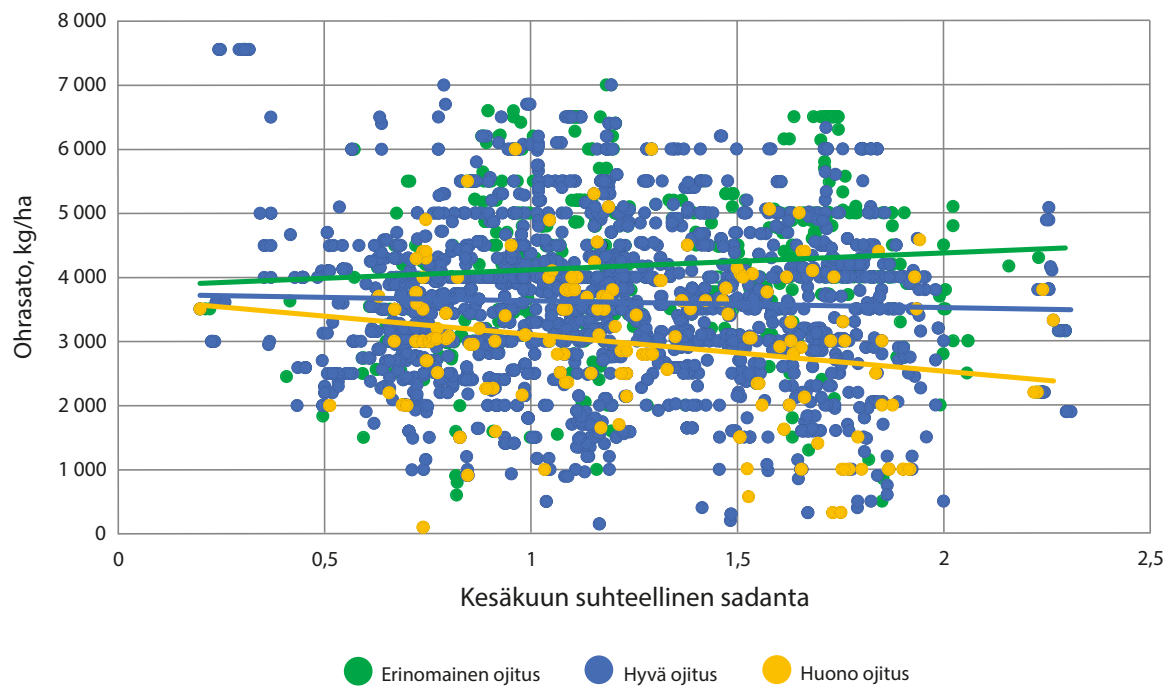


Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä

Sami Ovaska, Eero Liski, Helena Äijö,
Olle Häggblom, Maija Paasonen-Kivekäs



Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä

Sami Ovaska, Eero Liski, Helena Äijö,
Olle Häggblom, Maija Paasonen-Kivekäs

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 36

Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä

Sami Ovaska, Eero Liski, Helena Äijö, Olle Häggblom,
Maija Paasonen-Kivekäs

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry

Simonkatu 12 A II

00100 Helsinki

puh. (09) 694 2100

fax (09) 694 2677

ISBN 978-952-5345-47-6 (verkkójulkaisu)

Copyright Salaojituksen tutkimusyhdistys ry

Kirjoittajat: Sami Ovaska, Eero Liski, Helena Äijö, Olle Häggblom,
Maija Paasonen-Kivekäs

Julkaisija ja

kustantaja: Salaojituksen tutkimusyhdistys ry, Helsinki

Julkaisuvuosi: 2021

Kannen kuva: Kansikuvassa on esitetty kesäkuun suhteellisen sadannan ja ohrasadon korrelaatio vuosina 2002–2017 kun ojitus on peltomaan laatutestin mukaan erinomainen (4,1–5,0 pistettä), hyvä (3,0–4,0 pistettä) ja huono (0–2,9 pistettä). Suhteellinen sadanta on kesäkuun vuosien 1994–2017 keskimääräisestä sadannasta (65 mm). Olle Häggblom, Salaojayhdistys ry

Sisällysluettelo

Esipuhe	4
Tiivistelmä	5
Referat	7
Abstract	8
I Johdanto	10
1.1 Tausta	10
1.2 Tavoitteet ja toteutus	11
2 Aineisto ja menetelmät	13
2.1 Tutkimusaineiston kuvaus	13
2.1.1 Aineiston muokkaus mallinnusta varten	16
2.2 Menetelmät	18
2.2.1 Tilastollinen malli koneoppimismenetelmää soveltaen	18
2.2.2 Salaojitusinvestoinnin kannattavuus	20
3 Aineiston kuvaileva analyysi	22
3.1 Peruslohkojen kasvukunnon tila Suomessa -Peltomaan laatutestin tulokset	22
3.2 Tutkimusaineiston tunnuslukuja Lohkotietopankin kasvulohkoilta	26
3.2.1 Sadot, lannoitus, ravinnetaseet ja viljavuustiedot kasveittain	26
3.2.2 Satojen, lannoituksen ja ravinnetaseiden muutokset vuosina 2002-2017 kasviryhmittäin	28
3.2.3 Sadot, lannoitus, ravinnetaseet ja fosforiluvut vuokra- ja omistuspelloilla	34
3.2.4 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet kasveittain eri maalajeilla	35
3.2.5 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet ojituksen kunnon mukaan ja kasveittain	38
3.2.6 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet ojituksen kunnon mukaan kasveittain ja satoluokittain	43
3.2.7 Ojituksen toimivuuden vaikutus satoihin sateisuuden suhteen	52
4 Ojituksen toimivuuden vaikutus satoihin ja ravinnetaseisiin: mallinnustulokset	59
4.1 Sato	59
4.2 Typpitase	69
4.3 Fosforitase	76
4.4 Ojituksen toimivuuden merkitys suhteessa typpitaseiden viitearvoihin	82
5 Salaojitusinvestoinnin kannattavuustarkastelu	84
6 Yhteenveto ja johtopäätökset	88
Viitteet	93
Liite	94

Esipuhe

Tässä loppuraportissa esitetään tutkimushankkeen *Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA)* -hankkeen lähtökohdat, tavoitteet, käytetyt tutkimusmenetelmät, tulokset ja johtopäätökset. Hanke kuului maa- ja metsätalousministeriön *Maa-talouden ympäristövaikutusten (MATO)* -tutkimusohjelmaan ja toteutti sen teemaa *Tilatason toimien ympäristötehokkuus sekä tilojen yhteistyömuodot ja niiden lisäarvo*.

Luvussa 1 esitetään hankkeen tausta ja tavoitteet sekä toteutus ja luvussa 2 käytetyt aineistot ja tutkimusmenetelmät. Aineiston kuvaileva analyysi eri tietokantojen aineistoja käyttäen esitetään luvussa 3 ja koneoppimiseen perustuvan mallinnuksen tulokset luvussa 4. Salaojitusinvestoinnin taloudellisen tarkastelun tulokset esitetään luvussa 5. Johtopäätökset tutkimuksen tuloksista on koottu lukuun 6.

Hankkeen ohjausryhmään kuuluivat: Sini Wallenius (maa- ja metsätalousministeriö, pj), Markku Himanen (maa- ja metsätalousministeriö), Sari Peltonen (ProAgria Keskusten Liitto), Seija Virtanen (Salaojituksen Tukisäätiö sr), Laura Alakukku (Helsingin yliopisto), Eila Turtola/Tapio Salo (Luonnonvarakeskus Luke) ja Airi Kulmala/Juha Lappalainen (Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK ry).

Tutkimus toteutettiin yhteistutkimushankkeena vuosina 2017–2020 ja siitä vastasi Salaojituksen tutkimusyhdistys ry. Tutkimusryhmässä ovat toimineet Helena Äijö (Salaojayhdistys ry, vastuullinen johtaja), Sami Ovaska (Luonnonvarakeskus Luke), Eero Liski (Luonnonvarakeskus Luke), Olle Häggblom (Salaojayhdistys ry) ja Maija Paasonen-Kivekäs (Sven Hallinin tutkimussäätiö sr).

Tutkimuksessa on käytetty ProAgria Keskusten Liiton, Ruokaviraston, Luonnonvarakeskuksen, Suomen ympäristökeskuksen, Salaojayhdistyksen ja Ilmatieteen laitoksen aineistoja. Kiitämme ko. laitoksia mahdollisuudesta hyödyntää aineistoja tutkimushankkeessa.

PERA-hanketta ovat rahoittaneet maa- ja metsätalousministeriö, Salaojituksen Tukisäätiö sr ja hankkeeseen osallistuneet tahot: Salaojayhdistys ry, Luonnonvarakeskus (Luke) ja Sven Hallinin tutkimussäätiö sr. Kiitämme kaikkia yhteistyötahoja myönteisestä suhtautumisesta tutkimushankkeeseen ja hankkeen hyväksi tehdystä työstä sekä tutkimuksen rahoittajia.

Tiivistelmä

Pellon sadontuottokyky perustuu perusparannusten riittävään kuntoon. Huono ojitus ja liiallinen happamuus rajoittavat sadonmuodostusta, jolloin peltoon annetuille tuotantopanoksille, kuten lannoitukselle, ei saada vastinetta. Ongelmat korostuvat märkinä kasvukausina, jolloin kasvustot kärsivät liiasta vedestä ja sadonkorjuu vaarantuu pellon kantavuuden heikentyessä. Tästä aiheutuu alhaisia satoja, kohonneita ravinnetaseita, ravinnehuuhtoumariskejä sekä taloudellisia tappioita. Sään ääri-ilmiöiden on ennustettu lisääntyvän tulevaisuudessa, mikä lisää hyvin toimivan kuivatuksen merkitystä tuotanto- ja ravinnehuuhtoumariskien hallinnassa sekä maataloustuotannon sopeutumisessa ilmastonmuutokseen.

Perusparannukset ja ravinnetase suomalaisessa peltoviljelyssä (PERA) -hanke toteutettiin Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n, Salaojayhdistys ry:n, Luken ja Sven Hallinin tutkimussäätiö sr:n yhteistutkimuksena vuosina 2017–2020. Hanketta rahoittivat maa- ja metsätalousministeriö, Salaojituksen Tukisäätiö sr sekä hankkeen toteutuksesta vastanneet yhteisöt.

Hankkeessa selvitettiin pellon kuivatuksen tilan vaikutuksia satoihin, typpi- ja fosforitaseisiin sekä salaojitusinvestoinnin kannattavuutta viljelijän ja yhteiskunnan näkökulmista. Aineistona käytettiin ProAgrian Lohkotietopankkia (2002–2017). Tähän yhdistettiin Ruokaviraston Peltomaan laatutestiaineiston (vuodelta 2018) peruslohkotiedot, jotka sisälsivät viljelijöiden itsearviot peruslohkojensa kasvukunnosta (mm. ojituksen toimivuus). Aineistoon yhdistettiin lisäksi peruslohkojen salaojitustiedot Salaojayhdistyksen karttatietokannasta ja muita peruslohkotietoja, kuten hallintamuoto. Vuokrapeltojen osalta tarkasteltiin sitä, kasautuvatko ongelmat yhä enemmän niille. Aineistojen muuttujien välisiä yhteyksiä tutkittiin sekä kuvailevalla analyysillä että koneoppimiseen perustuvalla tilastollisella mallinnuksella.

Peltomaan laatutestin tulokset tukivat oletusta perusparannusten tilan heikkenemisestä Suomessa. Suurimpia ongelmia olivat muun muassa kalkitus, pellon kuivuminen ja ojitus. Ojituksen toimivuuden merkitys sadoissa ja typpi- sekä fosforitaseissa näkyi peltolohkoaineistossa usealla tavalla. Pelto, joilla ojituksen toimivuus arvioitiin erinomaiseksi: 1. tuottivat vuosina 2002–2017 kevätiljoilla 7–16 % korkeamman sadon, 2. olivat useammin salaojitettuja 3. tuottivat osalla kasveja matalamman typpitaseen riippuen lannoituksen sopeuttamisesta, 4. tuottivat epätodennäköisemmin alhaisen sadon, 5. sietivät kesäkuun märkyyttä selvästi enemmän ilman satotappioita verrattuna peltoihin, joiden ojituksen toimivuus arvioitiin huonoksi. Satoluokittaisesta jaottelusta nähtiin, että satoluokan kasvaessa vuokrapellon osuus laskee ja salaojituksen yleisyys kasvoi. Vuokrapeltojen lannoitus ei poikennut merkittävästi omistuspeltojen lannoituksesta, mutta vuokrapeltojen fosforiluvut olivat omistuspeltoja hieman alemmat. Typpitaseissa näkyi vaihtelu kasvien ja vuosien välillä. Kuivina vuosina typpitaseet nousivat heikon sadon vuoksi. Syysviljoilla typpitaseet nousivat yleisesti korkealle tasolle ja säilörehulla ne jäivät alhaisiksi. Korkeisiin satoihin liittyi ojituksen toimivuuden lisäksi korkeampi typpilannoitus, mutta se ei noussut typpitaseissa ongelmaksi.

Suuret sadot käyttivät tehokkaasti annetut ravinteet, jolloin ravinnetaseet jäivät alhaisiksi. Fosforitaseet jäivät pääosin alhaisiksi ja usein negatiivisiksi. Korkeimmat sadot saatiin ilman fosforilannoitusta pelloilta, joiden fosforiluvut olivat korkeita. Salaojitustalouden kannattavuus parantui tuottajahintojen noustessa, mutta takaisinmaksuajat venyivät parhaimmillaankin 10 vuoteen. Tämä luo haasteita lyhytjänteisessä vuokratiljelyssä ja toisaalta ilman yhteiskunnan tukea suuri osa salaojitustalouksista jäisi toteutumatta.

Asiasanat: sato, typpitase, fosforitase, pellon perusparannukset, salaojitus, pellon kuivatus.

Referat

Åkerns produktionspotential beror mycket på i vilket skick grundförbättringsåtgärderna såsom dräneringen och kalkningen är. Dålig dränering och för sur jord begränsar grödans tillväxt och insatserna såsom gödsling ger dålig avkastning. Problemen förvärras under våta växtperioder då grödorna kan lida av väta och skördandet kan äventyras ifall markens bärförmåga är dålig. Detta resulterar i låga skördar, förhöjda näringsbalanser, risker för näringsläckage och ekonomiska förluster. Extrema väderleksförhållanden förväntas öka i framtiden, vilket kommer att öka vikten av en väl fungerande dränering för att minska riskerna för skördesänkning och näringsläckage och för att anpassa jordbruksproduktionen till klimatförändringen.

Projektet Grundförbättringar och näringsbalanser inom finskt jordbruk (PERA) utfördes åren 2017–2020 i samarbete mellan Forskningsföreningen för täckdikning rf, Täckdikningsföreningen rf, Naturresursinstitutet Luke och Sven Hallins forskningsstiftelse sr. Projektet finansierades av jord- och skogsbruksministeriet, Stödstitelsen för Täckdikning sr och de organisationer som deltog i projektet.

I projektet undersöktes hur dräneringen påverkar skörden, kväve- och fosforbalansen samt dräneringsinvesteringarnas lönsamhet. Man kombinerade data från ProAgrias databank (2002–2017), Livsmedelsverkets basskiftesregister och kvalitetstestet av åkerjord (år 2018), där jordbrukarna själva bedömde markkvaliteten (inklusive dräneringens tillstånd) på sina skiften. Man använde sig också av Täckdikningsföreningens kartdatabas, som innehåller uppgifter om täckdikningen. Man granskade om arrenderade åkrar var i sämre skick än åkrarna i medeltal.

Kvalitetstestet av åkerjord påvisade att grundförbättringarnas tillstånd i Finland försämrats. De största problemen var kalkning och dränering. Det framgick att en välfungerande dränering ger högre skördar och lägre kväve- och fosforbalans. Skiften med utmärkt dränering: 1. producerade 7–16% högre skörd av vårsäd (2002–2017), 2. var oftare täckdikade 3. hade lägre kvävebalans för vissa grödor beroende på hur man anpassat gödslingen, 4. hade lägre sannolikhet för små skördar, 5. hade lägre skördeförluster under våta somrar än skiften med dålig dränering. På arrenderade åkrar var skördarna en aning sämre och den täckdikade arealen mindre än för åkrarna i medeltal. Gödselnivåerna skilde sig inte på arrendeåkrar från övriga åkrar, men marken fosfortal var lägre på arrendeåkrar. Kvävebalanserna varierade mycket mellan olika växter och år. Under torra år ökade kvävebalansen på grund av dåliga skördar. Kvävebalansen var i allmänhet hög på skiften med höstsäd och låg för ensilage. På skiften med höga skördar användes ofta mera kvävegödsel än på övriga skiften. Kvävebalanserna förblev dock låga, eftersom växterna använde näringsämnen effektivt. Fosforbalansen förblev huvudsakligen låg och ofta negativ. Stora skördar erhöles utan fosforgödsling från skiften med högt fosfortal. Den ekonomiska lönsamheten för dräneringsinvesteringen var rätt låg med nuvarande producentpriser. Lönsamheten förbättrades med högre producentpriser, men återbetalningsperioden var i bästa fall 10 år. Detta förorsakar utmaningar speciellt på arrendemark. Utan samhällets stöd skulle många dräneringsinvesteringar bli ogjorda.

Nyckelord: skörd, kvävebalans, fosforbalans, grundförbättring, täckdikning, dränering.

Abstract

Soil degradation is an increasing concern in Finnish agriculture, as land improvements needed are neglected by many farms. In many cases, farms do not have resources enough to invest, as farm returns remain low. Besides this, more than one third of Finnish agricultural land is rented usually with short contracts, obviously resulting to low incentives to invest in long-term land improvements by tenant. Satisfactory level of drainage and liming can't be ignored, if crop yields produced are to meet today's environmental and economic requirements. Severe crop and cash losses, as well as increased nutrient run-offs, can be expected as inputs are used on these low-productivity parcels. Even more challenges can be expected as climate change proceeds and more heavy rainfalls may occur more frequently.

