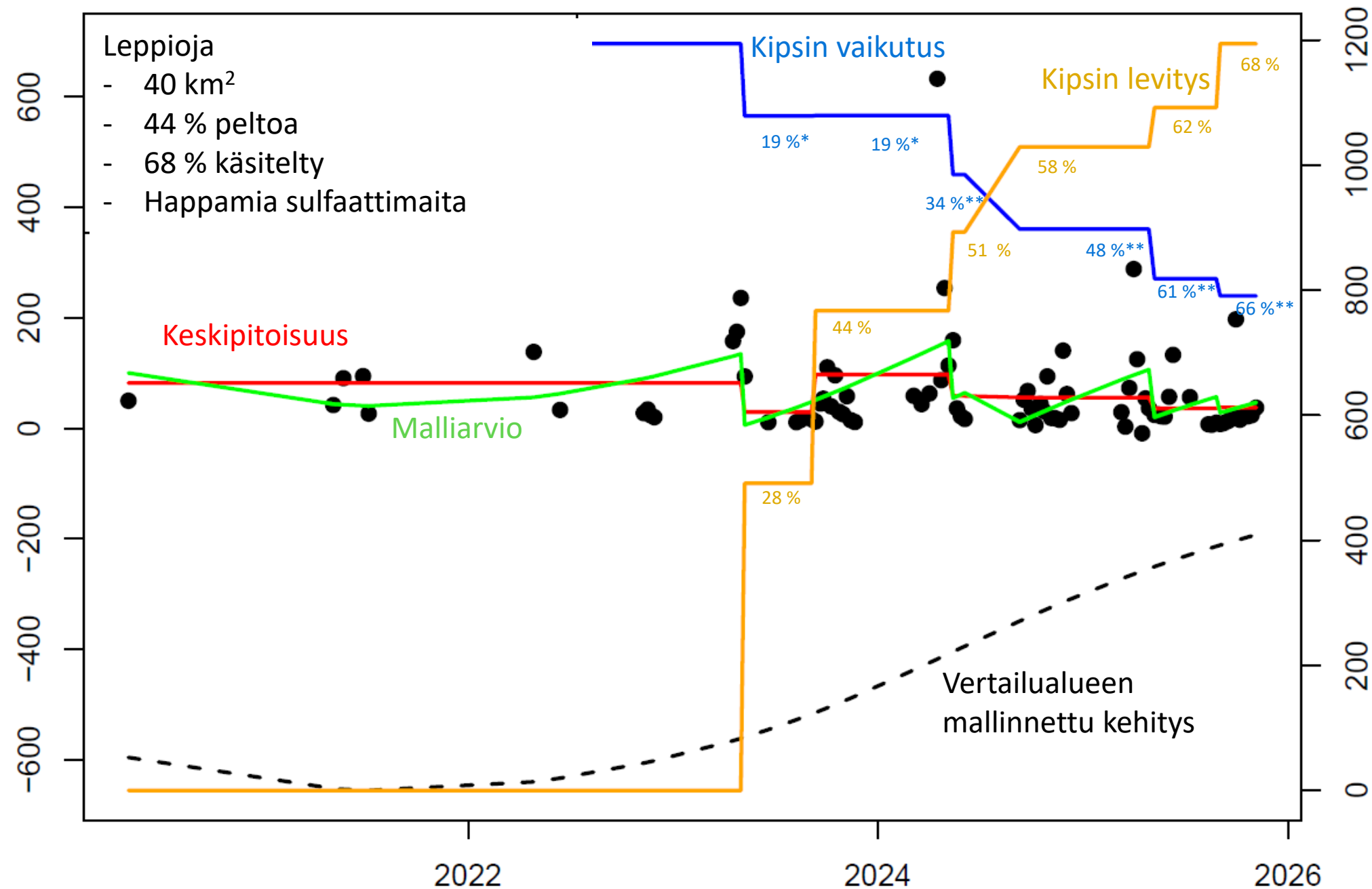
Saaristomereen vs. Perämereen laskevat joet



