

Alennetun P-lannoituksen pitkäaikaisvaikutuksia pintaa syvemmältä

FOMARE-seminaari 8.5.2024

Arja Louhisuo

Kiitos: Markku Yli-Halla, Maarit Termonen, Sanna Kykkänen, Kirsi Järvenranta ja Perttu Virkajärvi



Sisältö

- Tausta
- Mitä tehtiin ja millä menetelmillä
 - Esimerkit pääosin Maaninnan monivuotisen **NURMEN** P-pitkäaikaiskokeesta
- Satotuloksia
- Tasetuloksia
- Maatuloksia
- Johtopäätökset
- Mitä jatkossa?

Long-term changes in soil phosphorus in response to fertilizer application and negative phosphorus balance under grass rotation in mineral soils in Nordic conditions

Arja Louhisuo¹  | Markku Yli-Halla² | Maarit Termonen¹ | Sanna Kykkänen¹ | Kirsi Järvenranta¹ | Perttu Virkajärvi¹

¹Production Systems, Natural Resources Institute Finland (Luke), Maaninka, Finland

²University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences, Helsinki, Finland

Correspondence

Arja Louhisuo, Production Systems, Natural Resources Institute Finland (Luke), Halolantie 31 A, FI-71750 Maaninka, Finland.
Email: arja.louhisuo@luke.fi