“Land improvements and nutrient balance in Finnish crop production (PERA)” was a research project to study the role of land improvements in crop yields, nutrient balances and farm-level economic aspects in subsurface drainage investments. This project was carried out in cooperation with The Field Drainage Research Association, Natural Resources Institute Finland (Luke), The Finnish Field Drainage Association and Sven Hallin Research Foundation sr during 2017–2020 and funded by Ministry of Agriculture and Forestry and Drainage Foundation sr.

The main dataset (Association of ProAgria Centres, Data Bank of Land Parcels) included parcel-level input use, yields, nutrient (nitrogen and phosphorus) balances and soil fertility (acidity and phosphorous levels) covering years 2002–2017. This was merged with several administrative datasets including parcel characteristics (rented or owned, area). Besides these, type of parcel drainage (subsurface drainage or not) was obtained from map database by The Finnish Field Drainage Association. This was supplemented by administrative data (Land Quality Test, 2018). This test provided 16 land parcel quality indicators answered by farmers themselves and covering more than 530 000 Finnish land parcels. The indicator of main interest was evaluation whether there were problems in parcel drainage.

As a whole, Land Quality Test revealed need for land improvements in Finland, especially for liming. However, parcel-level drainage was also considered problematic, as well as parcels being too wet. Parcel-level Data Bank of Land Parcel revealed crop yields to be 7-16 % higher on parcels evaluated to be excellent in terms of drainage level. Excellent-level drainages and higher yields were also often linked to subsurface drainage. Higher yields and land phosphorous levels were often connected to higher percentage of owned rather than rented land.

Higher yield on excellent-level drainage parcels resulted in lower nutrient balances for some crops. However, in many cases farmers slightly adjusted level of nitrogen; for better parcels more nitrogen was used, which can be considered economically rational behavior. Yield levels decreased rapidly for most crops in bad parcel drainage group just as rain in June exceeded average level of 65 mm. On the contrary, if parcel drainage was assessed to be excellent, yield losses occurred after close to 100 mm rain. Nitrogen balances varied significantly between years and crops affected by growing season conditions e.g. rain and

temperature. In general, nitrogen balances were low for grass silage and high for winter rye and winter wheat. Phosphorous balances were mostly low and often negative and highest yields were connected to zero-level phosphorous fertilization due to high stock in soil. Economic aspects of investments in subsurface drainage, as drainage seems to work badly, may be challenging for farmers, even if extra yield can be expected. Covering investment cost by selling extra yield may take more than 10 years even though high producer prices were assumed. Therefore, investment subsidies can be justified to ensure long-term drainage investments.

Key words: crop yield, nitrogen balance, phosphorous balance, land improvement, subsurface drainage

I Johdanto

I.1 Tausta

Maatalous tuottaa yhteiskunnalle keskeisiä palveluja, kuten elintarviketalouden raaka-aineita, maisema-arvoja sekä mahdollisuuksia virkistäytyä luonnossa. Tuotannolle asetettavat tavoitteet voivat olla myös ristiriitaisia; tuotannon tehokkuus ja panosten käytön optimointi voivat antaa erilaisia lannoitus suosituksia riippuen siitä, maksimoidaanko tuotannon taloudellista tulosta vai minimoidaanko esimerkiksi ravinne päästöjä. Perusparannusten tasosta (erityisesti ojituksen toimivuus) päättäminen tuo päätöksentekoon uuden ulottuvuuden lannoituksen päätössääntöjen muuttuessa perusparannusten ja maan kasvukunnan funktiona. Yhteiskunnan ja yksittäisen viljelijän päätöksenteon tueksi tarvitaan lisää tutkimustietoa siitä, mikä on pellon ojituksen toimivuuden merkitys satojen, ravinnehuuhtoumien ja viljelyn talouden kannalta. Ojituksen toimivuuden merkitystä ei voida ylikorostaa sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä ilmastonmuutoksen myötä. Pahimmillaan riittämätön maankuivatus aiheuttaa huonoja satoja vuodesta toiseen, eikä annettuja ravinteita saada kotiutettua sadossa. Tässä tilanteessa ei ole voittajia, sillä ravinnehuuhtoumariskin kasvun ohella myös viljelyn talous heikkenee.

Vaikka ojituksen toimivuus luo perustan taloudellisesti kannattavalle ja ympäristön huomioivalle viljelylle, tulevaisuuden haasteet ovat suuret. Maatalouden heikko kannattavuuskehitys ei kaikilla tiloilla mahdollista tarvittavia ojitusinvestointeja. Ojitukset ovat pitkävaikutteisia ja kustannuksiltaan melko suuria investointeja, jotka tuottavat hyötyjä jopa kymmenien vuosien ajan. Näillä ehdoilla toimittaessa ongelmia saattaa syntyä erityisesti vuokratiljelyssä. Lyhyet vuokrasopimukset eivät kannusta vuokralaista ojitusinvestointeihin, jos niiden jatkosta ole varmuutta. Yhteiskunnan tuella voidaan kuitenkin vauhdittaa ojitusinvestointeja, jotka jäisivät muuten toteuttamatta. Tällöin tarvitaan tietoa myös siitä, millaisia hyötyjä yhteiskunnan maksamalle tuelle saadaan vastineeksi erityisesti ravinnetaseiden ja ravinnehuuhtoumariskin näkökulmasta.

Ravinnehuuhtoumariskiä kuvaavana indikaattorina käytetään tässä tutkimuksessa lohkokokohtaisia ravinnetaseita, jotka lasketaan vähentämällä keväällä annetuista ravinteista syksyllä korjatun sadon ravinnesisältö. Aiemmin ravinnetaseita on tarkasteltu typen (Salo ja Turtola 2007; Salo ym. 2013) ja fosforin osalta (Uusitalo et al. 2016; Valkama et al. 2011) sekä tarkasteltu ravinnetaseita ja niiden yhteyksiä ravinnehuuhtoumiin (Salo ja Turtola 2007; Uusitalo et al. 2016; Turtola ym. 2017), mutta ilman tietoa pellon ojituksen toimivuuden vaikutuksista. Tässä tutkimuksessa kytketään sadot, ravinnetaseet ja ravinnehuuhtoumariskit pellon ojituksen toimivuuteen, jolloin yksittäiset viljelijät voidaan saada oikeilla ohjaukeinoilla toimimaan yhteiskunnan kannalta optimaalisesti.

Ojituksen toimivuuden merkitystä ei ole aiemmin tarkasteltu Suomen olosuhteissa laajassa mittakaavassa, sillä tietoa ei ole ollut saatavissa. Vesi on kuitenkin keskeinen tekijä sadonmuodostuksessa ja ravinnetaseiden muodostumisessa. Liian vähäinen tai liiallinen vesi rajoittavat sadonmuodostusta ja ojituksen toimivuuden puutteet korostuvat erityisesti

märkinä vuosina. Ylijäämäinen ravinnetase aiheuttaa tyypellä fosforia välittömämmän huuhtoumariskin viljelyvuonna nitraattitypen vesiliukoisuuden vuoksi. Sitä vastoin viljelyvuoden ylijäämäinen fosforitase varastoituu maahan ja lisää ravinnehuuhtoumien riskiä pidemmällä aikavälillä (Uusitalo et al. 2016; Iho 2010). Kasvin käyttämä fosforimäärä kytkeytyy käytävissä olevaan typen määrään, joka on oleellinen tekijä sadonmuodostuksen ja ravinnehuuhtoumien kannalta. Ojituksen toimivuus vaikuttaa myös olennaisesti käytännön tasolla toteutuvaan ravinnetaseeseen. Tätä yhteyttä ei ole aikaisemmin tutkittu samaan tapaan kuin lannoituksen ja ravinnetaseen yhteyttä. Koetilanteissa pellon vesitalouden oletetaan toimivan optimaalisesti, vaikka käytännön viljelyssä tämä ei yleensä toteudu.

Maassa kasveille käyttökelpoista fosforia mitataan maanäytteistä ja tuloksena saadaan P-luku. Mittaukselle on Suomessa vakiintunut tapa (Vuorinen ja Mäkitie 1955). Myös peltoviljelyn fosforitaseen laskentaan on vakiintunut käytäntö. Vakiintuneet käytännöt takaavat kerättävän aineiston yhtenäisyyden ajallisesti ja alueellisesti ja tilastollisten mallien käytön kuten koeolosuhteiden aineistolla.

Tässä tutkimuksessa ojituksen toimivuus kytkettiin käytännön peltolohkoaineistoon hyödyntämällä Ruokaviraston keräämää Peltomaan laatutestiä vuodelta 2018. Siinä arvioitiin yhteensä 16 osa-aluetta yli 530 000 peruslohkolta sisältäen myös arviot ojituksen toimivuudesta. Tämä mahdollisti tarvittavan tutkimusaineiston muodostamisen yhdistämällä siihen ProAgrian peltolohkotietoja, säätietoja ja muita tarvittavia maaseutuelinkeinohallinnon rekisteritietoja vuosilta 2002–2017.

1.2 Tavoitteet ja toteutus

Tämän tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää, mikä on perusparannusten ja erityisesti pellon kuivatuksen tilan merkitys panostuottavuuden tasoihin ja ravinnetaseisiin. Pellon kuivatuksen tilan osalta arvioitiin sitä, missä määrin sen toimivuuden puutteet selittävät lohkokohtaisten satotasojen eroja ja ravinnetaseiden ääripäitä. Toisena tavoitteena oli tarkastella erityisesti pellon kuivatuksen tilaa parantavien investointien kannattavuutta viljelijän ja yhteiskunnan kannalta, kun vaikutukset sadontuottokykyyn ja ravinnetaseisiin huomioidaan. Tavoitteisiin haettiin vastauksia seuraavilla tavoilla:

1. Tutkimusaineistosta tuotettiin kuvaileva analyysi, jossa satoja, typpitaseita ja fosforitaseita tarkasteltiin luokittelemalla eri muuttujien suhteen erityisesti ojituksen toimivuuden näkökulmasta ja arvioitiin ravinnehuuhtoumariskejä.
2. Koneoppimiseen perustuvalla mallinnuksella tarkasteltiin erityisesti pellon ojituksen toimivuuden vaikutuksia satoihin ja ravinnetaseisiin yhdessä muiden tekijöiden kanssa.
3. Laadittiin taloustarkastelut peltolohkoille, joilla ojitus toimii huonosti. Laadittiin vaihtoehtoiset taloustarkastelut, joissa tehdään tilanteen korjaavat salaojitusinvestoinnit ja vertailukate tilanteen korjaavalle täydennyssalaojitusinvestoinnille herkkyestarkasteluineen.

Ojituksen toimivuuden yhteyttä satoihin ja ravinnetaseisiin arvioitiin kuvailevan analyysin ohella mallintamalla. Ravinnehuuhtoumariskin arviointi perustui aiempaan selvitykseen (Turtola ym. 2017) ja siinä esitettyihin ravinnetaseiden viitearvoihin Suomessa. Ojituksen

toimivuuden yhteyttä satoihin ja ravinnetaseisiin mallinnettiin soveltamalla koneoppimis-menetelmää, jonka tarkempi kuvaus on esitetty kohdassa 2.2. Huonon ojituksen talousvaikutuksia arvioitiin viljelijän näkökulmasta; mitkä ovat ne euromääräiset vaikutukset, joita huonon ojituksen peltolohkoilla viljely aiheuttaa ja kuinka kannattava toimenpide on huonon tilanteen korjaava täydennysalaoitus. Herkkyysanalyysissä tarkasteltiin satolisän, viljan hinnan ja investointituen muutosten vaikutuksia täydennysalaoitusinvestoinnin kannattavuuteen.

Ojituksen toimivuuden ympäristö- ja talousvaikutusten tarkastelulla osoitetaan hyötyjä viljelijöille ja yhteiskunnalle. Hankkeen tuloksia voidaan soveltaa perusparannustoimenpiteiden optimoinnissa ja ravinnehuuhtoumien ehkäisemisessä sekä maatalojen kannattavuuden parantamisessa. Hankkeessa tuotettiin myös tietoa politiikkatoimien tueksi pellonvuokrauksen yleistymisen vaikutuksista peltojen kuntoon sekä perusteista yhteiskunnan maksamille investointituille.

2 Aineisto ja menetelmät

2.1 Tutkimusaineiston kuvaus

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin useita perus- ja kasvulohkokohtaisia aineistoja. Tietosisällöltään laajin aineisto oli ProAgria Keskusten Liiton Lohkotietopankkiaineisto, johon yhdistettiin maaseutuelinkeinohallinnon rekisteritietoja, salaojitustietoja Salaojayhdistyksen karttatietokannasta sekä Ilmatieteen laitoksen säätietoja. Tämän tutkimuksen tavoitteiden kannalta keskeinen kysymys oli saada tietoa pellon ojituksen toimivuudesta ja kunnosta. Tähän tarkoitukseen hyödynnettiin viljelijöiden itsensä antamia peruslohojensa kasvukuntoarvioita, jotka annettiin osana maatalouden ympäristökorvauksen vaatimuksia keväällä 2018. Taulukossa 1 on esitetty käytetty tutkimusaineisto alkuperäisessä laajuudessaan. Lopullinen tutkimusaineiston koko jäi pääosin tätä pienemmäksi aineistojen yhdistämisen vuoksi, sillä kaikille kasvulohkoille ei löytynyt kaikkia tarvittavia tietoja (ks. kohta 2.1.1.).

Lohkotietopankkiaineiston havaintomäärä laski erityisesti puutteellisten satotietojen ja ilmeisten tallennusvirheiden poistamisen jälkeen. Myös peruslohotunnusten muutokset ja poistumiset pinta-alatukien piiristä vähensivät havaintomääriä. Jos Lohkotietopankkiaineiston peruslohotunnuksia ei löytynyt maaseutuelinkeinohallinnon rekistereistä, niille ei voitu yhdistää tarvittavia peruslohotietoja. Lohkotietopankkiaineiston havainnoista poistettiin myös muut kuin tarkasteluun valitut kasvit.

Aineistot yhdistettiin Lohkotietopankkiaineistoon peruslohotunnusten avulla. Säätiedot yhdistettiin peruslohkoille hakemalla aluksi peruslohojen keskipistekoordinaatit (ETRS-TM35FIN), joille puolestaan haettiin niitä vastaavat säätiedot (1*1 km Hila-aineisto Ilmatieteen laitokselta).

Taulukko 1. Tutkimusaineiston kuvaus ja havaintomäärät (alkuperäinen laajuus). Peruslohojen lukumäärä on yksittäisten peruslohojen lukumäärä eri aineistoissa. Havaintojen kokonaismäärä koostui peruslohoista muodostetuista kasvulohkoista kaikilta havaintovuosilta.

	Vuodet	Peruslohkoja, kpl	Havainnoja, kpl
Lohkotietopankki (ProAgria)	2002–2017	88 000	310 000
Peltomaan laatutesti (Ruokavirasto)	2018	533 000	533 000
Salaojitus (Salaojayhdistys)	2019	39 000	159 000
Peruslohojen hallintamuoto (Ruokavirasto)	2002–2017	86 000	297 000
Säätosalaojitus (Ruokavirasto)	2015–2018	10 000	10 000
Säätiedot (Ilmatieteen laitos)	1994–2017	86 000	301 000
Peruslohojen kaltevuus (Luke)	2014	76 000	276 000

Lohkotietopankki

Lohkotietopankin tietosisältö koostui noin 100 kasvulohkokohtaisesta muuttujasta, kuten vuosittaisista viljelytoimista, panoskäytöstä ja sadoista. Lohkotietopankin tärkeimpiä muuttujia olivat tiedot viljelykasvista, sadosta (kg/ha), lannoituksesta (typpi ja fosfori, kg/ha), ravinnetaseista (typpitase ja fosforitase, kg/ha) sekä maalajiryhmästä (savimaa, karkea kivennäismaa, eloperäinen maa sis. multa- ja turvemaat). Viljasadot olivat ilmoitettu varastokosteudessa. Nurmet olivat kuiva-ainekiloina kaikkina vuosina. Nurmisadot muunnettiin kuiva-ainekiloiksi vanhempien, tuorekiloina ilmoitettujen, havaintojen osalta. Ravinnetaseet oli laskettu kasvulohkoittain valmiiksi Lohkotietopankkiaineistoon ProAgria Keskusten liitossa vähentämällä annetuista ravinteista (teolliset lannoitteet, kotieläinlanta, siemenen ravinteet) sadon mukana poistuneet ravinteet taulukkoarvoin (Liite 1). Ravinnetaseet oli laskettu kokonaistypen ja -fosforin mukaan.

Peltomaan laatutesti

Peltomaan laatutesti annettiin osana ympäristösitoumuksen vaatimuksia viimeistään 3.5.2018 (vuonna 2015 sitoumuksen antaneet). Peltomaan laatutestin tarkoituksena oli määrittää maan biologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia sekä maan laadun kokonaisvaltainen arviointi numeroarvoin asteikolla 1–5 (Taulukko 2). Viljelijät arvioivat vuonna 2017 hallinnassaan olleiden yli 0,5 hehtaarin peruslohkojen osalta mm. maaperän rakennetta, lajirikkautta sekä vesitaloutta kastelu- ja ojitustarpeen määrittämiseen (Taulukko 3). Testissä kysyttiin myös lohkojen ojituksesta ja kalkituksesta. Testin tarkoituksena oli kiinnittää

Taulukko 2. Peltomaan laatutestissä annetut numeroarviot ja niiden sanallinen kuvaus (Ruokavirasto 2020a).

Numeroarvio	Sanallinen kuvaus
4,1–5,0	Erittäin hyvä tilanne. Pidä huolta, että hyvä tilanne säilyy!
3,0–4,0	Tyydyttävän hyvä tilanne. Parantavista toimenpiteistä on hyötyä maan hyvinvoinnille.
2,0–2,9	Välttävä tilanne. Parantavia toimenpiteitä tarvitaan.
1,0–1,9	Huolestuttava tilanne. Parantavat toimenpiteet erittäin tarpeellisia.

huomiota keskeisiin ympäristötekijöihin, pellon kasvukuntoon ja sadon muodostumiseen sekä maaperän, vesistön ja lajiston suojeluun (Ruokavirasto 2020a).