Saaristomereen vs. Perämereen laskevat joet

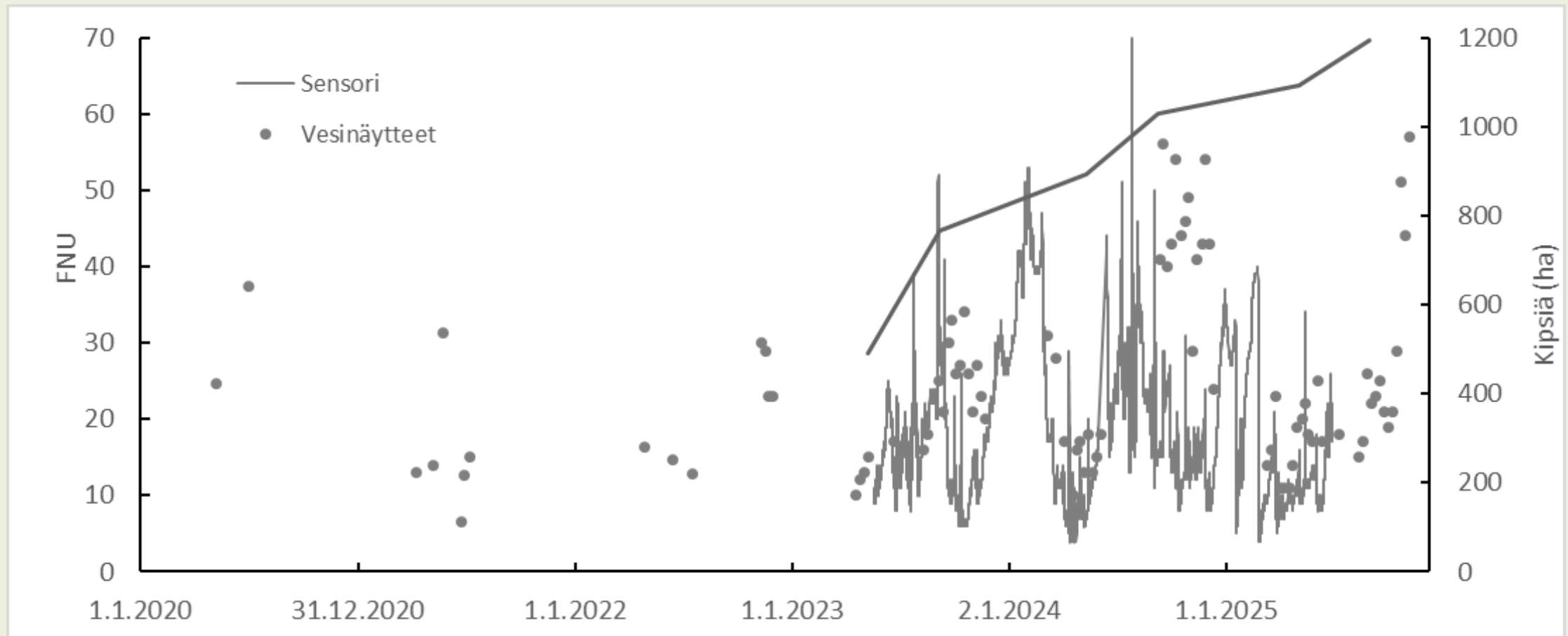


Hiukkasmainen fosfori



Kipsiä levitetty (hehtaareja)

Haasteita?

