



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023

Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa

Synteesiraportti

Riitta Lemola, Risto Uusitalo, Sari Luostarinen, Elina Tampio,
Johanna Laakso, Eeva Lehtonen, Annaliina Skyttä ja Eila Turtola

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023

Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa

Synteesiraportti

**Riitta Lemola, Risto Uusitalo, Sari Luostarinen, Elina Tampio, Johanna Laakso,
Eeva Lehtonen, Annaliina Skyttä ja Eila Turtola**

Viittausohje:

Lemola, R., Uusitalo, R., Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J., Lehtonen, E., Skyttä, A. & Turtola, E. 2023. Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s.

Riitta Lemola ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0002-1937-5414>



ISBN 978-952-380-611-5 (Painettu)

ISBN 978-952-380-612-2 (Verkojulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkojulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-612-2>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Riitta Lemola, Risto Uusitalo, Sari Luostarinen, Elina Tampio, Johanna Laakso, Eeva Lehtonen, Annaliina Skyttä ja Eila Turtola

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2023

Julkaisuvuosi: 2023

Kannen kuva: Riitta Lemola

Painopaikka ja julkaisumyynti: PunaMusta Oy, <http://luke.omapumu.com/fi>

Tiivistelmä

Riitta Lemola¹, Risto Uusitalo¹, Sari Luostarinen¹, Elina Tampio², Johanna Laakso¹, Eeva Lehtonen³, Annaliina Skyttä⁴ ja Eila Turtola⁵

¹ Luonnonvarakeskus, Tietotie 4 31600, Jokioinen

² Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

³ Luonnonvarakeskus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka

⁴ Luonnonvarakeskus raporttia kirjoittaessa, nykyisin Suomen ympäristökeskus

⁵ Luonnonvarakeskus raporttia kirjoittaessa, eläköitynyt

Suomalaisessa maataloudessa on tehty jo 30 vuotta työtä fosforin käytön tehostamiseksi ja vesistökuormituksen vähentämiseksi. Keskeisiä keinoja ovat peltojen eroosiontorjunta ja tarpeettoman korkealle nousseen helppoliukaisen fosforipitoisuuden alentaminen. Samalla mineraalilannoitteiden myynti maataloille on vähentynyt, mutta tiloille ostetaan yhä mineraalilannoitefosforia kymmenien miljoonien eurojen arvosta. Suuri osa tästä voitaisiin korvata tehostamalla ravinnepitoisten biomassojen sisältämän fosforin kierrätystä.

Kysymys ravinteiden käytöstä ja saatavuudesta liittyy kiinteästi myös ruuantuotannon huoltovarmuuteen ja Suomen ravinneomavaraisuuteen. Vaikka Suomessa sijaitsee Euroopan ainoa toimiva fosfaattilouhos, sen tuotannosta vastaa ulkomainen omistaja. Kriisitilanteissakin omistaja voi myydä tuotannon pois Suomesta. Kasvien lannoitustarpeen kattamiseksi tarvitaan näin ollen käytännöt ja vähintään hyvät valmiudet hyödyntää kierrätettyjä ravinnelähteitä.

Tässä katsauksessa tarkastellaan Suomen peltomaan fosforipitoisuudessa (P-luku) tapahtuneita muutoksia vuosina 1996–2019 viisivuotisjaksoittain. P-lukuaineisto on kerätty viljavuusanalyseja tekeviltä laboratoriolta. Analyysitulosten määrä tarkastelujaksoilla vaihteli noin 0,8–1 miljoonan välillä, joten aineiston kattavuus on erinomainen. Viimeisimmän jakson (2015–2019) tulosten perusteella tarkastellaan kasvien fosforilannoitustarvetta koko maan, ELY-keskusten ja kuntien alueilla. Fosforitarvetta verrataan myös alueilla tuotetun lannan fosforisisältöön. Niin ikään tarkastellaan fosforilannoituksen ja satotasojen muutoksia viime vuosikymmeninä sekä mahdollisuuksia vähentää mineraalilannoitteiden käyttöä fosforin kierrätyksen avulla.

Maan helppoliukaisen fosforin pitoisuuden keskiarvo on pienentynyt koko maan ja kaikkien ELY-keskusten alueilla. Korkeimpiin fosforiluokkiin 5, 6 ja 7 (aik. ”Hyvä”, ”Korkea”, ”Arveluttavan korkea”) kuuluvien maiden osuus on vähentynyt selvästi. Samalla alhaisimpien fosforiluokkien 1 ja 2 (aik. ”Huono”, ”Huononlainen”) osuudet ovat kasvaneet. Fosforilannoitusta on ilmeisesti vähennetty kaikkiin viljavuusluokkiin kuuluvilla mailla.

Tärkeimpien viljelykasvien satotrendit ovat olleet 1990-luvulta lähtien pääosin kasvavia, vaikka kaikkien pääravinteiden myynti on laskenut ja maan P-luvut ovat pienentyneet. Tämä tarkoittaa sitä, että käytettyjen ravinnepanosten hyödyntämisen tehokkuus on vuosien kuluessa parantunut. Koko maan tilastoista laskettu fosforinkäytön näennäinen hyötysuhde oli 1990-luvun alussa vain 30 %, kun viime vuosina puolestaan 80 % vuosittain lisättyä fosforia vastaava määrä saadaan korjattua sadon mukana.

Kaikkiaan fosforilannoituksen tarve on lisääntynyt jonkin verran aiemmin raportoidusta – ja tulee todennäköisesti lisääntymään edelleen. Fosforitarpeen lisäys johtuu maan P-lukujen laskusta, mikä kasvattaa fosforilisäyksistä hyötävien peltojen määrää. Samaan aikaan lannan fosforia on viime vuosina muodostunut vähemmän kuin aiemmin.

Koko maan tasolla fosforilannoitustarve vuoden 2020 viljelykasveilla oli 23,3 miljoonaa kg vuodessa. Lannan fosforia muodostui 15,2 miljoonaa kg. Lisäksi yhdyskunnissa ja elintarviketeollisuudessa syntyy sivuvirtoja, joiden fosforisisältö on noin 6 miljoonaa kg, mistä kasvintuotannossa hyödynnetään tällä hetkellä vajaa kolmannes. Mineraalilannoitteina fosforia on myyty viime vuodet reilut 10 miljoonaa kg vuosittain.

ELY-alueista Pohjanmaalla lannan fosforia muodostuu peltohehtaaria kohden laskettuna yli 5 kg/ha enemmän kuin alueen kasvinviljely tarvitsee. Ylijäämää, ts. muualle kierrätettävissä olevaa lannan fosforia, on Pohjanmaalla lähes miljoona kg, mikä vastaa noin 6 % Suomessa muodostuneesta lannan fosforista. Tässä arvioissa ei huomioida alueella käytettävää mineraalifosforia lainkaan. Samalla tavoin arvioiden Ahvenanmaalla, Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla lannan fosforimäärät ovat lähellä kunkin alueen kasvien fosforilannoitustarvetta. Muiden ELY-keskusten alueilla lannan fosforia muodostuu vähemmän kuin kasvinviljelyssä tarvitaan. Viljeltyjä hehtaareita kohden laskettuna täydennystarvetta jää vähintään 7 kg/ha Uudenmaan, Hämeen, Kaakkois-Suomen, Pirkanmaan, Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen alueilla.

ELY-alueiden sisällä lannan fosforin jakautuminen kuntiin vaihtelee edelleen. Vaikka ELY-tasolla lannan fosforin ylijäämää ei olisi, alueen kuntien välillä havaitaan yli- ja alijäämiä. Kuntatasolla lannan fosforia muodostuu Manner-Suomessa 46 kunnassa enemmän kuin kasvit tarvitsevat. Yhteensä ylijäämäistä lantafosforia näissä kunnissa on 2,4 milj. kg, mikä on 16 % lannan sisällyttämisestä fosforista koko Suomessa.

Suomen koko peltoalalle jaettuna lantojen fosforisisältö riittäisi yksinään kattamaan laskentahetkellä 65 % koko maan fosforilannoitustarpeesta. Kun lantojen lisäksi mukaan lasketaan yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden erilaisten biomassojen kierrätettävissä oleva fosfori, tällä katettaisiin potentiaalisesti noin 90 % kasvien fosforilannoitustarpeesta. Suurin osa ruuantuotannossa hyödyntämättömästä fosforista on jätevesilietteissä. Kierto on palautumatonta fosforia löytyy ympäri maata, joskin suurimmat varannot sijaitsevat isompien kaupunkien alueilla. Lantojen fosforia ei puolestaan levitetä kuin osalle pelloista eikä se päädy peltoihin tasapainoisesti lisättynä tässä raportissa tarkastelluilla tasoilla – yksittäisten kuntien, ELY-alueiden ja koko maan sisällä. Fosforin hyödyntämisessä on siten tehostamisen varaa Suomen jokaisessa kolmassa.

Vaikka tarve fosforin ylijäämien siirtämiseen kasvien tarpeen suhteen alijäämisille pelloille on todettu jo pitkän aikaa sitten, toimivaa järjestelmää asian korjaamiseksi ei ole saatu luotua. Mineraalifosforin hinnan noustua korkeaksi fosforitarpeeltaan alijäämisillä alueilla on näköpiirissä tilanne, jossa sadontuotto ei yllä merkittävässä osassa peltopinta-alaa siihen potentiaaliin mihin päästäisiin tarpeen mukaisella fosforilannoituksella. Toisaalla fosforin jääminen ylijäämäisinä pysyneille alueille ylläpitää yhä pitkäaikaisempaa vesistökuormitusta osin jo ennestään ravinnekuorman vuoksi laadultaan heikentyneille vesialueille. Tilanne heikentää myös Suomen kasvintuotannon huoltovarmuutta. Tarve ravinteiden kierrätyksen kattavammalle käyttöön otolle erilaisten biomassojen prosessointien ja muodostuvien kierrätysravinteiden kuljetus- ja käyttöratkaisujen avulla on suuri.

Asiasanat: maalaji, viljavuustutkimus, viljavuusfosfori, fosforilannoitus, ravinteiden kierrätys

Sisällys

| | |
|--|-----------|
| 1. Johdanto | 6 |
| 2. Tausta | 8 |
| 2.1. Fosforilannoituksen ja maan fosforipitoisuuden kehittyminen..... | 8 |
| 2.2. Kotieläintuotannon ja kasvintuotannon eriytyminen ohjaa lannan ravinteiden käyttöä . | 10 |
| 2.3. Muu kierrätettävissä oleva fosfori | 10 |
| 3. Aineistot ja menetelmät..... | 12 |
| 3.1. Viljavuustutkimusaineisto | 12 |
| 3.2. Viljelykasvien pinta-alat ja satotiedot | 13 |
| 3.3. Muut tilastoaineistot..... | 13 |
| 3.4. Biomassat..... | 13 |
| 3.4.1. Kotieläinten määrät | 13 |
| 3.4.2. Lantojen määrä ja fosforisisältö | 14 |
| 3.4.3. Muiden biomassojen määrä ja fosforisisältö | 14 |
| 3.5. Kasvien tarpeen mukainen fosforilannoitus | 15 |
| 4. Tulokset..... | 16 |
| 4.1. Maalajit ja viljavuus | 16 |
| 4.1.1. Maalajit ja viljely..... | 16 |
| 4.1.2. Viljavuus ja peltomaiden fosforipitoisuus..... | 19 |
| 4.2. Peltokasvien satotrendit 2000-luvulla..... | 23 |
| 4.3. Kasvien tarpeen mukainen fosforilannoitus | 24 |
| 4.4. Kotieläinten määrä | 27 |
| 4.5. Lannan sisältämä fosfori..... | 30 |
| 4.6. Lannan fosforin riittävyys kasvin tarpeen mukaisessa lannoituksessa ja mineraalifosforin käyttö | 32 |
| 4.7. Muiden ravinnepitoisten biomassojen fosfori ja lannoituksessa hyödyntämätön fosfori | 35 |
| 5. Tulosten tarkastelu | 38 |
| 5.1. Maan fosforipitoisuuden ja satotasojen muutos..... | 38 |
| 5.2. Kasvien fosforitarpeen ja fosforin käytön vertailu..... | 39 |
| 5.3. Fosforin käytön tehokkuus..... | 41 |
| 5.4. Fosforin kierrätyksen potentiaali..... | 43 |
| 5.5. Fosforin kierrätyksen tehostaminen prosessoinnin avulla | 44 |
| 5.6. Ravinteiden kierrätyksen seuranta ja tietotarpeet | 45 |
| 5.7. Laskennan täsmentäminen vaatii lohkotason tietoa..... | 45 |
| 6. Johtopäätökset..... | 47 |
| Viitteet..... | 50 |
| Liitteet | 56 |

1. Johdanto

Monien luonnonvarojen käyttö lähestyy luonnon kestokyvyn rajaa, mikä johtaa eriasteisiin ympäristöhaittoihin ja joidenkin raaka-aineiden niukkuuteen. Raaka-aineet, joille ei ole korvaavia tuotteita, kallistuvat niukkuuden lisääntyessä. Hyvänä esimerkkinä toimii mineraaliset fosforilannoitteet, joiden valmistuksen kustannukset nousevat siirryttäessä louhimaan nykyistä enemmän haitta-aineita sisältäviä fosfaattiesiintymiä. Kun maailman väkiluvun on ennustettu kasvavan kahdella miljardilla vuoteen 2060 tultaessa (Roser ym. 2013), paine typen ja fosforin käytön lisäämiseen kasvintuotannossa kasvaa.

Makean veden saatavuus ja ilmastonmuutoksen vaikutukset viljelyolosuhteisiin tuovat enenevästi haasteita maailman ruuantuotannolle. Jos ruuantuotanto nykyisellä pinta-alallaan vähenee kuivuuden tai tulvien aiheuttamien satoriskien toteutumisen vuoksi, tarvitaan edelleen kasvavan ihmismäärän ravitsemiseen uutta viljelyalaa. Tämän myötä koko planeetan ympäristön tilaan kohdistuu muutospainetta, mukaan lukien luonnon monimuotoisuuden vaarantuminen. Samalla on olennaista, että satotasot pysyvät korkeina, eli tuotannon on oltava tehokasta. Tehokas maataloustuotanto vaatii ravinteiden lisäämistä maahan, mikä voi edistää paitsi maan, myös vesiympäristöjen rehevöitymistä. Se puolestaan lisää mm. juomaveden hankinnan kustannuksia.

Tehokas ravinteiden käyttö on perusta kannattavalle ja kestäväälle ruokajärjestelmälle. Jotta ravinteiden käytön tehokkuutta ruokajärjestelmässä voidaan parantaa, on lannoituksen oikean kohdentamisen lisäksi tärkeää panostaa ihmisen käytössä jo olevien ravinteiden kierrätykseen takaisin ruuantuotannon käyttöön. Näin vähennetään sekä ravinnehäviöiden riskiä ruokaketjun loppupäästä että mineraalilannoitteiden tuotannon tarvetta ja siitä aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Tavoitteena on kierto, jossa jo käytössä olevia raaka-aineita hyödynnetään jatkuvasti uudelleen ja minimoidaan hävikit. Tehokkaat kierrättävät prosessit käyttävät paitsi raaka-aineiden päävirrat, myös niistä prosessien myötä muodostuvat sivuvirrat. Samalla muodostuu uutta, kestävämpää liiketoimintaa.

Raaka-aineiden, niiden joukossa kasvinravinteiden, käytön tehostamisen ja kierrätyksen haasteet on otettu esiin useissa tavoiteohjelmissa kansainvälisesti. Ravinnehäviöiden puolittaminen ja samalla lannoitteiden käytön vähentäminen viidenneksellä vuoteen 2030 mennessä on mm. EU:n Pelloilta pöytään -strategian (EU 2020) ja Biodiversiteettistrategian (Euroopan Komissio 2021) tavoitteina. Myös Itämerensuojelukomissio HELCOM julkaisi Itämeren alueellisen ravinteiden kierrätyksen strategian (HELCOM 2021a), jonka toteuttaminen on sidottu päivitettyyn Itämeren toimenpideohjelmaan (HELCOM 2021b) ja velvoittaa kaikkia järjestön jäsenmaita.

Suomi on tavoitellut ravinteiden kierrätyksen lisäämistä jo pitkään. Siihen sitouduttiin pääministeri Matti Vanhasen vetämän työryhmän muistiossa ”Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa” (MMM 2011). Tavoite ja siihen liittyvät lukuisat toimenpide-ehdotukset sidottiin tuolloin ensi sijassa vesistöjen hyvän tilan saavuttamiseen. Samalla ravinteiden saatavuuteen liittyvät haasteet huomioitiin. Pääministeri Juha Sipilän hallitusohjelmassa (2015) tätä työtä jatkettiin ottamalla ravinteiden kierrätyksen lisääminen ja vesistövaikutusten vähentäminen hallituksen kärkihankkeiden teemoiksi. Samansisältöinen tavoite oli myös pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmassa (2019), jossa ravinteiden kierrätyksen ja vesistövaikutusten rinnalle nostettiin myös ilmastonmuutoksen hillintä.

Suomessa kotieläinten lanta on tärkeässä roolissa ravinteiden kierrätyksessä. Kotieläin- ja kasvintuotannon alueellinen eriytyminen on johtanut tilanteeseen, jossa lannan ravinteita on paikoin enemmän tarjolla kuin samalla alueella kasvintuotannossa tarvitaan (Ylivainio ym. 2014).

Toistaiseksi lannan ravinteiden kierrätys ei ole olennaisesti tehostunut julkilausumista huolimatta (Luostarinen ym. 2019a). Poliittista ohjausta ja kannustimia tarvitaan edelleen, jotta lanta saadaan kulkemaan tehokkaammin keskittyneen kotieläintuotannon alueilta kasvintuotanto-alueille. Tarve ravinteiden kierrätykselle lisääntyy entisestään, kun fosforilannoitusrajat on vuoden 2023 alussa siirretty uudistettuun lannoitelakiin ja asetuksiin vapaaehtoisen maatalouden ympäristökorvausjärjestelmän sijaan. Tammikuussa 2023 annetussa Valtioneuvoston asetuksessa (VN 2023) kaikki lannoittaminen sidotaan maaperän fosforitilaan ja fosforilannoituksen rajat koskevat kaikkia tiloja ja kaikentyyppisiä lannoitusvalmisteita. Kaikkien lantojen fosfori lasketaan jatkossa täysimääräisesti kasveille käyttökelpoiseksi, esimerkiksi turkiseläinten lannan fosforin laskennallinen käyttökelpoisuus nousee 60 %:sta 100 %:iin. Muutos on merkittävä etenkin aiemman ympäristökorvausjärjestelmän ulkopuolelle jääneille kotieläintiloille, joiden täytyy huomioida lannan typpisisällön ohella myös sen sisältämä fosfori.

Onnistuneen poliittisen ohjauksen luominen vesiensuojeluun on monen asian hallintaa. On ymmärrettävä, miten lannoitus ja maan fosforitila liittyvät toisiinsa ja miten ne ovat kehittyneet jo toteutettujen ympäristöohjelmien seurauksena. Tämän kehityksen vaikutukset sadontuottoon on tunnettava. Kotieläintuotannon keskittyminen tietyille alueille tarkoittaa ravinteiden alueellista kertymää ja siitä seuraavia haasteita ja mahdollisuuksia. Ravinteiden kierrätyksen myötä voidaan vähentää mineraalilannoitteiden tarvetta, mutta kierrätys ei lähde laajemmalti käyntiin, ennen kuin sen edellytykset ovat kohdallaan. Ravinnekuormituksessa eri toimet vaikuttavat eri aikajänteillä, ja joillakin toimilla voi olla toiseen asiaan ei-toivottuja, ristiin meneviä vaikutuksia. Muutokset yhden tekijän toiminnassa vaikuttavat siihen, miten kokonaisuus toimii, ja koko systeemiä pitäisi pystyä optimoimaan samanaikaisesti. Tehtävä on monimutkainen ja kuormituksen vähentämisen varmistaminen vaatii monia yhtä aikaa toteutettavia toimenpiteitä.

Tämä raportti tuo toivon mukaan helpotusta epä tietoisuuteen, mikä politiikkaohjauksen suunnittelijoilla ja toimeenpanijoilla tätä monitahoista pulmaa katsellessaan varmasti on. Olemme koonneet raporttiin tietämyksemme fosforin kierrätystarpeesta ja kierrätysmahdollisuuksista koko maan, ELY-alueiden ja yksittäisten kuntien mittakaavassa. Kierrätystarpeita on katsottu maan fosforitilan, sadontuottokyvyn säilymisen ja kierrätettävissä olevan fosforin näkökulmasta. Raportti sisältää myös kootun tiedon peltojen fosforitilan muutoksesta vuosina 1996–2019 ja muita fosforilannoitukseen liittyviä kehityskulkuja.

2. Tausta

2.1. Fosforilannoituksen ja maan fosforipitoisuuden kehittyminen

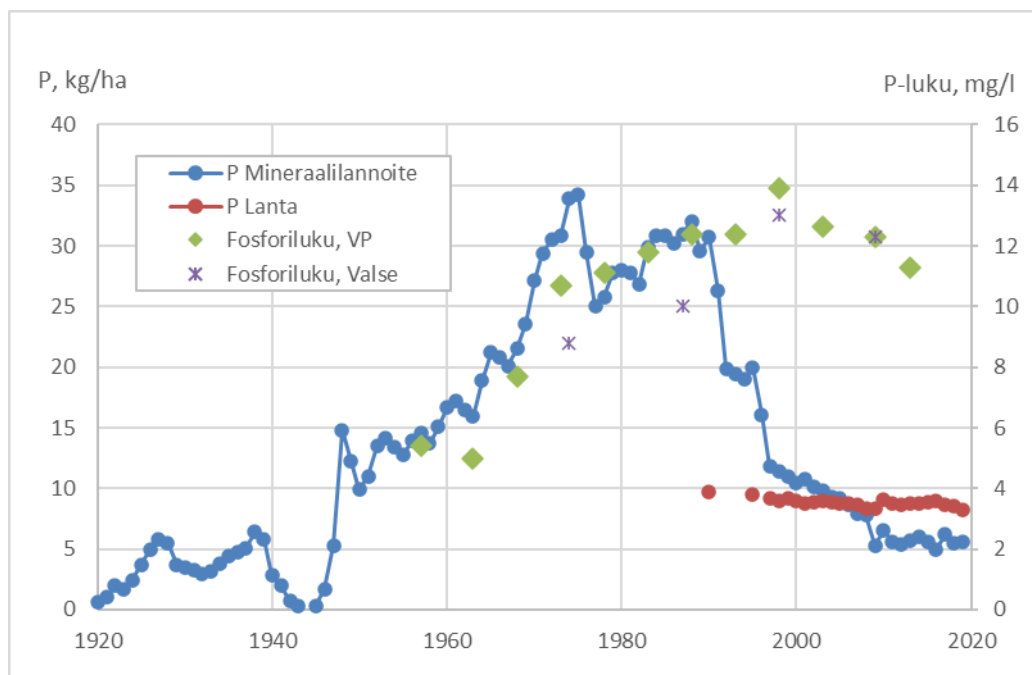
Ruokapula ensimmäisen maailmansodan jälkeen kiihdytti voimakkaasti peltomaan tuottavuuteen liittyvää tutkimusta ja maatalouden koneellistumista. Reilut 200 vuotta aiemmin löydetty alkuaine fosfori oli osoittautunut typen ja kaliumin ohella yhdeksi kolmesta tärkeimmästä sadon tarvitsemasta ravinteesta. Kotieläinten lannan sekä eläinten luista ja guanosta valmistettujen lannoitteiden lisäksi ruvettiin hyödyntämään myös kiviaineksista louhittavia varantoja, joista muodostui tärkein mineraalilannoitefosforin raaka-aine. Kun itsenäistyneen Suomen tavoitteena oli nopeasti kohottaa elintarvikeomavaraisuutta, Suomen eduskunta hyväksyi määrärahan rikkihappo- ja superfosfaattitehtaiden perustamista varten 26.3.1920 (Seppälä 1995). Rikkihappoa valmistettiin kotimaisesta raaka-aineesta, mutta superfosfaatin raaka-aine, fosforimnieraali, oli tuontitavaraa. Kotimaiseen raaka-aineeseen oli mahdollista siirtyä vuonna 1980, kun kaivostoiminta Siilinjärven apatiittiesiintymällä aloitettiin (Kemira 1980).

Suomessa mineraalilannoitefosforin myynti harppasi sotien jälkeen käytännössä nollassa ja kasvoi 1950-luvun alusta lähes eksponentiaalisesti huippuunsa 1970-luvulla, jolloin sitä levitettiin lähes 35 kg viljeltyä peltohehtaaria kohti (Kuva 1). Fosforiköyhillä mailla satovasteet olivat selviä ja sadon fosforinoton päälle annetut ylijäämät pidättyivät maaperään ja paransivat peltojen fosforitilaa. Viljavuuspalvelun tilastossa maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden (eli viljavuustutkimuksen P-luvun) keskiarvo oli 1970-luvulla kohonnut jo 10 mg/l yläpuolelle, eli vähintään kaksinkertaistunut. Mineraalilannoitefosforin käyttömäärät vakiintuivat tähän aikaan tasolle noin 30 kg/ha ja pysyivät suurina, kunnes 1990-luvun alussa lannoitefosforin myynti lähti jyrkkään laskuun. Peltomaiden P-luvut kasvoivat 1990-luvun loppuun asti, tosin aiempaa maltillisemmin. Vuosituhannen vaihteen aikaan fosforin myynti oli jo noin 60 % vähäisempää kuin 1990-luvun alussa, mutta maahan oli siinä vaiheessa keskimäärin jokaiselle peltohehtaarille kertynyt Saarelan (2002) arvion mukaan lähes 1000 kg fosforin ylijäämää; huolimatta fosforin myynnin vähentymisestä on maahan lisätyn fosforin määrä tämänkin jälkeen pysynyt suurempana kuin sadon mukana korjattu määrä. Vuoden 2008 mineraalilannoitteiden hintapiikki laski fosforimyynnin uudelle, alemmalle tasolle, jossa se on pysynyt. Mineraalilannoitefosforin myynti on 2010-luvun ajan vastannut noin 5 kg viljelyssä olevalle hehtaarille, mikä on lannan fosforin kanssa vastannut suurin piirtein sadossa korjatun fosforin määrää. Ylijäämien pienentymistä maan P-luvun keskiarvo on asettunut 2000-luvulla laskusuuntaan. Muutokset lannoituksessa noudattavat muissa kehittyneissä maissa tapahtuneita muutoksia (Breuer ym. 2019).