Funding information

Yara Suomi Ltd; the Ministry of Agriculture and Forestry of Finland

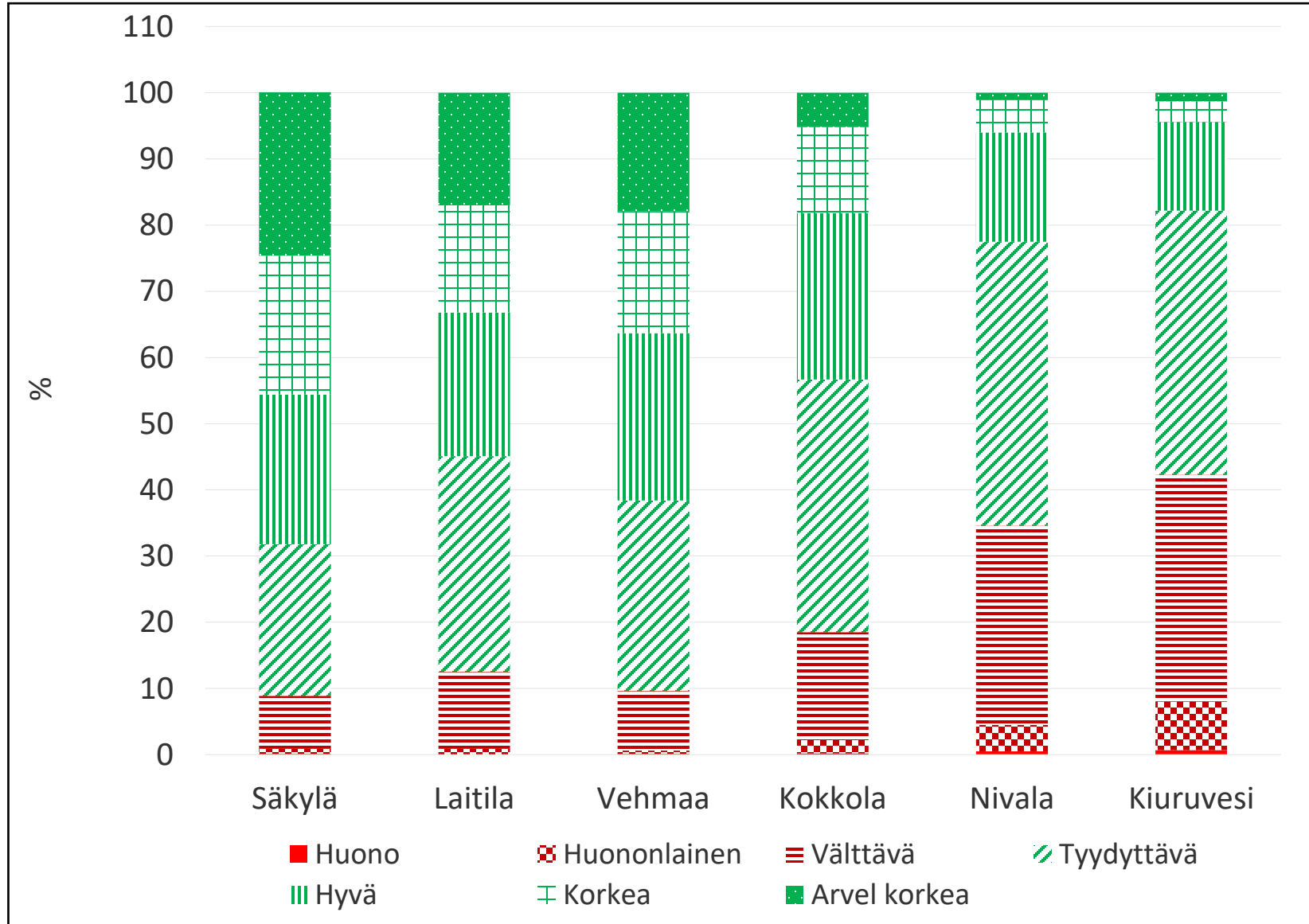
Abstract

Considerable amounts of residual fertilizer phosphorus (P) have accumulated in the agricultural soils of Finland since the 1960s, and the P fertilizer application recommendations have been lowered. It is unknown how much P intensively managed silage grass can obtain from the accumulated reserves without a loss of yield. In two field experiments on sandy loam conducted in 2003–2020, four consecutive grass (70% timothy, 30% fescue) rotations were performed (4 or 5 years each, including the establishment year). The grass received mineral P fertilizers (PF; 16 kg P ha⁻¹ year⁻¹), cattle slurry (PS; 11 kg P ha⁻¹ year⁻¹) or no P (P0). The organic P (Po) and inorganic P (Pi) pools in 2003 and 2020 samples were determined following the Hedley procedure using H₂O, NaHCO₃, NaOH and HCl as sequential extractants. Soil test P (STP) was monitored annually using ammonium acetate extraction. The results showed that the cumulative P balance (P0: –344 to –412 kg ha⁻¹; PF and PS: –101 to –198 kg ha⁻¹) was highly negative, resulting in declining STP. Still, after 18 years, the grass showed no consistent yield response to P fertilizer application. The most significant Pi decline occurred in the Pi–NaHCO₃ (~30%) and Pi–NaOH (~50%) pools, while the changes in Po were negligible. This study and international comparisons, Mehlich-3, degree of P saturation and the result of Hedley in other studies, suggest that these soils, initially above the critical STP level, contain plenty of legacy P and can provide perennial grass with sufficient P for a long time.

KEYWORDS

fertilizer application, grass rotation, sequential extraction, soil phosphorus

Viljavuusluokat 1996-2000 esimerkein



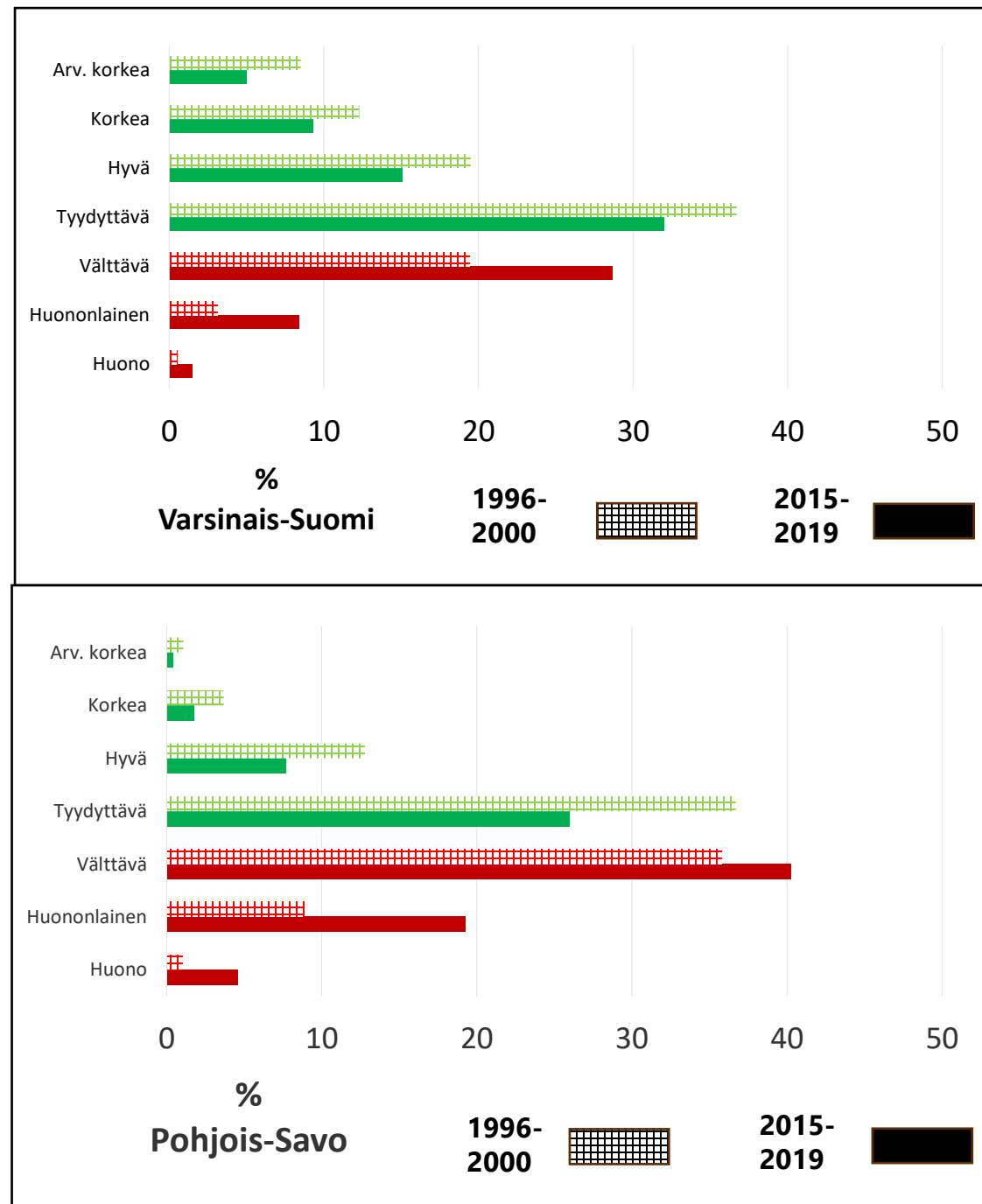
Viljavuus-P laskussa

Muutos Varsinais-Suomessa (%-yksikköä)