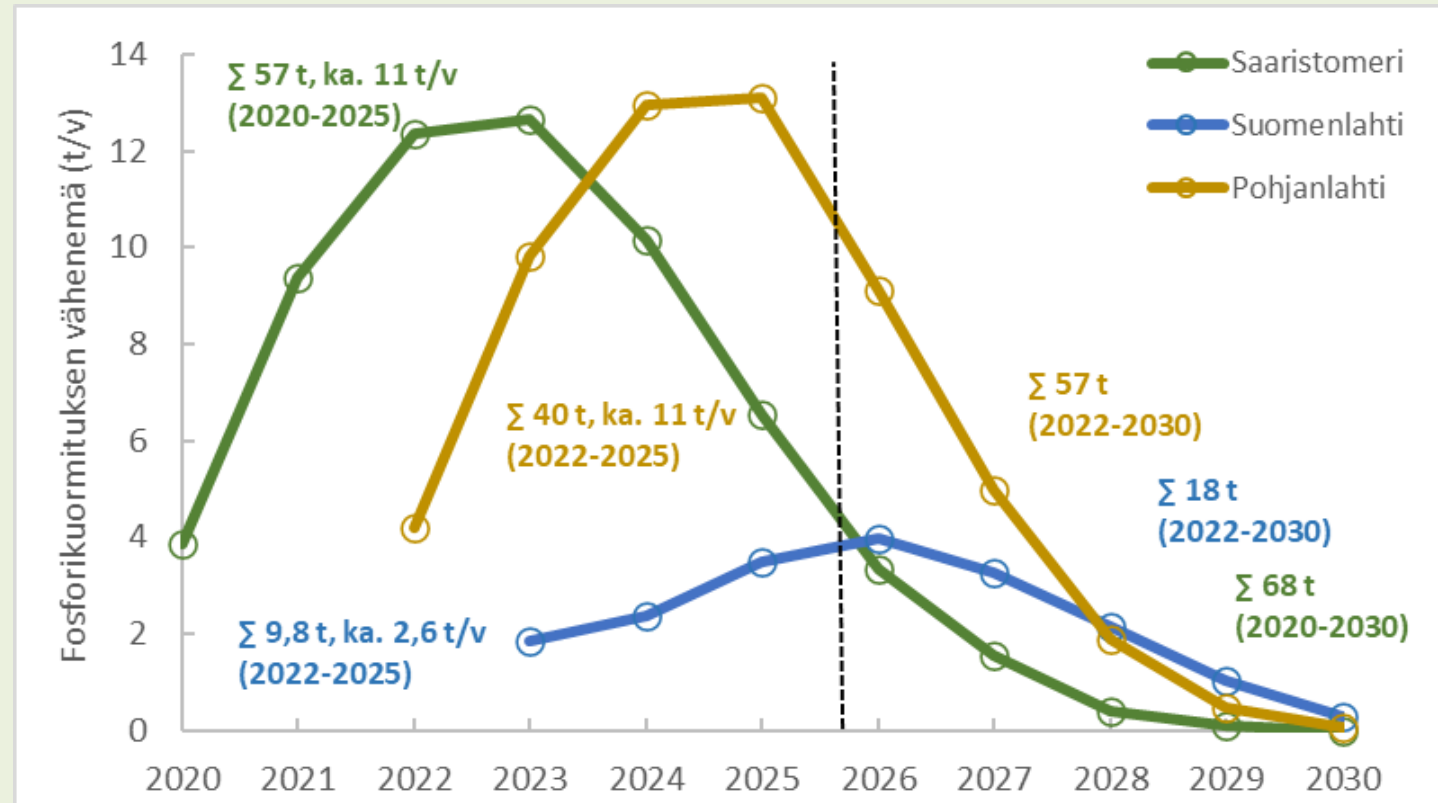


Kipsikäsittelyn arvioitu vaikutus merialueiden kuormitukseen

Saaristomerellä:
3 % maatalouden
kuormituksesta

Pohjanlahdella:
3 % maatalouden
kuormituksesta