Vesistöissä fosforin havaittiin 1960- ja 1970-lukujen tutkimuksissa olevan, yksinään tai typen kanssa samanaikaisesti, levien kasvua rajoittava minimiravinne. Kanadassa tehdyissä kokonaisjärvien käsittelykokeissa (ELA) tutkittiin typen, fosforin ja hiilen lisäysten vaikutuksia ja havaittiin nimenomaan fosforilisäysten kiihdyttävän levien ja bakteerien kasvua vedessä (Schindler 1974). Teollisuuden ja yhdyskuntien fosforipäästöjä alettiin rajoittaa voimakkaasti, minkä seurauksena maatalouden osuus ravinteiden kokonaiskuormituksesta kasvoi (Kauppi & Niemi 1984, Rekolainen ym. 1992). Kun maatalouden osuus kuormituksesta vähitellen muodostui suurimmaksi ihmistoiminnan fosforipäästöjen lähteeksi, ei ilman sen rajoittamista päästy enää merkittäviin kuormitusvähennyksiin. Samaan aikaan maan fosforiluvun nousun todettiin vähentäneen fosforilannoitustarvetta. 1990-luvun alussa viljavuustutkimuksen fosforianalyysin tulkinassa muutettiin fosforiluokitusta ja siten lannoitussuosituksia, yleislannoitteiden fosforipitoisuuksia alennettiin, lannankäsittelyssä panostettiin lantaloihin ja karjasuojiiin, ja lannan fosfori

huomioitiin lannoituksessa aikaisempaa paremmin. Fosforilannoitukselle ei kuitenkaan aluksi ollut enimmäismäärää, vaan fosforilannoitus perustui viljavuustutkimustuloksesta riippuvaan kasvikohtaiseen suositukseen (Yli-Halla ym. 2001).

Suomen EU-jäsenyyden myötä (1995) toimet maatalouden ravinnekuormituksen vähentämiseksi jatkuivat osana kestävästä maataloudesta tavoittelevaa EU:n yhteistä maatalouspolitiikkaa (CAP, Common Agricultural Policy; Breuer ym. 2019). Uudessa vapaaehtoisessa ympäristöohjelmassa fosforikuormitukseen alettiin puuttua eroosiota vähentämällä (maan talviaikainen kasvipeitteisyys) ja lannoituksen tarkentamisella, mikä toi mukanaan pakollisen viljavuustutkimuksen teettämisen ja eri kasvien fosforilannoituksen enimmäismäärät. Myös lannan fosfori otettiin paremmin huomioon lannoituksessa (MMM 1996), vaikka ympäristöohjelmien ulkopuolelle jäävillä tiloilla lannan fosforia on voinut levittää yli tarpeen, kun levitysmäärää on rajoittanut vain lannan tyyppi (170 kg N/ha; 91/676/ETY). Tavoitetasoksi maan fosforipitoisuudelle asetettiin viljakasveilla ”Tyydyttävä” ja sokerijuurikkaalla ”Hyvä” viljavuusluokka (Viljavuuspalvelu 2000, Esala 2002). Maatalouden ympäristöohjelmat (1995–1999, 2000–2006, 2007–2013, 2014–2022) kehittyivät sittemmin vaativammiksi ja korkeimman sallitun fosforilannoituksen rajoja laskettiin vähitellen. Lannan sisältämä fosfori lasketaan viimeisimmällä ohjelmakaudella kokonaan käyttökelpoiseksi (pl. turkiseläinten lanta, jonka fosforin käyttökelpoisuus on ollut 60 %), kun ensimmäisellä ohjelmakaudella käyttökelpoiseksi laskettiin 75 % kaikkien lantojen fosforisisällöstä. Uusi tutkimustieto tärkeimpien viljelykasviemme fosforilannoitusvasteista (Valkama ym. 2011 ja 2015) ja lannan fosforin käyttökelpoisuudesta (Ylivainio & Turtola 2015, Ylivainio ym. 2020, Ylivainio ym. 2021) olivat avainasemassa ympäristöohjelmien toimenpiteitä kehitettäessä.



Kuva 1. Maatiloille myydyin mineraalilannoitefosforin määrä viljeltyä peltohehtaaria kohti vuosina 1920–2019 (Kekäläinen 1999, Luke/Tilastotietokanta). Koti- ja turkiseläinten tuottaman lannan fosforimäärä viljeltyä peltohehtaaria kohti (kg/ha) vuosina 1990, 1995 ja 1997–2019 (Salo & Lemola 2014, Mattila 2021). Maan fosforipitoisuuden kehittyminen Viljavuuspalvelun (VP) tulosaineistojen mukaan vuosina 1955–2015 (Kurki 1963, 1972, 1982, Kähäri ym. 1987, Mäntylähti 2002, Eurofins Viljavuuspalvelun Tuloslaari 18.12.2021) sekä Peltomaiden tilan valtakunnallisen kemiallisen seurantatutkimuksen (Valse) mukaan vuosina 1974, 1987, 1998 ja 2009 (Uusitalo ym. 2014).

2.2. Kotieläintuotannon ja kasvintuotannon eriytyminen ohjaa lannan ravinteiden käyttöä

Kotieläintuotanto on Euroopassa vahvasti keskittynyt muutamaan jäsenvaltioon (Breuer ym. 2019) ja edelleen kaikissa EU-maissa tiettyihin osiin maata. Näin on myös Suomessa (Rekolainen ym. 1992, Ylivainio ym. 2014, Luostarinen ym. 2019a, b). Suurin osa Suomen sika- ja siipikarjatuotannosta sijaitsee läntisessä Suomessa (Varsinais-Suomen, Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan ELY-keskusten alueet), nautakarjatuotanto Pohjanmaan maakunnissa ja Pohjois-Savossa (<https://stat.luke.fi/kotielainten-lukumaara>) ja turkistuotanto Pohjanmaan maakunnissa.

Tilojen erikoistuminen kasvintuotantoon ja kotieläintuotantoon sekä tuotantosuuntien alueellinen eriytyminen aiheuttavat ravinteiden tehotonta käyttöä. Kasvinviljelytilat käyttävät pääasiassa mineraalilannoitefosforia kasvintuotantonsa ja osa sadosta menee rehuksi kotieläintiloille. Kotieläintiloilta lannan ravinteet eivät silti useinkaan kierrä kasvinviljelytiloille, vaan pääosa lannasta käytetään kotieläintiloilla niiden omassa rehuntuotannossa (Rekolainen ym. 1992, Sibbesen & Runge-Metzger 1995, Granstedt 2000, Turtola & Ylivainio 2009, Marttinen ym. 2017, Luostarinen ym. 2019a). Samalla ympäristökuormitusriski kasvaa kotieläintuotannon keskittymien ja lantaravinteiden suhteen ylijäämäisillä alueilla.

Nautakarjataloudessa lannalle on yleensä omaa käyttöä, kun karkearehun myynti ja kuljetus on vähäistä, ja tiloilla on siksi runsaasti peltoalaa suhteessa rehutarpeeseen (Virkajärvi ym. 2015, Puustinen ym. 2019). Sen sijaan sika- ja siipikarjatuotannossa rehua ostetaan runsaasti oman tuotannon lisäksi, jolloin fosforipitoisen lannan ylijäämiä syntyy helpommin. Turkistuotannossa erittäin fosforipitoista lantaa ei tarvita juuri lainkaan, samoin kuin ei myöskään useimmilla hevostalleilla. Luken arvion mukaan ainoastaan 7 % kaikesta lannasta päätyy minkäänlaiseen prosessointiin. Hyvin pieni osuus prosessoidaan siten, että se mahdollistaisi lannan ravinteiden kuljettamisen pitempiä matkoja. Lannasta arvioidaan 98 % päätyvän lannoitukseen, valtaosin lähellä syntyipaikkaansa.

Erityisesti fosforilannoitus voi kotieläintiloilla olla tarpeettoman suurta kasvien tarpeeseen nähden, varsinkin, kun kotieläintiloilla peltojen fosforipitoisuuksien tiedetään keskimäärin olevan jo valmiiksi kasvinviljelytiloja korkeampia (Uusitalo ym. 2007). Tarpeettoman suuri fosforilannoitus johtaa maan fosforipitoisuuden nousuun tai vähintäänkin korkeiden maan fosforipitoisuuksien laskun hidastumiseen (Uusitalo ym. 2016). Samalla kun lantojen fosforisisällön on arvioitu riittävän koko Suomen kasvintuotannon fosforilannoituksen tarpeisiin (Ylivainio ym. 2014, Marttinen ym. 2017, Puustinen ym. 2019, Luostarinen ym. 2019a, Luostarinen ym. 2021), mineraalilannoitefosforin myynnin arvo on ollut kymmeniä miljoonia euroja vuodessa. Mineraalilannoitefosforin käytön vähentäminen ravinteita kierrättämällä ja ravinteiden käytön tehostaminen yleisesti ovat merkityksellisiä toimia viljelyn talouden kannalta. Samalla ne ovat keskeisiä keinoja vähentää maatalouden ravinnekuormitusta vesiin.

2.3. Muu kierrätettävissä oleva fosfori

Yhdyskunnissa ja teollisuudessa muodostuu erilaisia jäte- ja sivuvirtoja, jotka sisältävät kierrätettävissä olevia ravinteita. Jättemäärien ja niiden hävittämiseen liittyvien ympäristövaikutusten kasvaessa vesistöihin päätyvien ravinteiden käsittelyyn alettiin kiinnittää huomiota. Pistemäisinä päästölähteinä jätteiden ja jätevesien käsittely on ollut helpompaa toteuttaa kuin maatalouden hajautettujen ravinnepäästöjen hallinta, mutta päätavoite on ollut ravinteiden poistaminen kierrosta. Jätteiden hyötykäyttöön, ravinteiden talteenottoon ja kierrätykseen ei ole aiemmin kiinnitetty suurta huomiota. Vasta jätelainsäädännön viimeaikaisten uudistusten (End-

of-Waste -sääntelyn) myötä on esimerkiksi teollisuuden eri sivuvirtojen jatkokäyttöä ruvettu toden teolla selvittämään.

Useiden jäte- ja sivuvirtojen kierrätys on edistynyt huomattavasti, mutta yleisesti ottaen kierrätyksen ratkaisujen kanssa on vielä tekemistä. Erityisesti ruuanjalostusteollisuudessa, mutta myös muussa teollisuudessa, muodostuu erilaisia lietteitä, nesteitä ja kiinteitä sivuvirtoja, joiden ravinteet olisi tärkeää saada kiertämään takaisin kasvintuotantoon silloin, kun haitta-aineet eivät sitä estä. Myös kulutuksen jätevirroista erilaiset kotitalouksien, kaupan ja julkisyhteisöjen biojätteet sekä jätevesien puhdistuksessa muodostuva liete sisältävät ruokaketjusta peräisin olevia ravinteita, jotka eivät kirjoitushetkellä kierrä tehokkaasti. Kotieläintuotannon lantaan verrattuna ravinnemäärät näissä biomassoissa ovat selvästi vähäisemmät, mutta osa em. biomassoista päätyy maatalouden lannoitekäyttöön ja tätä kiertoa on edelleen vara lisätä.

3. Aineistot ja menetelmät

Kasvintuotannon fosforilannoituksen tarpeen ja kierrätettävissä olevan fosforin saatavuuden väliseen vertailuun on luotu laaja laskentamalli, Ravinnelaskuri. Ravinnelaskuri on Luonnonvarakeskuksen ja Suomen ympäristökeskuksen viranomaiskäyttöön kehittämä työkalu alueellisen ravinteiden kierrätyksen suunnitteluun (toteutus 2015–2019, rahoittaja Maa- ja metsätalousministeriö). Sitten Luonnonvarakeskus on kehittänyt työkalua eteenpäin tutkimuskäyttöön. Tiedot kasvien ravinnetarpeista, alueellisesti tuotetuista kasveista, peltopinta-alasta ja maaperästä sekä muodostuvien lantojen ja muiden ravinnepitoisten massojen fosforimääristä ja sijainnista yhdistyvät Ravinnelaskuriin, jonka tietokantoja ja tulostuksia on hyödynnetty raportin laskennoissa.

Ravinnelaskuri sisältää tiedon Suomessa muodostuvista, kierrätykseen soveltuvista, ravinnepitoisista biomassoista, joita ovat kotieläintuotannon lanta, nurmibiomassat (säilörehun ylijäämä sekä osa suojavyöhykkeiden ja luonnonhoitopeltojen nurmista), yhdyskuntien biojäte ja jätevesiliete sekä erilaiset elintarviketeollisuuden sivuvirrat. Tieto sisältää biomassojen vuotuiset määrät sekä niiden typen ja fosforin sekä kuiva- ja orgaanisen aineksen määrät. Laskurilla voidaan verrata biomassojen ravinne määrää sellaisenaan tai erilaisten prosessointien kautta kasvintuotannon lannoitustarpeeseen tarkastelualueella (koko Suomi, ELY-keskus, kunta). Tässä raportissa on käytetty biomassojen alkuperäistä fosforimäärää (ilman prosessointeja, potentiaali syntypaikallaan) arvioitaessa biomassojen potentiaalia kasvien fosforilannoitustarpeen tyydyttämisessä kuntien ja ELY-keskusten alueilla.

3.1. Viljavuustutkimusaineisto

Raportin keskeinen tulosaineisto koottiin maan viljavuustutkimuksia tekeviltä laboratorioilta. Analyysitulokset oletettavasti painottuvat ympäristökorvaukseen sitoutuneisiin tiloihin, jolloin korvaukseen sitoutumattomien tilojen alalta tietoa on vähemmän. Näytteet olivat pääosin viljelijöiden itse ottamia. Viljavuustutkimusten tuloksia saatiin ensimmäisellä jaksolla (1996–2000) kahdelta, toisella jaksolla (2005–2009) kuudelta, kolmannella jaksolla (2010–2014) viideltä ja neljännellä jaksolla (2015–2019) neljältä laboratorioilta. Tuloksia luovuttaneiden laboratorioiden lukumäärä ei kuitenkaan kuvaa yksiselitteisesti tulosten määrää tai maantieteellistä kattavuutta, koska laboratoriokentässä on tapahtunut useita muutoksia viimeisen 25 vuoden aikana. Näytemäärät ovat vaihdelleet eri viisivuotisjaksoilla välillä 0,8–1 miljoonaa näytettä jaksoa kohden. Kun maatalousmaata on Suomessa reilut kaksi miljoonaa hehtaaria, aineisto on hyvin kattava kaikilla jaksoilla; keskimäärin yhden maanäytteen tulos edustaa noin 2,5 hehtaarin peltopinta-alaa.

Laboratorioilta tulokset saatiin joko postinumeroalueittain tai suoraan kuntakohtaisesti. Postinumeroalueittaiset viljavuustiedot sijoitettiin kuntiin Tilastokeskuksen ylläpitämän vuoden 2019 postinumero-kunta-avaimen mukaisesti (www.stat.fi). Avaimessa postinumeroalueen kunta määritetään sen mukaan, minkä kunnan puolella suurin osa postinumeroalueen pinta-alasta sijaitsee. Seuraavassa vaiheessa näytteet ryhmiteltiin vuoden 2021 voimassa olevan kuntaluettelon mukaisesti kuntiin ja ELY-alueisiin. Ahvenanmaata käsiteltiin yhtenä kokonaisuutena.

Viljavuustutkimusaineisto käsittää maalajin, multavuuden, johtoluvun, happamuuden sekä kalium-, kalsium-, magnesium- ja fosforipitoisuuden. Tässä raportissa käsitellään maalaji- ja fosforipitoisuustuloksia. Tarkasteltavaan aineistoon otettiin mukaan viljavuustulokset, joista oli saatavissa kuntatieto, maalaji ja maan fosforipitoisuus, kivennäismailta vaadittiin myös tieto multavuudesta. Nollaksi pyöristyvien tai yli 500 mg/l fosforipitoisuuden tulokset jätettiin

aineiston ulkopuolelle, koska kyseisten tulosten oletettiin edustavan muuta kuin peltomaata. Aineistoa käsiteltiin samalla tavoin kuin Ylivainio ym. (2014) ja Lemola ym. (2018) tekivät, eli tämän raportin tiedot ovat suoraan vertailukelpoisia em. julkaisuissa esitettyjen tulosten kanssa.

Aineisto on jaksotettu neljään viisivuotiskaksoon: jakso 1 kattaa vuodet 1996–2000, jakso 2 vuodet 2005–2009, jakso 3 vuodet 2010–2014 ja jakso 4 vuodet 2015–2019. Jaksojen 1 ja 2 tuloksista ovat aikaisemmin raportoineet Uusitalo ym. (2014) ja Lemola ym. (2018). Ylivainio ym. (2014) raportoi jakson 2 tuloksista. Tuloksia tarkasteltiin viisivuotiskaksoittain, jotta samalle jaksolle ei tulisi näytteitä samalta pellolta kahtena eri ajankohtana. Ympäristökorvaukseen sitoutuneilla tiloilla edellisestä analyysistä saa olla kulunut korkeintaan viisi vuotta. Tämän raportin pääpaino on uusimmissa viljavuustuloksissa (jakso 4), mutta fosforiluvun muutoksen osalta tarkasteltiin kaikkia jaksoja.

3.2. Viljelykasvien pinta-alat ja satotiedot

Laskennassa käytetyt kasvien pinta-alat olivat peräisin Ruokaviraston ylläpitämästä peltolohkorekisteristä (IACS-rekisteri) vuodelta 2020. Kunnittainen peltoala laskettiin rekisterin tietojen perusteella ja se sisälsi viljellyn alan ja kesantoalan.

Tärkeimpien viljelykasvien sadot 1999–2021 saatiin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämästä tilastotietokannasta <https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/>

Nurmien, viljojen ja erikoiskasvien pinta-alat laskettiin Luken tilastopalvelujen tuottamasta tietokannasta. Erikoiskasveiksi laskettiin sokerijuurikas, peruna ja avomaan vihannekset. Tarkasteleissa käytettiin vuosien 2016–2020 keskiarvoa.

Kunta- ja ELY-keskusjakona on käytetty vuoden 2021 aluejakoa.

3.3. Muut tilastoaineistot

Kunnittainen peltoprosentti laskettiin jakamalla peltoala maapinta-alalla, joka saatiin Maanmittauslaitokselta (2020). Peltoala laskettiin Luken tilastopalvelujen tuottamasta käytössä olevan maatalousmaan kuntakohtaisesta tilastosta. Peltoalaan laskettiin viljelty ala, kesantoala, monivuotiset puutarhakasvit ja kotitarvepuutarha. Peltoalana ja viljeltynä alana käytettiin vuosien 2016–2020 keskiarvoa. Peltoalaa käytettiin kuntakohtaisen peltoprosentin laskemisessa ja viljeltyä alaa Suomen kasvin- ja kotieläintuotantoa kuvaavissa kartoissa.

OECD:n taselaskelmia käytettiin laskettaessa fosforinkäytön tehokkuuslukuja ajanjaksolle 1990–2020. Tiedot haettiin järjestön verkkosivulta (<https://data.oecd.org/agrland/nutrient-balance.htm>).

3.4. Biomassat

3.4.1. Kotieläinten määrät

Eläinmäärien tieto perustuu Ruokaviraston kokoamiin tilastotietoihin naudoille, sioille, siipikarjalle, lampaille ja vuohille (2020) ja tiedot saatiin Maanmittauslaitoksen kautta. Hevosten ja ponnien määrät (2018) on saatu Suomen Hippokselta ja turkiseläinten määrät (2021) Suomen

Turkiseläinten Kasvattajain Liitolta. Eläinmäärätiedot sisältävät myös tiedon eläinten pitopaikasta lukuun ottamatta hevosia, joilla sijaintitieto on omistajan (hevosten pitopaikka voi olla eri). Sijaintitietoa käytettiin muodostuvien lantojen sijoittamisessa eri alueille kunta- ja ELY-keskustasoilla.

3.4.2. Lantojen määrä ja fosforisisältö

Lannan määrän ja fosforin tiedot perustuvat Suomen normilanta -järjestelmään (Luostarinen ym. 2017a,b), joka laskee lantatiedot useille eri eläinryhmille ja viidelle eri lantatyypille. Käytetty lantatieto on eläinsuojasta poistetun (ex housing) lannan määrä, josta on vähennetty keskimäärin laitumelle ja ulkotarhoihin päätyvä lanta. Lisäksi eläinryhmiä ja lantatyyppejä on yhdistetty siten, että laskennassa huomioidaan vain eläinten pääryhmät ja lantatyypeistä lietelannat, virtsa ja kiinteät lannat (Taulukko 1).

Taulukko 1. Ravinnelaskurin lantojen luokittelu.

| Eläinryhmä | Lietelanta | Kiinteät lannat | Virtsa |
|----------------------------|------------|-----------------|--------|
| Naudat | x | x | x |
| Siat | x | x | x |
| Munituskanojen lanta | | x | |
| Muu siipikarjan lanta | | x | |
| Hevosten ja ponien lanta | | x | |
| Lampaiden ja vuohien lanta | | x | |
| Turkiseläinten lanta | | x | |

Lannan määrän ja ominaisuuksien tieto on yhdistetty tietoon kotieläintilojen sijainnista ja eläinmäärästä, jolloin muodostuvan lannan määrä saadaan kohdentumaan tarkasteltaville alueille kuntatasolta lähtien.

3.4.3. Muiden biomassojen määrä ja fosforisisältö

Yhdyskuntien jätevesilietteen määrä perustuu Vesilaitosyhdistyksen (VVY 2021) vuodelle 2020 raportoimaan lietemäärään ja siitä saman vuoden asukasluvun mukaisesti johdettuun asukaskohtaiseen kertoimeen (66,8 g kuiva-ainetta/hlö/vrk). Yhdyskuntien biojätteen määrä on tuotettu laskennallisesti valtakunnallisten, vuodelle 2020 Tilastokeskuksen laatimien yhdyskuntajätetilastojen ja niistä johdetun kertoimen avulla. Vuoden 2020 väkiluku antaa molemmille em. jätteille sijainnin kuntaan ja ELY-keskusalueelle, jolla jäte muodostuu. Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen (eläinperäiset sivuvirrat ja lietteet, rasvajätteet, kasvijätteet, maito- ja meijerijätteet, leipomojätteet ja juomien valmistuksen jätteet) määrätiedon taustalla on ympäristöhallinnon YLVA-järjestelmän vuoden 2020 tiedot ympäristölupavollisissa yrityksissä muodostuvan biohajoavan jätteen määrästä. Biomassojen keskimääräiset fosforimäärät on arvioitu kirjallisuuskatsauksen avulla (Luostarinen ym. 2023a). Ravinnelaskurin tietolähteet on kuvattu tarkemmin liitteessä 1.

3.5. Kasvien tarpeen mukainen fosforilannoitus

Fosforilannoituksen alueittainen tarve on johdettu kunkin alueen peltojen maalaji- ja P-lukujakaumasta, sekä viljeltävien kasvien valikoimasta. Fosforilukujen jakaumat kunnittain ja maalajiryhmittäin saatiin viljavuuslaboratorioiden analyysituloksista vuosilta 2015–2019. Kunnan tai ELY-alueen P-luvun keskiarvon sijaan laskennassa on käytetty P-lukujen frekvenssijakaumia, koska sama keskiarvo voi tulla useammanlaisesta jakaumasta. Yksinkertaistettuna tätä voi ajatella kahden luvun avulla, joiden keskiarvo on 7,5. Sama keskiarvo saadaan lukujen 5 ja 10 avulla, mutta myös lukujen 7 ja 8 keskiarvona. Jos fosforilannoitustarve loppuu esimerkiksi savimailla viljoja viljeltäessä luvun 6 yläpuolella, on ensimmäisessä vaihtoehdossa 50 % luvuista tätä pienempiä (ja hyötyvät fosforilisäyksestä), mutta luvut 7 ja 8 ovat molemmat lukua 6 suurempia (eikä fosforilisäyksille ole tarvetta).

Viljoja ja nurmia viljeltäessä vuosittaisen fosforilannoituksen tarpeen on todettu loppuvan P-luvun kohotessa savimailla yli 6 mg/l, karkeammilla kivennäismailla P-luvuilla yli 10 mg/l ja eloperäisillä mailla (multa- ja turvemaa) P-luvuilla yli 15 mg/l (Valkama ym. 2011, 2015). Suomalalaisten kokeiden yhteenvetoja muiden kasvien kuin viljojen ja nurmien satovasteista ei ole käytettävissä, koska niillä fosforilannoituskokeita on tehty hyvin vähän tai tuloksia ei ole ollut saatavana yhteenvetojen tekemiseen. Kasvien tarpeen mukaisessa lannoituksessa sovellettiin öljykasveille ja palkokasveille viljojen fosforilannoitusmääriä. Vihannesten fosforilla saatavien satovasteiden todennäköisyyttä ja lannoitustarvetta arvioitaessa hyödynnettiin Suojala-Ahlforsin ym. (2020, 2021) kokeita, muissa Pohjoismaissa käytettäviä lannoitussuosituksia ja Norjassa vihanneksilla tehtyjen laajojen kenttäkoesarjojen tulosityhteenvetoja (Riley ym. 2012, Stubhaug ym. 2015). Vihannesten lisäksi samaa lannoitustapaa käytettiin myös sokerijuurikkaan, kaalien, sipuleiden ja juureksien lannoitustarpeen laskennassa. Osalle kasveista (mm. marjat ja koristekasvit) laskennassa käytettiin ympäristökorvauksen sallimia enimmäismääriä. Yksityiskohtainen selvitys eri kasvien lannoitusperusteesta löytyy liitteestä 2. Peltoala, jolla ei katsota olevan fosforilannoitustarvetta, vastaa tämän raportin laskelmissa sitä osuutta pelloista, jotka saavat liitteiden 3 ja 4 mukaan 0 kg fosforia.