Salaojitustiedot

Salaojitustiedot haettiin Salaojayhdistyksen karttatietokannasta. Karttatietokanta on paras käytettävissä oleva aineisto peruslohkojen salaojituksen todentamiseen, vaikka siihen liittyy lieviä epävarmuustekijöitä. Karttatietokanta sisältää salaojitussuunnitelmat, mutta niiden toteutuksesta ei ole yksikäsitteistä tietoa. Suunnitelmien toteutumisasteeksi voidaan arvioida noin 90 %. Tämän lisäksi karttatietokannasta voi puuttua omatoimisesti toteutettuja ojituksia. Tässä tutkimuksessa salaojitetuiksi oletettiin kaikki lohkot, joilta löytyi salaojitussuunnitelma.

Taulukko 3. Peltomaan laatutestin pääalueet (perusparannustoimet, viljelytoimet, maan ominaisuudet sekä kasvusto- ja maaperäeliöstö) ja niiden osa-alueiden (yhteensä 16 kpl) ääriarvojen sanalliset kuvaukset (Ruokavirasto 2020a).

Perusparannustoimet		
	I	5
Ojitus	tarvittavia täydennys- ja uusintaajituksia ei tehdä eikä ojien toimivuutta tarkisteta	pelto on ojitettu riittävän tehokkaasti, ojien toimivuus tarkistetaan vuosittain ja tarvittavat huoltotyöt tehdään
Kalkitus	maata ei ole kalkittu riittävästi, viljavuusanalyysin tulos "punaisella"	pH pidetään sopivana, viljavuusanalyysin tulos "vihreällä"
Viljelytoimet		
	I	5
Viljelykierto	yksipuolisesti vilja- tai juurikasveja	viljelykierrossa runsaasti syväjuurisia tai monivuotisia kasveja
Koneiden paino	isot ja painavat koneet, ei levikeypyriä, rengaspaineet yli 100 kPa	kevyet koneet, levikeypyriä käytetään, rengaspaineet olosuhteiden mukaan, märällä maalla 50 kPa
Ajokerrat	viljelytekniikka vaatii useita ajokertoja, joudutaan ajamaan usein märällä maalla	vähän ajokertoja, paljaalla maalla ajoa harvoin, ei koskaan märällä maalla
Eloperäisen aineksen imeytyminen	käytetään vain kivennäislannoitteita, kasvintähteet korjataan pois	karjanlantaa käytetään, kasvintähteet sekoitetaan maahan
Kivennäislannoitus	viljavuusanalyysin suosituksia ei oteta huomioon tai ne ylitetään tai alitetaan, eloperäisten lannoitteiden ravinteita ei oteta huomioon	lannoitetaan viljavuusanalyysin suositusten mukaan, eloperäisten lannoitteiden ravinteet otetaan huomioon
Maan ominaisuudet		
	I	5
Pellon kuivuminen	routa sulaa ja maa kuivuu muokkaukseen hitaasti tai epätasaisesti	routa sulaa ja maa kuivuu tasaisesti muokkaukseen
Muokkautuvuus	maan muokkaus vaikeaa, tarvitaan paljon vetovoimaa ja useita muokkauksetoimia	maa muokkautuu helposti
Veden imeytyminen	sateen tai kastelun jälkeen ojien väleissä lätköitä yli 2 vuorokautta	sade- tai kasteluvesi imeytyy maahan alle 2 vuorokaudessa
Mururakenteen kestävyys	maan pinta lietty sateella ja kuorettu kuivuessaan	maan pintarakenteen kestävä, ei liety kovillakaan sateilla
Poutivuus	maa yleensä liian kuivaa, vaatisi usein kastelua	kasvit saavat yleensä riittävästi vettä
Kasvusto ja maaperäeliöstö		
	I	5
Kasvuston kunto	kasvusto epätasainen, tuleentuminen epätasaisesti, kellastumia	kasvusto tasainen ja kasvaa hyvin ääriolosuhteissa
Ravinteiden puutos	kasvustossa ravinteiden puutosoireita	kasvustossa ei tunnistettavia ravinteiden puutosoireita
Kasvitaudit	maalevinteiset kasvitaudit haittaavat kasvuston normaalia kehitystä	maalevinteisistä kasvitaudeista ei ole haittaa
Maan biologinen aktiivisuus	maassa ei juurikaan lieroja eikä lintuja etsimässä syötävää	maassa runsaasti lieroja, tai pellon yllä paljon lintuja etsimässä syötävää

Peruslohkojen hallintamuoto

Peruslohkojen hallintamuoto haettiin maaseutuelinkeinohallinnon rekistereistä (Ruokavirasto). Hallintatiedot haettiin kaikille Lohkotietopankin peruslohkoille kaikilta vuosilta 2002–2017. Hallintatietojen vaihtoehdot olivat: omistajan viljelemä peruslohko, vuokraajan viljelemä peruslohko tai vaihtoehto, jossa peruslohko oli jaettu omistajan ja vuokralaisen viljelemiin kasvulohkoihin.

Säätösalaajitus

Säätösalaajitusaineisto koostui yhteensä 10 482 säätösalaajitetusta peruslohkosta, joille haettiin ympäristökorvausta lohkokohtaisesta säätösalaajien hoidon toimenpiteestä vuosina 2015–2018 (vähintään yksi vuosi, useimmilla kaikilta vuosilta). Säätösalaajitetuttujen peruslohkojen osalta tarkasteltiin erityisesti niille Peltomaan laatutestissä annettujen pellon kasvukuntoarvioiden eroja verrattuna kaikkiin annettuihin arvioihin.

Säätiedot

Säätiedot peruslohkoille haettiin Ilmatieteen laitoksen 1*1 km Hila-aineistosta, joka tuotetaan interpoloimalla. Tämän avulla saadaan arvioita säätiedoista myös varsinaisten säähavaintojen ulkopuolisille alueille. Säätietoina haettiin kaikille Lohkotietopankin peruslohkoille kuukauden sademäärät ja keskilämpötilat vuosilta 2002–2017 sekä vertailutietoina pitkän ajan keskiarvotiedot molemmille muuttujille jaksolta 1994–2017. Analyyseja varten säätietoja yksinkertaistettiin käyttämällä kesäkuun sademäärää ja kesäkuun keskilämpötilaa. Syksyn sääolosuhteet jätettiin tarkastelusta pois, vaikka runsassateinen syksy voi heikentää sadon määrää ja laatua. Käytetyn Hila-aineiston heikkous lohkotason tarkastelussa on kesäsateiden kuuroluonteisuus, jolloin sademäärät voivat vaihdella paljon jopa viereisten lohkojen välillä.

Peruslohkojen kaltevuus

Lohkotietopankin peruslohkoille yhdistettiin kotimaisen 25 m:n korkeusmallin mukaiset keski kaltevuudet (%), jotka oli määritetty Suomen peruslohkoille vuoden 2014 mukaan (Lilja ym. 2017). Kaltevuustiedot löytyivät valtaosalle (86 %) Lohkotietopankin aineiston peruslohkoista (Taulukko 1).

2.1.1 Aineiston muokkaus kuvailevaa analyysia ja mallinnusta varten

Mallinnukseen käytettävä aineisto koostui Lohkotietopankista ja siihen yhdistetyistä Peltomaan laatutestistä, kesäkuun sadannasta ja kesäkuun keskilämpötilasta. Havaintoyksikkönä oli kasvulohko. Alun perin 310 732 havaintoa sisältäneestä Lohkotietopankin havainnoista (2002–2017) poistettiin poikkeukselliset havainnot, tallennusvirheet, puuttuvat havainnot ja tarpeettomien kasvien havainnot. Vilja- ja kevätöljykasvisadoista poistettiin alle 500 kg/ha ja yli 10 000 kg/ha havainnot. Säilörehun osalta poistettiin alle 500 kg ka/ha ja yli 20 000 kg ka/ha havainnot. Säilörehun osalta poistettiin myös tuoresatokiloina ilmoitetut havainnot, minkä lisäksi hehtaarisadot muunnettiin kaikille vuosille 2002–2017 kuiva-ainekiloiksi ver-

tailukelpoisuuden vuoksi. Typpilannoituksen hyväksyttäviksi rajoiksi asetettiin viljoilla ja kevätöljykasveilla 20–200 kg/ha ja säilörehulla 20–350 kg/ha. Hehtaarille annettu typpi- ja fosforilannoitus koostuivat teollisten lannoitteiden ja pääosin taulukkoarvoihin perustuvan kotieläinlannan sekä kylvösiemenen sisältämistä ravinteista. Ravinnetaseiden laskennassa poistuneet ravinteet laskettiin normiarvoin, jotka on esitetty liitteessä 1. ProAgria Keskusten liitossa valmiiksi laskettujen havaintojen typpi- ja fosforitaseiden oikeellisuus suhteessa satoihin ja annettuun lannoitukseen tarkistettiin erikseen virheiden poistamiseksi. Tutkimusaineistosta poistettiin myös luonnonmukaisen tuotantotavan havainnot. Aineiston muokkauksen jälkeen kuvailevassa analyysissä käytetty aineisto käsitti 72 560 kasvulohkoa ja mallinnuksessa käytetty aineisto 72 314 kasvulohkoa.

Ojituksen toimivuus

Kuvailevaa analyysia ja mallinnusta varten ojitukselle muodostettiin kolmiportainen muuttuja kuvaamaan sen toimivuutta (erinomainen, hyvä ja huono ojitus). Erinomaisen ojituksen luokka muodostui peruslohkoista, joiden toimivuudelle annettiin Peltomaan laatutestissä 4,1–5,0 pistettä ja joiden sanallinen arvio oli ”erittäin hyvä”. Hyvän ojituksen luokka muodostettiin peruslohkoista, joiden toimivuudelle annettiin Peltomaan laatutestissä 3,0–4,0 pistettä ja sanalliseksi arvioksi saatiin ”tydyttävän hyvä”. Huono luokka muodostettiin peruslohkoista, joilla oletettiin todennäköisesti esiintyvän ojituksen heikon kunnon aiheuttamia satovaikutuksia. Huonoon luokkaan yhdistettiin peruslohkot, joille annettiin Peltomaan laatutestissä 1,0–2,9 pistettä ja joiden sanallinen kuvaus ojituksen toimivuudelle oli ”välttävä” tai ”huolestuttava”.

Kasviluokkien muodostus

Mallinnuksen havaintoyksikkönä oli kasvulohko. Havainnoista muodostettiin kahdeksan kasviluokkaa, jotka olivat kaura, kevätöljykasvit, kevätvehnä, ohra, syysruis, syysvehnä, säilörehu ja tärkkelysperuna. Taulukossa 4 on esitetty kasviluokkiin kuuluvat kasvit.

Taulukko 4. Kasviluokkien muodostus Lohkotietopankkiaineistosta. Kasvit 1 – 5 ovat kasvulohkolla ilmoitetut nimikkeet, jotka kuuluvat kyseiseen kasviluokkaan.

Kasviluokka	Kasvi 1	Kasvi 2	Kasvi 3	Kasvi 4	Kasvi 5
Kaura	Kaura	Muu elintarvikekaura	Suurimokaura		
Kevätöljykasvit	Kevätropsi	Kevättrapsi			
Kevätvehnä	Kevätvehnä				
Ohra	Ohra	Rehuohra	Mallasohra	Suurimo-ohra	Tärkkelysohra
Syysruis	Syysruis				
Syysvehnä	Syysvehnä				
Säilörehu	Säilörehu				
Tärkkelysperuna	Tärkkelysperuna				

2.2 Menetelmät

2.2.1 Tilastollinen malli koneoppimismenetelmää soveltaen

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia ojituksen sekä muiden selittäjien vaikutusta satoon, tyypitaseeseen ja fosforitaseeseen. Ojitus määriteltiin pääselittäjäksi ja muut selittäjät valittiin niiden ennustekyvyn perusteella. Vastemuuttujien (sato, tyypitase ja fosforitase) ja selittävien muuttujien välille rakennettiin koneoppimisperiaattein tilastollinen malli.

Tilastollinen malli muodostetaan usein sovittamalla useita malleja (esim. askeltaen) ja arvioimalla mallin hyvyttä käyttäen koko ajan samaa aineistoa. Tämä johtaa helposti ylisovittamiseen, minkä vuoksi saadun mallin ennuste on heikko satunnaisvaihtelun vuoksi. Sovitettaessa ainoastaan yhtä mallia päädytään helposti alisovittamiseen (Bishop 2006; Hastie et al. 2008). Tällöin mallista tulee liian yksinkertainen, eikä se ennusta tarkasti. Paras malli saadaan minimoimalla ennustevirhe uuteen aineistoon sovellettuna.

Parhaan mallin löytäminen ennustetarkoituksessa vaatii erityisiä työkaluja. Mallia tulisi pystyä arvioimaan sen kyvyssä ennustaa uutta aineistoa ja mallin tulisi olla lähellä oikeaa muuttujien välistä vuorovaikutussuhdetta. Mitchell (1997) kuvasi koneoppimisen seuraavasti: "Tietokoneohjelman sanotaan oppivan kokemuksesta E johonkin tehtävään T ja hyvyysmittariin P liittyen, mikäli sen suoritus tehtävässä T hyvyysmittarin P perusteella paranee kokemuksen E myötä".

Tässä tutkimuksessa tehtävä (T) oli ennustaa samanaikaisesti satoa, tyypitasetta sekä fosforitasetta. Harjoitusaineisto kuvasi kokemusta (E) ja selitysaste (R^2) kuvaa hyvyysmittaria (P).

Ali- ja ylisovittamisen välttämiseksi aineisto jaetaan koneoppimisessa tyypillisesti *harjoitus-*, *validaatio-* ja *testiaineistoiksi* (Mitchell 1997). Tässä tutkimuksessa harjoitusaineistoa käytettiin selittävien muuttujien ja vastemuuttujien välisen vuorovaikutussuhteen löytämiseen. Validatioaineistoa käytettiin optimaalisen mallin löytämiseen, minkä avulla voitiin minimoida ali- ja ylisovittamista. Mallien ennustetarkkuus maksimoitiin selitysastemielessä validatioaineistolle, minkä jälkeen saatu paras malli sovitettiin yhdistettyyn harjoitus- ja validatioaineistoon. Lopullista ennustetarkkuutta arvioitiin soveltamalla näin sovitettua parasta mallia testiaineistoon ja laskemalla selitysasteet kullekin mallille.

Koneoppimismenetelmiä on olemassa useita erilaisia. Tässä tutkimuksessa käytettiin tunnettua parametrissa tilastollista mallia kahdesta keskeisestä syystä: (i) parametriset mallit mahdollistavat joissain tilanteissa hyödyllisiä tulkintoja mallista, (ii) parametriset mallit ovat yleensä tunnetuimpia suuren yleisön keskuudessa. Parametrinen malli, joka toteuttaa nämä kriteerit, on pienimmän neliösumman menetelmän regressioanalyysi.

Sovitettu malli oli seuraava: $M: y = X\beta + \varepsilon$

missä y vastaa satoa, tyypitasetta ja fosforitasetta erikseen kolmelle eri mallille. X koostuu selittäjistä ja niiden polynomi- sekä interaktiotermistä. β ja ε vastaavat mallin parametreja sekä virhetermiä.

Koneoppimisregressioanalyysia sovellettiin jokaiselle selittäjien kombinaatiolle käyttäen samaa mallin muotoa erikseen kullekin vastemuuttujalle. Paras malli määriteltiin koostuvaksi niistä selittäjistä ja mallin muodosta, jotka maksimoivat keskimääräisen validaatioselityksasteen. Lopputuloksena saatiin joukko parhaita selittäjiä ja kolme eri mallia identtisillä selitysjoukoilla sekä mallin muodoilla.

Parhaan mallin sekä mallin rakenteen löytämiseksi tässä tutkimuksessa määriteltiin joukko potentiaalisia selittäjiä, joiden joukosta parhaat selittäjät etsittiin. Lisäksi määriteltiin monimutkaisimman mahdollisen mallin rakenne. Asiantuntija-arvioin potentiaalisiksi selittäjiksi määriteltiin seuraavat muuttujat:

kasviluokka, kesäkuun keskilämpötila (°C), kesäkuun sadanta (mm), kolmiportainen ojitusluokka (huono, hyvä, erinomainen), typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), hallintamuoto (oma/vuokra), kaltevuus (%), pellon fosforiluku (P mg/l), maalaji (eloperäinen, kivennäis (karkea kivennäismaa), savi) ja viljelyvyöhyke (I–V).

Tämän lisäksi määriteltiin joukko interaktiotermejä sekä toisen asteen polynomitermejä. Toisen asteen polynomitermit määriteltiin seuraaville muuttujille:

kesäkuun keskilämpötila, kesäkuun sadanta, typpilannoitus, fosforilannoitus ja fosforiluku

Seuraavien selittäjien välille määriteltiin ensimmäisen asteen interaktiotermit:

kasviluokka ja salaojitus (kyllä/ei), kasviluokka ja pinta-ala, kasviluokka ja kesäkuun keskilämpötila, kasviluokka ja kesäkuun sadanta, kasviluokka ja typpilannoitus, kasviluokka ja fosforilannoitus, ojitusluokka ja salaojitus, ojitusluokka ja pinta-ala, ojitusluokka ja kesäkuun keskilämpötila, ojitusluokka ja kesäkuun sadanta, ojitusluokka ja typpilannoitus, ojitusluokka ja fosforilannoitus, ojitusluokka ja maalaji, ojitusluokka ja kasviluokka, salaojitus ja maalaji, maalaji ja typpilannoitus, maalaji ja fosforilannoitus, maalaji ja kesäkuun keskilämpötila, maalaji ja kesäkuun sadanta, kesäkuun lämpötila ja kesäkuun sadanta, fosforilannoitus ja fosforiluku.