- Korkeat ja hyvä lk ~10 ↓
- Tyydyttävä lk ~5 ↓
- Välttävä lk ~9 ↑
- Huononlainen ja huono lk ~6 ↑

Muutos Pohjois-Savossa (%-yksikköä)

- Korkeat ja hyvä lk ~8 ↓
- Tyydyttävä lk ~11 ↓
- Välttävä ~5 ↑
- Huononlainen ja huono ~14 ↑



Mitä fosforilannoituksen (P) pitkäaikaiskokeessa tehtiin

- Koepaikat: Maaninka (vm KHt) ja Ruukki (m KHt)
 - Viljavuusluokka tyydyttävä (lk 4)
- Koeaika 2003-2020
 - **Nurmikierrot:** 2003-2006 **(1)**, 2007-2011 **(2)**, 2012-2016 **(3)** ja 2017-2020 **(4)**
 - Sadot; kokovilja, nurmivuosina 2-3 niittoa
- Lannoitus ympäristökorvausehtojen (N, P) mukaan
 - **P nolla lannoitus (P0)**
 - **P mineraalilannoitus keväällä (PM)**
 - **P naudan lietteessä kesällä (PL)**

Ravinteita (NPK) vuodessa Maaningalla keskimäärin

	Ohra			Nurmi		
	N	P	K	N	P	K
	kg ha ⁻¹ year ⁻¹			kg ha ⁻¹ year ⁻¹		
P0	90	0	48	208	0	34
PM	90	25	48	208	14	34
PL	144/90 [†]	18	115	205/177 [†]	13	73

[†] Nkok (org. + epäorg.) / Nliuk (epäorg.) lannassa tai lannan ja mineraalilannoitteen yhdistelmänä

- Analyysit sadosta:
Sadon määrä ja 1. niiton P-pitoisuus
- Analyysit maasta:
 - Viljavuus-P (PAAC) vuosittain
 - Mehlich-3 P (M3) ja P kylläisyysaste rautaan ja alumiiniin (DPS) 2018 näytteistä
 - Maan P-jakeet **Hedley-peräkkäiset uutot 2003 ja 2020**

Hedleyn peräkkäiset uutot maanäytteistä – miten tehtiin, mitä tutkittiin?

- Vesiutto 1:60 (2 peräkkäistä) **H₂O**
 - **Maaveteen helposti liukeneva P**
- 0,5M Natriumbikarbonaatti (pH 8.5), **NaHCO₃**
 - **Alumiinihydroksidien pinnalle pidättynyt P**
- 0,1M Natriumhydroksidi, **NaOH**
 - **Heikosti kiteytyneiden alumiini- ja rautahydroksideihin pidättynyt P**
- 1M Suolahappo **HCl**
 - **Niukkaliukoinen, apatiittinen ja kalsiumiin sitoutunut fosfori**
- Jakeittain P-summa ja epärogaaninen P (**Pi**) sekä näiden erotuksena orgaaninen P (**Po**)
 - Kasvit ottavat Pi
 - Osa orgaanisesta Po:sta mineralisoituu Pi:ksi

Mehlich-3 P (M3) ja P kylläisyysaste rautaan ja alumiiniin (DPS), v. 2018

- M3 voimakas hapan uutto (pH 2,5)
 - Mittaa maan P kapasiteettia
 - M3 kansainvälisesti paljon käytetty agronominen P testimenetelmä
 - **Virossa** keskimääräisen luokan ylempi kynnysarvo 95 mg kg⁻¹
- DPS kuvaa P täyttöastetta suhteessa uutettavissa olevaan rautaan ja alumiiniin
 - Korkeat arvot voivat viitata fosforiperintöön

	Maaninka	
	P	DPS
	mg kg ⁻¹	%
P0	133 ^a	9.2 ^a
PM	158 ^b	10.7 ^b
PL	156 ^b	10.9 ^b
Keskiarvo	149	10.3
SEM	5.8	0.4
<i>p</i>	0.004	0.018

Ensimmäisen niiton P-pitoisuus ja kumulatiivinen sato 2003-2020

- **Sadon P-pitoisuus** laski kierroittain, lasku oli samanlaista kaikilla lannoituksilla
 - **Laskua Maaningalla 1 g kg ka-1**
- Myös Ruukissa sadon P-pitoisuus keskimäärin laski
- Maaningalla kum. sato oli keskimäärin 144 tn ka ha-1
- Maaningalla PL lannoituksen kum. sato oli -14 tn pienempi kuin P0 ja -20 tn pienempi kuin PM lannoituksilla
 - PL lannoitus letkulevitystä mukaillen
- Ruukissa satoerot lannoitusten välillä eivät olleet merkitseviä