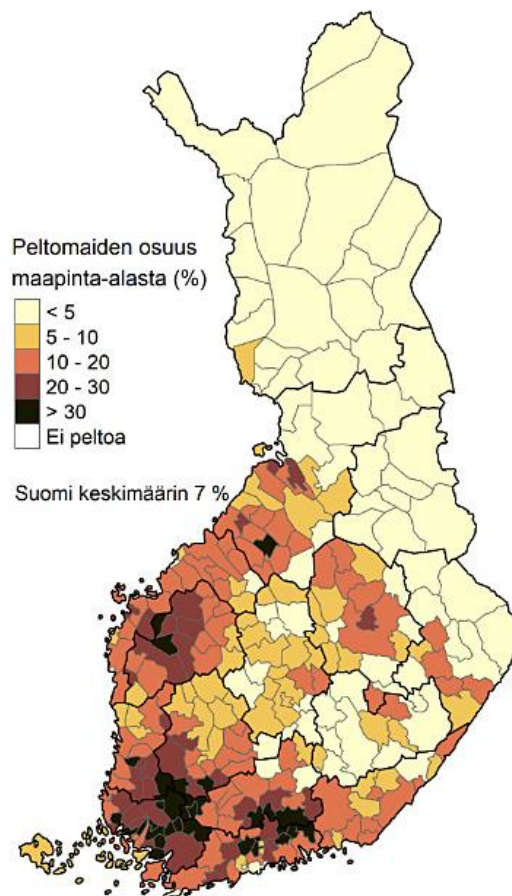
Alueella viljeltävät kasvit on noudettu Ruokaviraston kuntakohtaisesta IACS-rekisteristä. Eri kasvit on jaettu tarkasteltavan alueen kaikkiin maalajikohtaisiin P-lukujakaumiin samoilla osuuksilla. Fosforitarve kunnan tai ELY-alueen viljelyssä on sen jälkeen arvioitu liitteen 3 ja 4 taulukoiden mukaan. Kasvien tarpeen mukaisen fosforilannoituksen ja kotieläinten lantaan erittämän fosforin erotuksena saadaan laskettua edelleen alueellinen fosforin yli- tai alijäämä. Lannan lisäksi voidaan huomioida myös muiden alueella muodostuvien biomassojen fosforisisältö.

4. Tulokset

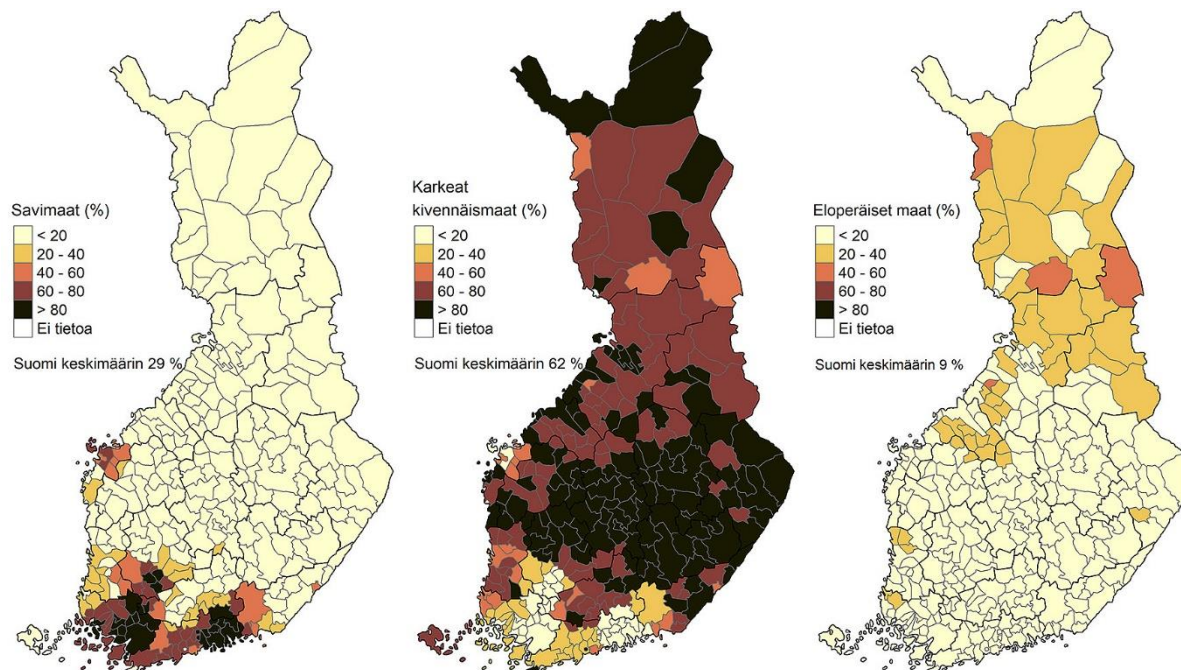
4.1. Maalajit ja viljavuus

4.1.1. Maalajit ja viljely

Suomen maapinta-alasta keskimäärin 7 % on peltoa. Pellot sijaitsevat suurimmaksi osaksi rannikon tuntumassa (Kuva 2). Pelloista 29 % on savimaita, 62 % karkeampia kivennäismaita ja 9 % eloperäisiä maita (Kuva 3). Karkeita kivennäismaita on eniten Keski- ja Itä-Suomessa sekä Pohjanmaalla. Savimaita on eniten Varsinais-Suomessa ja Uudellamaalla. Eloperäiset maat sijaitsevat pääosin Pohjanmaalla ja Pohjois-Suomessa.



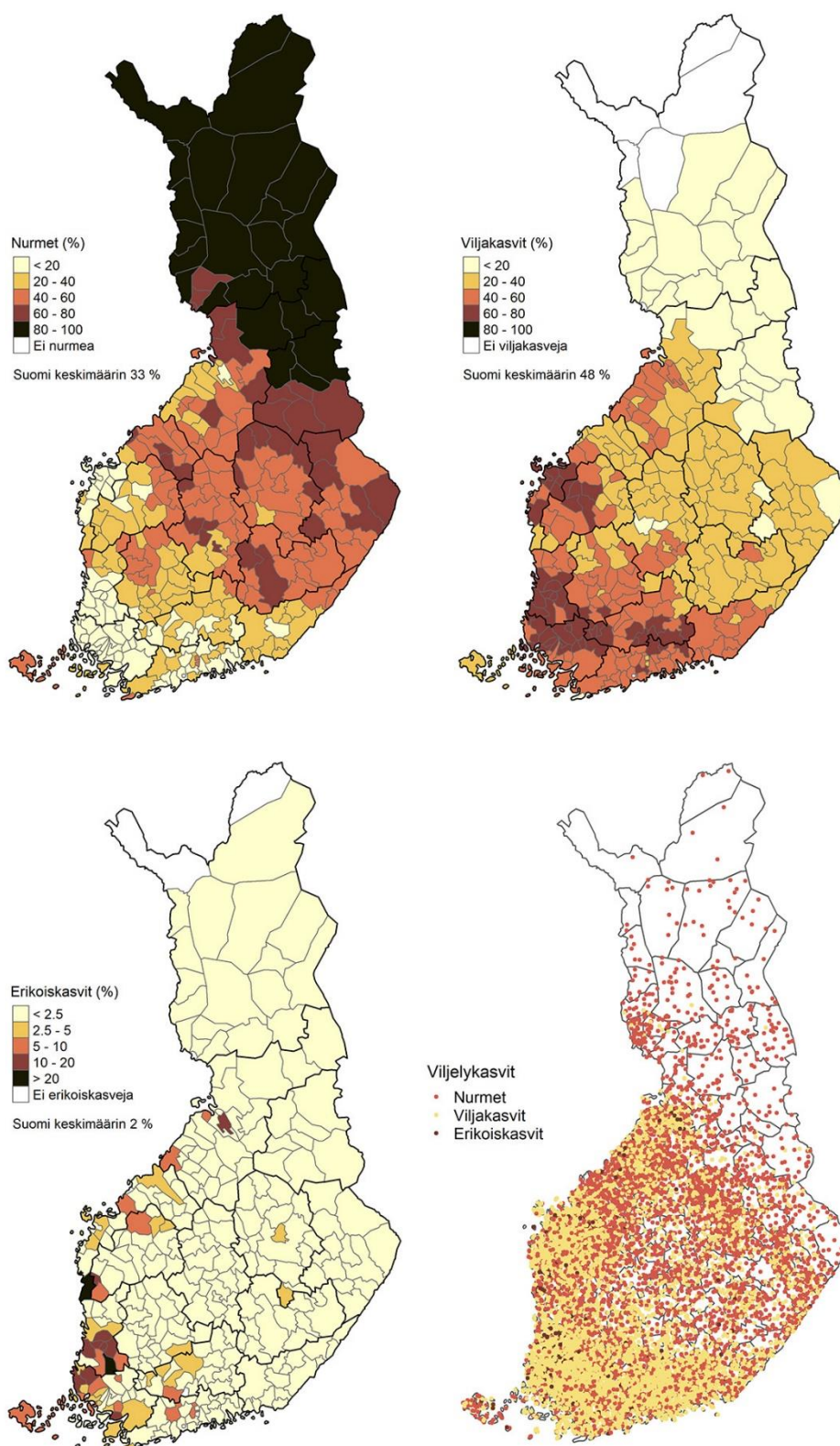
Kuva 2. Peltomaiden osuus (%) maapinta-alasta kunnittain. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.



Kuva 3. Savimaiden, karkeiden kivennäismaiden ja eloperäisten maiden osuus (%) kunnan pelto- maista. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenan- maata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

Viljan viljely on keskittynyt rannikkoalueille, joilla myös peltoalan osuus maa-alasta on suuri (Kuva 4). Nurmiviljely taas on keskittynyt suurelta osin Itä- ja Pohjois-Suomeen sekä Pohjan- maalle. Erikoiskasvien viljelyä on keskittynyt enemmän joihinkin Varsinais-Suomen, Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan kuntiin sekä Ahvenanmaalle. Viljakasveja viljeltiin vuosien 2016–2020 ai- kana 48 %:lla peltoalasta, kun nurmikasvien osuus oli 33 % ja erikoiskasvien noin 2 %. Kesantoa oli noin 11 %.

Viljan osuus peltoalasta ylitti 70 % Satakunnassa Nakkilassa, Eurassa, Raumalla ja Huittisissa, Varsinais-Suomessa Pyhärannassa, Vehmaalla, Loimaalla ja Oripäessä, Hämeessä Humppilassa ja Etelä-Pohjanmaan Isossakyrössä, sekä Vaasassa Pohjanmaalla (Kuva 4). Näissä samoissa kun- nissa nurmien osuus oli 6–13 % ja kesantoala 6–17 % peltoalasta. Erikoiskasveja näillä alueilla viljeltiin vaihtelevasti. Nakkilassa erikoiskasvien osuus peltoalasta oli suurin, 13 %, johtuen suu- relta osin tärkkelysperunan ja sokerijuurikkaan viljelystä.

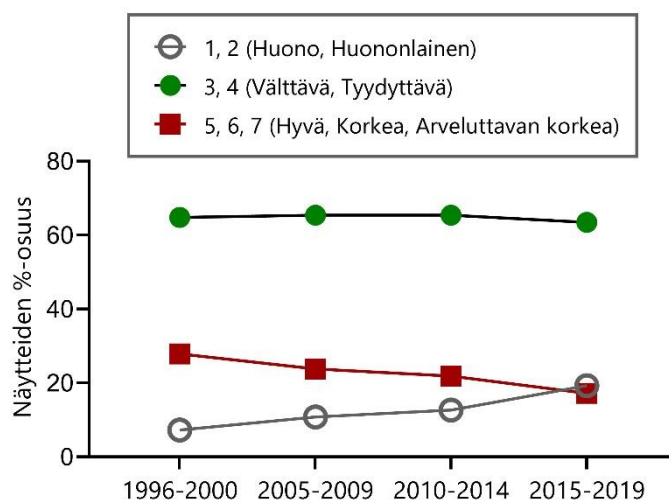


Kuva 4. Nurmiin, viljojen ja erikoiskasvien viljelyalojen keskimääräinen osuus (%) peltoalasta sekä pinta-alat (ha) pistetiheyskarttana vuosina 2016–2020. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Oikean alakuvan pistetiheyskartassa viljelykasvien ala (ha) kunnittain, kuvan yksi piste vastaa 150 hehtaaria.

4.1.2. Viljavuus ja peltomaiden fosforipitoisuus

Vuodesta 1995 toteutettujen EU-ympäristöohjelmien aikana korkeiden P-lukujen osuus on vähentynyt selvästi. Koko maan pelloista korkeimpien P-luokkien 5, 6 ja 7 (aik. ”Hyvä”, ”Korkea” ja ”Arveluttavan korkea”) osuus oli ensimmäisellä jaksolla noin 28 %, minkä jälkeen osuus on vähentynyt tasaisesti ajan myötä, ja jaksolle 4 tullessa laskenut 17 %:iin. Luokkien 3 ja 4 (aik. ”Välttävä” ja ”Tyydyttävä”) osuus on koko maan tasolla pysynyt tasaisesti 64–65 %:ssa maanäytteistä kaikilla jaksoilla (Kuva 5).

Samaan aikaan tapahtunut fosforiluokkien 1 ja 2 (aik. ”Huono” ja ”Huononlainen”) osuuden kasvu ensimmäisen jakson 7 %:sta neljännen jakson noin 19 %:iin oli yllättävää ja ei-toivottua. Vaikka luokan 1 osuus on kaikilla jaksoilla ollut selkeästi pienempi kuin luokan 2, myös luokassa 2 ympäristöohjelmien sallimat suurimmat lisäysmäärät ovat koko ajan olleet niin suuria, että niitä käytettäessä maahan jää fosforin ylijäämää ja maan P-lukujen tulisi hitaasti kasvaa. Olettavasti fosforilannoitusta on vähennetty enemmän tai vähemmän tasaisesti kaikilla pelloilla, myös niillä matalan P-luvun mailla, joilla fosforin lisäykset toisivat sadonlisiä.



Kuva 5. Näytteiden jakautuminen (prosenttiosuudet) viljavuusluokkiin neljällä tarkastellulla 5-vuotisjaksolla koko Suomen alueelle laskettuna.

Kehitys on ollut pääosin samansuuntaista kaikilla ELY-alueilla. Korkeiden P-lukujen (luokat 5, 6 ja 7) osuus oli ensimmäisellä jaksolla hyvin suuri Varsinais-Suomessa (40 %), Satakunnassa (44 %), Pohjanmaalla (40 %) ja Ahvenanmaalla (69 %). Neljännellä jaksolla osuus oli Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Pohjanmaalla laskenut 26–29 %:iin, kun Ahvenanmaalla 48 % maanäytteistä oli edelleen korkeiden P-lukujen luokissa. Toisaalta ne alueet, joissa alhaisimpien viljavuusluokkien 1 ja 2 osuus oli jo ensimmäisellä jaksolla vähintään 10 %, erottautuivat myös neljännellä jaksolla suuren alhaisten P-lukujen osuuden perusteella muista alueista. Neljännellä jaksolla kahteen alhaisimpaan viljavuusluokkaan kuului Pirkanmaalla 36 %, Pohjois-Karjalassa 31 %, Keski-Suomessa 30 % ja Kainuussa 29 % maanäytteistä. Alhaisimpaan P-luokkaan 1 kuului näillä alueilla 6–8 % maanäytteistä, kun muilla alueilla osuus vaihteli 2–5 %:n välillä. Pirkanmaalla, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa P-luokkien 3 ja 4 (aik. ”Välttävä” ja ”Tyydyttävä”) osuus on muista alueista poiketen samalla pienentynyt merkittävästi tarkastelujaksoilla. Kun kahden alhaisimman viljavuusluokan osuus on jopa kolmannes analysoiduista maanäytteistä, sadontuottoa voitaisiin näillä alueilla nostaa käyttämällä sallittuja fosforilisäyksiä alhaisempien P-lukujen mailla (Liite 5).

Peltomaiden keskimääräinen fosforipitoisuus Suomessa on laskenut 20 vuoden aikana 26 %. Se oli vuosina 1996–2000 keskimäärin 14,5 mg/l ja vuosina 2015–2019 keskimäärin 10,7 mg/l (Taulukko 2). Alueesta riippuen fosforiluvut laskivat 3,2–11,3 mg/l. Laskua tapahtui eniten Ahvenanmaalla (-11,3 mg/l), Lapissa (-8,5 mg/l) ja Satakunnassa (-6,9 mg/l). Ahvenanmaan lukuun on kuitenkin syytä suhtautua varauksellisesti, koska vuosien 1996–2000 näytemäärä käytettävissä olevassa aineistossa oli melko pieni. Suhteellisesti eniten fosforiluvut ovat laskeneet Lapissa (45 %) ja Kainuussa (43 %), kun vähiten muutosta on tapahtunut Pohjanmaalla (18 %), Etelä-Pohjanmaalla (22 %) ja Varsinais-Suomessa (23 %).

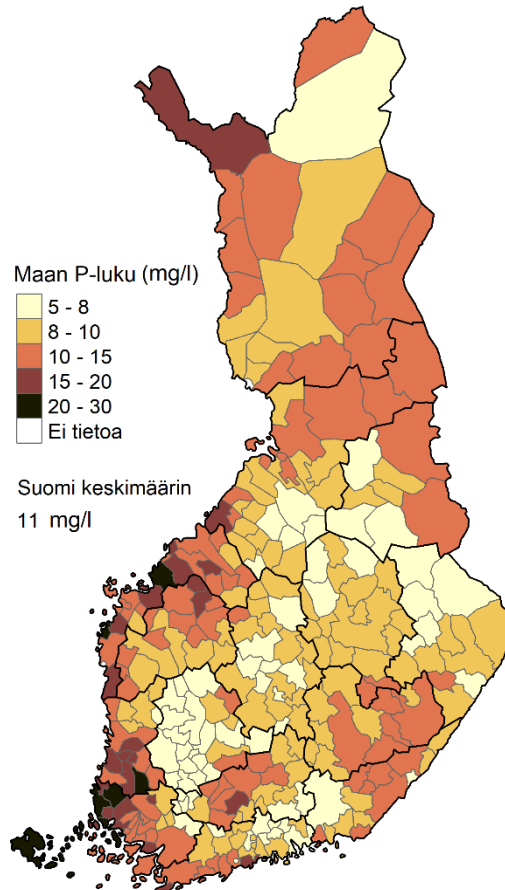
Taulukko 2. Viljavuusnäytteiden lukumäärä ja keskimääräinen fosforipitoisuus (mg/l) vuosina 1996–2000, 2005–2009, 2010–2014 ja 2015–2019 vuoden 2021 mukaisilla ELY-keskusalueilla, Ahvenanmaalla ja koko maassa.

| Alue | 1996–2000 | | 2005–2009 | | 2010–2014 | | 2015–2019 | |
|-------------------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | lkm,kpl | P, mg/l | lkm,kpl | P, mg/l | lkm,kpl | P, mg/l | lkm, kpl | P, mg/l |
| Uusimaa | 92 175 | 13,0 | 81 648 | 11,2 | 72 675 | 10,4 | 70 090 | 9,1 |
| Varsinais-Suomi | 127 334 | 18,5 | 119 916 | 17,2 | 112 140 | 15,7 | 108 824 | 14,0 |
| Satakunta | 54 786 | 20,9 | 62 019 | 17,8 | 52 024 | 16,5 | 54 253 | 14,0 |
| Häme | 89 395 | 13,6 | 84 144 | 12,0 | 72 220 | 11,0 | 73 257 | 9,2 |
| Pirkanmaa | 73 201 | 10,1 | 73 243 | 9,3 | 62 024 | 8,6 | 66 591 | 7,5 |
| Kaakkois-Suomi | 63 046 | 12,9 | 59 154 | 11,3 | 53 947 | 10,2 | 50 930 | 9,0 |
| Etelä-Savo | 40 806 | 13,8 | 34 333 | 11,9 | 35 796 | 10,9 | 33 257 | 9,8 |
| Pohjois-Savo | 66 814 | 11,8 | 74 222 | 10,5 | 54 696 | 10,0 | 61 795 | 8,8 |
| Pohjois-Karjala | 41 459 | 11,6 | 41 059 | 9,8 | 27 926 | 9,2 | 32 386 | 8,2 |
| Keski-Suomi | 45 478 | 11,5 | 47 514 | 10,0 | 34 363 | 9,4 | 36 305 | 8,2 |
| Etelä-Pohjanmaa | 85 152 | 14,4 | 113 486 | 12,7 | 114 120 | 11,9 | 117 316 | 10,8 |
| Pohjanmaa | 34 387 | 18,3 | 78 368 | 16,6 | 69 441 | 16,1 | 76 336 | 15,0 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 42 214 | 15,5 | 101 143 | 13,1 | 13 378 | 11,5 | 57 256 | 9,7 |
| Kainuu | 10 829 | 14,4 | 13 272 | 11,2 | 7 299 | 9,7 | 10 003 | 8,2 |
| Lappi | 12 290 | 18,7 | 22 396 | 14,1 | 5 444 | 11,7 | 11 698 | 10,2 |
| Ahvenanmaa | 554 | 32,9 | 2 631 | 21,6 | 10 328 | 21,1 | 7 220 | 21,6 |
| Koko maa | 879 920 | 14,5 | 1 008 548 | 13,0 | 797 822 | 12,2 | 867 517 | 10,7 |

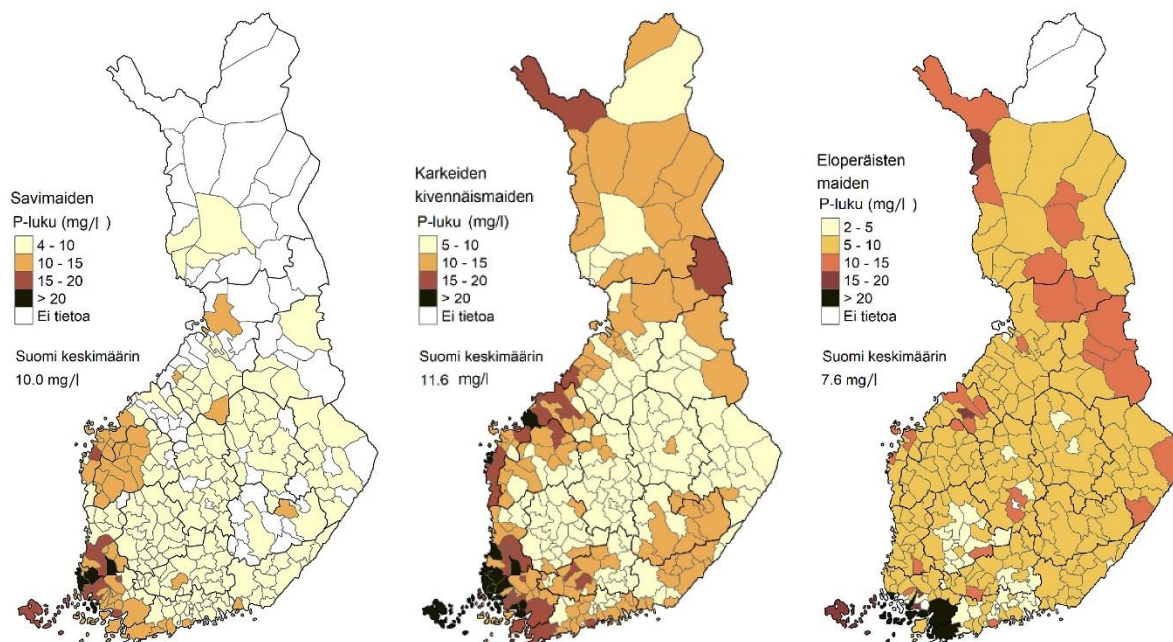
Kuntatasolla korkeimmat keskimääräiset P-luvut vuosina 2015–2019 löytyivät Manner-Suomen rannikkoalueilta ja Ahvenanmaalta (Kuva 6). Ahvenanmaan kuntien P-lukuja ei eritelty pienen näytemäärän vuoksi, mutta koko Ahvenanmaan keskimääräinen P-luku oli yli 20 mg/l. Varsinais-Suomessa kuntakeskiarvona yli 20 mg/l pitoisuuksia löytyi Uudestakaupungista, Naantalista, Taivassalosta ja Laitilasta. Pohjanmaalla Uusikaarlepyy ja Korsnäs kuuluivat samaan ryhmään, kuten myös Satakunnasta Säskylä.

Toisessa ääripäässä alle 7 mg/l P-luvun keskiarvoja löytyi kahdeksassa kunnassa Pirkanmaalla: Pirkkala, Vesilahti, Urjala, Ikaalinen, Akaa, Nokia, Lempäälä ja Parkano. Uudellamaalla viiden kunnan keskiarvo oli alle 7 mg/l, näitä olivat Pornainen, Pukkila, Mäntsälä, Myrskylä ja Askola. Hämeessä samaan ryhmään kuuluivat Forssa, Ypäjä, Iitti ja Orimattila, sekä Keski-Suomessa Uurainen, Multia ja Luhanka. Pohjois-Karjalassa Nurmeksien, Polvijärven ja Tohmajärven keskiarvo oli niin ikään alle 7 mg/l. Keskiarvojen vertailussa tulee muistaa, että alueen peltojen

vallitseva maalaji määrittää sen, mitä P-luvut tarkoittavat sadontuoton ja lannoitustarpeen näkökulmasta. Maalajikohtaiset tunnusluvut kunnittain on esitetty kuvassa 7 ja numeroina liitteessä 5.