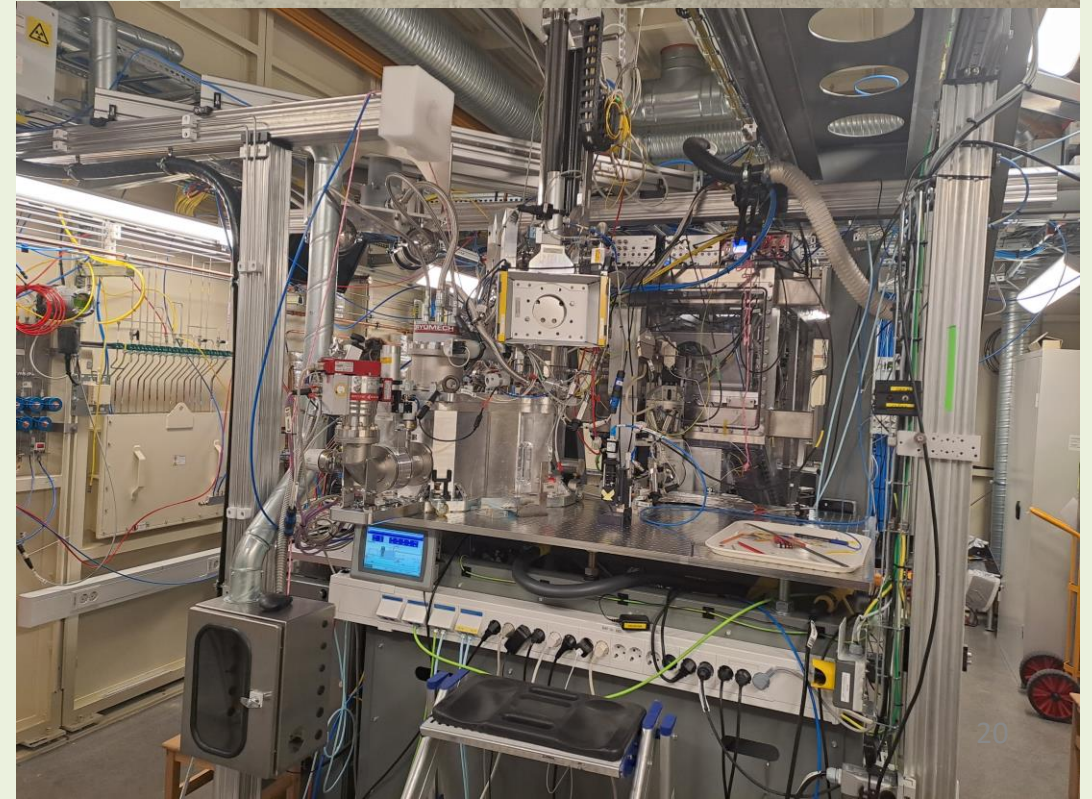
Suomenlahdella:
0,7 % maatalouden
kuormituksesta



- Noin 40 % Saaristomerien valuma-aleen peltopinta-alasta käsiteltävä kipsillä, jotta fosforikuormitus vähenisi 100 t/v