Kierro		Maaninka g kg ka-1
2003-2006		3.2 c
2007-2011		2.5 b
2012-2016		2.4 b
2017-2020		2.2 a
SEM		0.03
Lannoitus		
	P0	2.5a (3.1->2.1)
	PM	2.7b (3.3->2.3)
	PL	2.6 b(3.3->2.3)
SEM		0.03
p	Kierro	<.0001
p	Lannoitus	<.0001
p	Kierro*lannoitus	0.18

P otto ja P tase

- Nurmisadon ottama P määrä huomattava kaikilla lannoituksilla
- Ruukin tulos samansuuntainen, mutta suurempien satojen myötä suurempi P otto (~400 kg) ja negatiivisemmat taseet

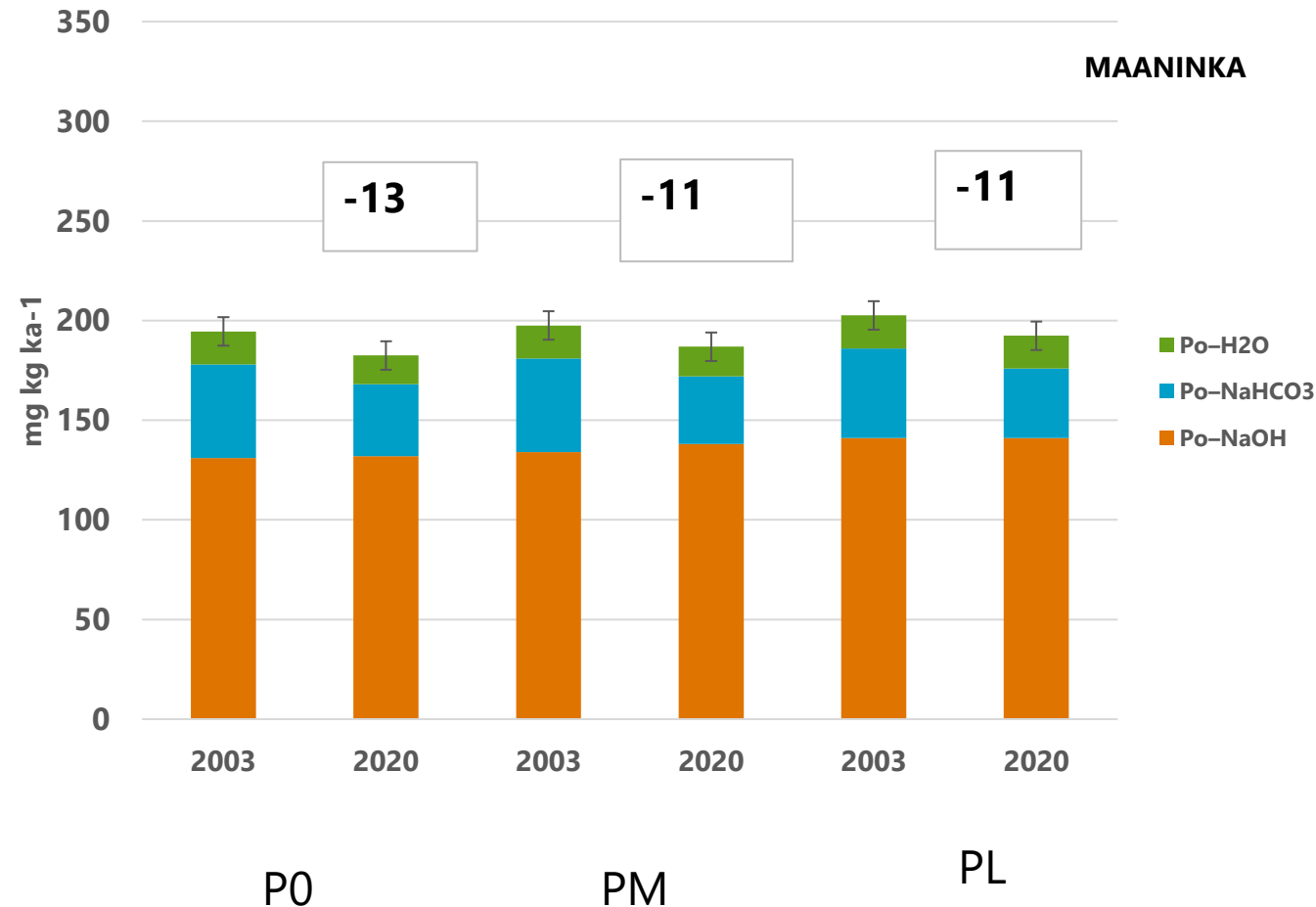
- Suosituslannoitus pienensi tasealijäämää, mutta taseet olivat silti selvästi negatiiviset

Mistä maan P jakeesta tasealijäämä otettiin?