Kuva 6. Peltomaiden keskimääräinen fosforiluku (mg/l) Suomen kunnissa vuosina 2015–2019. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.



Kuva 7. Savien, karkeiden kivennäsmaiden ja eloperäisten maiden keskimääräinen fosforiluku (mg/l) Suomen kunnissa vuosina 2015–2019. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Kunnat, joista on alle 10 näytettä, eivät ole mukana.

Lukuun ottamatta Etelä-Pohjanmaata, kaikilla alueilla karkeampien kivennäsmaiden P-luvun keskiarvo oli korkeampi kuin savien tai eloperäisten maiden keskiarvot (Taulukko 3). Pääsääntöisesti savimaissa on karkeampia tai eloperäisiä maita suurempi fosforinpidätyskapasiteetti, minkä vuoksi samalla lannoituksella savimaiden P-luvut (s.o. helppoliukoinen osuus maan fosforista) kasvavat hitaammin kuin muiden maalajien P-luvut. Toisaalta savimaita voi myös menestyksellisesti viljellä alhaisemmillä P-luvuilla kuin karkeitä kivennäsmaita. Eloperäisten maiden fosforinpidätys puolestaan on usein kivennäsmaita vähäisempää, ja toisaalta orgaaninen aines voi kilpailla fosforin kanssa samoista pidätyspaikoista. Fosforia siirtyy eloperäisissä maissa helpommin muokkauskerroksesta syvempiin maakerrokseen.

Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Pohjanmaalla kaikkien maalajien P-luvut ovat Suomen korkeimpia. Kuvan 7 kartassa eloperäisten maiden korkeiden P-lukujen keskiarvot Varsinais-Suomen Pyhärannassa, Paraisilla, Turussa, Sauvossa ja Salossa perustuvat Pyhärantaan lukuun ottamatta pieneen suhteelliseen näytemäärään. Pyhärannassa hieman yli 20 % näytteistä oli luokiteltu eloperäisiksi maiksi, mutta muissa kunnissa osuus oli korkeintaan 1,6 %.

Taulukko 3. Viljavuustutkimusten näytemäärä (kpl) vuosina 2015–2019, eri maalajien osuudet näytteistä (%) ja niiden keskimääräinen fosforipitoisuus (mg/l) vuoden 2021 mukaisilla ELY-keskusalueilla, Ahvenanmaalla ja koko maassa.

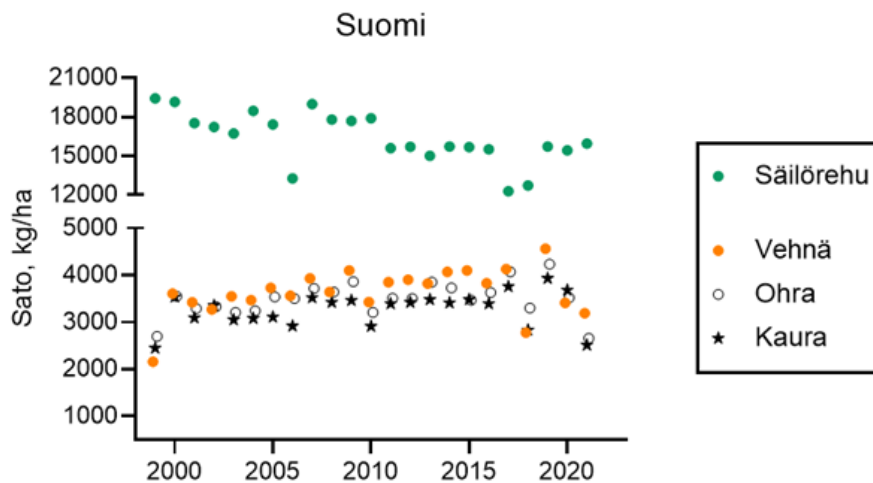
| Alue | Näyte- määrä (kpl) | Maalaji | | | Fosforiluku (mg/l) | | | |
|-------------------|--------------------------|-------------|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| | | Savi (%) | Karkea kiv. maa (%) | Elop. maa (%) | Kaikki maat | Savi | Karkea kiv. maa | Elop. maa |
| Uusimaa | 70 090 | 72,1 | 24,7 | 3,2 | 9,1 | 8,3 | 11,9 | 6,4 |
| Varsinais-Suomi | 108 824 | 77,2 | 19,9 | 2,9 | 14,0 | 12,7 | 19,6 | 11,5 |
| Satakunta | 54 253 | 22,1 | 66,1 | 11,8 | 14,0 | 13,2 | 15,5 | 7,2 |
| Häme | 73 257 | 40,3 | 54,1 | 5,6 | 9,2 | 7,2 | 11,1 | 6,0 |
| Pirkanmaa | 66 591 | 38,0 | 56,5 | 5,5 | 7,5 | 7,0 | 8,1 | 5,5 |
| Kaakkois-Suomi | 50 930 | 31,6 | 60,3 | 8,1 | 9,0 | 7,2 | 10,2 | 6,5 |
| Etelä-Savo | 33 257 | 0,4 | 90,1 | 9,5 | 9,8 | 8,7 | 10,1 | 7,5 |
| Pohjois-Savo | 61 795 | 8,0 | 84,0 | 8,0 | 8,8 | 6,8 | 9,2 | 6,2 |
| Pohjois-Karjala | 32 386 | 5,6 | 83,8 | 10,6 | 8,1 | 6,0 | 8,3 | 8,1 |
| Keski-Suomi | 36 305 | 3,1 | 87,8 | 9,1 | 8,2 | 6,6 | 8,5 | 6,1 |
| Etelä-Pohjanmaa | 117 316 | 5,5 | 80,4 | 14,1 | 10,8 | 11,5 | 11,3 | 7,5 |
| Pohjanmaa | 76 336 | 19,1 | 67,3 | 13,6 | 15,0 | 12,5 | 16,8 | 9,6 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 57 256 | 2,6 | 77,1 | 20,3 | 9,7 | 8,8 | 10,5 | 7,1 |
| Kainuu | 10 003 | 1,0 | 82,2 | 16,8 | 8,2 | 7,1 | 8,2 | 8,8 |
| Lappi | 11 698 | 0,6 | 72,0 | 27,4 | 10,2 | 6,6 | 10,6 | 9,0 |
| Ahvenanmaa | 7 220 | 19,7 | 77,2 | 3,1 | 21,6 | 17,2 | 22,9 | 16,2 |
| Koko maa | 867 517 | 28,8 | 61,8 | 9,4 | 10,7 | 10,0 | 11,6 | 7,6 |

4.2. Peltokasvien satotrendit 2000-luvulla

Viljoilla satotrendi on 2000-luvulla ollut hienoisessa kasvussa, joskaan kaikilla alueilla ei selkeää trendiä ole havaittavissa. Luken tilastossa koko maan vehnän keskisato on 2000-luvulla ollut (vuosien 1999–2021 keskiarvona laskettuna) reilut 3600 kg/ha, ohralla lähes 3500 kg/ha ja kauralla 3300 kg/ha. Vehnäsato on noin kahden vuosikymmenen aikana kasvanut keskimäärin 0,7 % (reilut 25 kg) vuodessa, ohran ja kauran noin 0,5 % (16 kg) vuodessa. Syysvehnän hehtaarisato on noussut kevätvehnää enemmän ja se nostaa edellä laskettua vehnän (kevät- ja syysvehnä yhteensä) satotrendiä jonkin verran verrattuna ohraan ja kauraan, tosin kevätvehnän korjuuala on edelleen moninkertainen syysvehnän korjuualaan verrattuna.

Luken tilastotietokannan mukaan säilörehun tuoresadot ovat 2000-luvulla olleet laskevalla trendillä kaikilla ELY-alueilla. Säilörehuna korjatun sadon määrään vaikuttaa kuitenkin paljon se, että sen myynti on vähäistä. Rehun teon tarpeen määrittää ruokinnan tarve, ja jos ensimmäisten niittojen sato on ollut hyvä, voidaan viimeinen niitto jättää kokonaan tekemättä tai sille annettavaa typpilannoitusta vähentää. Näin ollen tilastoitu kokonaissato ei enää kerro rehun tuotantopotentiaalin muutoksesta, joka on Termosen ym. (2020) mukaan kuitenkin kasvanut

merkittävästi. ProAgrian lohkotietopankin mukaan typpilannoitusta käytetään huomattavasti vähemmän kuin säilörehulle voitaisiin ympäristökorvauksen säännösten mukaan antaa, mikä viittaa siihen, että maksimisatoihin ei ole pyritty. Kuvassa 8 esitetyt säilörehun tilastosadot perustuvat tuoresatoon, jonka kosteuspitoisuus on vaihteleva; esimerkiksi esikuivattuna tehtävän rehun yleistyminen voi näyttäytyä pienenevänä tilastoituna tuoresatona, vaikka kuiva-ainesadon trendi olisi toisenlainen. Ovaska ym. (2021) laskivat ProAgrian tietojen perusteella, että säilörehun kuiva-ainesato oli kasvanut vuosien 2002 ja 2017 välillä.



Kuva 8. Viljojen ja säilörehun (tuoresato) hehtaarisatojen kehitys vuosien 1999–2021 välillä.

4.3. Kasvien tarpeen mukainen fosforilannoitus

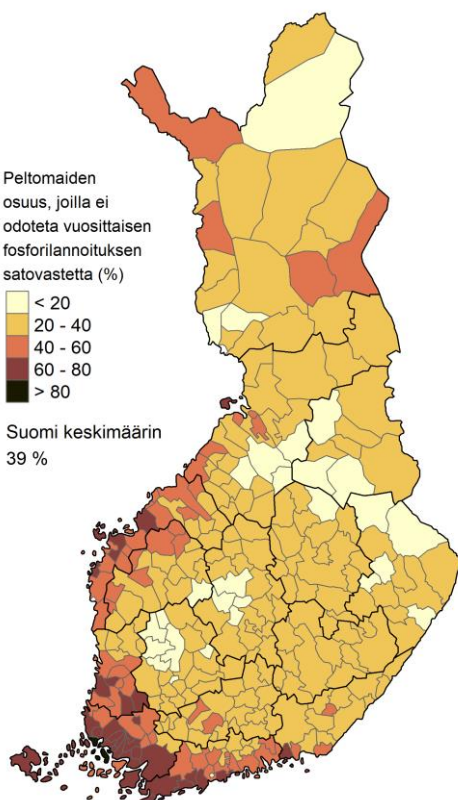
Suomalaisen pellon lannoitustarve 2000-luvun kasvivalikoimalla on keskimäärin 10,2 kg/ha (Taulukko 4). Eniten lannoitustarvetta peltohehtaaria kohden (yli 12 kg/ha) on luonnollisesti alueilla, joilla P-lukujakaumassa on runsaasti maita alhaisissa P-luokissa: Pirkanmaalla, Kainuussa, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa. Pienin fosforitarve peltohehtaarille (korkeintaan 8 kg/ha) on alueilla, joilla alhaisten P-luokkien osuus on pieni: Ahvenanmaalla, Varsinais-Suomessa ja Pohjanmaalla.

Suomen peltomaista 39 %:lla ei ole fosforilannoitustarvetta vuosien 2015–2019 viljavuustutkimustulosten perusteella. Savimailla fosforilannoitustarvetta ei ole 56 %:lla pelloista, kun karkeista kivennäismaista 36 %:lla ja eloperäisistä maista 6 %:lla fosforilannoituksella ei odoteta saatavan sadonlisää, kun viljelyssä on pääosin viljoja ja nurmia. (Taulukko 4, Kuvat 9 ja 10). Alueellisesti tarkasteltuna eniten peltomaita, joilla fosforilannoituksella ei ollut odotettavissa satovastetta oli Ahvenanmaalla (65 %), Varsinais-Suomessa (62 %) ja Pohjanmaalla (50 %). Lähestulkoon puolet peltoalasta ei myöskään Satakunnassa (48 %) tai Uudellamaalla (48 %) tarvitse vuotuisia fosforilisäyksiä.

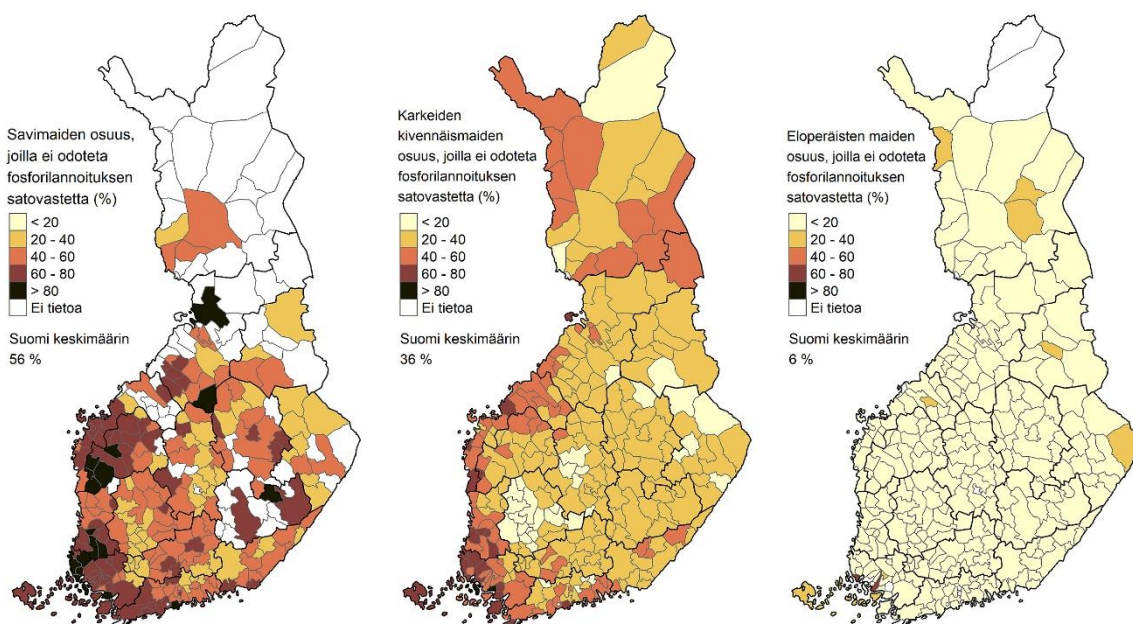
Taulukko 4. Kasvien fosforilannoitustarve peltohehtaarilla (kg/ha) ja peltomaiden osuus (%), joilla fosforilannoituksella ei saada satovastetta viljoja ja nurmikasveja viljeltäessä. Tulokset kaikilla maalajeilla sekä maalajiryhmittäin ELY-keskusalueittain, Ahvenanmaalla ja koko maassa vuosien 2015–2019 viljavuustutkimustulosten perusteella.

| Alue | Fosforilannoitus-tarve kg/ha | Ei fosforilannoitustarvetta (%) | | | |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | Kaikki maat | Savi | Karkea kiv. maa | Eloper. maa |
| Uusimaa | 9,4 | 47,8 | 52,9 | 38,8 | 3,1 |
| Varsinais-Suomi | 7,0 | 61,9 | 65,4 | 55,7 | 10,0 |
| Satakunta | 8,4 | 48,0 | 69,8 | 48,5 | 5,0 |
| Häme | 11,3 | 35,1 | 41,9 | 33,1 | 4,2 |
| Pirkanmaa | 13,8 | 25,5 | 37,4 | 19,8 | 2,7 |
| Kaakkois-Suomi | 10,7 | 34,3 | 45,9 | 32,2 | 4,2 |
| Etelä-Savo | 10,8 | 29,8 | 61,9 | 32,2 | 5,6 |
| Pohjois-Savo | 11,5 | 27,8 | 45,8 | 28,4 | 3,2 |
| Pohjois-Karjala | 13,1 | 21,7 | 36,1 | 22,6 | 7,0 |
| Keski-Suomi | 12,2 | 27,8 | 40,6 | 23,1 | 3,2 |
| Etelä-Pohjanmaa | 10,0 | 35,2 | 71,1 | 37,8 | 6,5 |
| Pohjanmaa | 8,0 | 50,2 | 71,7 | 52,1 | 10,8 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 11,1 | 28,9 | 60,8 | 34,2 | 4,8 |
| Kainuu | 12,3 | 21,1 | 51,6 | 23,1 | 9,7 |
| Lappi | 11,4 | 25,9 | 44,9 | 31,0 | 12,1 |
| Ahvenanmaa | 6,3 | 65,1 | 64,5 | 66,9 | 24,1 |
| Koko maa | 10,2 | 38,6 | 56,0 | 35,5 | 6,3 |

Yksittäisiä kuntia, joiden peltoalasta vähintään 50 %:lla ei ole fosforilannoitustarvetta, on koko maan alueella 58 kpl (Ahvenanmaan kunnat käsitelty yhdistettynä). Varsinais-Suomen 27 kunnasta peräti 25 kuuluu tähän ryhmään, ulkopuolelle jää ainoastaan Pyhäranta (49 % pelloista ei fosforin tarvetta) ja Somero (36 % ei fosforin tarvetta). Naantalissa, Taivassalossa ja Sauvossa fosforivasteita ei voida odottaa saatavan lainkaan huikkealla 79–86 % osuudella kunnan peltoalasta. Lähes puolet Satakunnan kunnista (Säkylä, Nakkila, Eurajoki, Huittinen, Harjavalta, Kokemäki, Ulvila ja Eura) kuuluu niin ikään ryhmään, jossa vähintään 50 % peltoalasta ei hyödy lainkaan vuosittaisista fosforilisäyksistä. Uudellamaalla 11 kuntaa ja Pohjanmaalla 8 kuntaa luokituu samaan ryhmään, ja Pohjois-Pohjanmaalla ja Kaakkois-Suomessa mainittuun joukkoon mahtuu yksittäisiä kuntia. Pirkanmaalla, Kainuussa, Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa puolestaan kaikki kunnat alittavat valtakunnallisen keskiarvon (39 %) pelloista, joilla ei ole fosforitarvetta.

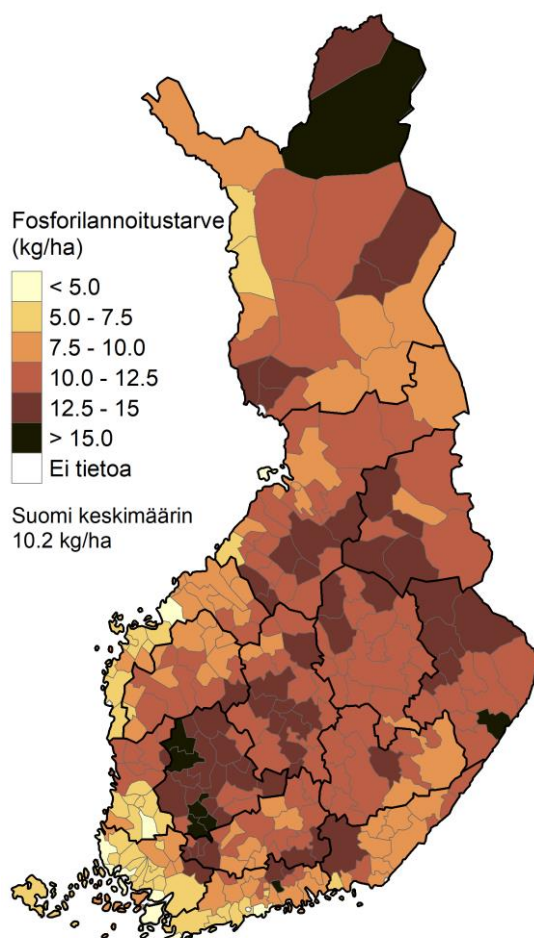


Kuva 9. Peltomaiden osuus (%), joilla ei odoteta vuosittaisen fosforilannoituksen satovastetta Suomen kunnissa vuosina 2015–2019. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.



Kuva 10. Savien, karkeiden kivennäismaiden ja eloperäisten maiden osuus (% kyseisistä maista), joilla ei odoteta fosforilannoitukselle satovastetta Suomen kunnissa vuosina 2015–2019. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

Arviot fosforilannoituksen tarpeesta eri kunnissa on tehty maalajien ja P-lukujen jakauman sekä kunnissa tuotettujen viljelykasvien perusteella. Maalajien P-lukujen jakauma on saatu tulosaineistosta, mutta eri viljelykasvien jakautuminen maalaji-P-luku-yhdistelmään on täytynyt olettaa tietynlaiseksi. Tässä tapauksessa oletuksena on, että maalaji tai P-luku ei vaikuta siihen, mitä kullakin pellolla viljellään. Koska esimerkiksi erikoiskasvit eivät kierrä koko peltoalalla ja erikoiskasvien viljelyssä fosforitaseen ylijäämät ovat olleet todennäköisempiä kuin esimerkiksi viljoilla, ei lannoitustarpeesta tehty kuvan 11 mukainen arvio voi olla täsmällinen. Virheellisiä arvioita tulee todennäköisimmin alueilla, joilla viljellään verrattain runsaasti muita kasveja kuin viljoja tai nurmia. Taulukossa 4 annettu ELY-aluekohtainen suuruusluokka on kuitenkin pääsääntöisesti kelvollinen arvio fosforilannoituksen todellisesta tarpeesta.



Kuva 11. Kasvien fosforilannoituksen tarve (kg/ha) Suomen kunnissa vuosina 2015–2019. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

4.4. Kotieläinten määrä

Vuonna 2020 Suomessa oli noin 835 tuhatta nautaeläintä. Eniten nautoja oli Pohjois- ja Etelä-Pohjanmaan sekä Pohjois-Savon ELY-keskusten alueilla. Kuntatasolla suurimmat nautamäärät olivat Pohjois-Savossa Kuopion ja Kiuruveden kunnissa ja Etelä-Pohjanmaalla Kurikassa (Kuva 12). Nautoja oli lähes kaikissa Suomen kunnissa.

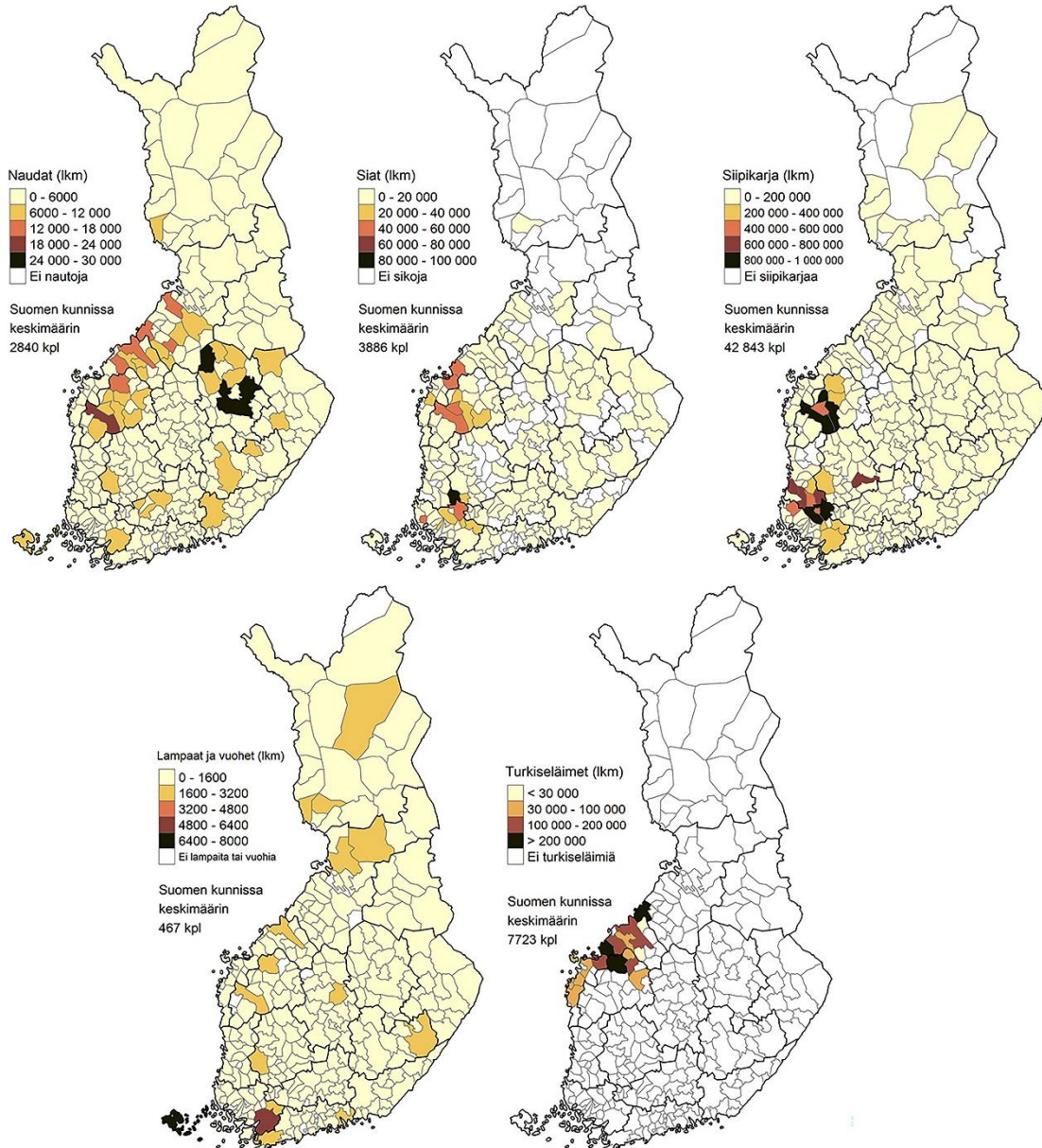
Sikojen (>20 kg) määrä Suomessa vuonna 2020 oli 939 tuhatta eläintä. Sioista 75 % oli Varsinais-Suomen, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Satakunnan ELY-keskusten alueilla. Eniten sikoja oli Satakunnassa Huittisissa, Varsinais-Suomessa Loimaalla ja Pohjanmaalla Uudessakaarlepyyssä. Noin 43 %:ssa Suomen kunnista ei ollut lainkaan sikoja.