Kipsitutkimuksia

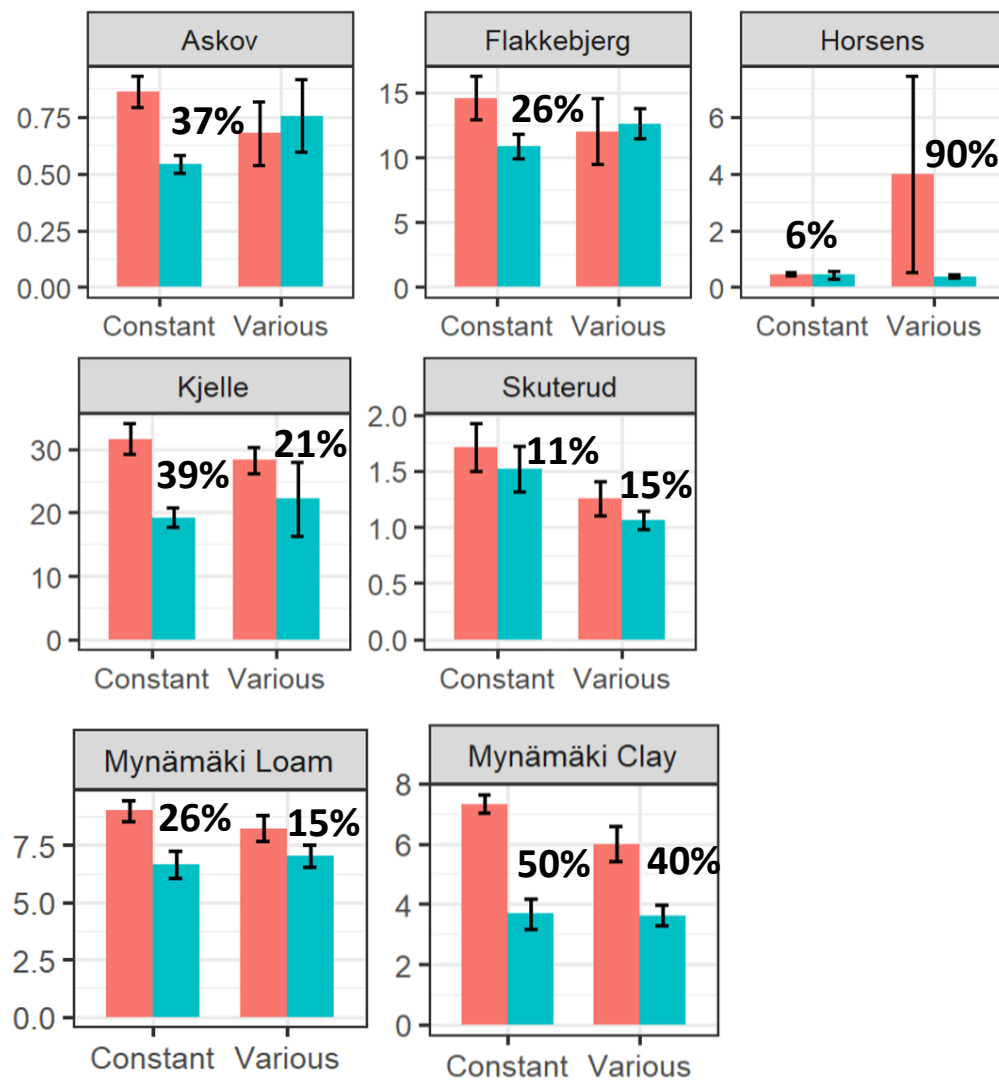
- Khaleda Begumin väitöstutkimus
- Synchrotron MAX IV Balder Lund
 - Mitä kalsiumyhdisteitä on kipsikäsitellyssä maassa?
- Yhteistyö (Goswin Heckrath Århusin yliopisto)
 - Voiko laboratoriossa todettua kipsin vaikutusta ennustaa maaperätieteellisillä menetelmillä (dispergoituva savi, aggregaattien stabiilisuus, putoamiskoe)
 - Suomalaisia, norjalaisia ja tanskalaisia maita