Koejäsen	Maaninka 2003-2020		
	P Lannoitus kg ha ⁻¹	P otto Kg ha ⁻¹	P tase Kg ha ⁻¹
P0	0	344 a	-344 b
PM	282	383 b	-101 a
PL	230	347 a	-117 a
SEM		8.2	9.2
p		0.005	<.0001

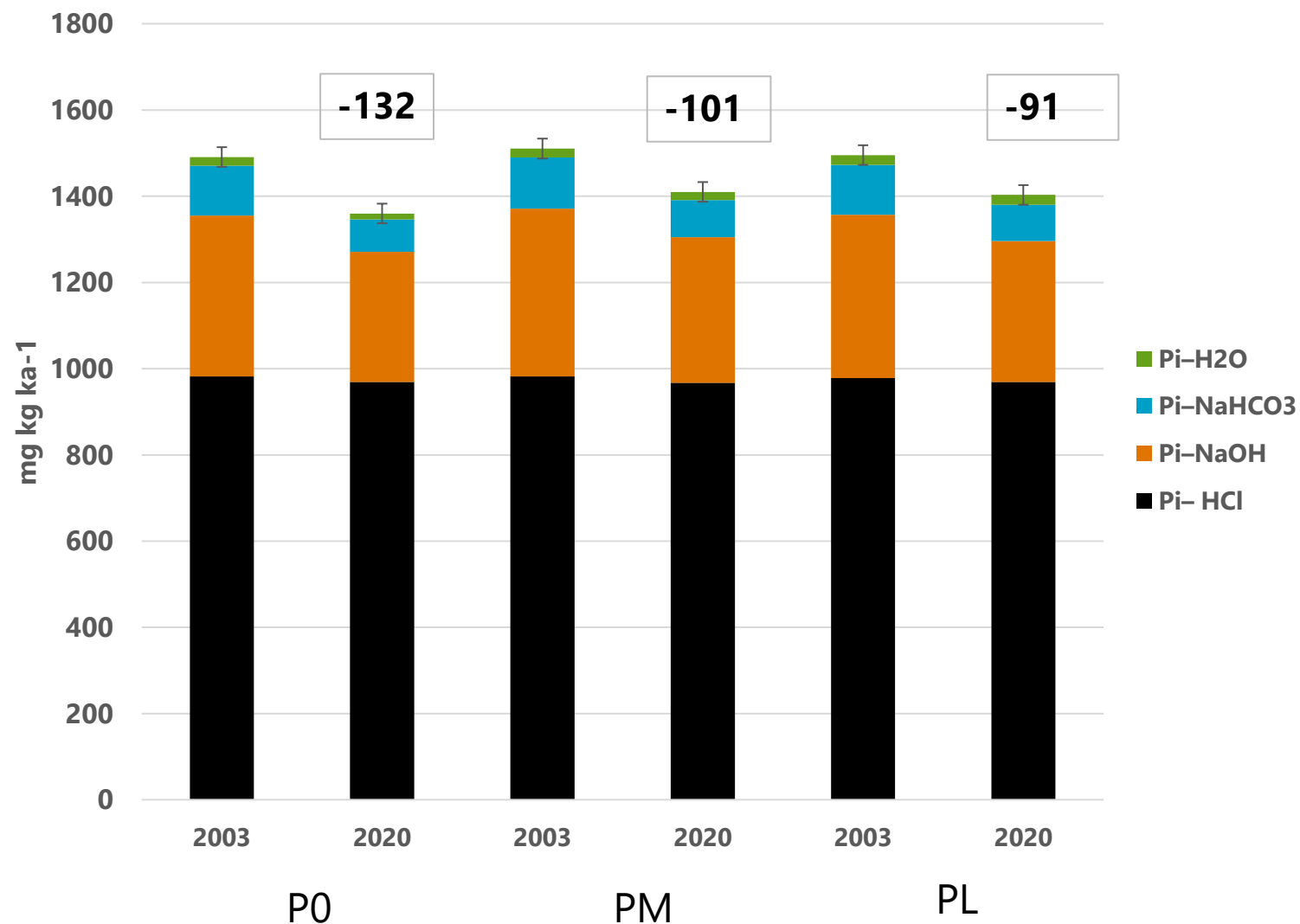
Muutokset orgaanisen P:n jakeissa

- Orgaanisessa jakeessa tapahtui P mineralisaatiota, mutta muutoksen melko vähäisiä ja samansuuntaisia molemmilla paikkakunnilla
 - **Po-NaOH** stabiili Maaningalla, mutta Ruukissa P-lannoitetuissa laski hieman
 - **Po-NaHCO** aktiivinen sekä Maaningalla että Ruukissa
 - **Po-H₂O** ei muutoksia
 - Karjanlannan P pääosin epäorgaanista ja selittää PM ja PL samankaltaista laskua