Siipikarjaa oli noin 12,6 miljoonaa yksilöä, joista noin 8,1 miljoonaa oli broilereita ja 3,2 miljoonaa munituskanoja. Noin 84 % siipikarjasta oli Varsinais-Suomessa, Etelä-Pohjanmaalla tai Satakunnassa. Kuntatasolla suurimmat siipikarjamäärät olivat Varsinais-Suomessa Pöytyällä, Loimaalla ja Oripäässä, Etelä-Pohjanmaalla Kurikassa ja Seinäjoella, Pirkanmaalla Kangasalla ja Satakunnassa Eurassa, Huittisissa, Eurajoella ja Säkylässä. Pienimuotoisen kananmunantuotannon vuoksi siipikarjaa oli suuressa osassa Suomen kunnista (83 %), mutta ammattimainen tuotanto oli keskittynyt tietyille alueille. Edellä mainituilla, kymmenellä suurimmalla siipikarjaa kasvatavalla kunnalla, oli Suomen siipikarjasta yli puolet (57 %).

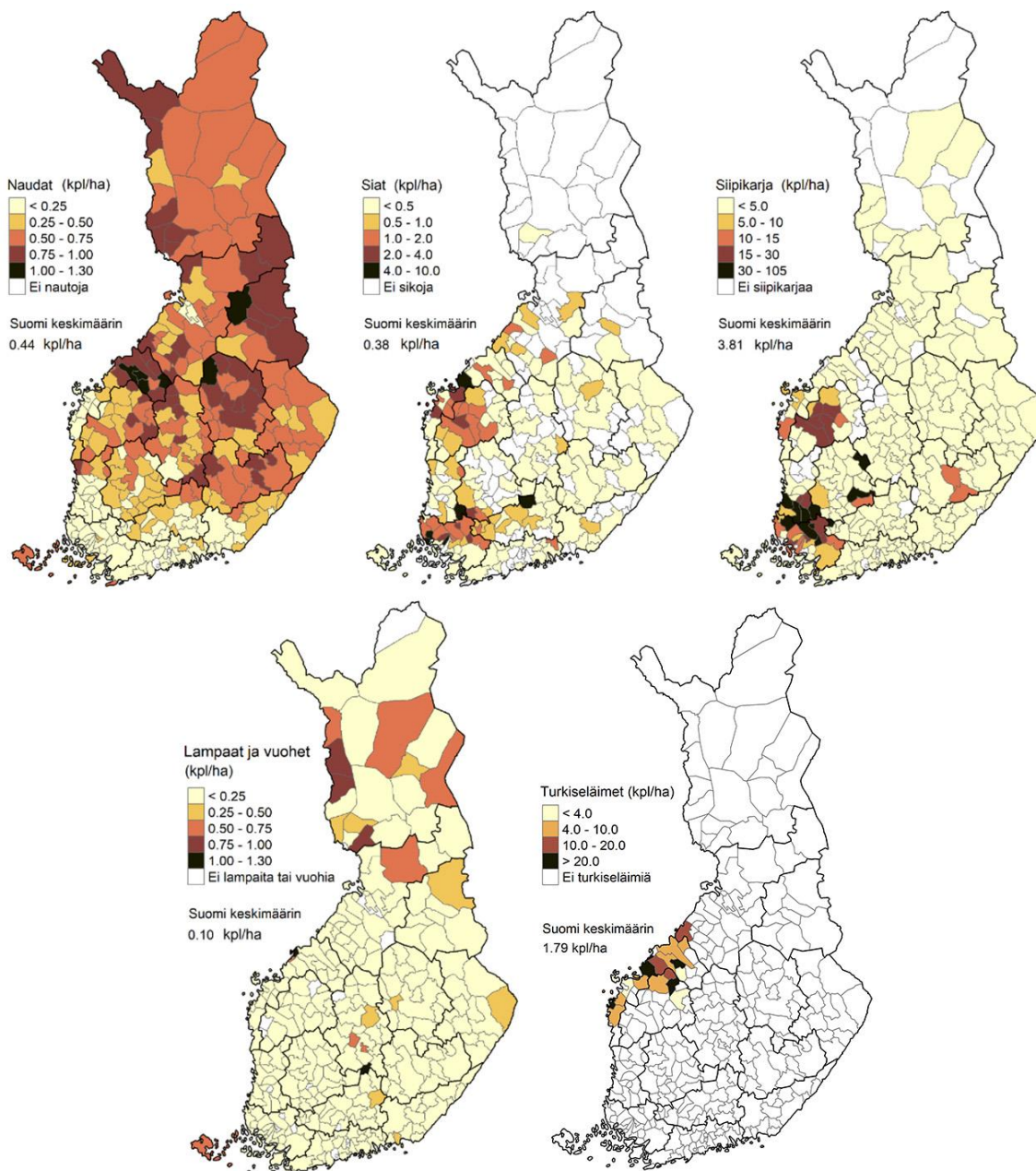
Suomessa oli hieman yli 130 000 lammasta ja noin 6600 vuolta vuonna 2020. Ne olivat tasaisesti levittäytyneet lähes kaikkiin Suomen kuntiin. Eniten lampaita oli Salossa ja vuohia Loviisassa. Vuonna 2018 Suomessa oli hieman yli 59 000 hevosta ja noin 12 700 ponia.

Turkiseläimiä oli Suomessa vuonna 2021 noin 2,5 miljoonaa yksilöä huomioiden sekä siitostettua tuotantoeläimet. Turkiseläinten määrä oli merkittävästi aiempaa pienempi koronapandemian aiheuttaman markkinahäiriön vuoksi. Turkiseläimet olivat keskittyneet pääasiassa Pohjanmaa ELY-keskuksen alueelle (65 %), mutta turkiseläimiä oli runsaasti myös Etelä- ja Pohjois-Pohjanmaalla. Näillä alueilla yhteensä oli 96 % turkiseläimistä. Kunnista eniten turkiseläimiä oli Pohjanmaalla Uudessakaarlepyyssä.

Peltohehtaaria kohti nautoja oli keskimäärin 0,44 kpl. (Kuva 13). Eniten nautoja peltohehtaarilla (> 1 kpl/ha) oli Pohjois-Savossa Kiuruvedellä, Kainuussa Puolangalla ja Pohjanmaalla Vetelissä, Kaustisella ja Kruunupyssä. Sikoja oli keskimäärin 0,38 kpl/ha. Eniten (> 4 kpl/ha) niitä oli Hämeessä Padasjoella, Satakunnassa Huittisissa, Pohjanmaalla Uudessakaarlepyyssä sekä Varsinais-Suomessa Ruskossa, Vehmaalla ja Taivassalossa. Siipikarjaa oli keskimäärin 3,81 kpl/ha. Eniten siipikarjaa hehtaaria kohti (> 30 kpl/ha) oli Varsinais-Suomessa Pöytyällä, Oripäässä, Marttilassa ja Laitilassa, Satakunnassa Huittisissa, Säkylässä, Eurassa ja Eurajoella, Hämeessä Humppilassa sekä Pirkanmaalla Kangasalla ja Mänttä-Vilppulassa. Lampaita ja vuohia yhteensä oli 0,1 kpl peltohehtaaria kohti. Eniten (> 1,0 kpl/ha) niitä oli Keski-Suomessa Luhangan ja Pohjanmaalla Luodon kunnassa. Turkiseläimiä oli Suomessa keskimäärin 1,97 kpl peltohehtaaria kohti vuonna 2021. Eniten peltohehtaaria kohti (> 20 kpl/ha) niitä oli Pohjanmaalla Halsualla, Kaustisella, Pietarsaareissa, Uudessakaarlepyyssä ja Korsnäsissä.



Kuva 12. Nautojen, sikojen, siipikarjan sekä lampaiden ja vuohien lukumäärä Suomen kunnissa vuonna 2020 ja turkiseläinten lukumäärä vuonna 2021. Turkiseläinten määriä ei esitetä kartassa, jos kunnassa on alle viisi kasvattajaa. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.



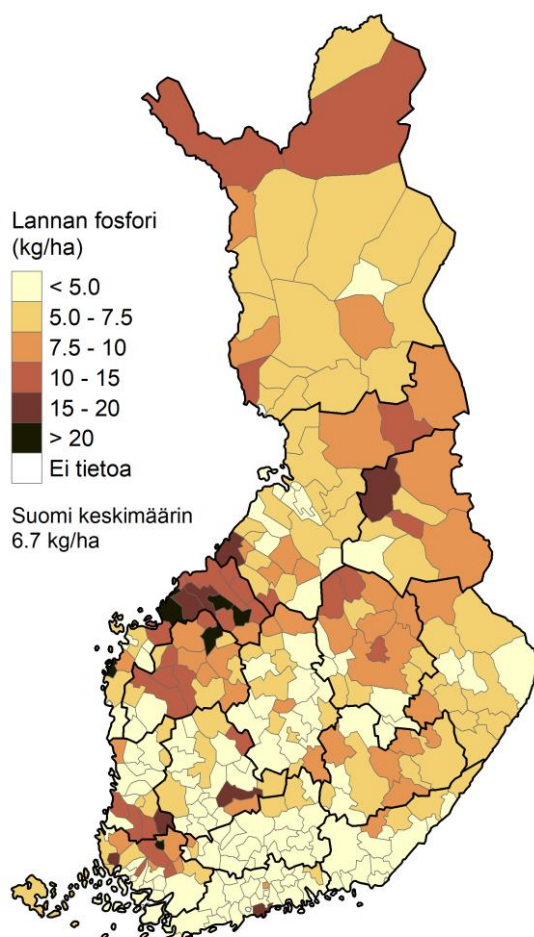
Kuva 13. Nautojen, sikojen, siipikarjan sekä lampaiden ja vuohien lukumäärä vuonna 2020 ja turkiseläinten lukumäärä vuonna 2021 viljeltyä peltohehtaaria kohti (kpl/ha) Suomen kunnissa. Turkiseläinten määriä ei esitetä kartassa, jos kunnassa on alle viisi kasvattajaa. Viljelty pinta-ala on vuosien 2016–2020 keskiarvo. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Koko maan keskiarvossa on mukana kaikki kunnat, vaikka niillä ei olisikaan kyseisiä eläimiä.

4.5. Lannan sisältämä fosfori

Koti- ja turkiseläimet tuottivat lantafosforia 15,2 miljoonaa kiloa vuodessa, mikä on keskimäärin 6,7 kg peltohehtaaria kohti koko Suomen alueella. Suurimmat lantafosforin määrät olivat nautan lannassa (8,6 milj. kg), siipikarjan lannassa (2,3 milj. kg) ja sian lannassa (2,1 milj. kg). Turkiseläinten osuus tuotetusta lantafosforin kokonaismäärästä on miltei 10 % (1,5 milj. kg).

Peltohehtaaria kohti eniten lannan fosforia syntyi Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan ELY-keskusten alueella ja vähiten Uudellamaalla, Kaakkois-Suomessa ja Hämeessä (Taulukko 5). Myös kokonaismäärinä eniten lantafosforia muodostui Etelä-Pohjanmaalla ja Pohjanmaalla, noin 2,5 miljoona kg vuodessa kummallakin alueella. Seuraavaksi eniten lannan fosforia muodostui Varsinais-Suomessa ja Pohjois-Pohjanmaalla, 1,7–1,8 miljoonaa kg molemmilla alueilla. Määrällisesti vähiten lantafosforia muodostui Ahvenanmaalla (vajaan 0,1 milj. kg), Kainuussa (0,2 milj. kg), Lapissa (0,3 milj. kg), Uudellamaalla (0,4 milj. kg) ja Kaakkois-Suomessa (0,4 milj. kg).

Yksittäisistä kunnista eniten lannan fosforia kunnan peltohehtaaria kohti muodostui Uudessa-kaarlepyyssä (37 kg/ha) ja Pietarsaareissa (199 kg/ha) (Kuva 14). Uudessa-kaarlepyyssä 65 % ja Pietarsaareissa 96 % lannan fosforista oli peräisin turkiseläimistä. Helsingin melko korkea lantafosforin määrä (18 kg/ha) selittyy hevosten suurella määrällä. Hevosia ei välttämättä ole Helsingin alueella niin paljon, koska hevosten sijainti tilastoidaan niiden omistajan asuinpaikan mukaan.



Kuva 14. Kotieläinten lannan fosfori peltoalaa kohti (kg/ha) Suomen kunnissa vuonna 2020 ja turkiseläinten lannan fosfori vuonna 2021. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

Taulukko 5. Koti- ja turkiseläinlannan fosfori (kg, kg/ha) ja peltoala (ha) ELY-keskuksittain, Ahvenanmaalla ja koko maassa.

| Alue | Peltoala, ha | Fosfori, kg | Fosfori kg/ha |
|-------------------|------------------|-------------------|---------------|
| Uusimaa | 181 216 | 362 466 | 2,0 |
| Varsinais-Suomi | 292 215 | 1 766 021 | 6,0 |
| Satakunta | 141 769 | 1 085 100 | 7,7 |
| Häme | 199 710 | 659 742 | 3,3 |
| Pirkanmaa | 166 097 | 901 815 | 5,4 |
| Kaakkois-Suomi | 125 138 | 392 411 | 3,1 |
| Etelä-Savo | 64 475 | 430 281 | 6,7 |
| Pohjois-Savo | 154 740 | 1 265 049 | 8,2 |
| Pohjois-Karjala | 86 365 | 526 873 | 6,1 |
| Keski-Suomi | 93 410 | 485 001 | 5,2 |
| Etelä-Pohjanmaa | 263 586 | 2 538 671 | 9,6 |
| Pohjanmaa | 186 244 | 2 452 801 | 13,2 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 242 791 | 1 680 484 | 6,9 |
| Kainuu | 26 061 | 209 272 | 8,0 |
| Lappi | 44 391 | 342 344 | 7,7 |
| Ahvenanmaa | 13 919 | 90 974 | 6,5 |
| Koko maa | 2 282 127 | 15 189 305 | 6,7 |

4.6. Lannan fosforin riittävyys kasvin tarpeen mukaisessa lannoituksessa ja mineraalifosforin käyttö

Koko maan noin 2,3 miljoonan peltohehtaarin fosforitarve kasvintuotannossa on tämän laskennan mukaan hieman yli 10 kg/ha. Tasaisesti tarpeen mukaan jaettuna lantafosforin määrä kattaisi tästä 6,7 kg/ha, eli 65 % tarpeesta. Fosforin täydennyksen tarve olisi tasaisen jaon tilanteessa alle 4 kg/ha, mutta mineraalilannoitefosforin myyntimäärä on 2000-luvulla ollut noin 5 kg/ha.

ELY-alueista eniten fosforia hehtaaria kohden (yli 12 kg/ha) tarvitaan kasvintuotantoon jo tutuksi tulleessa nelikossa Pirkanmaa, Pohjois-Karjala, Kainuu ja Keski-Suomi (Taulukko 6). Näistä Pirkanmaa, Pohjois-Karjala ja Keski-Suomi saisivat katettua tarpeestaan lannan avulla vain osan ja täydennysfosforin tarve olisi vähintään 7 kg/ha, mutta Kainuun fosforitarpeesta 2/3 saataisiin katettua lantafosforilla, jos se jakautuisi tarpeen mukaisesti. Myös Uudellamaalla, Hämeessä ja Kaakkois-Suomessa lannan lisäksi tarvittaisiin vähintään 7 kg/ha täydennyslannoitusta. Pohjanmaalla sen sijaan lannan fosforia muodostuu reilusti kasvien tarvetta runsaammin, kuten aiemmin on jo todettu. Ahvenanmaa, Varsinais-Suomi, Satakunta ja Etelä-Pohjanmaa olisivat lähes omavaraisia fosforin suhteen (Ahvenanmaa omavarainen pienellä marginaalilla), jos lantafosfori saataisiin jaettua vain fosforilannoituksesta hyötyville pelloille.

Kuudesta ELY-alueesta, joilla lannan fosforin jälkeen fosforivajetta jää vähintään 7 kg/ha (Uusimaa, Häme, Pirkanmaa, Kaakkois-Suomi, Pohjois-Karjala, Keski-Suomi), millekään ei myydä vajeen täyttävää määrää mineraalilannoitefosforia. Lähimmäksi pääsee Uusimaa, jossa yhteen lasketun lanta- ja mineraalilannoitefosforin määrän vaje fosforitarpeeseen nähden on ainoastaan 0,5 kg/ha. Hämeessä vajeeksi jää vajaa 2 kg/ha ja Keski-Suomessa 3,3 kg/ha, mutta Pirkanmaan vaje on jo 3,9 kg ja Pohjois-Karjalan 4,3 kg/ha. Toisessa päässä Pohjanmaan lantafosforin 5,2 kg/ha ylijäämän päälle ostetaan 4,6 kg/ha mineraalilannoitefosforia. Varsinais-Suomen, Satakunnan, Etelä-Pohjanmaan ja Ahvenanmaan lähes tasapainoiset kasvien tarpeen ja lantafosforin määrät käännetään ylijäämiksi mineraalilannoitefosforin 4,4–6,2 kg/ha ostoilla.

Taulukko 6. Peltoala (ha), kasvien fosforilannoitustarve (kg/ha), koti- ja turkiseläinten lannan tuotanto (kg/ha) ja lannan fosforin riittävyys kasvin tarpeen mukaisessa lannoituksessa (kg/ha; negatiivinen luku osoittaa lisälannoitustarvetta) ELY-keskuksittain ja koko maassa. Mineraalilannoitefosforin myynti maataloille ELY-keskuksittain lannoitusvuonna 2019/2020 peltohehtaaria kohti (kg/ha) (Mattila 2022).

| Alue | Peltoala ha | Kasvien fosforitarve kg/ha | Lannan fosfori kg/ha | Lannan fosforin ja kasvien fosforitarpeen erotus kg/ha | Mineraalilannoitefosforin myynti kg/ha |
|-------------------|------------------|----------------------------|----------------------|--|--|
| Uusimaa | 181 216 | 9,4 | 2,0 | -7,4 | 6,5 |
| Varsinais-Suomi | 292 215 | 7,0 | 6,0 | -1,0 | 5,8 |
| Satakunta | 141 769 | 8,4 | 7,7 | -0,7 | 6,2 |
| Häme | 199 710 | 11,3 | 3,3 | -8,0 | 6,1 |
| Pirkanmaa | 166 097 | 13,8 | 5,4 | -8,3 | 4,4 |
| Kaakkois-Suomi | 125 138 | 10,7 | 3,1 | -7,5 | 5,1 |
| Etelä-Savo | 64 475 | 10,8 | 6,7 | -4,1 | 3,5 |
| Pohjois-Savo | 154 740 | 11,5 | 8,2 | -3,3 | 4,0 |
| Pohjois-Karjala | 86 365 | 13,1 | 6,1 | -7,0 | 2,7 |
| Keski-Suomi | 93 410 | 12,2 | 5,2 | -7,0 | 3,7 |
| Etelä-Pohjanmaa | 263 586 | 10,0 | 9,6 | -0,3 | 5,2 |
| Pohjanmaa | 186 244 | 8,0 | 13,2 | 5,2 | 4,6 |
| Pohjois-Pohjanmaa | 242 791 | 11,1 | 6,9 | -4,2 | 4,7 |
| Kainuu | 26 061 | 12,3 | 8,0 | -4,3 | 3,7 |
| Lappi | 44 391 | 11,4 | 7,7 | -3,7 | 3,8 |
| Ahvenanmaa | 13 919 | 6,3 | 6,5 | 0,2 | 4,4 |
| Koko maa | 2 282 127 | 10,2 | 6,7 | -3,6 | 5,0 |

Suomessa on seitsemän kuntaa, joiden lannan sisältämä fosforimäärä on yli 100 000 kg suurempi kuin kunnan kasvintuotannon fosforitarve. Näistä kunnista neljä sijaitsee Pohjanmaalla: Uusikaarlepyy, Pedersören kunta, Kaustinen ja Vöyri. Lisäksi Pietarsaaren lantafosforin määrä lähentelee samaa tasoa. Kolme muuta samaan tasoon yltävää kuntaa ovat Ilmajoki Etelä-Pohjanmaalla (jossa myös Lappajärvi yltää melkein tämän tason fosforintuottajaksi), Kalajoki Pohjois-Pohjanmaalla ja Huittinen Satakunnassa.

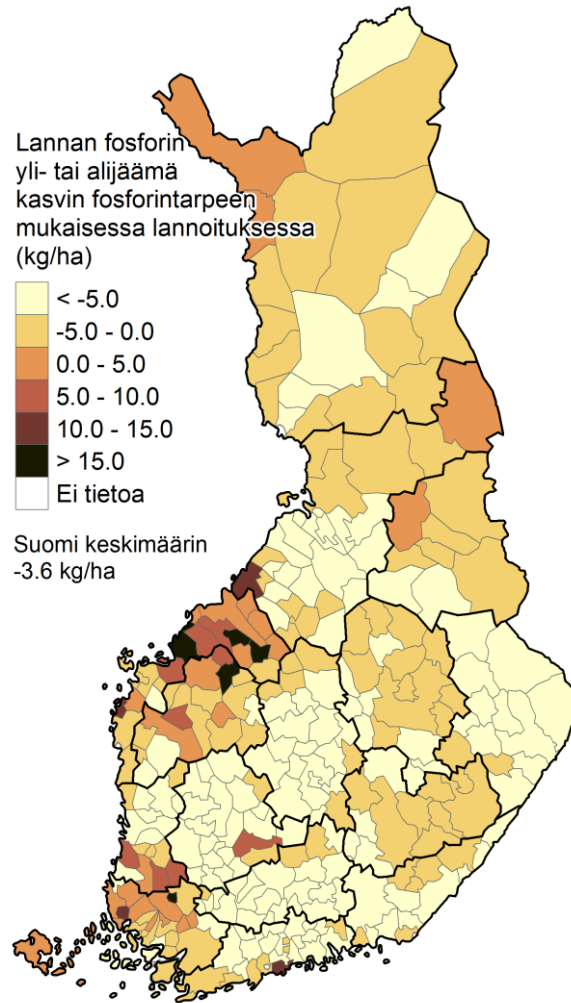
Yli 100 000 kg fosforilannoituksen täydennystarve lannan fosforin lisäksi esiintyy koko maassa 21 kunnassa. Hämeessä tämän tasoinen täydennys tarvittaisiin viidessä kunnassa, joita ovat

Orimattila, Hämeenlinna, Iitti, Hollola ja Hausjärvi. Kaakkois-Suomesta samaan ryhmään liittyvät Kouvolaa ja Lappeenranta, ja Pirkanmaalta Sastamala, Ikaalinen, Urjala ja Punkalaidun, sekä Uudeltamaalta Mäntsälä, Loviisa ja Lohja. Etelä-Pohjanmaalla Kauhajoen täydennystarve ylittää myöskin 100 000 kg, samoin kuin Varsinais-Suomessa Someron ja Salon. Hieman tämän rajan alle täydennystarvetta on Uudellamaalla Porvoossa, Pirkanmaalla Akaalla ja Hämeenkyrössä, sekä Keski-Suomessa Jämsässä.

Vaikka Etelä-Savossa ei ole samaa luokkaa olevia täydennystarpeita yksittäisissä kunnissa, ei yhdenkään kunnan lantafosfori riitä kasvien tarpeen tyydyttämiseksi (Kuva 15). Tilanne on sama Keski-Suomessa, Kaakkois-Suomessa, Hämeessä ja Pohjois-Savossa. Pirkanmaalla ainoastaan Kangasala tuottaa enemmän lantafosforia kuin kunnan kasvintuotanto tarvitsee. Ainoa ylijäämäinen kunta Kainuussa on Puolanka ja Uudellamaalla Helsinki (jossa hevosten lantamäärää voi olla yliarvioitu eläinten pitopaikkatietojen puutteen vuoksi).

Olennaista on huomioida, että käytännössä lantaa ei ole levitetty tasaisesti vain fosforilannoitusta tarvitseville pelloille, vaan pääsääntöisesti lantaa on levitetty peltoon kotieläintilojen läheisyydessä. Lantafosforin paikalliset ali- ja ylijäämät ovat siten todellisuudessa merkittävästi yllä esitettyä tarkastelua suurempia. Kuntatasoon rajoittuva tarkastelu antaa kuitenkin kuvan siitä, miten tilojen välinen yhteistyö lannan levityksessä voisi tyydyttää kunnan peltojen fosforitarpeen, jos yhteistyö saadaan toimimaan hyvin. Samalla se nostaa esille kuntia, joissa lähitilojenkaan välinen yhteistyö ei riitä fosforin käytön tarkentamiseen, vaan tarvitaan lannan ravinteiden väkevöinnin ja laajemman kuljetuksen ratkaisuja.

Fosforiasetus (VN 2023) voi edistää tilojen välistä yhteistyötä asettamalla rajat kaikelle fosforin lannoituskäytölle. Samalla se voi lisätä lannan jalostamista pitemmälle erilaisten prosessointitekniikoiden avulla etenkin alueilla, joilla lannan fosforia on reilusti yli oman kasvintuotannon tarpeen. Toimiva lantaravinteiden kierrätyksen järjestelmä vaatii näin ollen nykyistä enemmän yhteistyötä sekä tilojen kesken (lantaravinteiden uusjako paikallisesti) että kierrätyslannoitevalmisteita valmistavien yritysten kanssa (lantaravinteiden uusjako alueellisesti). Myös erilaisia kuljetuksen, varastoinnin ja levityksen ratkaisuja tarvitaan.