Lisäksi määriteltiin seuraavien selittäjien välille ensimmäisen asteen sekä toisen asteen polynomitermien interaktiot:

ojitusluokka ja kesäkuun keskilämpötila, ojitusluokka ja kesäkuun sadanta, ojitusluokka ja typpilannoitus, ojitusluokka ja fosforilannoitus, kasviluokka ja typpilannoitus, kasviluokka ja fosforilannoitus, maalaji ja typpilannoitus, maalaji ja fosforilannoitus, maalaji ja kesäkuun keskilämpötila, maalaji ja kesäkuun sadanta

Lopullinen paras malli koostui seuraavista parhaista selittäjistä:

hallintamuoto, typpilannoitus, salaojitus (kyllä, ei), fosforiluku, kesäkuun sadanta, pinta-ala, kasviluokka, kesäkuun keskilämpötila, maalaji, ojitusluokka, kaltevuus ja fosforilannoitus

Ensimmäisen asteen polynomitermien interaktiot olivat seuraavien selittäjien välillä:

kasviluokka ja maalaji, kasviluokka ja typpilannoitus, maalaji ja kesäkuun keskilämpötila, kasviluokka ja kesäkuun keskilämpötila, kasviluokka ja salaojitus (kyllä/ei), maalaji ja fosforilannoitus, ojitusluokka ja maalaji, ojitusluokka ja pinta-ala, ojitusluokka ja kesäkuun

sadanta, kasviluokka ja fosforilannoitus, ojitusluokka ja kesäkuun keskilämpötila, maalaji ja kesäkuun sadanta, ojitusluokka ja kasviluokka, kasviluokka ja pinta-ala, kasviluokka ja kesäkuun sadanta, ojitusluokka ja typpilannoitus

Ensimmäisen asteen ja toisen asteen polynomitermien väliset interaktiot olivat seuraavien muuttujien välillä:

maalaji ja kesäkuun sadanta, maalaji ja fosforilannoitus, ojitusluokka ja kesäkuun sadanta, maalaji ja kesäkuun keskilämpötila, kasviluokka ja fosforilannoitus

Toisen asteen polynomitermit olivat seuraaville muuttujille:

fosforilannoitus, kesäkuun sadanta, kesäkuun keskilämpötila

Harjoitus-, validaatio ja testiaineistot muodostettiin suhteellisella jaolla 0.8/0.1/0.1, joka vastasi frekvenssejä 57 851/7 231/7 232. Testiaineistosta saadut parhaiden mallien selityksasteet sadolle, typpitaseelle ja fosforitaseelle olivat 65,6 %, 39,3 % ja 74,3 %.

2.2.2 Salaojitusinvestoinnin kannattavuus

Salaojitusinvestoinnin kannattavuustarkastelu perustui kasvikohtaiseen lisäsadon nettoarvoon, joka saavutettiin salaojitusinvestoinnin jälkeen ja sen riittävyteen investointikustannuksen kattamiseen.

Aineistona käytettiin kuvailevassa analyysissä ja mallinnuksessa käytettyä Lohkotietopankkiaineistoa, josta haettiin keskimääräiset sato- ja typpilannoitustiedot vuosilta 2002–2017 erikseen huonolle ja erinomaiselle ojitusluokalle. Tuottajahintoina käytettiin keskimääräisiä tilastoituja viljan sekä rypsin ja rapsin laatukorjattuja tuottajahintoja vuosilta 2010–2019 (Luke 2020) ja säilörehulle ProAgria Keskusten liiton vuoden 2019 mallilaskelmassa käytettyä hintaa (ProAgria 2019).

Aluksi laskettiin kasveittain hehtaarikohtainen sadon arvo huonon ojitusluokan pellolle. Täydennyssalaojituksen avulla huonon ojitusluokan pellon satotason oletettiin nousevan investointia seuraavana vuonna samalle tasolle kuin aineiston erinomaisessa ojitusluokassa. Satolisästä vähennettiin lisäksi mahdollisesti korkeamman typpilannoituksen lisäkustannus ja ProAgria keskusten liiton mallilaskelmien (2019) mukaiset lisääntyneet kuivaus- ja rahoitimenot ja säilörehun osalta muovin menekin kasvu. Lisäsadon nettoarvon oletettiin siten laskennan yksinkertaistamiseksi aiheutuneen vain ojituksen toimivuuden parantumisen ja typpilannoituksen kasvun vaikutuksesta, vaikka erinomaisen ojituksen pelloilla osa satolisästä voi aiheutua myös eroista kasvinsuojelussa tai paremmasta viljavuudesta (mm. pH, fosfori). Aiempaa suurempi sato voi jossain tapauksissa myös lisätä traktori- ja ihmistyömenekkiä sekä varastotilan tarvetta, mutta ne jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Laskentaa yksinkertaistettiin myös siten, että viljelykiertoa ei huomioitu. Käytettävällä 30 vuoden laskentajaksolla viljeltiin samaa kasvia. Taulukossa 26 on esitetty keskeiset laskentaoletukset.

Asiantuntija-arvioiden perusteella täydennyssalaojituksen investointikustannuksen arvioitiin olevan 50 % uuden salaojituksen keskimääräisestä 3 500 euron (alv 0) hehtaari-kustannuksesta (1 750 euroa). Tästä vähennettiin 35 %:n investointituki, jolloin viljelijän investointikustannus oli 1 138 euroa hehtaaria kohti.

Täydennysojitusinvestoinnin kannattavuutta tarkasteltiin nettonykyarvomenetelmällä (NPV, net present value), sisäisen korkokannan menetelmällä (IRR, internal rate of return) ja takaisinmaksuajalla (PBP, payback period).

Nettonykyarvon (NPV) laskennassa H = täydennysalaojitusinvestointi 1 138 €, n = kesto-aika 30 v, k_t = lisäsadon nettoarvo, i = laskentakorkokanta (5 % tai 3 %), investoinnilla ei jäännösarvoa 30 v jälkeen

$$NPV = -H + \sum_{(t=1)}^n \frac{k_t}{(1+i)^t}$$

Nettonykyarvomenetelmässä ensimmäisenä vuonna tehtiin täydennysojitusinvestointi (negatiivinen arvo), johon lisättiin seuraavalta 30 vuoden jaksolta nykyhetkeen diskontatut investoinnin tuottamat lisäsadon nettoarvot valitulla korkokannalla. Jos tulos oli vähintään nolla, investointi oli kannattava.

Kannattavuutta tarkasteltiin myös sisäisen korkokannan menetelmällä, jossa tulokseksi saadaan investoinnin tuotto prosentti. Mitä suurempi tuotto prosentti on, sitä parempi investointi on.

$$NPV(i_{sis}) = 0 \leftrightarrow -H + \frac{k}{i_{sis}} \cdot \left(1 - \frac{1}{(1+i_{sis})^n} \right) = 0$$

Takaisinmaksuaika laskettiin yksinkertaisesti jakamalla investointikustannus vuotuisella lisäsadon nettotuotolla. Tuloksena saatiin arvio siitä, kuinka monta vuotta kestää, että investointikustannus on saatu maksettua siitä saatavilla lisäsadon nettotuotoilla.

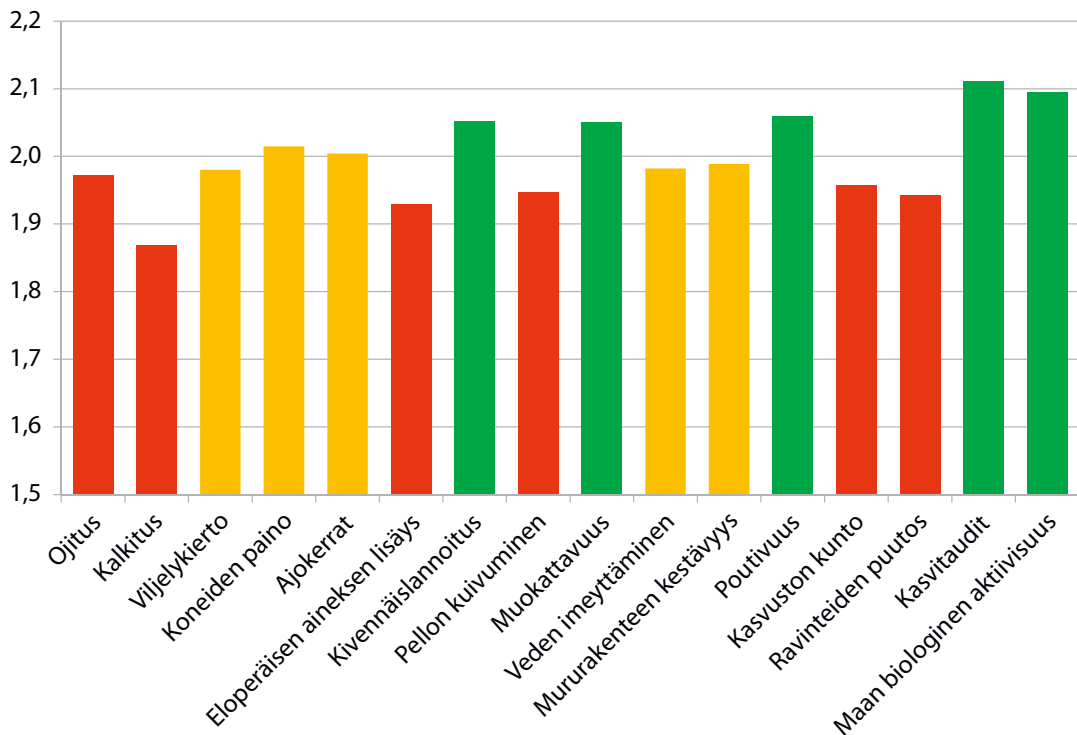
3 Aineiston kuvaileva analyysi

3.1 Peruslohkojen kasvukunnon tila Suomessa – Peltomaan laatutestin tulokset

Kuvassa 1 on esitetty Peltomaan laatutestin tulosten yhteenveto. Tulokset ovat kattava otos Suomen peruslohkoista. Tämän vuoksi tuloksista voidaan päätellä luotettavasti ne osa-alueet, joilla viljelijöiden mielestä on eniten ongelmia.

Osa-alueittain tarkasteltuna suurimmat ongelmat Suomen peruslohkoilla olivat kalkitus, eloperäisen aineksen lisäys, ravinteiden puutos, pellon kuivuminen, kasvuston kunto ja ojitus. Tuloksista nähdään, että suurimmat ongelmat liittyivät suoraan pellon perusparannuksiin (ojitus ja kalkitus) ja niihin kytkeytyviin muihin osa-alueisiin. Ojituksen ja kalkituksen puutteet voivat näkyä pellolla kuivumisongelmina ja heikkona sekä ravinteiden puutoksista kärsivänä kasvustona.

Sen sijaan vähiten ongelmia nähtiin kivennäislannoituksessa, muokkautuvuudessa, poutivuudessa, kasvitaudeissa ja maan biologisessa aktiivisuudessa. Kivennäislannoituksessa noudatetaan valtaosalla tiloja ympäristökorvauksen ehtoja sääntöjen mukaan.



Kuva 1. Peltomaan laatutestin pistesummat (milj. pistettä) osa-alueittain (532 771 peruslohkolta). Aineisto koostui 3.5.2018 osana ympäristökorvauksen sitoumusehtoja annetuista viljelijöiden itsearvioista 2017 hallinnassa olleilta yli 0,5 ha:n peruslohkoilta. Punaiset pylväät kuvaavat osa-alueita, joissa on eniten ongelmia, keltaiset pylväät kuvaavat osa-alueita, joissa toiseksi eniten ongelmia, ja vihreät pylväät osa-alueita, joissa vähiten ongelmia.

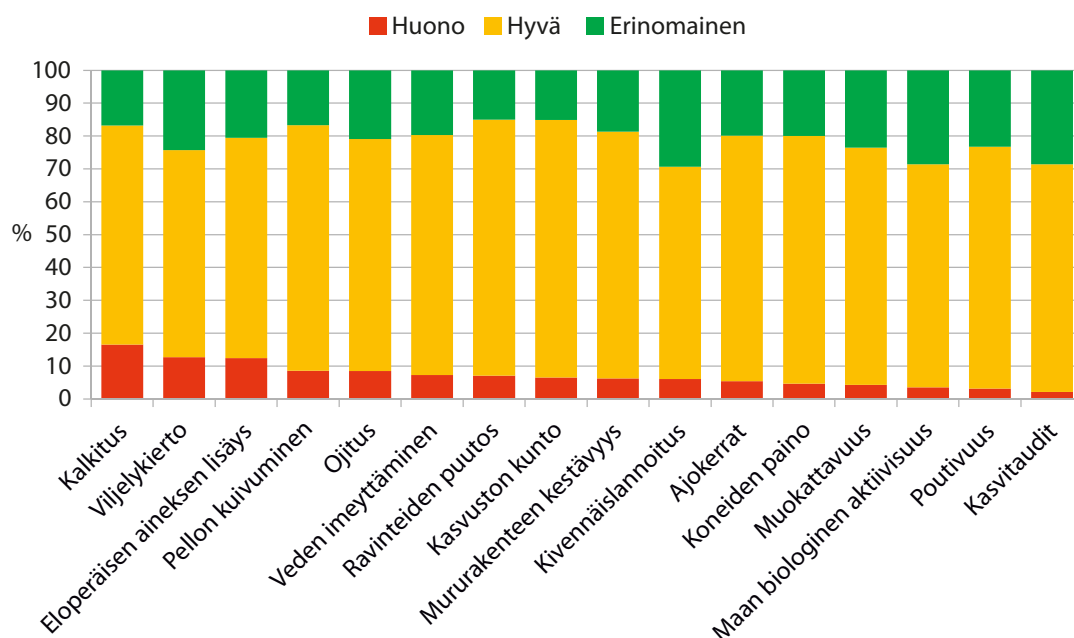
Peltojen muokkautuvuus ei toistaiseksi tuota suurelle osalle ongelmia, vaikka peltojen tiivistyminen ja yksipuolinen viljelykierto voivat olla riskitekijöitä. Myös kasvitautit näyttävät pysyvän edelleen hallinnassa.

Kuvassa 2 on esitetty Peltomaan laatutestin osa-alueiden arviojakaumat luokiteltuina huonoihin, hyviin ja erinomaisiin arvioihin. Osa-alueet on järjestetty huonojen arvioiden yleisyyden mukaan suurimmasta pienimpään. Tuloksista nähdään, että valtaosa vastauksista sijoittui hyvään luokkaan, joiden osuus vaihteli 63–78 %:n välillä. Viljelykierto jakautui hieman muita osa-alueita voimakkaammin ääripäihin; se toimi huonosti 13 %:lla vastauksista ja erinomaisesti 24 %:lla.

Kalkituksen tila arvioitiin huonoksi 17 %:ssa vastauksia. Suomessa oli vuonna 2018 käytössä olevaa maatalousmaata 2,27 miljoonaa hehtaaria (Luke 2020). Voidaan siten arvioida, että Suomen pelloista 386 000 ha:lla on suuri kalkitustarve.

Huonojen arvioiden osuus oli viljelykierrolla 13 %, eloperäisen aineksen lisäyksellä 12 % sekä pellon kuivumisella ja ojituksella 9 % kummallakin. Suomen käytössä olevaan maatalousmaahan suhteutettuna viljelykiertoa tulisi Suomen pelloilla selvästi parantaa 295 000 hehtaarilla, eloperäisen aineksen lisäystä kasvattaa 272 000 hehtaarilla ja saada veden imeytyminen sekä ojituksen toimivuus selvästi paremmaksi 204 000 hehtaarilla.

Säätösalaajitettuja peruslohkoja oli aineistossa alun perin 10 482 kpl. Kyseisille peruslohkoille haettiin ympäristökorvausta lohko kohtaisesta säätösalaajien hoidon toimenpiteestä vuosina 2015–2018 (vähintään yksi vuosi, useimmilla kaikki vuodet). Näistä 7 367 peruslohkolle pystyttiin yhdistämään Peltomaan laatutestaineisto. Taulukossa 5 on esitetty Peltomaan laatutestin tiedot säätösalaajitetuilta peruslohkoilta verrattuna koko Peltomaan laatutestaineistoon.



Kuva 2. Peltomaan laatutestin arvioiden jakaumat osa-alueittain luokkiin huono (1,0–2,9), hyvä (3,0–4,0) ja erinomainen (4,1–5,0). Mukana 532 771 peruslohkoa. Aineisto koostuu 3.5.2018 osana ympäristökorvauksen sitomusehtoja annetuista viljelijöiden itsearvioista 2017 hallinnassa olleilta yli 0,5 ha:n peruslohkoilta.

Taulukko 5. Säättosalaojituslohkot (7 367 kpl) verrattuna koko Peltomaan laatutestin aineistoon. Vastausten (huono, hyvä, erinomainen) jakautuminen osa-alueittain. Säättosalaojituslohkojen huonojen arvioiden luokassa (annetut pisteet 1,0–2,9 ja sanallinen kuvaus ”välttävä” tai ”huolestuttava”) on vihreällä merkitty ne osa-alueet, joilla huonojen arvioiden osuus oli koko aineistoa pienempi, keltaisella sama ja punaisella suurempi.

	Säättö	Kaikki	Säättö	Kaikki	Säättö	Kaikki
Osuudet, %	Huono	Huono	Hyvä	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Ojitus	2 %	9 %	56 %	71 %	41 %	21 %
Kalkitus	6 %	17 %	58 %	67 %	36 %	17 %
Viljelykierto	14 %	13 %	61 %	63 %	26 %	24 %
Koneiden paino	6 %	5 %	69 %	75 %	25 %	20 %
Ajokerrat	6 %	5 %	70 %	75 %	24 %	20 %
Eloperäisen aineksen lisäys	10 %	12 %	63 %	67 %	27 %	21 %
Kivennäislannoitus	1 %	6 %	51 %	65 %	47 %	29 %
Pellon kuivuminen	3 %	9 %	67 %	75 %	29 %	17 %
Muokkautuvuus	2 %	4 %	62 %	72 %	37 %	24 %
Veden imeytyminen	4 %	7 %	65 %	73 %	31 %	20 %
Mururakenteen kestävyys	5 %	6 %	67 %	75 %	28 %	19 %
Poutivuus	2 %	3 %	64 %	74 %	35 %	23 %
Kasvuston kunto	2 %	7 %	68 %	78 %	30 %	15 %
Ravinteiden puutos	4 %	7 %	72 %	78 %	24 %	15 %
Kasvitaudit	2 %	2 %	66 %	69 %	32 %	29 %
Maan biologinen aktiivisuus	4 %	3 %	62 %	68 %	35 %	29 %

Taulukosta 5 nähdään, että säättosalaojitetuille peruslohkoille Peltomaan laatutestissä annetut arviot olivat pääosin parempia verrattuna koko aineistoon. Huonojen arvioiden osuudet olivat säättosalaojituslohkoilla viljelykiertoa, koneiden painoa, ajokertoja, kasvitauteja sekä maan biologista aktiivisuutta lukuun ottamatta koko aineistoa pienemmät. Suurimmat erot huonoissa arvioissa säättosalaojituslohkojen hyväksi koko aineistoon verrattuna olivat kalkituksessa, ojituksessa, kivennäislannoituksessa ja pellon kuivumisessa. Toinen tuloksista erottuva havainto on säättosalaojituslohkoille annettujen erinomaisten arvioiden selvästi suurempi osuus kaikilla osa-alueilla. Esimerkiksi ojituksen toimivuus arvioitiin erinomaiseksi 41 %:lla säättosalaojituslohkoista, mutta koko aineistossa erinomaisten arvioiden osuus oli 21 %.