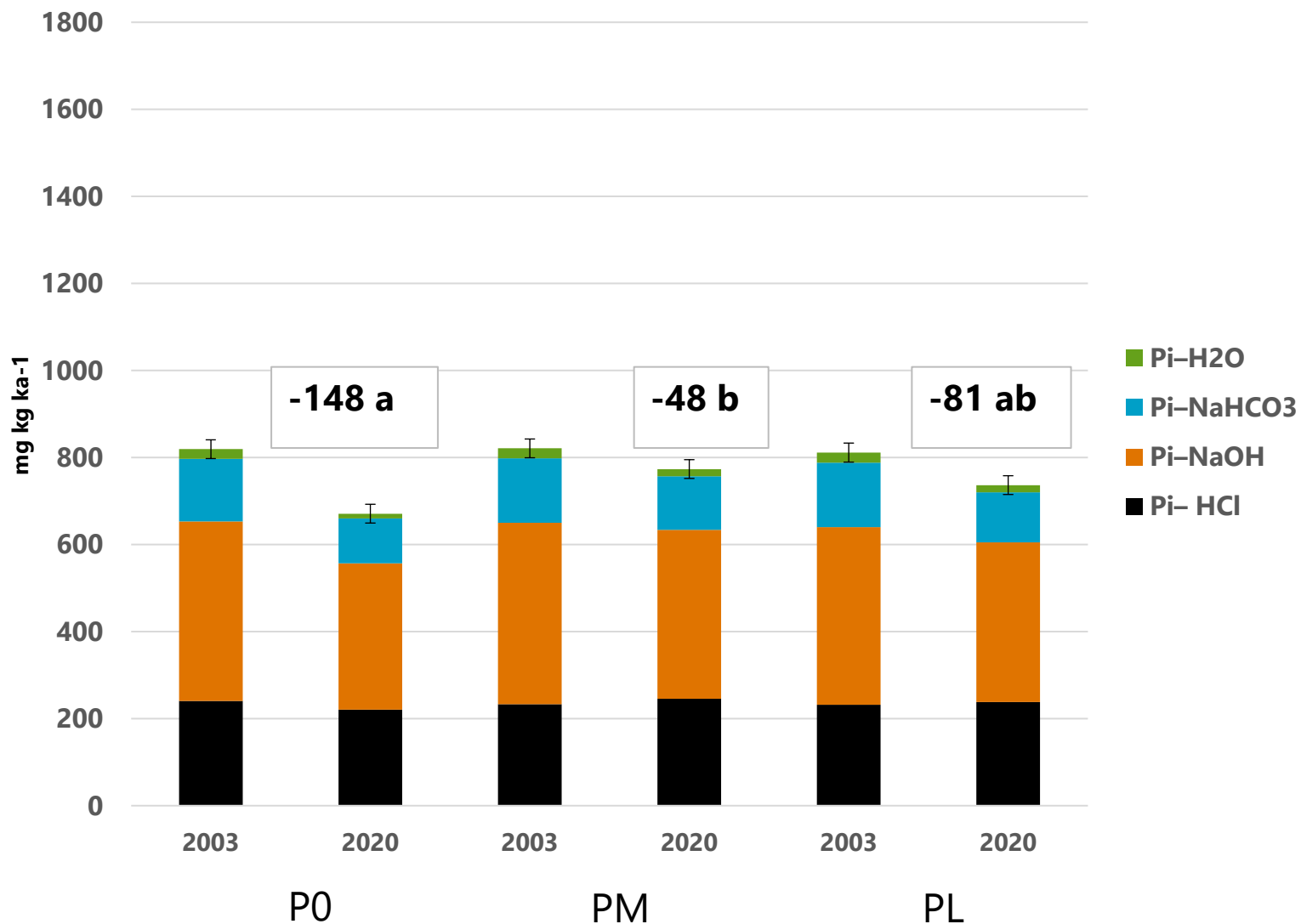
Muutokset epäorgaanisen P:n jakeissa Maaningalla

- Apatiittista P maassa runsaasti
 - **Pi-HCl** ei ollut käyttökelpoista
- Pi:stä oli **Pi-NaOH** jakeessa ~ 25 %
 - Osuus P-pitoisuuden laskusta 50-57 %
- **Pi-NaHCO₃** osuus P-pitoisuuden laskusta noin kolmannes
- **Pi-H₂O** osuus P-pitoisuuden laskusta P0 lannoituksella 5 %,
- P-kokonaispitoisuuden laskussa ei ollut eroja lannoitusten välillä



Muutokset epäorgaanisen P:n jakeissa Ruukissa

- Apatiittisen P osuus neljännes Maaningan pitoisuudesta
 - **Pi-HCl** ei ollut käyttökelpoista
- **Pi-NaOH** jakeen osuus Pi:stä suurempi kuin Maaningalla (~ 50 %)
 - P-pitoisuuden lasku samankaltainen kuin Maaningalla
- **Pi-NaHCO₃** ja **Pi-H₂O** jakeiden osuus P-pitoisuuden laskusta hieman voimakkaampaa tai samankaltaista kuin Maaningalla
- Pi kokonaispitoisuus laski eniten P0 ja PL lannoituksella, mutta lannoitusta saaneet PM ja PL eivät eronneet toisistaan