Kuva 15. Lannan fosforin riittävyys kasvin tarpeen mukaisessa lannoituksessa (kg/ha). Kunta-kohtainen yli- tai alijäämä. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

4.7. Muiden ravinnepitoisten biomassojen fosfori ja lannoituksessa hyödyntämätön fosfori

Yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden jäte- ja sivuvirroissa on arvioitu muodostuvan noin 5,3 milj. kg kierrätettävää fosforia. Tästä valtaosa (75 %) on yhdyskuntien jätevesilietteessä, 15 % elintarviketeollisuuden sivuvirroissa ja 10 % kotitalouksien biojätteessä. Nämä biomassat eivät ole sellaisenaan käytettävissä lannoitevalmisteina, vaan niitä on prosessoitava mm. haitta-aineisiin liittyvän turvallisuuden ja käytännön levitettävyyden varmistamiseksi. Valitut prosessointitekniikat voivat vaikuttaa sekä lannoitukseen päätyvän fosforin määrään että fosforin käyttökelpoisuuteen kasveille.

Lisäksi maataloudessa muodostuu erilaisia kasvibiomassoja, joiden ravinnesisältöä voisi kierrättää nykyistä tehokkaammin. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset nurmibiomassat, joille ei ole rehuksikäyttöä, mutta jotka voidaan hyödyntää esimerkiksi biokaasulaitoksissa. Tällöin biomassat voisivat lisätä laitoksen energiantuottoa ja niiden sisältämät ravinteet siirtyisivät jälleen kiertoon mädätteen peltolevityksen kautta. Ravinnelaskuriin tehdyn karkean arvion mukaan säilörehunurmen ylijäämä (5 %) voisi vuoden 2020 satotasojen mukaan sisältää noin 0,39 milj. kg

fosforia ja erilaiset esimerkiksi tilakohtaisen aumakompostoinnin kautta kiertoon päätyvien suojavähyhykkeiden ja luonnonhoitopeltojen nurmet noin 0,18 milj. kg fosforia.

Tässä raportissa mainittujen biomassojen sisältämästä fosforista arviolta noin 4,4 milj. kg jää kirjoitushetkellä hyödyntämättä lannoituksessa. Suurin osuus hyödyntämättömästä fosforista sisältyy jätevesilietteeseen. Kierrätysasteen nostoa suunniteltaessa on huomattava, että osa alhaisesta kierrosta johtuu nykyisistä jäteveden ja lietteen käsittelytekniikoista, joiden muuttaminen paremmin ravinteita talteen ottaviksi ei ole nopeaa eikä edullista. Osa lietteen fosforista palautuu jätevedenpuhdistusprosessiin jo puhdistamalla, kun erittäin alhaisen kuiva-ainepitoisuuden (3,2 %) raakalietettä kuivataan jatkoprosessointia varten. Osa fosforista voi myös päätyä takaisin jätevedenpuhdistukseen, kun lietettä käsitellään erillisessä prosessointilaitoksessa. Esimerkiksi biokaasulaitoksella puhdistamolietepohjaista mädätettä separoitaessa nestejäte ei sellaisenaan kirjoitushetkellä päädy lannoituskäyttöön, vaan se palautuu puhdistamolle. Lietteen prosessoinnin lopputuotteena muodostuu runsaasti myös viherrakennuksessa käytettäviä massoja, eivätkä kaikki ruokaketjun toimijat hyväksy nykyisen kaltaisten jätevesilietepohjaisten kierrätyslannoitevalmisteiden käyttöä lannoituksessa.

Jätevesilietteen kierrätyksen yhteydessä on lisäksi tärkeää huomioida, että jätevedenpuhdistuksessa yleisesti käytetty fosforin kemiallinen saostus rautasuoloilla sitoo fosforin vahvoihin kemiallisiin sidoksiin ja laskee näin fosforin käyttökelpoisuutta kasveille. Jätevesilietepohjaisten kierrätyslannoitevalmisteiden fosforin käyttökelpoisuutena on pidetty 40–60 %:ia (VN 2023), mutta välitön käyttökelpoisuus heti levityksen jälkeen voi tutkimusten mukaan olla vielä alhaisempi (Ylivainio ym. 2019). Tämän raportin laskennoissa alhaista käyttökelpoisuutta ei ole huomioitu, vaan kaikki lietteen fosfori on oletettu olevan ajan kuluessa ja/tai erilaisten prosessointien avulla kasveille käyttökelpoista.

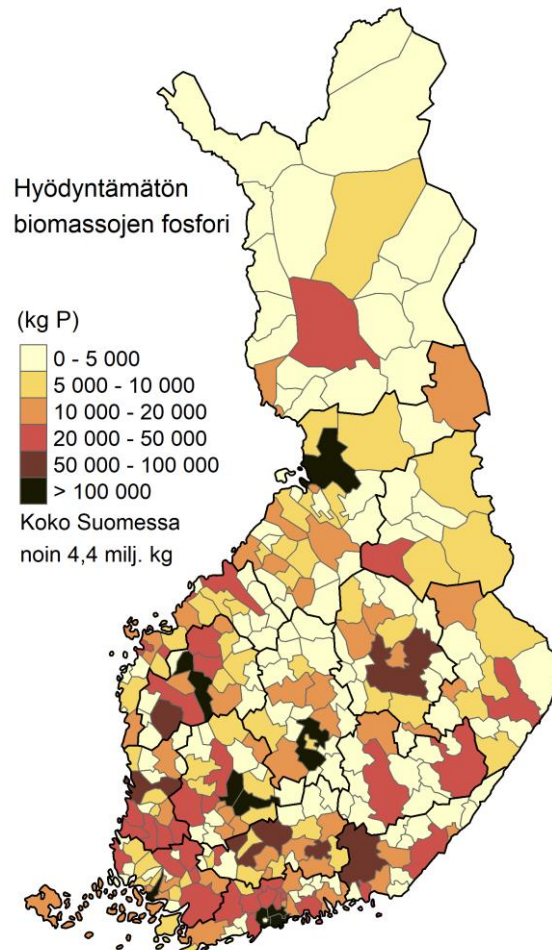
Elintarviketeollisuuden sivuvirtojen ja kotitalouksien biojätteiden sisältämä fosfori on täysin kasveille käyttökelpoista, mikäli käytetty prosessointitekniikka ei sitä alenna. Käyttökelpoisuutta laskevat lähinnä termiset tekniikat, kuten pyrolyysi, joita ei Suomessa kirjoitushetkellä ko. biomassoille käytetä. Tämän raportin pohjana olevissa tietokannoissa ei ole huomioitu muun teollisuuden sivuvirtoja, joita ei löydy RavinNelaskurista. Ainakin metsäteollisuudessa syntyviä lietteitä kuitenkin hyödynnetään jo tänä päivänä kasvinravinteiden lähteenä. Potentiaalista kierrätettävää fosforia löytyy myös muun valmistavan teollisuuden sivuvirroista, mutta prosessoinnin kustannukset voivat olla huomattavia mm. mahdollisten haitta-aineiden vuoksi.

Toistaiseksi hyödyntämätön fosfori on suurimmaksi osaksi yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden jäte-/sivuvirroissa, kun taas lantoja päätyy lannoitekäytön ulkopuolelle hyvin vähän (Luke 2022). Hyödyntämättä jäävä fosfori koostuu jakeista, jotka palautuvat esimerkiksi jätevedenpuhdistamoille tai ohjautuvat muihin käyttökohteisiin, kuten rehuksi, energiakäyttöön, viherrakentamiseen tai kotipuutarhoihin kompostimultana.

Arvion mukaan suurimmat lannoituksessa hyödyntämättömän fosforin määrät (yli 0,1 milj. kg) sijaitsevat Helsingissä, Vantaalla, Espoossa, Turussa, Tampereella, Oulussa, Seinäjoella ja Kangasalla (Kuva 16). Uudellamaalla biomassojen fosforia on potentiaalisesti hyödynnettävissä yli kaksinkertaisesti (125 %:n lisäspotentiaali) biomassojen nykyiseen lannoituskäyttömäärään verrattuna. Merkittäviä määriä jää hyödyntämättä myös Hämeessä, Pirkanmaalla, Kaakkois-Suomessa ja Keski-Suomessa, joissa kierrätettävää fosforia löytyisi 38–44 % biomassojen nykyistä lannoituskäyttöä enemmän. Vähiten lannoitekäytön lisäspotentiaalia, 8 % nykyistä käyttöä enemmän, on Pohjanmaalla. Muilla ELY-alueilla lisäspotentiaali on 14–28 %.

Jos kaikki tässä tarkastelussa huomioitujen biomassojen fosforisisältö saataisiin jalostettua lannoitteiksi, määrä kattaisi 90 % kasvien kasvintuotannon fosforitarpeesta. Kun biomassat ovat

alueellisesti keskittyneitä ja etenkin lannasta pääosa käytetään jo lannoituksessa ilman kuljetamista syntyalueelta pois, tulee prosessointi suunnitella siten, että ne eivät lisää paikallisia ravinneylijäämiä. Tämä edellyttää muun muassa sitä, että valmistettavat lannoitteet ovat helposti kuljetettavia ja levitettäviä.



Kuva 16. Lannoituksessa hyödyntämätön biomassojen fosfori (kg) kunnittain. Kuntien aluerajat on merkitty harmaalla ja ELY-keskusten mustalla viivalla. Ahvenanmaata käsitellään yhtenä kokonaisuutena.

5. Tulosten tarkastelu

5.1. Maan fosforipitoisuuden ja satotasojen muutos

Viljavuuslaboratorioissa vuosina 2015–2019 tehtyjen analyysitulosten mukaan Suomen viljelysmaissa oli keskimäärin 10,7 mg/l helppoliukoista fosforia. Viljelysmaiden fosforipitoisuus on laskenut viisivuotiskaudesta 1996–2000 lähtien koko Suomessa ja kaikkien ELY-keskusten alueella. Koska valumavesien liunneen fosforin pitoisuus kasvaa maan P-luvun kasvaessa, korkeiden P-lukujen osuutta on ollut tarpeen vähentää. Fosforiluokissa 5, 6 ja 7 (aik. ”Hyvä”, ”Korkea” ja ”Arveluttavan korkea”) satovasteet ovat hyvin epätodennäköisiä, ja siksi näiden korkean P-luvun maiden lannoittaminen fosforipitoisilla lannoitteilla on katsottu turhaksi. Ylimmillä sallituilla fosforilannoitusrajoilla on tavoiteltu maahan fosforipitoisuutta, joka asettuu fosforiluokien 3 ja 4 (aik. ”Välttävä” ja ”Tyydyttävä”) rajalle ja näin olisi riittävän korkea hyvän sadon tuottamiseen.

Korkeimmat fosforipitoisuudet ovatkin laskeneet ympäristöohjelmien tavoitteiden mukaisesti. Samalla alhaisia fosforipitoisuuksia sisältävä peltoala on kuitenkin lisääntynyt. Sinänsä alhaiset maan fosforiluvut eivät estä hyvää sadontuottoa, kunhan vuosittainen lannoitus tehdään niillä kasvien tarpeen mukaan. Alhaisimmissa fosforiluokissa lannoituksen tulisi kuitenkin olla suurempaa kuin kasvien fosforin otto, ja tällaista lannoittamista ympäristökorvauksen rajoitukset eivät ole estäneet. Pidemmällä ajalla alhaisen fosforipitoisuuden maiden runsaampi fosforilannoitus johtaa maan fosforipitoisuuden nousuun. Kun alhaisten viljavuusluokkien osuus on kuitenkin ollut päivittäin kasvussa, ei fosforilannoitusta ilmeisesti ole tehty viljavuustutkimuksen tulosten mukaan niillä mailla missä fosforista saataisiin sadonlisä. Huoli tästä on esitetty jo ensimmäisen ympäristötuen vaikuttavuuden seurantaraportissa (Yli-Halla ym. 2001), kun käytössä oli ns. peruslannoitustoimenpide, joka ei huomionut lainkaan maan helppoliukoisen fosforin pitoisuutta.

Vuosien 1999–2021 aikana viljojen satotasot ovat olleet hieman nousevalla trendillä, vaikka fosforilannoitus on vähentynyt. Peltonen-Sainio ym. (2009) raportoivat satotrendin laskeneen vuosien 1995–2005 aikana, mutta käyttämämme pitempi tarkastelujakso ei vahvista tätä tulosta. Tähän raporttiin lasketut viljojen sadonlisäykset ovat kuitenkin vähäisempiä kuin Peltonen-Sainion ym. (2009) laskemat keskimääräiset sadonlisäykset vuosina 1961–1994. Nurmien osalta Luken tilastoima sato on tuoresatoa, jonka kehitys on tilastossa ollut laskeva. ProAgrian vuosien 2002–2017 satotilastoihin perustuen nurmien kuiva-ainesadon on kuitenkin raportoitu kasvaneen (Ovaska ym. 2021). Lisäksi nurmien typpilannoitus ei ProAgrian tietojen perusteella ole ollut niin suurta kuin ympäristökorvauksen nurmille sallimat suurimmat lisäysmäärät (Ovaska ym. 2021), mikä vaikuttaa suoraan siihen, kuinka suuri osuus satopotentialista saadaan hyödynnettyä (Termonen ym. 2020).

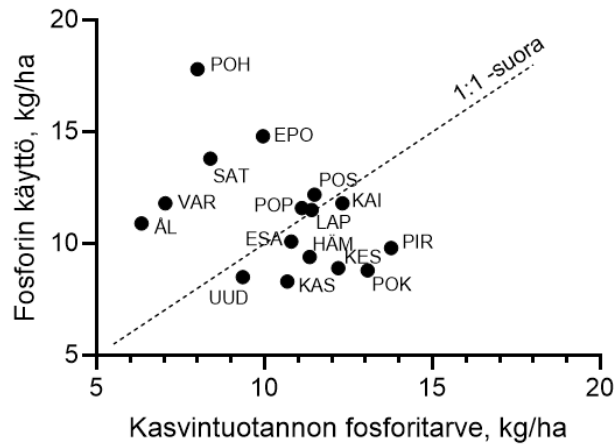
Kasvinjalostus on tuottanut 1970-luvulta lähtien satoisampia lajikkeita, ja satopotentiali on sekä viljoilla että nurmilla kasvanut ajan kuluessa (Peltonen-Sainio ym. 2009, Termonen ym. 2020). Syitä sille, että toteutuneet sadot ovat jääneet satopotentialin kehityksestä löytyy ravinteiden käytön rajoittamisesta, viljojen ja tuotantopanosten hintasuhteiden muuttumisesta epäedulliseksi huippusatojen tavoitteluun, kasvaneesta tilakoosta johtuvista haasteista ajoittaa viljelytoimia optimaalisesti sekä lisääntyneestä oman siemenviljan käytöstä sertifioidun siemenen sijaan (Peltonen-Sainio ym. 2009). Peltonen-Sainio ym. (2009) kuitenkin toteavat, että fosforilannoitus ei ennustanut satotasoa viljelykokeissa, kun lajikkeiden vaikutus satoon otettiin huomioon. Typpilannoituksen vähentymisen sen sijaan rajoittaa sadonmuodostusta selkeästi (Termonen ym. 2020).

Satotrendien ja yksittäisen ravinteen käytön muutoksen yhdistäminen tilastoaineistojen avulla on haasteellista, kun kaikkien pääravinteiden käyttö on vähentynyt tarkastelujaksolla huomattavasti. Lisäksi eri kasvukausien olosuhteet ovat ratkaisevat sadon määrän ja laadun tekijöinä, mikä aiheuttaa hajontaa tilastoissa; esimerkiksi märkä kasvukausi 2017 ja kuivat kasvukaudet vuosina 2010, 2018 ja 2021 alensivat satomääriä selkeästi osassa maata. Vuositteisen fosforilannoituksen satovaikutus on joka tapauksessa huomattavasti pienempi kuin typen satoa kasvattava vaikutus, mutta monesti myös kaliumilla saadaan selkeämmät satovasteet kuin fosforilla. Vaikka satokehityksen rinnalla monet viljelyyn ja kasvien kasvuun vaikuttavat tekijät ovatkin muuttuneet ajan kuluessa, korjatun sadon ja fosforilannoitteiden myynnin (sekä maan P-lukujen) kehityskulut ovat olleet päinvastaisia menneiden vuosikymmenten aikana – satotrendit ovat olleet pääosin nousevia, vaikka kaikkien pääravinteiden myynti on laskenut ja maan P-luvut ovat pienentyneet. Ravinteiden käytön tehokkuus on siten noussut huomattavasti 2000-luvulla.

5.2. Kasvien fosforitarpeen ja fosforin käytön vertailu

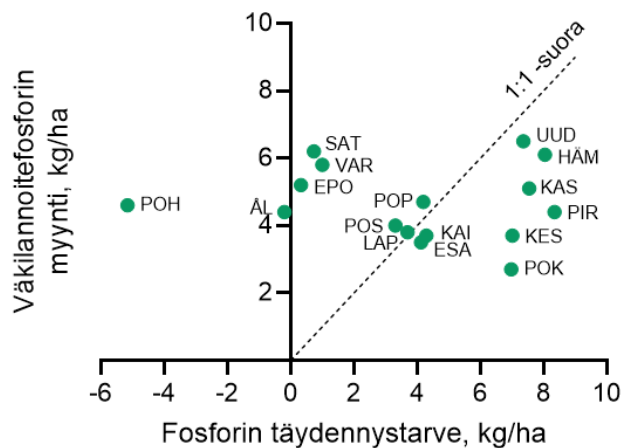
Kuva kirjoitushetkellä toteutuvasta fosforin käytöstä ja kasvien fosforitarpeesta (Kuva 17) nostaa joitakin ELY-alueita esille kasvintuotannon tarvetta suurempina fosforin käyttäjinä. Fosforin käyttö, sisältäen lannan fosforin ja mineraalilannoitefosforin, on yli kaksinkertaista kasvien tarpeeseen nähden Pohjanmaalla ja noin 1,5-kertaista tarpeeseen nähden Ahvenanmaalla, Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla. ELY-keskustasolla Pohjanmaa on alue, jolla yksin lannan fosforia on lähes miljoonan kilon ylijäämä lannoitustarpeeseen nähden. Näin ollen edes mineraalilannoitefosforin täydellinen korvaaminen alueella syntyvällä lannalla ei poistaisi tarvetta lantafosforin kuljettamiseksi pois alueelta. Myös Ahvenanmaalla syntyy pieni ylijäämä ainoastaan lannan fosforin vuoksi, mutta siellä mineraalilannoitefosforin voisi korvata lannan osittaisella prosessoinnilla kuljetettavampaan muotoon. Etelä-Pohjanmaalla, Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa lannan käyttö vain kasvien fosforitarpeen mukaisesti jättäisi korkeintaan yhden kilon hehtaarille täydennettävän fosforialijäämän, mutta ylijäämää näillä alueilla muodostuu tätä suurempien mineraalilannoitefosforin ostojen myötä.

Fosforin lisäykset lannan ja mineraalilannoitteiden mukana jäävät yli 2 kg/ha kasvien tarvetta pienemmäksi Pohjois-Karjalassa, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa ja Kaakkois-Suomessa. Näiden alueiden yhteenlaskettu lannoituksen fosforivaje on noin 1,6 miljoonaa kg. Lannan fosforin ylijäämien ratkaisemiseksi käytännössä, ja siten lannan fosforin tasaisemman käytön mahdollistamiseksi, osalla alueista tarvitaan lannan prosessointia kuljetettavampaan muotoon. Prosessointi mahdollistaisi sekä lannan käytön tarkentamisen alueen sisällä että osan kuljettamisen fosforivajeisille alueille. Samalla lannan typen käyttöä voitaisiin tehostaa, kun fosfori ei rajoitaisi typpipitoisen jakeen hyödyntämistä.



Kuva 17. Fosforin lisäysmäärät (lannassa ja mineraalilannoitteissa) suhteessa kasvintuotannon fosforitarpeeseen. Kuvassa käytetyt ELY-keskusten ja Ahvenanmaan lyhenteet esitetään liitteessä 6.

Mineraalilannoitefosforin myynti Suomessa on vähentynyt vuosituhaten vaihteen noin 20 miljoonasta kilosta viime vuodet melko tasaisena pysyneeseen 10–12 miljoonan kilon vuotuisen määrään. Lannoitemyynti ei ole suurinta alueilla, joissa fosforilla saataisiin eniten sadonliisiä tai fosforin täydennystarve lannan fosforin lisäysten jälkeen olisi suurin (Kuva 18). Tilanne on osin päinvastainen: Varsinais-Suomi ja Satakunta ovat lannoitefosforimyyntin tilaston kärkinelikossa, vaikka niillä on runsaasti peltoja, jotka eivät hyödy fosforilannoituksesta. Molemmilla alueilla lannan fosforin lisäksi tarvittaisiin keskimäärin ainoastaan noin kilon lannoitefosforitäydennystä tyydyttämään kasvintuotannon tarve, mutta lannoitefosforia myydään noin 6 kg/ha. Pohjanmaa puolestaan tuottaa noin 5 kg/ha ylimääräistä lantafosforia ja Ahvenanmaan lantafosforin määrä on suunnilleen kasvien tarpeen suuruinen, mutta molemmille alueille myydään keskimäärin 4,5 kg mineraalifosforia peltohehtaaria kohden. Uudenmaan fosforilannoitemyynti on ELY-alueista suurinta, keskimäärin 6,5 kg/ha, mutta samalla Uudellamaalla muodostuvan lannan fosforimäärä on koko maan pienin (2 kg/ha) ja täydentävää fosforia tarvittaisiin reilut 7 kg/ha tyydyttämään alueen fosforitarve. Uudellamaalla on kuitenkin runsaasti hyödyntämätöntä biomassojen fosforia, joka voisi toimia täydennyksenä. Pohjois-Karjalassa, Pirkanmaalla ja Keski-Suomessa nykyinen täydennyslannoitteiden myynti kattaa vain noin puolet siitä tarpeesta, joka jää tyydyttämättä lantafosforin avulla.



Kuva 18. Mineraalilannoitefosforin myynti ELY-alueille ja Ahvenanmaalle (Mattila 2022) suhteessa fosforin täydennystarpeeseen siinä tilanteessa, että lannan fosfori saadaan jaettua alueen sisällä kasvien fosforintarpeen mukaan. Kuvassa käytetyt alueiden lyhenteet esitetään liitteessä 6.

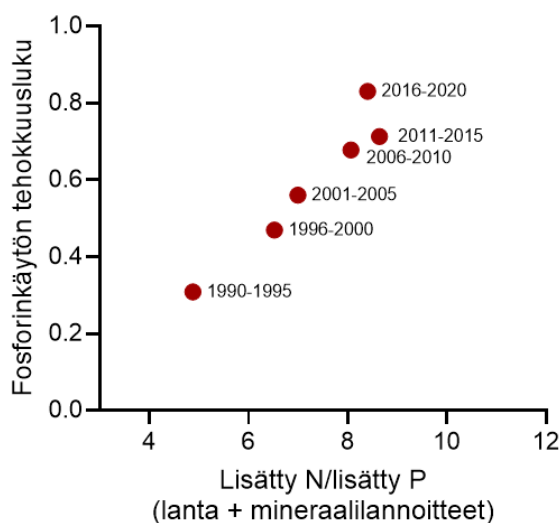
5.3. Fosforin käytön tehokkuus

Kun fosforilannoitus on Suomessa vuosien kuluessa vähentynyt ja siitä huolimatta satotaso on ollut hitaassa kasvussa, on fosforin käytön tehokkuus parantunut ajan myötä. Fosforinkäyttöä voi yleisellä tasolla arvioida tehokkuusluvulla, joka muodostuu jakamalla sadon ottaman fosforin määrä peltoihin lisätyn fosforin määrällä¹. Näin laskettu tehokkuusluku on Suomessa kasvanut 1990-luvun alusta selvästi. Vuosien 1990–1995 tehokkuusluvun arvo oli 0,3 ja siitä se on jaksolle 2016–2020 tultaessa kasvanut 0,8:aan – toisin sanoen verrattuna lisätyn fosforin määrään noin 80 % saadaan tänä päivänä kotiutettua korjatun sadon mukana (Kuva 19).