Taulukossa 6 on esitetty Peltomaan laatutestin tuloksia yhdistämällä siihen Lohkotietopankki-aineiston tuotantotapatieto (luomu, tavanomainen), viljavuustutkimuksen tuloksia sekä salaojitus tiedot. Tuloksissa on esitetty ne Peltomaan laatutestin osa-alueet (4 kpl), joiden pisteissä tuotantotapojen välillä oli eroja. Muilla 12 osa-alueella erot ovat vähäisiä (korkeintaan 0,1).

Luonnonmukaisesti viljeltyjen kasvulohkojen pH ei poikennut tavanomaisesti viljeltyistä, mutta niiden fosforiluku ja salaojitusprosentti olivat hieman alemmat. Luonnonmukaisesti viljeltyjen peruslohkojen viljelykierrossa, eloperäisen aineksen lisäyksessä ja myös maan biologisessa aktiivisuudessa onnistuttiin tavanomaisesti viljeltyjä peruslohkoja paremmin. Sen sijaan kivennäislannoituksen toteuttamisessa näytti olevan tavanomaisesti viljeltyjä peruslohkoja enemmän ongelmia.

Taulukko 6. Peltomaan laatutestin (2017) ja Lohkotietopankin keskimääräisiä tuloksia tuotantotavoittain. Mukana Lohkotietopankin kaikki havainnot vuosilta 2002–2017. n min ja n max ovat taulukossa esitettyjen muuttujien havaintomäärien vaihteluväli.

Tuotantotapa	n min	n max	pH	Fosforiluku, P mg/l	Salaojitettu, %	Viljelykierto	Eloperäisen aineksen lisäys	Kivennäislannoitus	Maan biologinen aktiivisuus
Luomu	12 875	14 396	6,0	10,3	57 %	4,4	4,0	3,7	4,1
Tavanomainen	159 555	179 363	6,0	12,3	62 %	3,8	3,6	4,0	3,9

Taulukossa 7 on esitetty Lohkotietopankin keskimääräisiä tuloksia kasvulohkon pinta-alaluokittain vuosilta 2002–2017, joihin on yhdistetty salaojitustiedot. Taulukossa 7 on lisäksi esitetty ne Peltomaan laatutestin osa-alueet (3 kpl), joiden pisteissä pinta-alaluokkien välillä oli eroja. Muilla osa-alueilla annetut pisteet olivat hyvin lähellä toisiaan.

Taulukko 7. Peltomaan laatutestin (2017) ja Lohkotietopankin keskimääräisiä tuloksia kasvulohkon pinta-alaluokittain (ha). Mukana Lohkotietopankin kaikki havainnot vuosilta 2002–2017. n min ja n max ovat taulukossa esitettyjen muuttujien havaintomäärien vaihteluväli

Kasvulohkon pinta-ala, ha	n min	n max	pH	Fosforiluku, P mg/l	Salaojitettu, %	Kalkitus	Ajokerrat	Mururakenteen kestävyys
alle 1,00	39 649	50 870	6,0	13,2	49 %	3,6	3,7	3,7
1,00–2,49	62 212	68 021	6,0	12,0	55 %	3,6	3,7	3,7
2,50–4,99	41 784	44 407	6,1	11,6	70 %	3,7	3,7	3,7
5,00–7,49	14 846	15 673	6,2	11,9	81 %	3,9	3,7	3,7
7,50–9,99	6 787	7 127	6,2	11,8	83 %	3,9	3,7	3,7
10,00–12,49	3 410	3 693	6,2	11,9	85 %	3,8	3,6	3,6
12,50–14,99	1 415	1 514	6,3	13,1	90 %	4,0	3,7	3,6
15,00–17,49	868	917	6,4	12,3	89 %	4,1	3,8	3,7
17,50–19,99	494	552	6,5	13,3	89 %	4,1	3,8	3,7
20,00 tai yli	818	963	6,4	13,8	91 %	4,0	3,6	3,5

Kasvulohkojen koon kasvaessa pellon pH nousi. Tämä näkyi johdonmukaisesti Peltomaan laatutestissä vastaavan peruslohkon, jolla kyseinen kasvulohko sijaitsi, kalkitukselle annettujen pisteiden nousuna. Pellon fosforiluvut olivat korkeimmat pienillä, alle 1,00 ha:n kasvulohkoilla, ja suurimmilla vähintään 20,00 ha:n kasvulohkoilla. Pienet korkean fosforiluvun kasvulohkot saattavat osin koostua peruslohkoista, jotka on jaettu kasvulohkoihin ympäristökorvauksen fosforilannoitusehtojen mukaisesti. Tällöin kasvusta riippuen arveluttavan korkeiden tai korkeiden fosforilukujen osalta fosforilannoitus ei ole sallittua, vaan niille voidaan perustaa oma kasvulohko.

Ajokertojen määrän hallinta oli korkeinta 15,00–19,99 hehtaarin kasvulohkojen kokoluokissa, tosin erot jäivät melko pieniksi. Suurimmassa, vähintään 20,00 hehtaarin kasvulohkojen kokoluokassa, ajokertojen ongelmat ja mururakenteen kestävyys ongelmat lisääntyivät hieman verrattuna tätä pienempiin kokoluokkiin. Suurimmilla kasvulohkoilla saatetaan käyttää myös suurinta konekalustoa, mikä voi aiheuttaa suurimmilla lohkoilla erityisesti päisteisiin pellon rakennetta heikentävää räsitusta.

3.2 Tutkimusaineiston tunnuslukuja Lohkotietopankin kasvulohkoilta

3.2.1 Sadot, lannoitus, ravinnetaseet ja viljavuustiedot kasveittain

Lohkotietopankkiaineistosta tarkasteltiin 72 560 kasvulohkohavaintoa, joita käytettiin myös mallinnuksessa. Havainnot olivat vuosilta 2002–2017. Taulukossa 8 on esitetty aineiston keskiarvotietoja kasveittain.

Taulukko 8. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) ja peruslohkojen keskikaltevuuden (2014) keskimääräisiä tietoja. Säilörehun satoyksikkönä on kuiva-ainesato. Satotiedossa on esitetty koko maan keskiarvot samalta vertailujaksolta 2002–2017.

Keskiarvo	n	Pinta-ala, ha	Sato, kg/ha (koko maa)	Typpi lannoitus, kg/ha	Fosfori lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Kaltevuus, %	Fosfori-luku, P mg/l	pH
Kaura	12 469	2,8	3 693 (3 322)	96	12,9	30	0,4	2,1	10,2	5,9
Kevät-öljykasvit	5 696	4,6	1 446 (1 403)	106	10,8	55	-1,6	2,2	12,0	6,2
Kevätvehnä	16 411	4,5	4 085 (3 740)	125	11,8	49	-4,2	2,3	12,7	6,2
Ohra	20 054	3,7	3 836 (3 563)	97	13,4	31	-0,1	2,0	12,9	6,1
Syysruis	1 457	4,0	3 656 (2 766)	121	8,5	66	-3,9	2,4	13,7	6,2
Syysvehnä	1 854	4,5	4 280 (3 938)	149	9,1	71	-7,6	2,6	14,7	6,3
Säilörehu (kg ka/ha)	13 697	2,4	6 057 (*)	167	14,5	10	-3,1	2,2	10,5	5,9
Tärkkelysperuna	922	2,3	26 358 (27 738)	103	25,9	16	15,4	1,1	21,3	5,9

* Koko maan satotieto 16 106 kg/ha. Eri laskentaoletuksilla kuiva-aineeksi (25, 30 tai 35 %) muunnettuna 4 026, 4 832 tai 5 637 kg ka/ha. Koko maan kuiva-ainesato on suuntaa-antava sadon kuiva-ainepitoisuustiedon puuttuessa.

Lohkotietopankkiaineisto ei ole täysin edustava otos koko Suomen kasvulohkoista. Kasvulohkohavaintojen kasvijakauma poikkeaa jonkin verran koko Suomen pinta-alajakaumasta (Luke 2019). Lohkotietopankkiaineistossa aliedustettuina olivat kaura (osuus taulukon 8 kasvien kasvulohkoista 17 % vs. osuus koko maan tasolla taulukon 8 kasvien pinta-alasta 21 %), ohra (28 % vs. 31 % koko maa) ja säilörehu (19 % vs. koko maa 27 %). Yliedustettuina olivat vastaavasti kevätöljykasvit (8 % vs. koko maa 5 %), syysruis (2 % vs. 1 % koko maa), syysvehnä (3 % vs. koko maa 2 %) ja erityisesti kevätvehnä (23 % vs. koko maa 12 %).

Lohkotietopankkiaineiston havainnot painottuivat eteläiseen Suomeen, mikä vaikuttaa kasvilajijakaumaan. Lohkotietopankkiaineiston peruslohkojen keskimääräinen sijainti oli Tampereelta 50 km itään. Peruslohkojen keskimääräinen kaltevuus ja kasvulohkojen koko kytkeytyvät alueeseen ja viljelykasviin. Tärkkelysperunaa viljeltiin tasaisilla alueilla (kaltevuus 1,1 %) ja syysviljalohkoiksi valittiin kaltevia peltoja (syysruis 2,4 ja syysvehnä 2,6 %). Kevätöljykasveja viljeltiin kaksi kertaa (4,6 ha) tärkkelysperunaa (2,3 ha) ja säilörehua (2,4 ha) suuremmilla kasvulohkoilla.

Myös Lohkotietopankkiaineiston hehtaarisadot poikkesivat saman jakson 2002–2017 koko maan keskiarvoista. Kevätviljojen ja syysvehnän sadot olivat noin 10 % koko maan keskiarvoja korkeammat. Suurin ero oli rukiissa, jonka hehtaarisato oli kolmasosan koko maan keskiarvoa korkeampi. Kevätöljykasvien ja tärkkelysperunan sadot olivat sen sijaan melko lähellä koko maan keskiarvoja. Säilörehun satovertailu on suuntaa-antava riippuen siitä, millaista sadon kuiva-ainepitoisuutta laskennassa käytetään.

Nykyisessä ympäristökorvausjärjestelmässä (alkaen 2015) suurin sallittu typpilannoitus perustuu kasviin, pellon multavuuteen ja mahdolliseen saavutetun sadon perusteella tehtävään satotasokorjaukseen (Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2015). Tässä tutkimuksessa käytettiin Lohkotietopankkiaineistoon laskettuja hehtaarille annettuja typpilannoituksia, jotka koostuivat epäorgaanisten lannoitteiden, kotieläinlannan ja siemenen sisältämästä typestä. Kotieläinlannassa huomioitiin kokonaistypen määrä. Poistunut typpimäärä sisälsi sadossa poistuneen typen normiarvoin. Typpitase laskettiin kokonaistypen mukaan vähentämällä annetusta typpilannoituksesta sadossa poistunut typpimäärä hehtaaria kohti.

Typpilannoitusta annettiin eniten (167 kg/ha) säilörehulle ja viljoista eniten syysvehnälle (149 kg/ha). Kevätvehnälle ja rukiille annettiin typpeä hieman yli 120 kg/ha, kevätöljykasveille ja tärkkelysperunalle hieman yli 100 kg/ha sekä kauralle ja ohralle hieman alle 100 kg/ha.

Typpitaseet vaihtelivat merkittävästi kasveittain. Taseet olivat alimmat säilörehulla (10 kg/ha ja tärkkelysperunalla (16 kg/ha) ja korkeimmat syysviljoilla (syysvehnä 71 kg/ha ja syysruis 66 kg/ha). Kevätöljykasveilla typpitase oli 55 kg/ha. Viljoista typpitaseet olivat matalimmat kauralla ja ohralla (30 kg/ha). Vehnällä tavoitellaan yleensä leivontalaatua, jossa keskeisenä laadun mittarina on valkuaispitoisuus. Lohkotietopankkiaineiston ravinnetaseet on laskettu normiarvoilla (sadossa poistunut määrä), jolloin sadon valkuaispitoisuutta ei ole huomioitu. Normiarvojen osuvuuden lisäksi vehnällä korkeisiin typpitaseisiin on vaikuttanut se, että sadot eivät olleet korkeasta typpilannoituksesta huolimatta merkittävästi ohraa ja kauraa korkeampia.

Nykyisessä ympäristökorvausjärjestelmässä (alkaen 2015) suurin sallittu fosforilannoitus perustuu kasviin, pellon fosforilukuun ja mahdolliseen saavutetun sadon perusteella tehtävään satotasokorjaukseen (Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2015). Tässä tutkimuksessa käytettiin Lohkotietopankkiaineistoon laskettuja hehtaarille annettuja fosforilannoituksia, jotka koostuivat epäorgaanisten lannoitteiden, kotieläinlannan ja siemenen sisältämästä fosforista. Poistunut fosforimäärä sisälsi sadossa poistuneen fosforin normiarvoin.

Fosforitase laskettiin vähentämällä annetusta fosforilannoituksesta sadossa poistunut fosforimäärä hehtaaria kohti jokaiselta tarkasteluvuodelta. Kyseessä ei siten ole ympäristökorvausjärjestelmässä käytettävä fosforitase, joka kuvaa annetun fosforilannoituksen ja hehtaarille annettavan suurimman sallitun fosforilannoituksen erotusta. Ympäristökorvausjärjestelmän ehdot mahdollistavat fosforin varastolannoituksen, jolloin yhtenä tai useampana vuonna fosforia voidaan antaa suurinta sallittua käyttömäärää enemmän. Fosforilannoitus tulee kuitenkin tasoittaa enintään viiden vuoden tasausjaksolla vastaamaan suurimpia sallittuja käyttömääriä. Ympäristökorvausjärjestelmän fosforilannoituksen tasausmahdollisuus mahdollistaa yksittäisenä vuonna viiden vuoden tarvetta vastaavan fosforilannoituksen, jos seuraavina neljänä vuonna fosforilannoitusta ei tehdä. Varastolannoitusmahdollisuuden vuoksi käytettyyn Lohkotietopankkiaineistoon saattaa sisältyä epätarkkuuksia laskettaessa

fosforitasetta yhden vuoden lannoituksen ja sadossa poistuneen fosforin perusteella.

Pellon fosforiluku oli korkein kasvulohkoilla, joilla viljeltiin tärkkelysperunaa (21,3) ja alin kauraa kasvaneilla kasvulohkoilla (10,2). Fosforilannoitusta myös annettiin eniten tärkkelysperunalle (25,9 kg/ha). Muilla kasveilla keskimääräinen fosforilannoitus vaihteli välillä 8,5–14,5 kg/ha. Fosforitase muodostui korkeimmaksi tärkkelysperunalla (15,4 kg/ha) muiden kasvien jäädessä kauraa lukuun ottamatta negatiiviseksi. Pellon happamuutta kuvaava pH-luku oli korkein syysvehnällä (6,3) ja alin kauralla, säilörehulla ja tärkkelysperunalla (5,9).

Lohkotietopankkiaineistossa tuli selvästi esille erot typpitaseissa eri kasvien välillä. Fosforitaseet olivat pääosin negatiivisia. Tämän vuoksi voidaan olettaa, että pitkällä aikavälillä Lohkotietopankkiaineiston kasvulohkojen sadoilla ja lannoitustasoilla pellon fosforiluvut laskevat. Tätä ei kuitenkaan voida yleistää suoraan koko maahan, sillä Lohkopankkiaineiston sadot olivat pääosin koko maata korkeampia eikä koko maan lannoitustietoja ollut käytettävissä.

3.2.2 Satojen, lannoituksen ja ravinnetaseiden muutokset vuosina 2002–2017 kasviryhmittäin

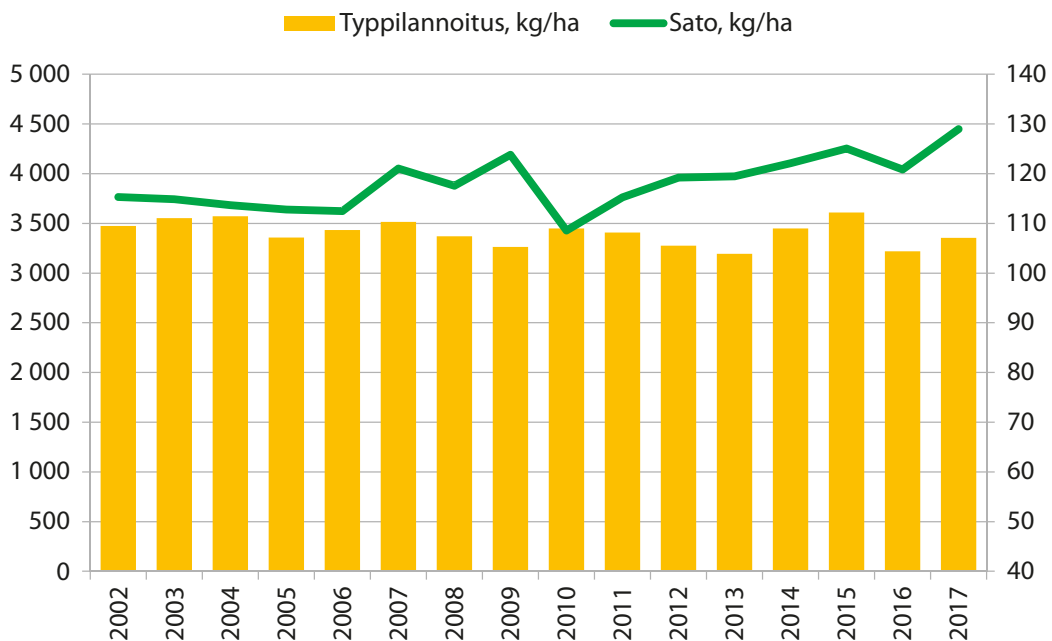
Viljat

Kuvassa 3 on esitetty viljojen keskisato (kg/ha) ja typpilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Tällä tarkastelujaksolla vuotuisen typpilannoituksen vaihteluväli oli 104–112 kg/ha. Vuosina 2002–2009 typpilannoitusta käytettiin keskimäärin 109 kg/ha ja vuosina 2010–2017 keskimäärin 107 kg/ha. Typpilannoitusmääriin ovat voineet vaikuttaa viljan ja typpilannoitteiden hintasuhteiden lisäksi kunakin vuonna voimassa olleiden ympäristötuki-/korvausjärjestelmien sisältämät typpilannoituksen enimmäismäärät. Näiden ohella eri viljakasvien pinta-alat voivat vaihdella vuosittain, mikä saattaa vaikuttaa keskimääräisiin typpilannoitusmääriin.