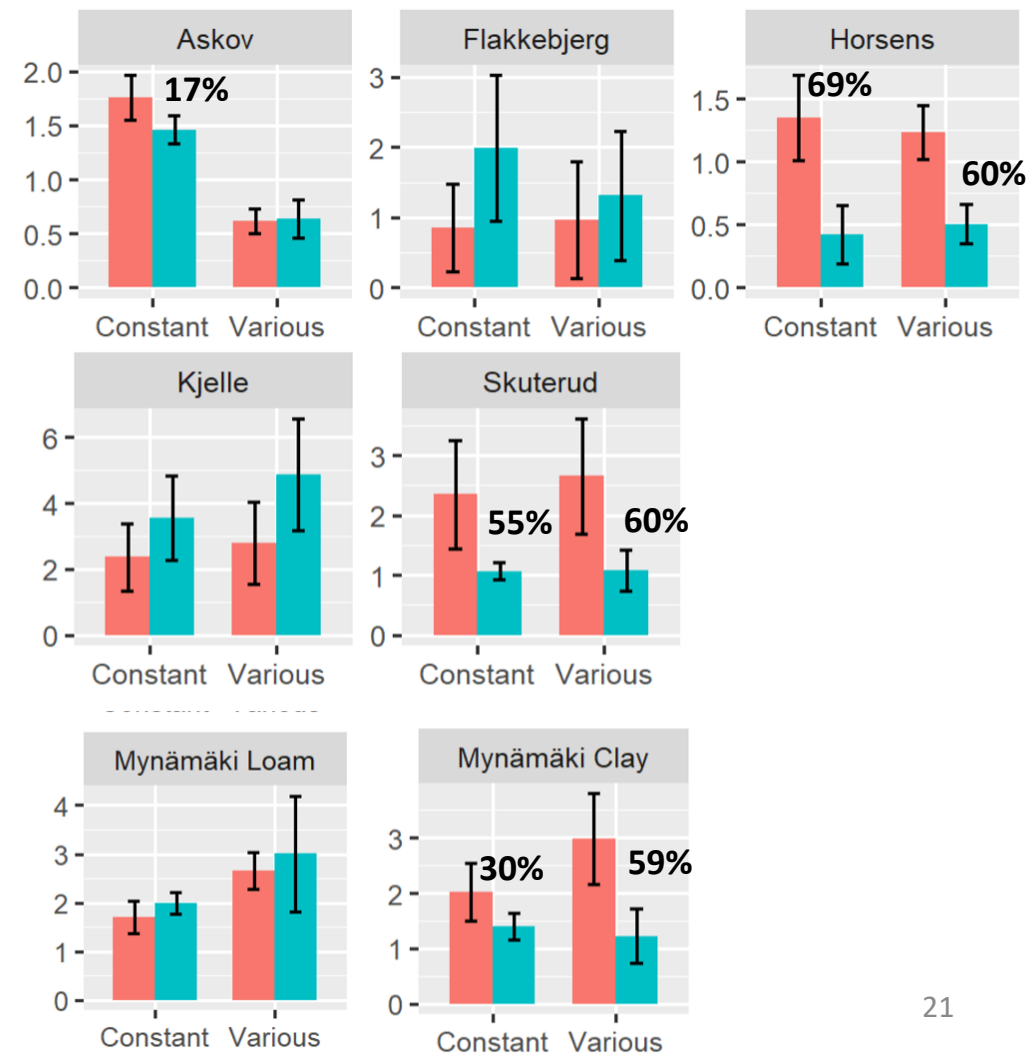


Kipsitutkimuksia

Liuennut fosfori ($\mu\text{mol/L}$)



Hiukasmainen fosfori ($\mu\text{mol/L}$)



Tulvituskoe

(Tuomas Kahma)



Vaikutus vesiututtoiseen fosforiin

(Rūdolfs Baumanis)



Yhteenveto

- Savimaa
 - Kipsi vähentää välittömästi veden sameutta sekä kiintoaineen, hiukkasmaisen fosforin, liuenneen fosforin ja liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuutta
 - Vaikutus kestää vuosia
- Karkeat kivennäismaat
 - Alustavien tulosten mukaan kipsillä vaikutusta
- Happamat sulfaattimaat
 - Ei vielä tarkasteltu valuma-alue tuloksia
- Kipsin vaikutusmekanismi osin epäselvä
- Tutkimusta tarvitaan eri skaaloissa
 - Valuma-alue seurannoissa tärkeää riittävän pitkät ennen toimenpidettä ja toimenpiteen jälkeen jaksot vaikutuksen koko elinkaaren selvittämiseksi
 - Toive: KIPSI2.0-hankkeen seurannat jatkuisivat
- Syken tutkijat
 - Maria Kämäri, Antti Taskinen, Khaleda Begum, Tuomas Kahma, Petri Ekholm, Pasi Valkama

Experimental plot in Lithuania



Experiment plot and field scale catchment in Lithuania