Tärkeänä tekijänä tehokkuusluvun muodostumisessa on sadon määrä, johon typpi vaikuttaa voimakkaasti. Sadon kasvu lisää pelloilta korjattavan fosforin määriä, kasvattaen siten fosforin kotiutumista. Kuvassa 19 on esitetty fosforinkäytön tehokkuusluku 5 vuoden (ensimmäinen jakso 6 vuoden) liukuvana keskiarvona vuosina 1990–2020. Laskelma perustuu Suomen OECD:n taselaskentatietoihin ja kuvan 19 vaaka-akselille on merkitty typen ja fosforin lisäysmäärien suhdeluku (kg lisättyä typpeä/kg lisättyä fosforia, koko maan keskiarvoina). Vaikka typpilannoituskin on vähentynyt ajan kuluessa, on fosforilannoitus pienentynyt huomattavasti sitä enemmän. Typen ja fosforin lisäysten suhde on noin 30 vuoden kuluessa kasvanut koko maan keskiarvoina laskettuna siten, että typpeä lisättiin 1990-luvun alussa viisinkertainen määrä fosforiin nähden, kun tänä päivänä typpilisäykset ovat noin 8-kertaisia fosforilisäyksiin nähden; kaliumia myydään noin kolminkertainen määrä fosforiin nähden. Kun korjattua satoa kertyy vähintään

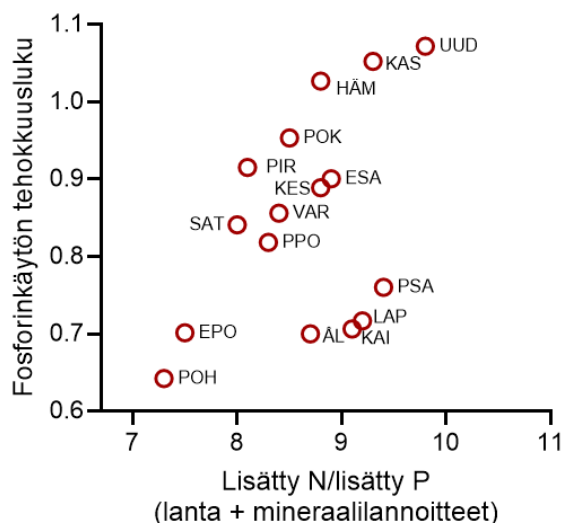
¹ Kyseessä on fosforitaseeseen verrattava näennäinen tehokkuusluku, joka ei ota huomioon sitä, että pääosa kasvien tietynä kasvukautena ottamasta fosforista on peräisin maahan aiemmin kertyneistä varannoista. Se kertoo pitkän ajan ravinteiden käytön tehokkuuden muutoksista, mutta yksittäisen vuoden aikana tehokkuusluku voi vaihdella suuresti muiden satoon vaikuttavien tekijöiden (kuten säätilan) vuoksi. Tässä raportissa esitetyissä laskelmissa tehokkuusluvut on laskettu viiden vuoden keskimääräisistä lisätyn ja sadon mukana poistetun fosforin määristä. Lähteenä on käytetty OECD:lle toimitettavia ravinnetaselaskelmia.

sama määrä kuin aiemmin, erityisesti lisättyjen fosforikilojen kotiuttaminen onnistuu selvästi paremmin kuin aiempina vuosikymmeninä.



Kuva 19. Suomen OECD-tasetilastosta laskettu fosforinkäytön tehokkuusluku (sadon mukana korjattu fosfori/peltoihin lisätty fosfori) annettujen jaksojen keskiarvoina. Vaaka-akselilla lisätyn typen ja lisätyn fosforin suhdeluku (kg/kg).

Vähiten lisättyä fosforia saadaan korjatun sadon mukana kotiutettua Pohjanmaalla, jossa tehokkuusluvun vuosien 2016–2020 keskiarvo on ollut nykytilanteen valtakunnalliseen keskiarvoon verrattuna vaatimaton 0,64 (Kuva 20). Kainuun, Lapin ja Ahvenanmaan tehokkuusluku on samalla jaksolla ollut 0,7. Suurimmat tehokkuusluvut mainitulla jaksolla löytyvät Uudenmaan ja Kaakkois-Suomen (1,1) sekä Hämeen (1,0) alueilta. Yli yhden tehokkuusluvut tarkoittavat pitemmällä aikavälillä maan P-lukujen yleisempää laskua, joten niiden tavoittelu on viljelymaan pitkäaikaisen hoidon kannalta järkevää mailla, joilla fosforilannoitus ei anna satovastetta. Tehokkuusluvun parantamiseen olisi varaa erityisesti Pohjanmaalla ja Ahvenanmaalla, joilla selkeästi ylimitoitettu fosforilannoitus tuottaa keskimääräistä huonompia tehokkuuslukuja. Kainuussa ja Lapissa tehokkuuslukuun vaikuttanee kasvukauden lyhyys, minkä ohella Kainuussa alhaisten fosforiluokkien voimakas yleistymisen alkaa todennäköisesti rajoittaa satotasoa ja fosforin kotiuttamista.



Kuva 20. Fosforinkäytön tehokkuusluku jaksolla 2016–2020 eri ELY-alueilla ja Ahvenanmaalla kansallisen ravinnetaselaskelman tietoihin perustuen (Mattila 2022). Vaaka-akselilla lisätyn typen ja lisätyn fosforin välinen suhdeluku. Kuvassa käytetyt alueiden lyhenteet esitetään liitteessä 6.

5.4. Fosforin kierrätyksen potentiaali

Koko maan mittakaavassa 90 % kasvintuotannon fosforilannoituksen tarpeesta (23,3 milj. kg) voitaisiin kattaa ravinnepitoisiin biomassoihin pohjautuvilla kierrätyslannoitevalmisteilla (lannassa ja muissa biomassoissa fosforia 21,1 milj. kg). Kasvin tarpeen mukaan jaettuna lannan fosfori yksin riittäisi kattamaan kasvintuotannon tällä hetkellä tarvitsemasta määrästä 65 %.

Aiemmin Ylivainio ym. (2014) arvioivat, että lantafosfori yksin riittäisi kattamaan kasvien fosforitarpeen täysin. Tämän jälkeen tilanne on muuttunut siten, että peltojen fosforiluvut ovat laskeneet ja vuosittaisista fosforilisäyksistä hyötyviä hehtaareja on tullut lisää. Samaan aikaan lannan fosforin määrä on vähentynyt noin 10 % Ylivainion ym. (2014) tarkastelemasta jaksosta eläinmäärän vähenemisen vuoksi. Pieni vaikutus on myös sillä, että Ylivainion ym. (2014) raportissa fosforilannoitustarve oli laskettu ainoastaan viljojen ja nurmien tarpeen mukaan, kun nyt laskenta tehtiin erikseen kaikille Ruokaviraston listaamille viljelykasveille. Muille kasveille kuin viljoille ja nurmille arvioitiin tarvittavan runsaampaa fosforilannoitusta ja osalle kasveista lannoitustarpeeksi laskettiin ympäristökorvauksen mukainen maksimilannoitus.

Arvioidulla nykyisellä fosforin käytöllä lisälannoitustarve on noin 6,3 miljoonaa fosforikiloa, josta 2/3 voitaisiin kattaa käyttämällä tehokkaasti hyväksi kaikkien biomassojen fosfori. Mineraalifosforin myynnin arvo on merkittävä, kevään 2022 lannoitehinnoilla (fosfori n. 3,5 €/kg) useita kymmeniä miljoonia euroja. Jos kaikkien ravinnepitoisten biomassojen fosfori käytettäisiin hyväksi peltojen lannoituksessa niillä ELY-alueilla missä niitä muodostuu, riittäisivät sivuvirrat täyttämään kasvien fosforintarpeen täysin Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Satakunnan, Etelä-Pohjanmaan, Pohjanmaan ja Lapin alueilla. Eniten fosforin alijäämää jäisi Hämeen, Pirkanmaan, Kaakkois-Suomen, Pohjois-Karjalan ja Keski-Suomen alueilla, noin 4–6 kg/ha täydennystarve, vaikka kaikki näillä alueilla muodostuvat biomassat hyödynnettäisiin lannoituksessa.

Huolimatta erilaisista lannan fosforin määristä eri alueilla, lannoitteiden myynti näyttää olevan irrallaan alueella syntyvän lannan määrästä, kun suurimpien lantafosforin ylijäämien alueilla lannoitteiden myynti ei ole vähentynyt yleistä trendiä voimakkaammin. Alueiden välisten erojen lisäksi kuntien sisällä on tila- ja lohkotason vaihtelua, johon tämän raportin aineistolla ei päästä käsiksi. Riippumatta kotieläintuotannon alueellisesta keskittymisestä kotieläintuotantoon erikoistuneilla tiloilla on usein enemmän lannan fosforia käytettävissään kuin kasvit tarvitsivat. Tiivis yhteistyö lähialueen kotieläin- ja kasvinviljelytilojen välillä mahdollistaisi lannan ravinteiden tasapainoisemman käytön, kun ylijäämäfosforia voitaisiin käyttää siellä, missä sillä voidaan saada satohyötyjä. Samalla kasvinviljelytilojen tarve ostaa mineraalilannoitteita vähenisi ja neitseellisiä fosforivaroja säästyisi myöhempää tarvetta varten tai sellaisille alueille (esim. kehittyvät maat), joilla sadontuotantoa voidaan fosforilannoituksen avulla merkittävästi lisätä. Lannan prosessointi fosforin ja typen erottelun tehostaisi ravinteiden käyttöä ja tilojen välistä yhteistyötä myös lantafosforin ylijäämäalueilla.

5.5. Fosforin kierrätyksen tehostaminen prosessoinnin avulla

Fosforin nykyistä tehokkaamman kierrätyksen ja siten tasaisemman käytön mahdollistamiseksi osa lannasta ja muut biomassat on jalostettava soveltuvin prosessointimenetelmin kuljetettavampaan muotoon. Prosessoinnilla edellytetään fosforin erottamista tuestä ja/tai väkevöintiä pienempään massamäärään, jotta ravinteiden käyttöä voitaisiin tehostaa alueiden sisällä ja/tai kuljettaa ylijäämäfosforia pois alijäämäisille alueille. Tilatasolla prosessointi voi olla esimerkiksi separointia neste- ja kuivajakeisiin, jolloin fosforia pystytään tehokkaammin jakamaan eri lohkoille tila- ja paikallistasolla. Suurissa lantakeskityksissä ja jätteen käsittelylaitoksissa tulee tavoitella fosforin kuljettamista selvästi pitempiä matkoja, jolloin on perusteltua jalostaa biomassoja selvästi pitemmälle ja ottaa fosfori ja typpi talteen puhtaampina, väkevämpinä lannoitevalmisteina (Luostarinen ym. 2019a,b). Näissä prosesseissa fosfori erottuu usein yhdessä biomassojen sisältämän orgaanisen aineksen kanssa samaan jakeeseen, jolloin fosforin kierrätys samalla kierrättää orgaanista ainesta takaisin peltomaahan. Tilanne on toivottu (Heikkinen ym. 2021), sillä usein fosforilannoitusta tarvitsevat pellot tarvitsevat myös orgaanista ainetta parantamaan maan rakennetta, satotasoa ja vähentämään eroosio- ja vesistökuormitusriskiä (Soinne ym. 2016, 2021). Heikkisen ym. (2021) tulokset kannustavat lannan prosessointiin, koska prosessointi ei välttämättä vähennä lannan kykyä nostaa maan hiilipitoisuutta.

Uusimman arvion mukaan kaikista Suomen lannoista prosessoidaan vain noin 7 % (Tampio ym. 2022). Prosessointi tapahtuu pääosin tiloilla ja keskitetysti lantaa prosessoidaan vain muutamilla laitoksilla, joiden fosforipitoista lannoitevalmistetta markkinoidaan alueen ulkopuolelle. Jäte- ja sivuvirtoja käsitellään erilaisin prosessitekniikoin, mutta käsittelyn päätehtävä on usein esimerkiksi energiantuotanto tai ympäristöpäästöjen minimointi ravinteiden talteenoton ja tehokkaan hyödyntämisen sijaan. Lopputuotteet ovat tällöin ravinteiden kierrätyksen kannalta keskeneräisiä, eikä niiden lannoituskäytön turvallisuutta ja käytännön toteutusta ole vielä ratkaistu. Merkittävä osa jätemassojen kierrätettävissä olevista ravinteista päättyy myös muualle kuin lannoituskäyttöön.

Biomassojen prosessoinnin lisääntymiseksi kierrätyslannoitevalmisteiden markkinoiden tulee kehittyä. Investointitarpeet käsittelylaitoksiin ja tekniikoihin ovat suuria. Hankkeiden rahoittaminen on ollut haastavaa ja lannoitevalmisteista saatava hinta toivottua alhaisempi. Suurimmat haasteet ovat usein lannan prosessoinnissa, sillä siitä ei ole laitokselle saatavissa vastaavaa porttimaksua kuin jätemassoista (Luostarinen ym. 2019b). Kirjoitushetkellä kierrätysravinteiden kysyntä on kuitenkin Venäjän hyökkäyssodasta Ukrainaan johtuvan lannoitteiden kallistumisen, sekä energiaan ja raaka-aineisiin liittyvän saatavuusongelman, takia ollut tavallista suurempaa.

Kierrätyslannoitevalmisteita on kokeiltu monella tilalla ensimmäistä kertaa, mikä voi lisätä niiden kysyntää pitemmällä aikavälillä.

Kierrätyslannoitevalmisteiden tarjontaa tulisi lisätä ja jalostusastetta nostaa. Suomessa myönnetäänkin monenlaisia kannustimia investointitukina sekä erillisinä kohdennettuina tukina. Esimerkiksi vuoden 2023 aikana voimaantulevan, määräaikaisen ravinnekiertotuen tavoitteena on edistää fosforin siirtymistä ylijäämäalueilta alijäämäisille sekä edistää biokaasun ja kierrätyslannoitevalmisteiden tuotantoa. Tuki kohdennetaan lantaa ja vesistökasvillisuuden niittojätteitä mädättäville biokaasulaitoksille, jotka jalostavat mädätteestä kierrätyslannoitevalmisteita. Laitos voi käsitellä myös muita biomassoja, mutta tukea maksetaan ainoastaan perustuen lantaja niittojättemääriin. Tukimuotona on tarjouskilpailumenettely, jossa laitos hakee tukea fosforikilon prosessointikustannukseen perustuen. Tukiviranomainen pisteyttää hakemukset ennakkoon asetettujen prosessoinnin tehokkuuteen perustuvien kriteerien mukaisesti. Tavoitteena on myös varmistaa tuen kohdentuminen erityisesti fosforin ylijäämäalueille (Salo ym. 2022). Kirjoitushetkellä kriteeristöä ja pisteytysjärjestelmää ei ole vielä julkaistu, eikä tuen toimeenpanton alkaminen ole vielä tiedossa. Vuoden 2023 valtion talousarviossa (1253/2022) ravinnekiertotuelle on hyväksytty neljän miljoonan euron määräraha, jonka myötä ensimmäinen kilpailutuskierros käydään vuonna 2023. Vuodelle 2024 on suunniteltu viiden miljoonan euron tuki (Salo 2023).

5.6. Ravinteiden kierrätyksen seuranta ja tietotarpeet

Lannan ja muiden biomassojen prosessoinnin ja ravinnekäytön edistymistä on aiemmin arvioitu Marttisen ym. (2017) raportissa sekä osana tässäkin tarkastelussa käytettyä Ravinnelaskuri-työkalua. Lisäksi tietoa on Lukessa vuoden 2022 aikana koottu yhteen ravinteiden kierrätyksen indikaattoriksi (Luke 2022; Luostarinen ym. 2023b), jonka tavoitteena on toimia työkaluna ravinteiden kierrätyksen edistymisen seurannassa ja päätöksenteon tukena.

Tieto ravinnepitoisista biomassoista, niiden ajantasaisista prosessoinneista ja muista käsittelyistä, kuljetuksista ja loppukäytöistä kohteineen on hajanaista ja puutteellista. Monet olemassa olevat tiedonkeruut, kuten ympäristöhallinnon YLVA-järjestelmä ja Ruokaviraston lannoitevalmisteiden vuosi-ilmoitukset, kokoavat vain osan ravinteiden kierrätyksen seurannan tarvitsemista tiedoista. Lisäksi tiedonkeruut perustuvat toiminnanharjoittajien ilmoituksiin, joiden täsmällisyys ei aina ole kattavan tiedonkeruun ja selkeän, laadukkaan tiedon kannalta riittävää. Tiedoissa on lukuisia puutteita ja myös virheitä. Nykyisellään on mahdotonta seurata ja koostaa tietoa ravinnepitoisten biomassojen matkasta syntypaikaltaan mahdollisten prosessointien kautta loppukäyttöön. Tämän vuoksi myös Luken tuottama ravinteiden kierrätyksen indikaattori sisältää arviot muodostuvista biomassoista syntypaikallaan ELY-keskus-tasolla, kaaviot niille käytetyistä prosessoinneista ja käytön osuuksista maataloudessa tai muissa käyttökohteissa. Tiedot esitetään karttapohjalla kierrätyslannoitevalmisteita markkinoille saattavien prosessointilaitosten sijaintiin perustuen. Täsmällisemmän seurannan järjestäminen vaatisi tiedonkeruiden kehittämistä ja eri ministeriöiden välistä yhteistyötä, jotta biomassojen reittejä syntypaikoiltaan käyttökohteisiin voitaisiin nykyistä paremmin seurata (Luostarinen ym., 2023b).

5.7. Laskennan täsmentäminen vaatii lohkotason tietoa

Laskenta lannan fosforin alueellisesta yli- tai alijäämästä suhteessa fosforilannoitustarpeeseen tehtiin tarkimmillaan kuntatasolla, koska peltolohkotason tieto ei ollut yksilöitävissä peltolohkojen rekisterinumeroiden avulla. Kuntatasolla tapahtuvassa tarkastelussa tilojen ja lohkojen

väliset erot siten tasoittuvat ja fosforilannoituksen tilanne voi näyttää todellista optimaalisemmalta; tosiasiaissa toisia lohkoja saatetaan lannoittaa liikaa ja toisia tarpeettoman vähän. Ilmiö tulee esiin jo verrattaessa ELY-keskus- ja kuntatason tuloksia toisiinsa. Vaikka ELY-keskuksen alue olisi fosforilannoitustarpeen ja tuotetun lannan fosforin suhteen tasapainossa, voi alueella olla useita kuntia, joissa lannan fosforia on enemmän kuin kasvit tarvitsevat. Lohkotasolla ylijäämää voi olla siinäkin tapauksessa, että kunta on lantafosforin suhteen selvästi alijäämäinen, jos esimerkiksi kotieläintilalla on enemmän lannan fosforia kuin omille peltolohkoille olisi tarpeen levittää. Lohkotason tietoa maasta on kertynyt ympäristökorvaukseen sitoutuneilta tiloilta, koska peruslohkotunnuksen merkitseminen viljavuusanalyysitulauksiin tuli pakolliseksi ympäristökorvaukseen sitoutuneilla tiloilla Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa ympäristökorvauksesta (MMM 2015). Lohkotietoa ei kuitenkaan ole tutkijoiden käytettävissä.

Lohkotason tiedon puute estää täsmällisempien tarkastelujen tekemisen ja ylijäämien tunnistamisen. Viljavuustiedon ajantasainen hallinta ja käytettävyys vaativat näin ollen kehittämistä, ja tästä on tutkimuksen taholta annettu useita ehdotuksia vuosien varrella. Viimeisin esitys on Samassa vedessä -hankkeen laajasti perustelema ehdotus Ruokaviraston hallinnoiman lohko-kohtaisen maan viljavuus-, viljely- ja satotiedon sisältävän Maatalouden ravinnetietovarannon perustamisesta (Valve ym. 2022). Lohkotason tieto parantaisi oleellisesti laskennan tulosta, koska viljelykasvit erilaisine lannoitustarpeineen voitaisiin yhdistää lohkon maalajiin, multavuuteen ja fosforilukuun. Lisäksi saataisiin kattavampi kuva lohkotason vaihtelusta, ja aluetasolla luotettavampi kuva fosforin yli- tai alijäämistä.

6. Johtopäätökset

Tämä raportti ei olisi ollut mahdollinen ilman, että ympäristökorvaukseen kuuluneelta noin 90 % osuudelta Suomen peltoalasta on edellytetty alusta lähtien, vuodesta 1995 alkaen, säännöllistä helppoliukoisen fosforipitoisuuden (fosforiluku) analyysiä. Jatkossa koko peltoalalta kerätyvä aineisto tulisi koota yhteen ja tilastoida ajantasaisesti, jotta ravinteiden kierrätyksen potentiaalista ja tarpeesta on käytettävissä oikea tieto päätöksenteon pohjaksi ja kierrätyksen vaatimien toimenpiteiden toteuttamiseksi.

Peltomaan korkeat fosforiluvut ovat onnistuneesti alentuneet, ja suunta on oikea, vaikka tarpeettoman korkeita fosforilukuja esiintyy edelleen. On tärkeää, että ohjaukskeinot, kuten uusi fosforiasetus (VN 2023), tukevat fosforilukujen laskua siellä, missä fosforilla ei voida olettaa saatavan satohyötyjä, mutta korkea fosforipitoisuus lisää vesistökuormaa. Viljelijän on myös syytä ottaa huomioon se, että alhaisempien fosforilukujen pelloilla fosforilannoituksella todennäköisesti saadaan sadonlisää, ja fosforilisäykset kannattaakin kohdentaa matalan fosforiluvun alueille. Sadon arvosta ja lannoitteiden hinnasta riippuu, ovatko fosforilannoituksen kustannukset suurempia kuin fosforilisäysten antamat satohyödyt.

Lannoissa ja muissa kierrätettävissä biomassoissa on paljon potentiaalia kasvien fosforilannoitustarpeen tyydyttämiselle. Potentiaalinen hyödyntäminen edellyttää sekä fosforin yli- että alijäämäalueilla kotieläin- ja kasvintuotantotilojen välisen yhteistyön lisäämistä.

Biomassojen kehittyneitä prosessointia tarvitaan erottamaan tyypeä ja fosforia toisistaan ja väkevöimään niitä helpommin kuljetettaviksi valmisteiksi. Näin mahdollistetaan alueellisten fosforin ylijäämien purkaminen pois lantakeskittymistä ja biomassoja prosessoivista laitoksista alijäämäalueille.

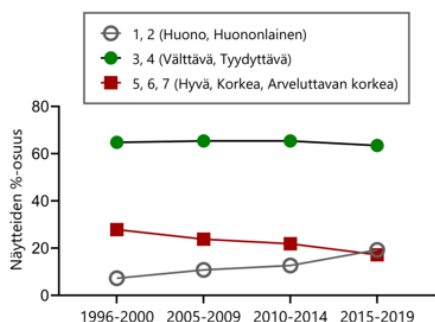
Energiantuotanto erityisesti biokaasuna voi tukea kehittyneen prosessoinnin käyttöönottoa nostamalla kannattavuutta. Kehittyneen prosessoinnin avulla voidaan myös turvata kierrätyksen turvallisuus ja fosforin käyttökelpoisuus.

Kannustimia tarvitaan ravinteiden kierrätyksen edistämiseksi. Kaikkien kannustinten on oltava pitkäjänteisesti ja ennakoitavasti tarjolla, jotta toimialalla uskalletaan edetä. Kirjoitushetkellä uusien kannustinten, kuten ravinnekiertotuki, fosforiasetuksen sallima vähäinen fosforilisäys korkeamman fosforiluvun pelloille fosforin erotuksen yhteydessä sekä CAP:n kiertotalouden edistäminen -toimenpiteen mahdollistama tuki väkevöidyille lannoitevalmisteille, ovat askelia oikeaan suuntaan ja luovat pohjaa kierrätyslannoitevalmisteiden markkinoiden kehittymiselle.

Ravinteiden kierrätyksen seurantaan tarvitaan tiedonkeruiden kehittämistä ja toimialan motivaatiota täyttää ilmoituksensa huolellisesti.

Raportin keskeiset tulokset esitetään kuvien 21, 22 ja 23 infograafeissa.

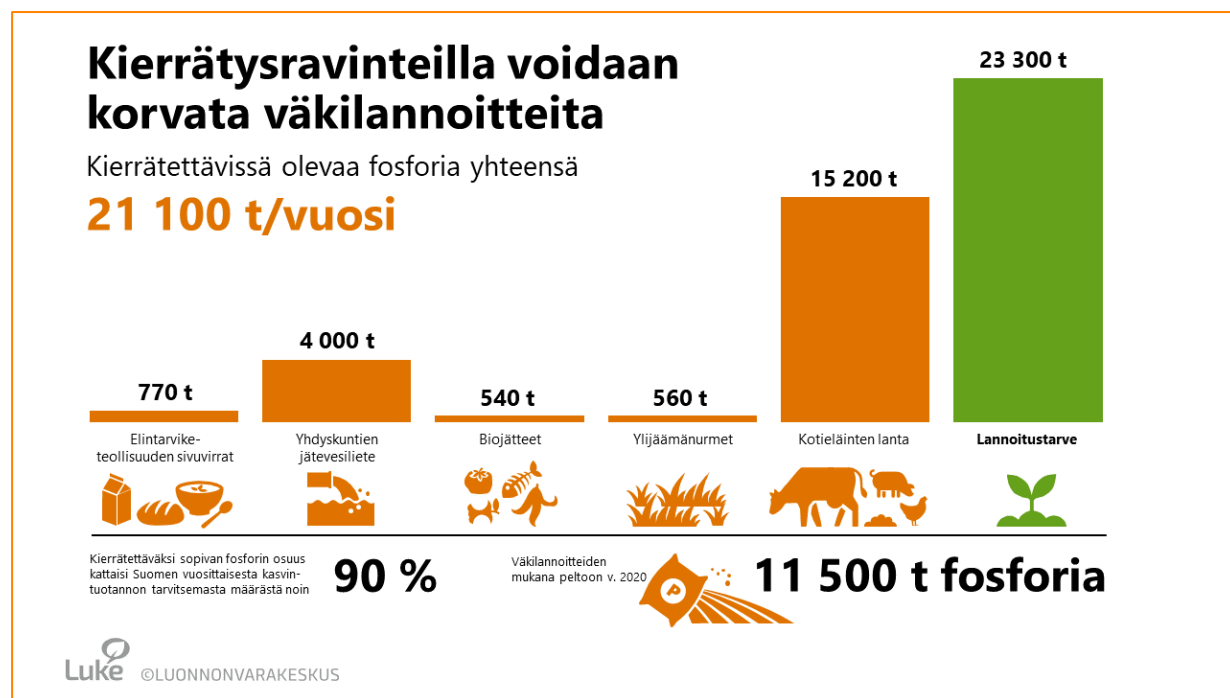
- Fosforilannoitusta rajoittamalla on pyritty vähentämään korkeiden fosforiluokkien osuutta peltoalasta.
- Kasvien fosforinottoa suuremmat lisäykset on sallittu alhaisilla maan fosforipitoisuuksilla hyvän sadon tuottamiseksi.