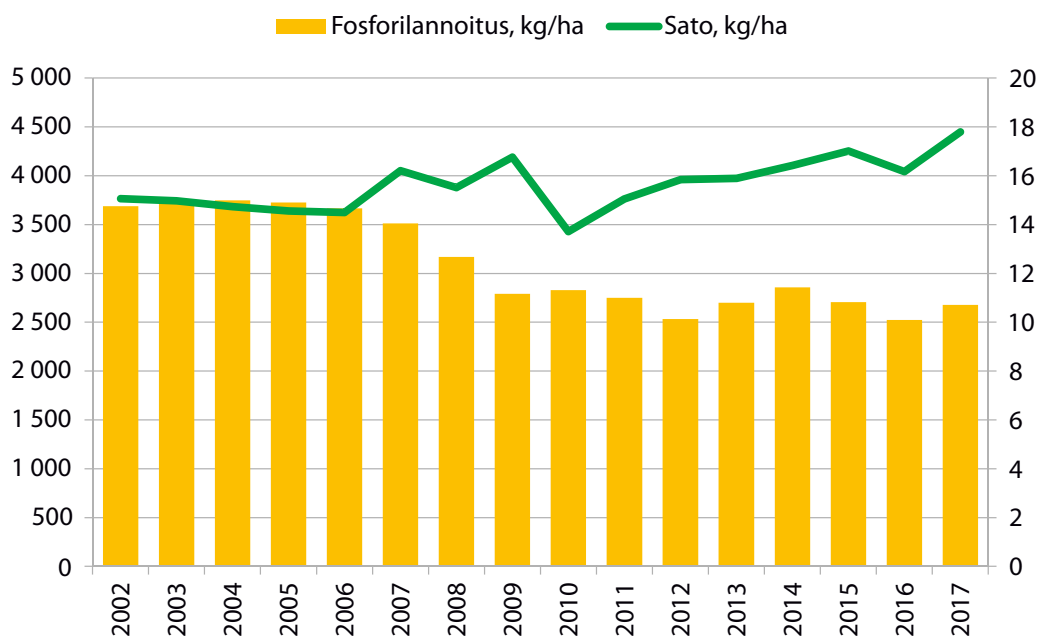
Typpilannoituksen lievän laskun ohella keskimääräinen viljasato (kg/ha) nousi tarkastelujaksolla. Vuonna 2002 sato oli keskimäärin 3 764 kg/ha ja vuonna 2017 keskimäärin 4 450 kg/ha. Poikkeuksellisen kuiva vuosi 2010 erottuu selvästi heikkosatoisena vuotena. Keskisadon nousun ja typpilannoituksen lievän laskun yhteisvaikutuksesta voidaan arvioida myös typpitaseiden laskeneen tarkastelujaksolla 2002–2017. Tämä nähdään kuvasta 5.

Kuvassa 4 on esitetty viljojen keskisato (kg/ha) ja fosforilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Fosforilannoitus laski selvästi tarkastelujaksolla. Vuosina 2002–2006 fosforia annettiin keskimäärin 14,8 kg/ha, minkä jälkeen määrä lähti laskuun ja vakiintui vuodesta 2009 lähtien välille 10,1–11,4 kg/ha. Fosforilannoituksen muutoksiin ovat typpilannoituksen tavoin vaikuttaneet viljan ja fosforilannoitteiden hintasuhteiden lisäksi kunakin vuonna voimassa olleiden ympäristötuki-/korvausjärjestelmien sisältämät fosforilannoituksen enimmäismäärät. Fosforilannoituksen lasku yhdistettynä keskimääräisen viljasadon nousuun laski fosforitaseita selvästi tarkastelujaksolla, mikä nähdään kuvasta 5.

Kuvassa 5 on esitetty vuosien 2002–2017 keskimääräiset viljojen typpi- ja fosforitaseet (kg/ha), jotka laskivat selvästi tarkastelujaksolla. Tämä aiheutui typpi- ja erityisesti fosforilannoituksen vähentymisestä yhdistettynä satotason nousuun. Typpitase oli viljoilla vuonna 2017 edelleen selvästi positiivinen (28,1 kg/ha), mutta fosforitase jäi selvästi negatiiviseksi

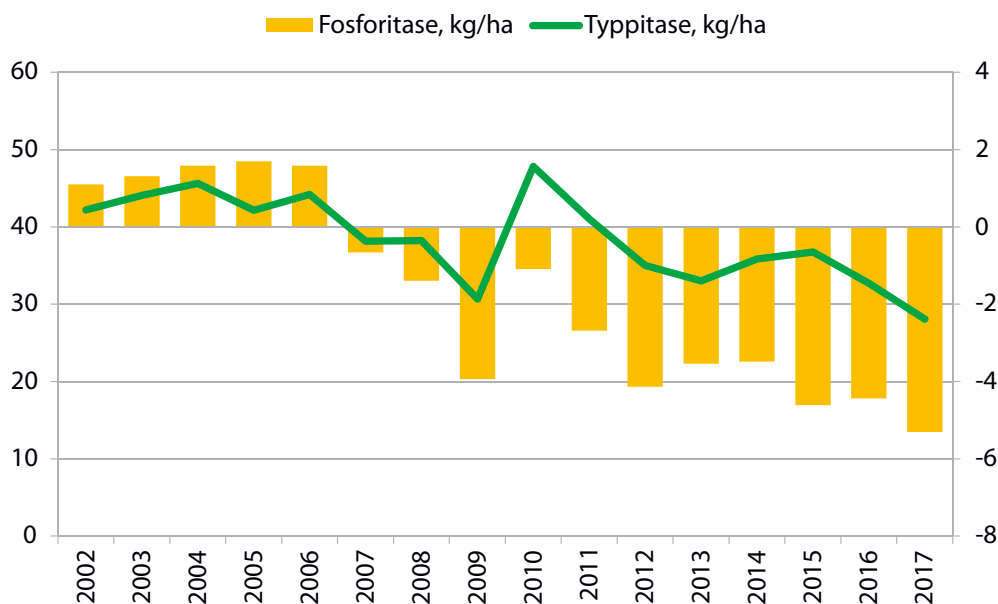


Kuva 3. Viljojen sato ja typpilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kaura, ohra, kevätvehnä, syysruis ja syysvehnä). Vasen pysty akseli kuvaa satoa (kg/ha) ja oikea pysty akseli kuvaa typpilannoitusta (kg/ha).



Kuva 4. Viljojen sato ja fosforilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kaura, ohra, kevätvehnä, syysruis ja syysvehnä). Vasen pysty akseli kuvaa satoa (kg/ha) ja oikea pysty akseli kuvaa fosforilannoitusta (kg/ha).

(-5,3 kg/ha). Kuvasta 5 nähdään myös kasvukauden olosuhteiden vaikutus vuonna 2010, jolloin kuivuuden vuoksi satotasot jäivät alhaisiksi nostaten yleisesti kyseisen vuoden typpi- ja fosforitaseita.



Kuva 5. Viljojen typpitase ja fosforitase vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kaura, ohra, kevätvehnä, syysruis ja syysvehnä). Vasen pystyakseli kuvaa typpitasetta (kg/ha) ja oikea pystyakseli kuvaa fosforitasetta (kg/ha).

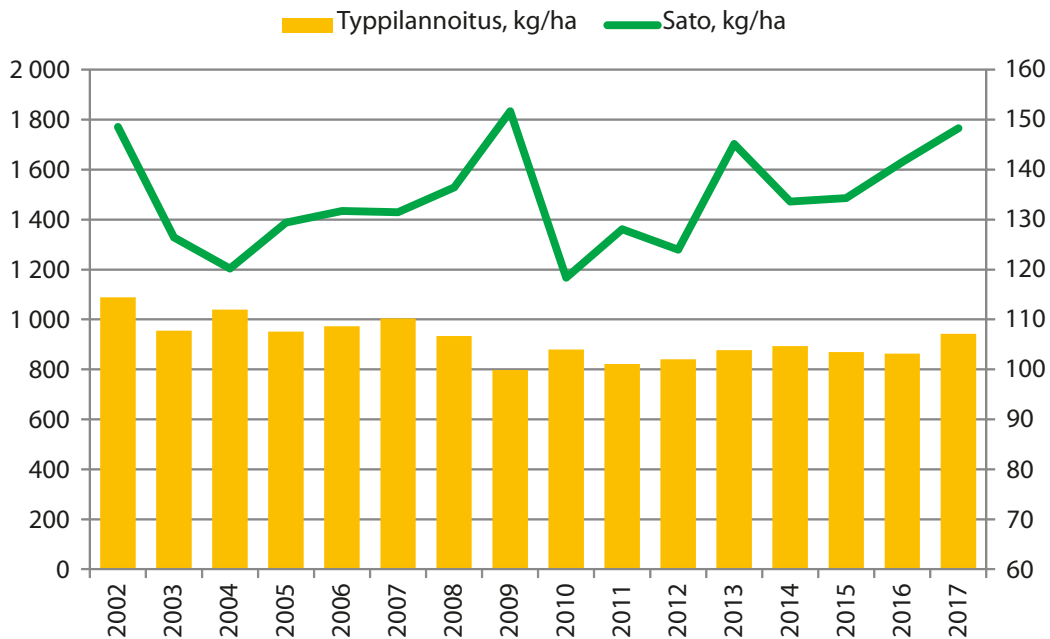
Kevätöljykasvit

Kuvassa 6 on esitetty keväätöljykasvien keskisato (kg/ha) ja typpilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Tällä tarkastelujaksolla vuotuisen typpilannoituksen vaihteluväli oli 100–114 kg/ha. Vuosina 2002–2009 typpilannoitusta käytettiin keväätöljykasveille keskimäärin 108 kg/ha ja vuosina 2010–2017 keskimäärin 104 kg/ha. Kevätöljykasvien typpilannoitusmäärien kehitykseen ovat osaltaan vaikuttaneet samat tekijät kuin viljoilla. Öljykasvien ja typpilannoitteiden hintasuhteiden lisäksi käyttöä ovat ohjanneet kunakin vuonna voimassa olleiden ympäristötuki/-korvausjärjestelmien sisältämät typpilannoituksen enimmäismäärät. Tämän lisäksi kevätrapsin viljelyn yleistymisen suhteessa rypsiin voidaan olettaa jossain määrin kasvattavan keväätöljykasvien typpilannoitusta, mikä aiheutuu kevätrapsin suuremmasta satopotentialista. Lohkotietopankkiaineiston keskimääräisistä luvuista tämä ei kuitenkaan noussut esiin.

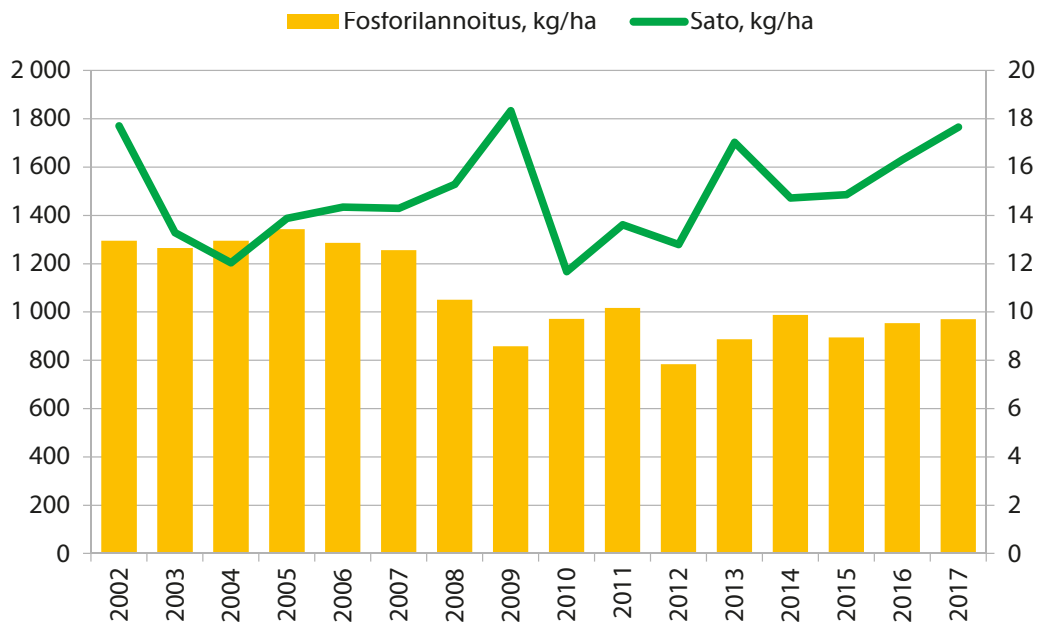
Kevätöljykasvien keskimääräinen sato (kg/ha) nousi tarkastelujaksolla. Satovaihtelut olivat kuitenkin suhteellisesti suuria, kuten vuosien 2009 ja kuivan kasvukauden 2010 välillä (1 834 kg/ha vs. 1 167 kg/ha). Kevätöljykasvien suurten satovaihtelujen vuoksi myös vuotuiset typpitaseet vaihtelivat merkittävästi vuosina 2002–2017, mikä nähdään kuvasta 8.

Kuvassa 7 on esitetty keväätöljykasvien keskisato (kg/ha) ja fosforilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Fosforilannoituksessa nähdään viljakasvien tavoin laskua. Vuosina 2002–2006 fosforilannoitusta annettiin keskimäärin 13,0 kg/ha, vuosina 2007–2011 keskimäärin

10,3 kg/ha ja vuosina 2012–2017 keskimäärin 9,1 kg/ha. Fosforilannoituksen muutoksiin ovat typpilannoituksen tavoin vaikuttaneet kevätöljykasvien ja fosforilannoitteiden hintasuhteiden lisäksi kunakin vuonna voimassa olleiden ympäristötuki-/korvausjärjestelmien sisältämät fosforilannoituksen enimmäismäärät. Fosforilannoituksen lasku yhdistettynä keskimääräisen kevätöljykasvien satotason nousuun laski fosforitaseita tarkastelujaksolla, mikä nähdään kuvasta 8.



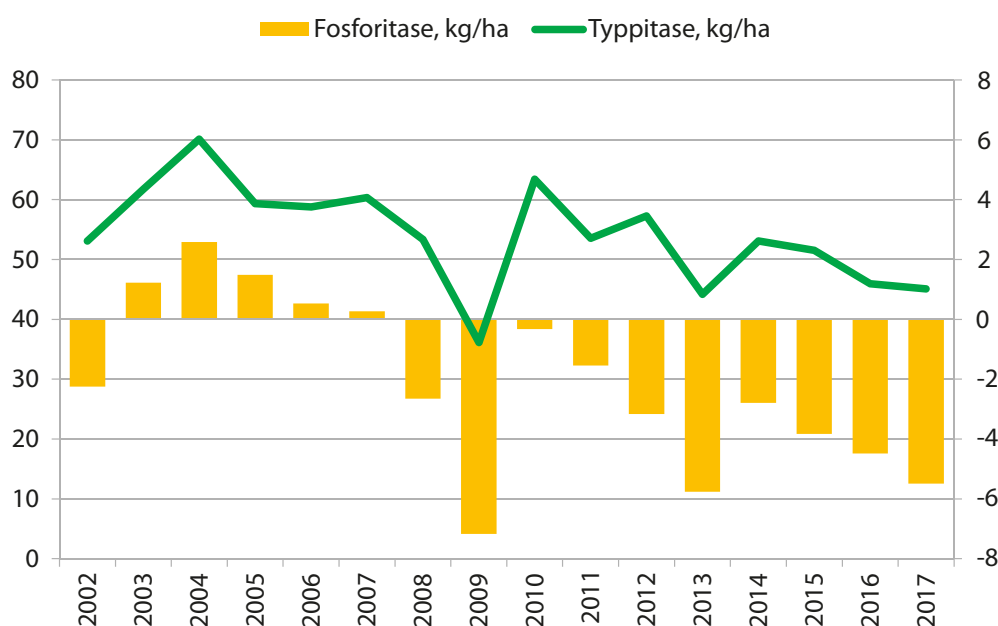
Kuva 6. Kevätöljykasvien sato ja typpilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kevättrypsi ja -rapsi. Vasen pystyakseli kuvaa satoa (kg/ha) ja oikea pystyakseli kuvaa typpilannoitusta (kg/ha).



Kuva 7. Kevätöljykasvien sato ja fosforilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kevättrypsi ja -rapsi. Vasen pystyakseli kuvaa satoa (kg/ha) ja oikea pystyakseli kuvaa fosforilannoitusta (kg/ha).

Kuvassa 8 on esitetty keskimääräiset kevätöljykasvien typpi- ja fosforitaseet (kg/ha) vuosina 2002–2017. Taseet laskivat tarkastelujaksolla. Tähän vaikutti typpi- ja fosforilan- noituksen vähentyminen yhdistettynä satotason nousuun.