Kyntökerroksen P-perintö

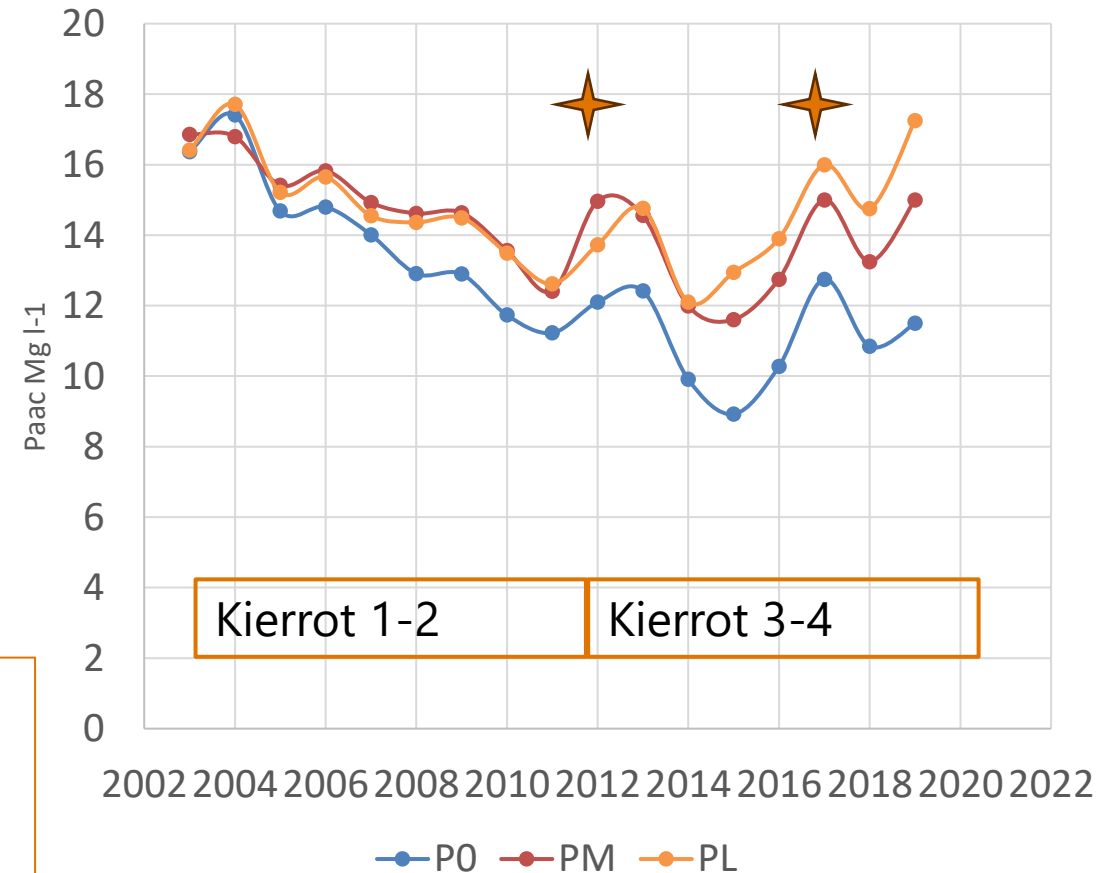
- **Maaningalla** kokeen **alussa 4200** kg P ha-1
 - Orgaanisen P osuus 12 %
 - Epäorgaanisesta P:stä 65 % apatiittista
 - **Epäorgaanista P-perintöä 1500 kg**
 - 18 vuoden aikana P0 lannoituksella perinnöstä käytettiin vajaa neljännes
- **Ruukissa** kokeen **alussa 2700** kg P ha-1
 - Orgaanisen P osuus 25 %
 - Epäorgaanisesta P:stä 29 % apatiittista
 - **Epäorgaanista P-perintöä 1900 kg**
 - 18 vuoden aikana P0 lannoituksella perinnöstä käytettiin reilu neljännes

P otto, P tase ja viljavuus-P Maaningalla

Maaninka 2003-2020

Koejäsen	P Lannoitus kg ha ⁻¹	P otto Kg ha ⁻¹	P tase Kg ha ⁻¹
P0	0	344 a	-344 b
PM	282	383 b	-101 a
PL	230	347 a	-117 a
SEM		8.2	9.2
p		0.005	<.0001

- P0:n PAAC laski huomattavasti (~ 7 mg/l) molemmilla koepaikoilla
- Myös lannoitetuilla PAAC laskua
- PM ja PL parivertailussa maan P_{AAC} laskussa ei merkitsevää eroa