- Kaikilla ELY-alueilla korkeiden fosforiluokkien osuus on vähentynyt
- ”Välttävä” ja ”Tyydyttävä” –luokkien osuus on pysynyt samana
- Fosforiluokkien ”Huono” ja ”Huononlainen” osuus on kasvanut. Näille maille ei ole lisätty niin paljon fosforia mitä ympäristökorvauksessa on mahdollista lisätä.

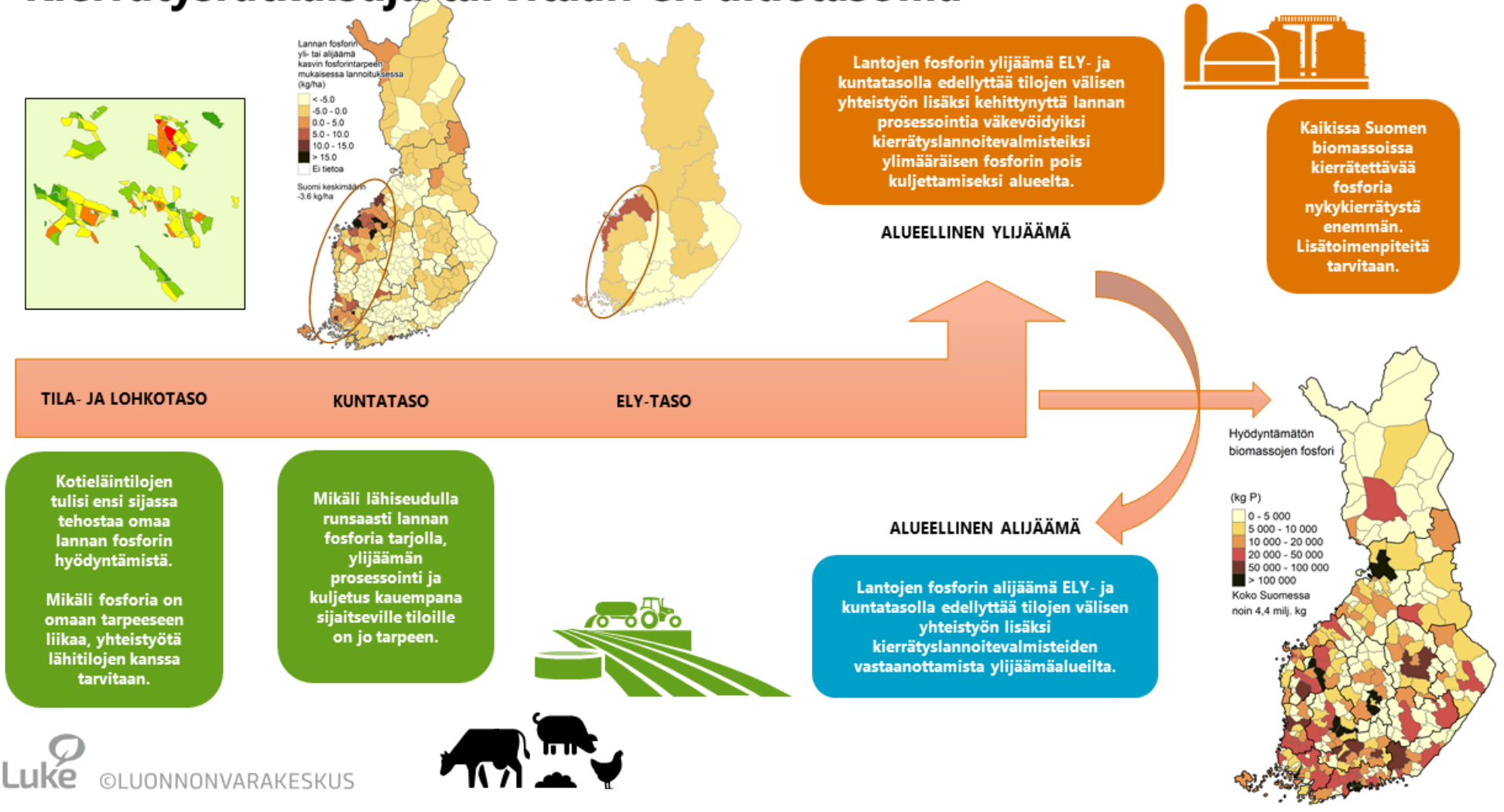
Jotta saisimme uusien lajikkeiden satopotentialista mahdollisimman paljon irti, tulisi viljavuustutkimuksen ohjata fosforin käyttöä lohkotasolla. Fosforilisäyksiä pitäisi kohdentaa niistä hyötyville pelloille, mikä vaatii fosforin kierrätyksen voimakasta kehittämistä.

Kuva 21. Fosforiluokkien osuuden kehitys maatalouden ympäristöohjelmien aikana; infograafi.



Kuva 22. Fosforin kierrätyksen potentiaali ja nykyinen mineraalilannoitefosforin käyttö Suomessa; infograafi.

Kierrätysratkaisuja tarvitaan eri aluetasoilla



Kuva 23. Fosforin kierrätyksen alueellinen tarve ja ratkaisut; infograafi.

Viitteet

- Breuer, B., Martin, L., Wierig, M. & Saggau, E. 2019. Drivers of change and development in the EU livestock sector – Meta analysis as basis for future scenario building. Federal Office for Agriculture and Food (BLE), Germany. 72 p. <https://scar-europe.org/index.php/spa-documents>
- Esala, M. 2002. Viljavuusanalyysi ympäristön tilan ohjauskeinona ja maan kasvukunnon ilmaissijana. Julkaisussa: Tutkittu maa – turvalliset elintarvikkeet, Viljavuustutkimus 50 vuotta -juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. Risto Uusitalo & Riitta Salo (toim.). Maa- ja elintarviketalous 13: 14–19.
- EU 2020. Farm to fork strategy. For a fair, healthy and environmentally-friendly food system. European Union, 22 p. https://ec.europa.eu/food/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf
- Euroopan Komissio 2021. EU biodiversity strategy for 2030: bringing nature back into our lives, Directorate-General for Environment, Publications Office of the European Union. 34 p. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/048>
- Granstedt, A. 2000. Increasing the efficiency of plant nutrient recycling within the agricultural system as a way of reducing the load to the environment – experiences from Sweden and Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment 80: 169–185
- Hallitusohjelma 2015. Ratkaisujen Suomi. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-181-7>
- Hallitusohjelma 2019. Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. Valtioneuvoston julkaisuja 2019:31. Helsinki 2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-808-3>
- Heikkinen J., Ketoja E., Seppänen L., Luostarinen S., Fritze H., Pennanen T., Peltoniemi K., Velmala S., Hanajik P. & Regina K. 2021. Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils. Carbon Management 12(4): 359–376. DOI: 10.1080/17583004.2021.1947386
- HELCOM 2021a. Baltic Sea Regional Nutrient Recycling Strategy. Baltic Marine Environment Protection Commission – Helsinki Commission. 10 p. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Regional-Nutrient-Recycling-Strategy.pdf>
- HELCOM 2021b. HELCOM Baltic Sea Action Plan– 2021 update. Baltic Marine Environment Protection Commission - Helsinki Commission. 58 p. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>
- Kauppi, L. & Niemi, M. 1984. The role of runoff water phosphorus in eutrophication. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 57: 41–51.
- Kemira 1980. Maan ja kasvun hyväksi: Martti Hoville 20.1.1980. Kemira Oy, Helsinki 1980. 148 s.
- Kekäläinen, A. (toim.) 1999. Lannoitteiden myynnin jakautuminen maaseutukeskusalueittain. Lannoitusvuosi 1997/98. Kemira Agro Oy. 11 s.

- Kurki, M. 1963. Suomen peltojen viljavuudesta vuosina 1955–1960 Viljavuuspalvelu Oy:ssä tehtyjen tutkimusten perusteella. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens auf Grund der in den Jahren 1955–1960 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 107 s.
- Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Referat: Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens auf Grund der in den Jahren 1955–1970 durchgeführten Bodenfruchtbarkeitsuntersuchungen. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 182 s.
- Kurki, M. 1982. Suomen peltojen viljavuudesta III. Summary: On the fertility of Finnish tilled fields in the light of investigations of soil fertility carried out in the years 1955–1980. Viljavuuspalvelu Oy. Helsinki. 181 p.
- Lemola, R., Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Sarvi, M. & Turtola, E. 2018. Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus. Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009. Luke, Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 17/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 210 s.
- Luke 2022. Ravinteiden kierrätyksen indikaattori. <https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit/kiertotalous-luonnonvaraaloilla>
- Luostarinen, S., Grönroos, J., Hellstedt, M., Nousiainen, J., Munther, J. 2017a. SUOMEN NORMILANTA – laskentajärjestelmän kuvaus ja ensimmäiset tulokset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 47/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-441-0>
- Luostarinen, S., Perttilä, S., Nousiainen, J., Hellstedt, M., Joki-Tokola, E. ja Grönroos, J. 2017b. Turkiseläinten lannan määrä ja laatu. Tilaseurannan ja lantalaskennan tulokset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 46/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-439-7>
- Luostarinen, S., Tampio, E., Berlin, T., Grönroos, J., Kauppila, J., Koikkalainen, K., Niskanen, O., Rasa, K., Salo, S., Turtola, E., Valve, H. & Ylivainio, K. 2019a. Keinoja orgaanisten lannoitevalmisteiden käytön edistämiseen. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2019:5. Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 88 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-941-8>
- Luostarinen, S., Tampio, E., Niskanen, O., Koikkalainen, K., Kauppila, J., Valve, H., Salo, T. & Ylivainio, K. 2019b. Lantabiokaasutuen toteuttamisvaihtoehdot. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 40/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 75 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-777-0>
- Luostarinen, S., Lemola, R., Miettinen, A., Rautio, P., Salo, T., Turtola, E., Uusitalo, R., Viitala, E.-J., Ylivainio, K. 2021. Tavoite 10: Lannoitteiden käyttö ja lannoitteiden aiheuttama ravinnehävikki. Teoksessa: Kärkkäinen, L. & Koljonen, S. (toim.). Arvio EU:n biodiversiteettistrategian vaikutuksista Suomessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 75/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 211–232. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-298-8>
- Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J. (toim.) 2023a. Nutrient rich sidestreams in EU member states and three national insights. Käsikirjoitus.
- Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J. 2023b. Ravinteiden kierrätyksen indikaattori. Käsikirjoitus.
- Maanmittauslaitos. Suomen pinta-ala kunnittain 1.1.2020. https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/attachments/2020/01/Vuoden_2020_pinta-alatilasto_kunnat_maakunnat.pdf.

- MMM 2015. Maa- ja metsätalousministeriön asetus ympäristökorvauksesta 327/2015. Haettu 11.5.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150327>
- Marttinen, S., Venelampi, O., Iho, A., Koikkalainen, K., Lehtonen, E., Luostarinen, S., Rasa, K., Sarvi, M., Tampio, E., Turtola, E., Ylivainio, K., Grönroos, J., Kauppila, J., Koskiaho, J., Valve, H., Laine-Ylijoki, J., Lantto, R., Oasmaa, A. & zu Castell-Rüdenhausen, M. 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Nykytila ja suositukset ohjauskeinojen kehittämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 45 s. ISBN 978-952-326-437-3. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-437-3>
- Mattila, P. 2021. Alueellisten N- ja P-taseiden osatekijät. Alueelliseen ja valtakunnalliseen ravintaselaskentaan liittyvä julkaisematon Excel-tiedosto, jonka R. Lemola on poiminut Luken levyalueelta 1.10.2021.
- Mattila, P. 2022. Kysymys väkilannoitefosforin alueellisista myyntimääristä. Sähköposti 5.12.2022. Vastaanottaja: R. Lemola. Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Pasi Mattilan vastaus, joka sisälsi ELY-keskuskohtaiset väkilannoitefosforin myyntimäärät maataloilille vuonna 2020. R. Lemola muunsi tiedot vuoden 2021 ELY-keskusalueille.
- MMM 1996. Maatalouden ympäristötukiohjelma 1995–1999. Seurantaryhmän väliraportti 2.9.1996. Työryhmämuistio 1996:18. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.
- MMM 2011. Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa. Työryhmämuistio MMM 2011:5. Helsinki. 58 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-649-3>
- Mäntylähti, V. 2002. Peltojen ravinnetilan kehitys 50 vuoden aikana. Julkaisussa: Tutkittu maa – turvalliset elintarvikkeet, Viljavuustutkimus 50 vuotta -juhlaseminaari, Jokioinen 24.9.2002. Risto Uusitalo & Riitta Salo (toim.). Maa- ja elintarviketalous 13: 5–13.
- Ovaska, S., Liski, E., Äijö, H., Häggblom, O. & Paasonen-Kivekäs, M. 2021. Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä. Salaojituksen tutkimusyhdystys ry:n tiedote 36. ISBN 978-952-5345-47-6.
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Laurila, I. P. 2009. Cereal yield trends in northern European conditions: Changes in yield potential and its realisation. *Field Crops Research* 110:85–90. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.07.007>
- Puustinen, M., Tattari, S., Väisänen, S., Virkajärvi, P., Rätty, M., Järvenranta, K., Koskiaho, J., Röman, E., Sammalkorpi, I., Uusitalo, R., Lemola, R., Uusi-Kämppe, J., Lepistö, A., Hjerppe, T., Riihimäki, J. & Ruuhijärvi, J. 2019. Ravinteiden kierrätys alkutuotannossa ja sen vaikutukset vesien tilaan. KiertoVesi-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 22. 124 s.
- Reijnders, L. 2014. Phosphorus resources, their depletion and conservation, a review. *Resources, Conservation and Recycling* 93: 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.09.006>
- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila: Maveron loppuraportti. Luonnonvarajulkaisuja 15. Luonnonvarainneuvosto Maa- ja metsätalousministeriö. Helsinki. 61 s.
- Riley, H., Stubhaug, E., Kristoffersen, A.Ø., Krogstad, T., Guren, G. & Tajet, T. 2012. P-gjødsling til grønnsaker: Evaluering og nye anbefalinger. *Bioforsk Report Vol. 7 Nr. 68*. Bioforsk, Ås. 44 s.

- Roser, M. Ritchie, H., Ortiz-Ospina, E. & Rodés-Guirao, L. 2013. World Population Growth. Our-WorldInData.org. <https://ourworldindata.org/world-population-growth> [Verkkosisältö]
- Saarela, I. 2002. Phosphorus in Finnish soils in the 1900s with particular reference to the acid ammonium acetate soil test. *Agricultural and Food Science in Finland* 11: 257–271.
- Salo, O. Ravinnekiertokorvauksesta. Sähköpostiviesti 5.1.2023. Vastaanottaja Elina Tampio.
- Salo, O., Reskola, V.P., Pietiläinen, K. 2022. Biokaasulaitosten ravinnekiertotuki. Maatalouden ravinteet ja energia käyttöön Länsi-Suomessa -seminaari 8.12.2022.
- Salo, T. & Lemola, R. 2014. Typpi- ja fosforitaseet. Julkaisussa: Aakkula, J. & Leppänen, J. (toim.). Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3): loppuraportti. s. 52–59.
- Schindler, D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: Implications for lake management. *Science* 184: 897–899.
- Seppälä, E. 1995. Kemira Oy 1920–1945: leipää ja ruutia. Kemira Oy. Helsinki. 245 s. ISBN 951-97173-0-7.
- Sibbesen, E. & Runge-Metzger, A. 1995. Phosphorus balance in European agriculture - Status and policy options. Julkaisussa: Tiessen, H. (toim.). Phosphorus in the Global Environment - Transfers, Cycles and Management, SCOPE 54. John Wiley. s. 43–57.
- Soinne, H., Hyväluoma, J., Ketoja, E. & Turtola, E. 2016. Relative importance of organic carbon, land use and moisture conditions for the aggregate stability of post-glacial clay soils. *Soil & Tillage Research* 158: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.10.014>
- Soinne, H., Keskinen, R., Rätty, M., Kanerva, S., Turtola, E., Kaseva, J., Nuutinen, V., Simojoki, A. & Salo, T. 2021. Soil organic carbon and clay content as deciding factors for net nitrogen mineralization and cereal yields in boreal mineral soils. *European Journal of Soil Science* 72: 1497–1512. <https://doi.org/10.1111/ejss.13003>.
- Stubhaug, E., Riley, H. & Kristoffersen, A.Ø. 2015. P-gjødsling til brokkoli, blomkål, kålrot og isbergsalat. Nye anbefalinger. *Bioforsk Report* 10(14). Bioforsk, Ås. 14 s.
- Suojala-Ahlfors, T., Lumme, I., Salo, T., Uusitalo, R., Kivijärvi, P., Kallela, M., Inkeroinen, H. & Tuononen, M. 2020. Kasvinravinteet avomaanvihannesten tuotannossa. Tuloksia Resurs-sitehokas vihannestuotanto -hankkeesta v. 2016–2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 79/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 89 s.
- Suojala-Ahlfors, T., Hurme, T., Jaakkola, S., Kirkkala, T., Koivisto, A., Laine, P., Pihala, J., Salo, T., Uusitalo, R., Ventelä, A.-M. & Ylivainio, K. 2021. Vihannestuotannon kestävä ravinnehuolto. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 42/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 71 s.
- Tampio, E., Luostarinen, S., Kapuinen, P., Kykkänen, S., Pyykkönen, V., Rasa, K., Seppänen, A.-M., Termonen, M., Winquist, E. & Järvenranta, K. 2022. 5. Maatalouden, yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden biomassojen kierrätyspotentiaali, prosessointi lannoitevalmisteiksi, logistiikka ja käyttö maataloudessa. Teoksessa: Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022: 46–58.

- Termonen, M., Korhonen, P., Kykkänen, S., Kärkönen, A., Toivakka, M., Kauppila, R. & Virkajärvi, P. 2020. Effects of nitrogen application rate on productivity, nutritive value and winter tolerance of timothy and meadow fescue cultivars. *Grass and Forage Science* 75(1): 111–126.
- Turtola, E. & Ylivainio, K. 2009. (toim.) Suomen kotieläintalouden fosforikierto - säätöpotentiaali maataloilla ja aluetasolla. *Maa- ja elintarviketalous* 138. 244 s.
- Uusitalo, R., Ekholm, P., Lemola, R., Rankinen, K., Sarvi, M., Cano-Bernal, J. E., Ylivainio, K. & Keinänen, H. 2014. Fosforikuormitus ja maan eroosio. Julkaisussa: Aakkula, J. & Leppänen, J. (toim.). *Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus. (MYTVAS 3): loppuraportti.* s. 42–52.
- Uusitalo, R., Turtola, E., Grönroos, J., Kivistö, J., Mäntylahti, V., Turtola, A., Lemola, R. & Salo, T. 2007. Finnish trends in phosphorus balances and soil test phosphorus. Julkaisussa: *Agricultural and Food Science* 16:4 The Agri-Environmental Program in Finland: Effects on nutrient loading from agriculture into surface waters in 2000–2006. s. 301–316.
- Uusitalo, R., Hyväluoma, J., Valkama, E., Ketoja, E., Vaahtoranta, A., Virkajärvi, P., Grönroos, J., Lemola, R., Ylivainio, K., Rasa, K. & Turtola, E. 2016. A simple dynamic model of soil test phosphorus responses to phosphorus balances. *Journal of Environmental Quality* 45: 977–983.
- Valkama, E., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2011. Yield response models to phosphorus application: a research synthesis of Finnish field trials to optimize fertilizer P use of cereals. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 91:1–15.
- Valkama, E., Virkajärvi, P., Uusitalo, R., Ylivainio, K. & Turtola, E. 2015. Meta-analysis of grass ley response to phosphorus fertilization in Finland. *Grass and Forage Science* 71(1): 36–53.
- Valve, H., Taipale, K., Ekholm, P., Kauppila, J., Koikkalainen, K. & Miettinen, A. 2022. Maatalouden ravinnetietovaranto – työkalu viranomaisille ja viljelijöille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 4/2022, Suomen ympäristökeskus. 47 s <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/339524>
- Viljavuuspalvelu Oy 2000. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viljavuuspalvelu Oy. 31 s. ISBN 951-97434-4-8.
- Virkajärvi, P., Rinne, M., Mononen, J., Niskanen, O., Järvenranta, K., Sairanen, A. 2015. Dairy production systems in Finland. Julkaisussa: van den Pol-van Dasselaar, A., Aarts, H.F.M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J.A., Verloop, J. & Hopkins, A. (toim.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems. Proceedings of the 18th symposium of the European Grassland Federation. Wageningen, the Netherlands 15–17 June 2015.* s. 51–66.
- VN 2023. Asetus 64/2023. Valtioneuvoston asetus fosforia sisältävien lannoitevalmisteiden ja lannan käytöstä. <https://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2023/sk20230064.pdf>
- VVY 2021. Yhdyskuntalietteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus vuosilta 2019–2020. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 71. Vesilaitosyhdistys, Helsinki. https://www.vvy.fi/site/assets/files/4691/yhdyskuntalietteen_kasittelyn_ja_hyodyntamisen_nykytilannekatsaus_2021.pdf

- Yli-Halla, M., Nykänen, A., Siimes, K. & Tuhkanen, H.-R. 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan heppoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT julkaisuja. Sarja A 77. MTT, Jokioinen. 45 s.
- Ylivainio, K., Sarvi, M., Lemola, R., Uusitalo, R. & Turtola, E. 2014. Regional P stocks in soil and in animal manure as compared to P requirement of plants in Finland. MTT Report 124, 35 s.
- Ylivainio, K. & Turtola, E. 2015. Solubility and plant-availability of P in manure. Knowledge Report, Baltic Manure WP4 Standardisation of Manure Types with Focus on Phosphorus. Baltic Forum for Innovative Technologies for Sustainable Manure Management. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/520267>
- Ylivainio, K., Jermakka, J., Wikberg, H. & Turtola, E. 2019. Lämpökemiallisen käsittelyn vaikutus jätevesilietefosforin lannoitusarvoon. Jätevesien fosfori kiertoon lannoitteeksi (PRecover) -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 3/2019. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 67 s.
- Ylivainio, K., Äystö, L., Fjäder, P., Suominen, K., Lehti, A., Perkola, N., Ranta, J., Meriläinen, P., Välttilä, V. & Turtola, E. 2020. Jätevesilietteen pitkäkestoinen fosforilannoitusvaikutus ja yhteys ympäristö- ja ruokaturvallisuuteen: Jätevesilietteen potentiaali kasvintuotannossa ja vaikutukset ympäristöön ja elintarviketurvallisuuteen (PProduct) -hankkeen loppuraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 55/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 120 s.
- Ylivainio, K., Lehti, A., Jermakka, J., Wikberg, H. & Turtola, E. 2021. Predicting relative agronomic efficiency of phosphorus-rich organic residues. Science of The Total Environment 773, 145618. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145618>.

Liitteet

Liitteet 1–4 ovat erillisessä tiedossa, raportin kanssa samassa osoitteessa. Tiedosto sisältää seuraavat liitteet.

Liite 1. Tietolähteet Ravinnelaskurin maatalouden (muut kuin lannat), yhdyskuntien ja elintarviketeollisuuden biomassojen määrä- ja ominaisuustietoihin.

Liite 2. Kasvien fosforilannoitustarpeen laskennassa käytetyt lannoitusvalinnat kasviluokan (IACS-koodi) ja kasvin nimen mukaan.

Liite 3. Ympäristökorvauksen mukainen lannoitus fosforin viljavuusluokan mukaan.

Liite 4. Kasvin tarpeen mukainen fosforilannoitus (kg/ha) viljoilla ja nurmilla sekä erikoiskasveilla fosforiluvun ja maalajityypin mukaan.

Liite 5 on erillinen Excel-työkirja, jonka sivuilla on taulukoita viljavuusaineistojen fosforin tunnusluvuista ja fosforiluokkien frekvensseistä. Liite on tallennettu samaan osoitteeseen raportin kanssa. Liite sisältää seuraavat taulukot.

- Taulukko 1. Fosforilukujen tunnuslukuja vuosina (2015–2019) kunnittain ja maalajiryhmittäin järjestettynä ELY-keskusalueittain.
- Taulukko 2. Fosforilukujen tunnuslukuja (1996–2000) ELY-keskusten, Ahvenanmaan ja koko Suomen alueilla.
- Taulukko 3. Fosforilukujen tunnuslukuja (2005–2009) ELY-keskusten, Ahvenanmaan ja koko Suomen alueilla.
- Taulukko 4. Fosforilukujen tunnuslukuja (2010–2014) ELY-keskusten, Ahvenanmaan ja koko Suomen alueilla.
- Taulukko 5. Fosforilukujen tunnuslukuja (2015–2019) ELY-keskusten, Ahvenanmaan ja koko Suomen alueilla.
- Taulukko 6. Fosforiluokkien frekvenssit ELY-keskuksittain, Ahvenanmaalla ja Suomessa neljällä jaksolla.

Liite 6. ELY-keskuksista ja Ahvenanmaasta käytetyt lyhenteet

| Alue | Lyhenne |
|-------------------------------|---------|
| Uudenmaan ELY-keskus | UUD |
| Varsinais-Suomen ELY-keskus | VAR |
| Satakunnan ELY-keskus | SAT |
| Hämeen ELY-keskus | HÄM |
| Pirkanmaan ELY-keskus | PIR |
| Kaakkois-Suomen ELY-keskus | KAS |
| Etelä-Savon ELY-keskus | ESA |
| Pohjois-Savon ELY-keskus | POS |
| Pohjois-Karjalan ELY-keskus | POK |
| Keski-Suomen ELY-keskus | KES |
| Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus | EPO |
| Pohjanmaan ELY-keskus | POH |
| Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus | POP |
| Kainuun ELY-keskus | KAI |
| Lapin ELY-keskus | LAP |
| Ahvenanmaan maakunta | ÅL |



**Löydät meidät
verkosta**

luke.fi