Kevätöljykasveilla suuret suhteelliset satovaihtelut näkyivät selvästi vuotuisissa typpi- ja fosforitaseissa. Hyvänä kasvukautena 2009 typpitase oli 36,1 kg/ha, mutta kuivuuden vaivaamana kasvukautena 2010 vastaava luku oli 63,4 kg/ha. Fosforitaseet jäivät alhaisiksi koko tarkastelujaksolla 2002–2017 ja ne painuivat negatiivisiksi vuodesta 2008 alkaen.

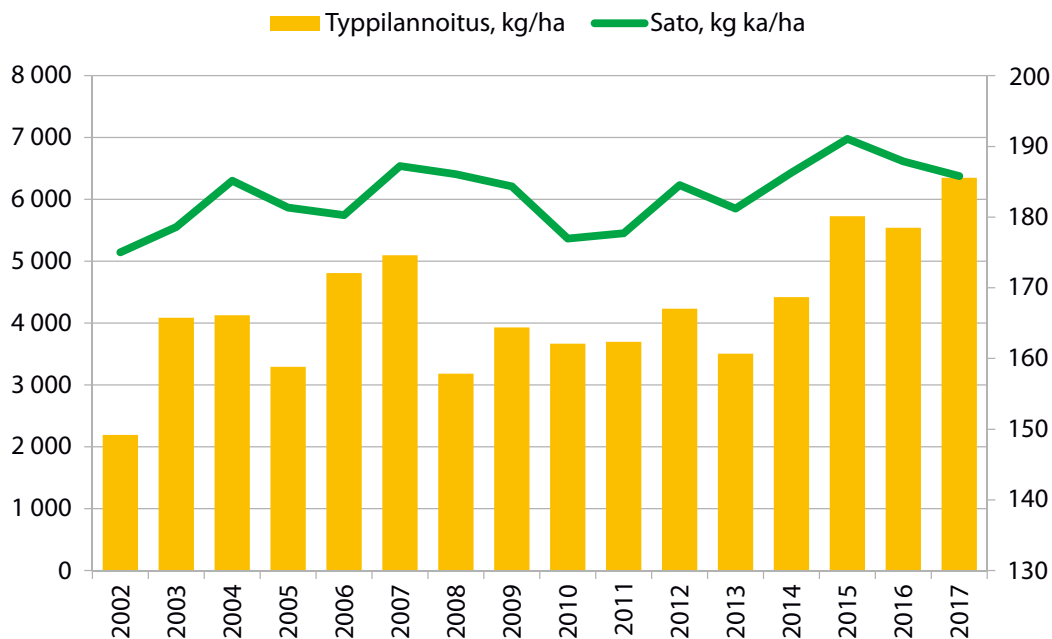


Kuva 8. Kevätöljykasvien typpitase ja fosforitase vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Mukana kevätrypsi ja -rapsi. Vasen pystyakseli kuvaa typpitasetta (kg/ha) ja oikea pystyakseli kuvaa fosforitasetta (kg/ha).

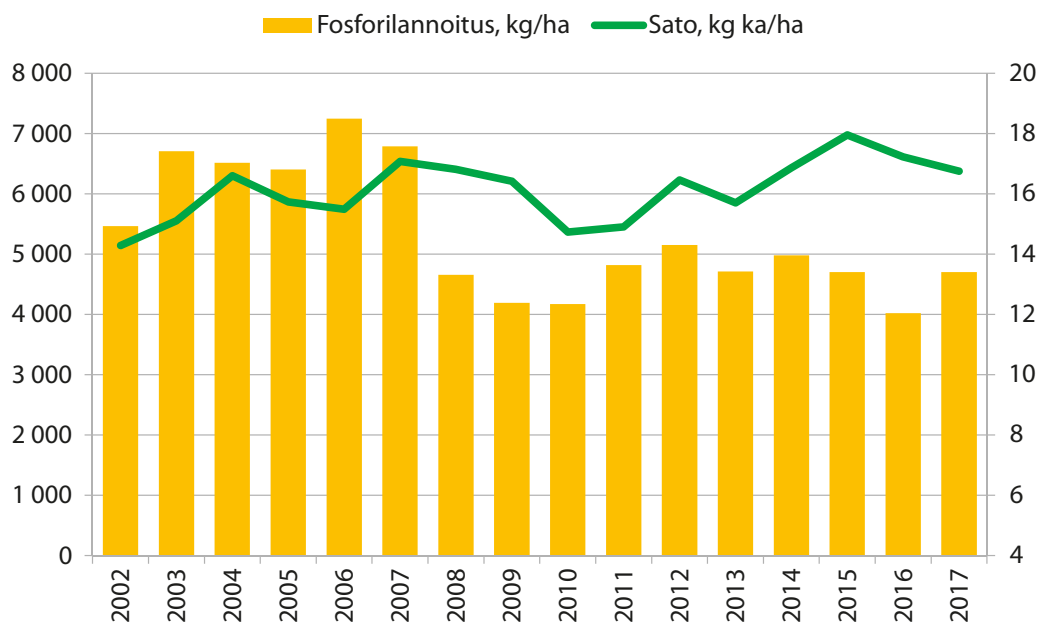
Säilörehu

Kuvassa 9 on esitetty säilörehun keskisato kuiva-aineena hehtaaria kohti (kg ka/ha) ja typpilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Typpilannoitus laski voimakkaasti vuonna 2008, mihin vaikutti osaltaan epäorgaanisten ostolannoitteiden hintojen lähes kaksinkertaistuminen vuodesta 2007 (Tilastokeskus 2020). Tämän lisäksi käyttöä ovat ohjanneet kunakin vuonna voimassa olleiden ympäristötuki/-korvausjärjestelmien sisältämät typpilannoituksen enimmäismäärät. Säilörehulla vuotuinen typpilannoitus kääntyi nousuun erityisesti vuodesta 2014 alkaen, jolloin myös epäorgaanisten lannoitteiden hinnat kääntyivät laskuun. Typpilannoituksen lisäksi säilörehun keskimääräinen sato (kg/ha) nousi tarkastelujaksolla.

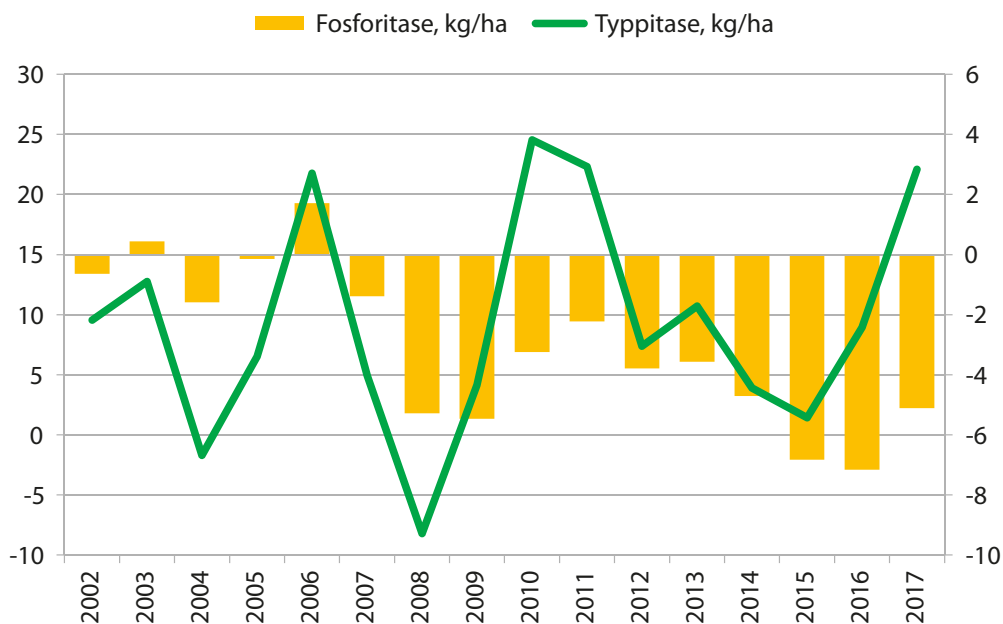
Kuvassa 10 on esitetty säilörehun keskisato (kg/ha) ja fosforilannoitus (kg/ha) vuosina 2002–2017. Viljojen ja kevätöljykasvien tavoin säilörehun fosforilannoitus väheni tarkastelujaksolla. Tasomuutos näkyy erityisesti vuonna 2008, jolloin epäorgaanisten lannoitteiden hinnat lähes kaksinkertaistuivat. Vuosina 2002–2007 fosforilannoitusta annettiin keskimäärin 17,0 kg/ha, mutta vuosina 2008–2017 enää 13,2 kg/ha. Tämä näkyy myös säilörehun keskimääräisissä fosforitaseissa, jotka kääntyivät negatiiviksi vuodesta 2008 alkaen (kuva 11).



Kuva 9. Säilörehusato (kg ka/ha) ja typpilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Vasen pysty akseli kuvaa satoa (kg ka/ha) ja oikea pysty akseli kuvaa typpilannoitusta (kg/ha).



Kuva 10. Säilörehusato ja fosforilannoitus vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Vasen pysty akseli kuvaa satoa (kg/ha) ja oikea pysty akseli kuvaa fosforilannoitusta (kg/ha).



Kuva 11. Säilörehun typpitase ja fosforitase vuosina 2002–2017 Lohkotietopankin kasvulohkoilla. Vasen pystyakseli kuvaa typpitasetta (kg/ha) ja oikea pystyakseli kuvaa fosforitasetta (kg/ha).

Kuvassa 11 on esitetty keskimääräiset säilörehun typpi- ja fosforitaseet vuosina 2002–2017. Viljoihin ja kevätöljykasveihin verrattuna säilörehun typpitaseet jäivät selvästi alemmalle tasolle, vaikka myös säilörehulla esiintyi vuotuista vaihtelua. Kuivana vuonna 2010 typpitaseet olivat korkeimmillaan 24,5 kg/ha ja typpitase ylitti 20 kg/ha vain kolmena vuonna tarkastelujaksolla.

Säilörehulla keskimääräinen fosforitase oli jaksolla 2002–2007 lähellä nollaa, mutta kääntyi vuodesta 2008 lähtien selvästi negatiiviseksi. Tähän vaikutti vähentynyt fosforilannoitus yhdessä kasvaneen satotason kanssa.

3.2.3 Sadot, lannoitus, ravinnetaseet ja fosforiluvut vuokra- ja omistuspelloilla

Taulukossa 9 on esitetty kasvulohkojen ominaisuuksia ja viljelyä koskevia tietoja lohkon hallintamuodon suhteen. Lohkotietopankkiaineiston hallintamuoto perustui yksittäisen kasvulohkon vuosittaiseen tietoon. Tieto saatiin yhdistämällä kasvulohkoa vastaavan peruslohkon (peruslohko, jolla kasvulohko sijaitti) hallintamuoto. Vuokrapelloksi luokittelussa ei ollut vaatimusta siitä, kuinka monta vuotta kasvulohko oli ollut vuokralla yhtäjaksoisesti. Aineiston kasvulohkoista 45 % oli vuokrattuja ja 55 % viljelijän omistuksessa olevia. Koko maan tasolla vuokrapellon osuus oli 36 % viimeisenä vertailuvuonna 2017 (Luke 2019), joten tutkimusaineistossa vuokraus oli suhteellisesti koko maata yleisempää.

Vuokratut peruslohkot olivat omistuksessa olevia peruslokoja hieman kaltevampia. Vuokrapelloille muodostetut kasvulohkot olivat pääosin omistuksessa olevia pienempiä. Tämä voi aiheutua siitä, että vuokratut peruslohkot olivat todellisuudessa omistuksessa olevia pienempiä tai vuokrapelloille muodostettiin omistuksessa olevia peltoja yleisemmin peruslokoja pilkkovia kasvulohkoja.

Taulukko 9. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja hallintamuodon mukaan.

Keskiarvo	Hallinta	n	Pinta- ala, ha	Sato, kg/ha	Typpi- lannoitus, kg/ha	Fosfori- lannoitus, kg/ha	Typpi- tase, kg/ha	Fosfori- tase, kg/ha	Kaltevuus, %	Fosfori- luku, P mg/l
Kaura	oma	6 445	3,2	3 759	96	12,9	29	0,2	1,8	10,9
	vuokra	6 024	2,5	3 622	96	12,9	31	0,6	2,4	9,5
Kevät- öljykasvit	oma	3 078	5,4	1 461	106	10,8	55	-1,8	2,0	12,6
	vuokra	2 618	3,7	1 428	105	10,9	56	-1,4	2,5	11,3
Kevätvehnä	oma	9 146	5,2	4 112	125	11,9	50	-4,2	2,1	13,5
	vuokra	7 265	3,7	4 051	123	11,6	49	-4,2	2,6	11,8
Ohra	oma	11 414	4,2	3 908	97	13,4	29	-0,3	1,8	13,6
	vuokra	8 640	3,0	3 740	97	13,3	32	0,2	2,2	11,9
Syysruis	oma	833	4,4	3 636	120	8,4	65	-3,9	2,3	14,3
	vuokra	624	3,5	3 683	122	8,7	67	-3,8	2,6	12,9
Syysvehnä	oma	1 108	5,0	4 325	151	9,0	71	-7,9	2,4	15,4
	vuokra	746	3,8	4 212	148	9,3	70	-7,1	2,9	13,6
Säilörehu (kg ka/ha)	oma	7 096	2,7	6 043	167	14,4	11	-3,2	2,0	11,1
	vuokra	6 601	2,2	6 072	166	14,7	9	-2,9	2,5	10,0
Tärkkelys- peruna	oma	613	2,3	25 542	102	26,5	18	16,3	1,0	21,6
	vuokra	309	2,3	27 978	104	24,6	12	13,4	1,3	20,8

Omistuksessa olevilta pelloilta saatiin viljoilla ja kevätöljykasveilla 2–4 % vuokrateltoja korkeampi sato. Säilörehulla sadot olivat lähes samat vuokrateltoilla ja omistuksessa olevilla pelloilla. Sen sijaan tärkkelysperunasato oli omistuksessa olevilla pelloilla 9 % vuokrateltoja alempi. Vuokrateltojen fosforiluvut olivat kaikilla kasveilla omistuksessa olevia peltoja hieman alemmat. Typpi- ja fosforilannoitustasot eivät poikenneet merkittävästi samalla kasvilla hallintamuotojen välillä, jolloin erot typpi- ja fosforitaseissa jäivät pieniksi.

3.2.4 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet kasveittain eri maalajeilla

Taulukossa 10 on esitetty Lohkotietopankkiaineiston keskimääräisiä tietoja kevätviljoilla maalajin mukaan. Eloperäisiltä mailta vapautuu kasvin käyttöön typpeä, mikä vähentää typpilannoitustarvetta. Eloperäisten maiden typpilannoitusta rajoittavat myös ympäristökorvaukseen sitoutuneita karkeita kivennäis- ja savimaita alemmat sallitut typpilannoituksen enimmäismäärät. Fosforilannoitukseen vaikuttaa merkittävästi fosforin viljavuusluokka (fosforiluku), joka määrittää ympäristökorvausehdoissa suurimmat sallitut fosforilannoitustasot.

Taulukossa 10 salaojitetuksi pelloksi määritellään peruslohko, jolla kasvulohko sijaitsee, ja peruslohkolle löytyy salaojitussuunnitelma Salaojayhdistyksen karttatietokannasta. Maalajeittain tarkasteltuna salaojitus oli yleisintä savimailla. Kevätviljoista vähiten salaojitettuja olivat kaurapellot, jotka sijaitsivat eloperäisillä mailla tai karkeilla kivennäismailla. Näistä puolet oli salaojitettu.

Taulukko 10. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja viljelykasvin ja maalajin mukaan kevätiljoja viljeltäessä. Eloperäisiin maalajeihin sisältyvät multa- ja turvemaat.

Keskiarvo	Maalaji	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpitase, kg/ha	Fosforitase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %
Kaura	eloperäinen	1 763	3 549	79	12,9	15,3	0,8	7,9	50 %
	karkea kivennäismaa	7 142	3 591	97	13,6	33,1	1,4	10,8	50 %
	savi	3 564	3 968	102	11,6	31,2	-1,9	10,2	67 %
Ohra	eloperäinen	1 361	3 663	79	14,1	15,3	1,2	8,5	62 %
	karkea kivennäismaa	10 623	3 811	99	14,1	32,4	0,7	13,9	60 %
	savi	8 070	3 898	98	12,3	30,6	-1,4	12,3	76 %
Kevätvehnä	eloperäinen	461	4 221	95	13,4	17,2	-3,0	7,6	69 %
	karkea kivennäismaa	4 043	4 018	120	11,6	45,7	-4,1	16,4	62 %
	savi	11 907	4 103	127	11,7	52,0	-4,3	11,6	76 %

Korkeimmat kaurasadot saatiin savimailta, joilla sato oli noin 400 kg/ha karkeita kivennäismaita ja eloperäisiä maita korkeampi. Kauralla eloperäisten maiden typpilannoitus oli selvästi kivennäismaita matalampi, jolloin typpitase jäi alemmasta sadosta huolimatta puoleen kivennäismaiden typpitaseista. Fosforilannoitusta annettiin kauralla karkeilla kivennäismailla hieman muita maalajeja enemmän. Kauralla fosforitaseet jäivät alhaisiksi kaikilla maalajeilla ja savimailla negatiiviseksi.

Myös ohralla korkeimmat sadot saatiin savimailta ja lähes samaan päästiin karkeilla kivennäismailla. Savimailta saatiin 235 kg/ha enemmän satoa verrattuna eloperäisiin maihin. Maalajien väliset satoerot olivat kuitenkin kauraa pienemmät. Myös ohralla eloperäisten maiden typpilannoitus oli selvästi kivennäismaita matalampi, jolloin typpitase jäi kauran tavoin puoleen kivennäismaiden typpitaseista. Ohralla fosforilannoitusta annettiin savimail- la hieman karkeita kivennäismaita ja eloperäisiä maita vähemmän, mikä yhdessä niukasti korkeimman sadon yhteisvaikutuksesta tuotti negatiivisen fosforitaseen.