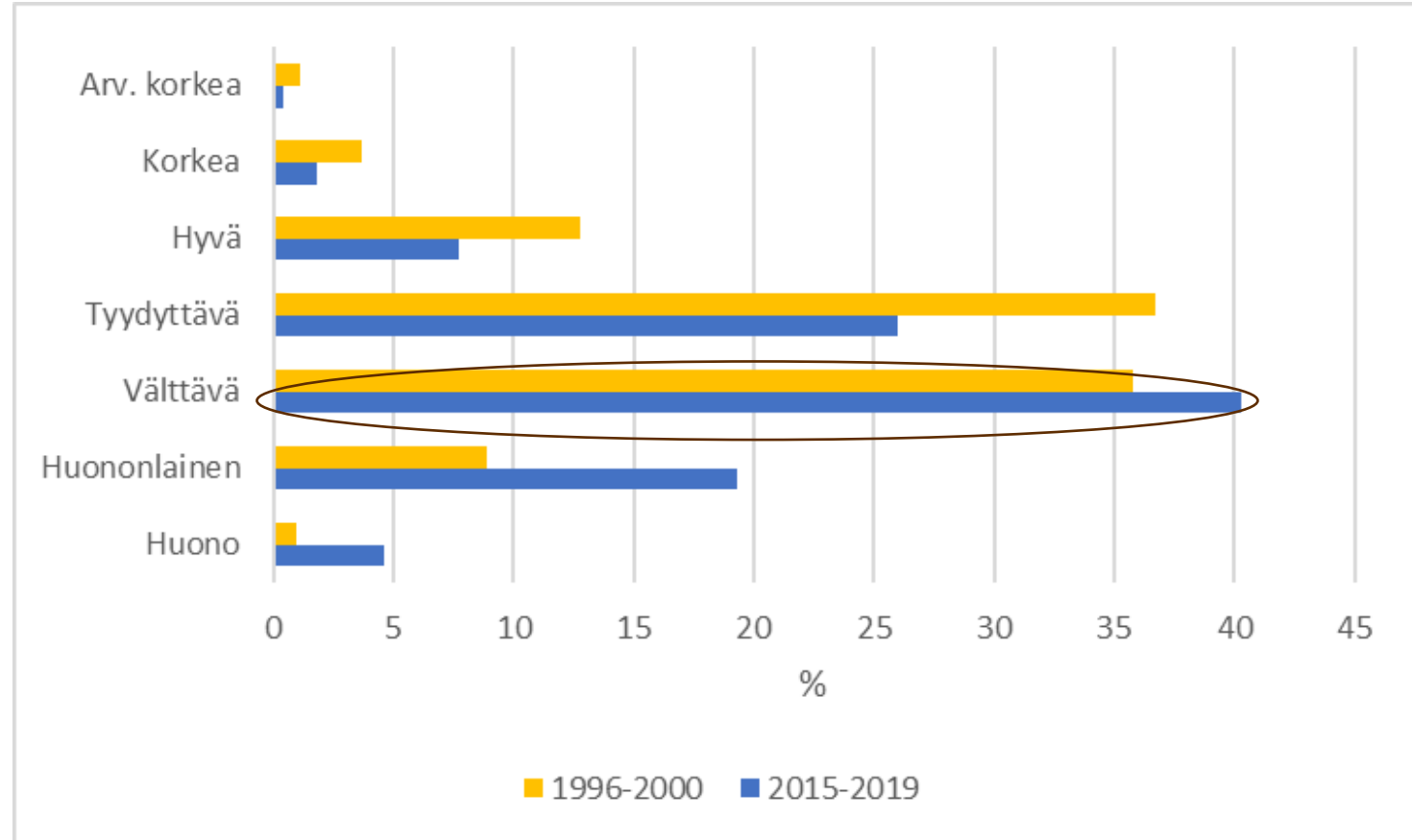
★ Kalkitus

Johtopäätöksiä alennetun P-lannoituksen pitkäaikaisvaikutuksista

- **Sadon P-pitoisuus pääsääntöisesti laski, mutta sato ei**
 - N-hävikki lieteen levityksessä alentaa satoa
- **Muutokset Po-jakeissa vähäisiä**
 - Po jakeissa tapahtuva mineralisaatio Pi:ksi voi peittää Po jakeiden aktiivisen roolin
- **Tärkeimmät sadon Pi-lähteet peräisin lannoitehistorian perintöfosforista**
 - Pi-NaOH ja Pi-NaHCO₃ jakeet merkittäviä P lähteitä
 - P-lannoitetuilla Pi-H₂O jae tärkeä Ruukissa, mutta ei Maaningalla
 - Apatiittinen Pi-HCl jae ei ollut käyttökelpoinen kokeen kasveille
- **Kokeen viljavuus-P (PAAC) lasku linjassa yleisen kehityksen kanssa, mutta suomalaisessa maaperässä on vielä melko paljon nurmella hyödynnettävissä olevaa perintöfosforia**
 - Lannoitus hidasti viljavuus-P laskua, eikä liete eronnut mineraalilannoituksesta
 - Myös Mehlich-3 ja DPS tulokset viittasivat runsaisiin käyttökelpoisen P:n varoihin maassa

Mitä jatkossa

- Tulossa tässä hankkeessa
 - Sadon P-pitoisuuteen vaikuttavat tekijät (tieteellinen artikkeli)
- Koe on vaiheessa, jossa sitä ei pidä keskeyttää
 - Esim. P-Savossa 40 % maanäytteistä samassa P-luokassa kuin P0 lannoitus



Kiitos!



Löydä meidät verkosta

➤ luke.fi

Tilaa uutiskirjeemme ja pysy jyvällä!
luke.fi/uutiskirje



Luonnonvarakeskus (Luke)
Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