Kaurasta ja ohrasta poiketen korkeimmat keväthevnäsadot saatiin eloperäisiltä mailta ja alimmat karkeilta kivennäismailta erotuksen ollessa 203 kg/ha. Maalajien väliset satoerot olivat kuitenkin ohran tavoin kauraa pienemmät. Myös keväthevnällä eloperäisten maiden typpilannoitus oli selvästi kivennäismaita matalampi. Keväthevnällä korostuivat maalajien väliset erot typpitaseissa. Eloperäisillä mailla keväthevnän typpitase jäi kolmasosaan verrattuna kivennäismaihin. Kevätviljoilla maalajeittain tarkasteltuna korkein typpitase (52 kg/ha) muodostui keväthevnällä savimailla. Keväthevnällä fosforilannoitusta annettiin eloperäisillä mailla hieman kivennäismaita enemmän, mutta fosforitase jää negatiiviseksi kaikilla maalajeilla. Keväthevnän osalta näyttää siltä, että jaetun lannoituksen käytön lisääntyminen olisi perusteltua erityisesti savimailla. Tällä voitaisiin sopeuttaa lannoitusta kasvukauden olosuhteisiin, jolloin kuivina vuosina voidaan jättää täydennyslannoitus tekemättä.

Kevätöljykasveilla maalajien väliset satoerot olivat erittäin pieniä (taulukko 11). Savimaat, joilla keväätöljykasveja viljeltiin, olivat pääosin salaojitettuja. Kevätöljykasveilla eloperäisten maiden typpilannoitus oli selvästi kivennäismaita matalampi, jolloin myös

typpitase jäi selvästi matalimmaksi satojen ollessa lähes samat. Kevätöljykasveille annettiin fosforilannoitusta hieman enemmän eloperäisillä mailla kuin kivennäismailla, mutta fosforitaseet jäivät kaikilla maalajeilla lähelle nollaa tai negatiivisiksi.

Syysviljoja viljeltiin pääosin salaojitetuilla kivennäis- ja savimailla. Taulukon 12 syysviljahavainnot eloperäisiltä mailta ovat suuntaa-antavia vähäisen havaintomäärän vuoksi.

Syysrukiin sato oli korkein eloperäisillä mailla ja alin karkeilla kivennäismailla, joiden satoero oli 490 kg/ha. Kevätviljojen ja kevätöljykasvien tavoin syysrukiin typpilannoitus oli matalin eloperäisillä mailla, mikä yhdessä korkeimpaan satoon tuotti maalajeista matalimman typpitaseen. Syysrukiin fosforilannoitus ei eronnut merkittävästi maalajien välillä ja fosforitaseet jäivät selvästi negatiivisiksi.

Syysvehnän sato oli korkein savimailla ja satoero eloperäisiin maihin oli 193 kg/ha. Myös syysvehnällä typpilannoitus oli matalin eloperäisillä mailla. Kevätviljojen, kevätöljykasvien ja syysrukiin tavoin syysvehnän typpilannoitus oli matalin eloperäisillä mailla, minkä vuoksi typpitase jäi maalajeista matalimmaksi. Sen sijaan kivennäismailla sato ei ollut merkittävästi korkeampi suhteessa typpilannoitukseen, mikä nosti typpitaseet korkeiksi. Syysvehnän fosforitaseet jäivät kaikilla maalajeilla selvästi negatiivisiksi.

Taulukko 11. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja maalajin mukaan kevätöljykasveilla.

Keskiarvo	Maalaji	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %
Kevätöljykasvit	eloperäinen	258	1 434	72	12,7	22,0	0,4	7,2	63 %
	karkea kivennäis	1 744	1 437	100	11,1	49,9	-1,3	13,5	64 %
	savi	3 694	1 451	111	10,6	60,5	-1,9	11,6	79 %

Taulukko 12. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja maalajin mukaan syysviljoilla.

Keskiarvo	Maalaji	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %
Syysruis	eloperäinen	48	3 983	84	9,0	24,4	-4,5	8,0	73 %
	karkea kivennäismaa	548	3 493	118	8,7	64,8	-3,1	15,2	64 %
	savi	861	3 742	125	8,4	69,0	-4,3	13,1	78 %
Syysvehnä	eloperäinen	13	4 122	119	11,3	43,6	-4,7	11,3	77 %
	karkea kivennäismaa	423	4 165	143	9,8	66,5	-6,4	17,1	70 %
	savi	1 418	4 315	151	8,9	72,1	-7,9	14,0	81 %

Säilörehusato oli korkein karkeilla kivennäismailla, joilla saatiin 193 kg ka/ha eloperäisiä maita korkeampi sato (taulukko 13). Myös typpilannoitus oli korkein kivennäismailla, mutta erot jäivät melko pieniksi maalajien välillä. Typpitaseet jäivät kaikilla maalajeilla selvästi kevätviljoja, kevätöljykasveja ja syysviljoja matalammiksi. Fosforilannoitusta annettiin savimailla hieman muita maalajeja vähemmän, mutta fosforitaseet olivat kaikilla maalajeilla

selvästi negatiivisia. Säilörehulla eloperäisistä maista ja kivennäismaista puolet ja savimaista 2/3 oli salaojitettu.

Tärkkelysperunaa viljeltiin pääosin karkeilla kivennäismailla (taulukko 14). Tämän vuoksi tiedot eloperäisiltä mailta ja savimailta ovat suuntaa-antavia vähäisen havaintomäärän vuoksi. Tärkkelysperunasato oli korkein karkeilla kivennäismailla, joilla myös typpilannoitus oli korkein. Typpitaseet jäivät mataliksi kaikilla maalajeilla. Fosforilannoitustasot olivat selvästi muita tarkastelun kasveja korkeampia, mikä oli mahdollista lannoitettaessa ympäristökorvauksen ehtojen enimmäisrajojen mukaisesti. Fosforitaseet jäivät kuitenkin muita vertailukasveja korkeammalla tasolla. Tärkkelysperunapellot olivat pääosin salaojitettuja.

Taulukko 13. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja maalajin mukaan säilörehulla.

Keskiarvo	Maalaji	n	Sato, kg ka/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala-ojitettu, %
Säilörehu	eloperäinen	1 994	5 908	162	15,0	10,0	-2,2	9,8	50 %
	karkea kivennäismaa	9 777	6 088	168	14,9	10,8	-2,8	10,8	48 %
	savi	1 926	6 054	163	12,4	5,4	-5,2	10,0	65 %

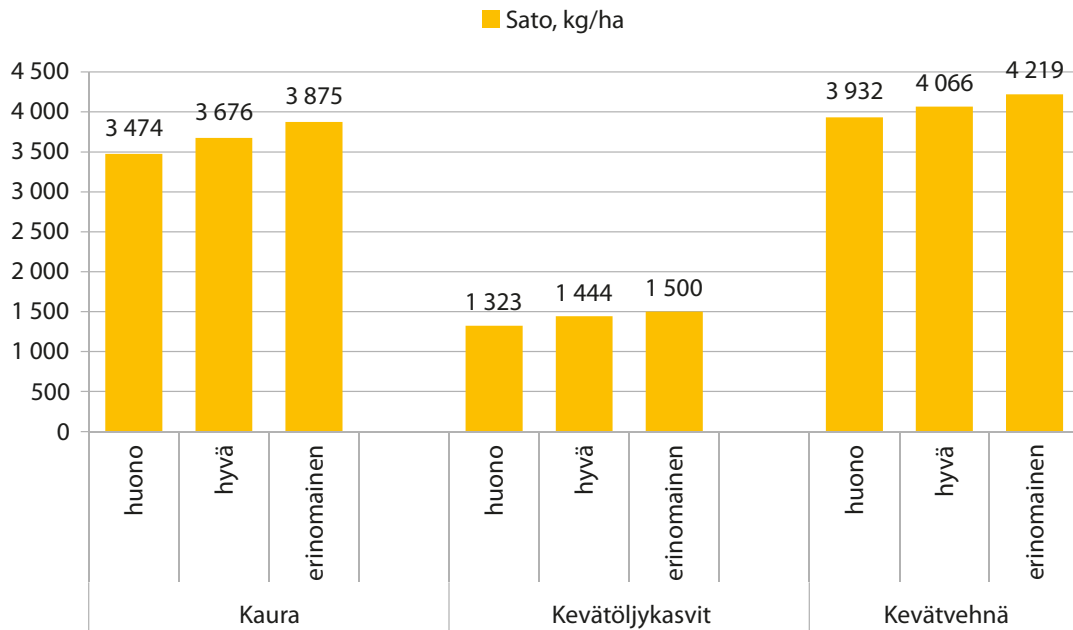
Taulukko 14. Lohkotietopankkiaineiston (2002–2017) keskimääräisiä tietoja maalajin mukaan tärkkelysperunalla.

Keskiarvo	Maalaji	n	Sato, kg/ha	Typpi, kg/ha	Fosfori, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala-ojitettu, %
Tärkkelysperuna	eloperäinen	22	24 206	91	30,2	11,5	20,5	8,2	73 %
	karkea kivennäismaa	892	26 427	103	25,8	16,1	15,2	21,7	67 %
	savi	8	24 648	90	24,2	8,4	14,3	19,0	88 %

3.2.5 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet ojituksen kunnon mukaan ja kasveittain

Edellä tarkasteltiin Lohkotietopankin satoja, typpi- ja fosforilannoitusta sekä typpi- ja fosforitaseita jaoteltuina kasvien, vuosien, hallintamuodon ja maalajin suhteen. Tämän tutkimuksen keskeisenä tavoitteena oli tarkastella ojituksen kunnon vaikutusta toteutuneisiin satoihin ja ravinnetaseisiin. Seuraavaksi tutkimusaineistoa luokitellaan eri tavoin ojituksen toimivuuden perusteella.

Kuvassa 12 on esitetty vuosien 2002–2017 keskimääräisiä satotietoja kauralta, kevätljykasveilta ja kevätvehnältä. Keskimääräiset satotiedot laskettiin kolmelle ojitusluokalle, jotka perustuivat 3.5.2018 annettuihin Peltomaan laatutesteihin. Niissä viljelijät antoivat oman arvionsa peruslohkojensa ojituksen toimivuudesta. Tässä tutkimuksessa käytettiin kolmiportaista luokittelua, joista huonon luokan muodostivat Peltomaan laatutestin kaikki numeroarvoltaan 3,0:n alittavat arviot. Sanallisesti kuvattuna näillä peruslohkoilla ojitus toimii välttävästi ja niillä tarvitaan parantavia toimenpiteitä tai ojituksen



Kuva 12. Kauran, kevätöljykasvien ja kevätvehnän sato vuosina 2002–2017 (kg/ha). Jaottelu tehty Peltomaan laatutestissä annettujen peruslohkojen ojituksen toimivuutta kuvaavien arvioiden perusteella (huono, hyvä, erinomainen).

toimivuus on huolestuttava ja parantavat toimenpiteet ovat erittäin tarpeellisia. Hyvään luokkaan kuuluivat peruslohkot, joiden arviot olivat välillä 3,0–4,0. Sanallisesti kuvattuna parantavista toimenpiteistä on hyötyä maan hyvinvoinnille, mutta välittömiin toimenpiteisiin ei ole tarvetta. Erinomaiseen luokkaan kuuluivat peruslohkot, joiden arviot olivat välillä 4,1–5,0. Sanallisesti kuvattuna ojituksen toimivuus on erittäin hyvä ja tilanne tulisi pyrkiä säilyttämään.

Kauralla ojitusluokka näkyi selvästi sadoissa ja sadot nousivat ojitusluokan parantuesa. Erinomaisessa luokassa sato oli 400 kg/ha (12 %) huonoa luokkaa korkeampi. Myös kevätöljykasveilla sato nousi ojitusluokan parantuessa ja sato oli erinomaisessa luokassa 178 kg/ha (13 %) huonoa luokkaa korkeampi. Kevätvehnällä sadot nousivat kauran ja kevätöljykasvien tavoin ojitusluokan parantuessa. Sato oli erinomaisessa luokassa 286 kg/ha (7 %) huonoa luokkaa korkeampi.

Taulukossa 15 on esitetty keskimääräiset kauran, kevätöljykasvien ja kevätvehnän typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku (P mg/l) ja salaojitusprosentti (salaojitetun pellon prosenttiosuus havainnoista). Havainnot on jaoteltu ojitusluokan mukaan. Salaojitetun pellon osuus kasvoi siirryttäessä huonosti toimivan ojituksen luokasta hyvin ja erinomaisesti toimiviin luokkiin. Salaojitus näyttää siten olevan positiivisessa yhteydessä pellon ojituksen toimivuuteen.

Kuvasta 12 havaittiin kauran, kevätöljykasvien ja kevätvehnän satojen nousu ojitusluokan parantuessa. Taulukosta 15 nähdään, että ojitusluokan parantuessa myös typpilannoitus kasvoi hieman kauralla ja kevätöljykasveilla, jolloin typpitaseet olivat lähellä toisiaan kaikissa ojitusluokissa. Viljelijät todennäköisesti sopeuttivat ojitusongelmista kärsivien lohkojen typpilannoitusta vastaamaan satopotentiaalia. Kevätvehnällä typpilannoitusta

Taulukko 15. Kauran, kevätöljykasvien ja kevätvehnän typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku ja salaojitusprosentti. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017. Jaottelu ojitusluokkien mukaan.

Keskiarvo	n	Ojitusluokka	Typpi- lannoitus, kg/ha	Fosfori- lannoitus, kg/ha	Typpitase, kg/ha	Fosfori- tase, kg/ha	Fosfori- luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %
Kaura	1 002	huono	92	12,1	29,8	0,3	8,6	49 %
	9 389	hyvä	96	12,9	29,8	0,4	10,1	54 %
	2 078	erinomainen	100	13,3	31,1	0,1	11,6	62 %
Kevätöljykasvit	344	huono	103	11,3	56,5	-0,1	10,0	66 %
	4 374	hyvä	106	10,7	55,3	-1,7	12,0	72 %
	978	erinomainen	108	11,1	56,0	-1,8	12,8	83 %
Kevätvehnä	881	huono	125	12,8	52,2	-2,5	9,9	68 %
	12 679	hyvä	125	11,6	49,9	-4,2	12,7	71 %
	2 851	erinomainen	124	11,9	46,7	-4,5	13,7	81 %

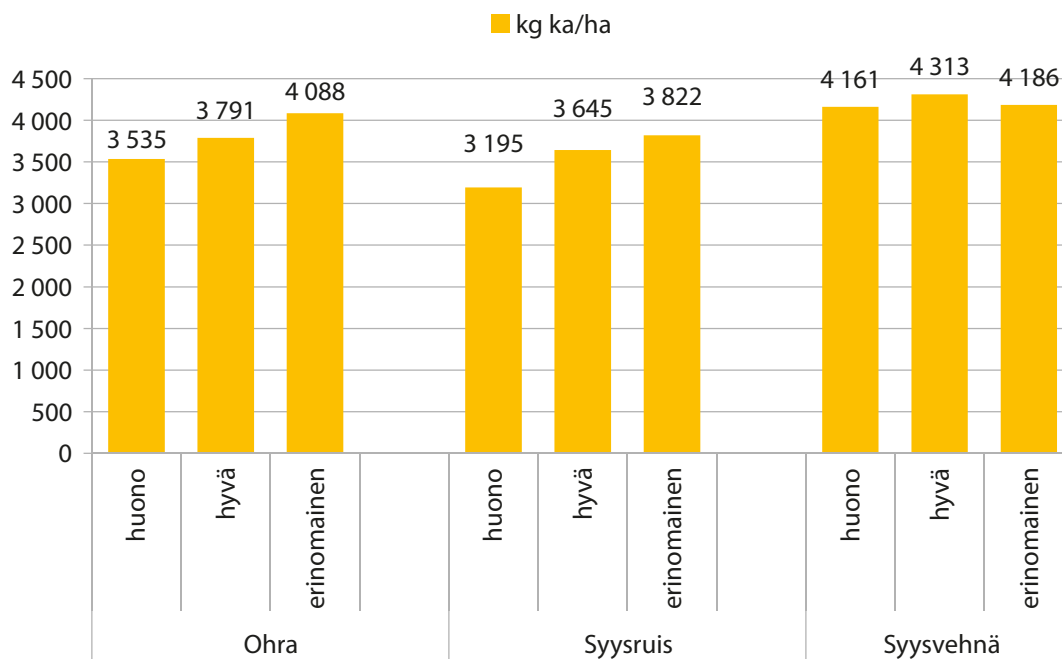
käytettiin kuitenkin saman verran kaikissa ojitusluokissa, minkä vuoksi typpitase nousi huonossa ojitusluokassa korkeimmaksi alimman sadon vuoksi.

Kauralla, kevätöljykasveilla ja kevätvehnällä huonossa ojitusluokassa myös pellon fosforiluvut olivat alimmat. Kauralle annettiin huonossa ojitusluokassa typen tavoin hieman muita ojitusluokkia vähemmän fosforilannoitusta. Kevätöljykasvien fosforilannoitus ei sen sijaan vaihdellut merkittävästi eri ojitusluokkien välillä, vaikka pellon fosforiluvut laskevat ojitusluokan huonontuessa. Fosforitaseet jäivät kauralla ja kevätöljykasveilla lähelle nolaa tai lievästi negatiivisiksi kaikissa ojitusluokissa.

Kevätvehnällä fosforilannoitusta annettiin sen sijaan eniten heikoimmassa ojitusluokassa, jossa myös pellon fosforiluku oli alin. Fosforitaseet jäivät kuitenkin kaikissa ojitusluokissa negatiivisiksi.

Kuvassa 13 on esitetty vuosien 2002–2017 keskimääräisiä satotietoja ohralta, syysrukiilta ja syysvehnältä. Ohralla ja syysrukiilla sato nousi selvästi ojitusluokan parantuessa. Erinomaisessa luokassa ohrasato oli 552 kg/ha (16 %) huonoa luokkaa korkeampi. Syysrukiilla ero oli tätäkin suurempi, sillä erinomaisessa luokassa sato oli 627 kg/ha (20 %) huonoa luokkaa korkeampi. Syysrukiilla huonossa luokassa oli kuitenkin melko vähän havaintoja (91 kpl), mikä tulee huomioida tulosten yleistettävyydessä.

Syysvehnän sato oli sen sijaan korkein hyvässä ojitusluokassa, jossa se oli huonoa ja erinomaista luokkaa noin 3 % korkeampi. Syysvehnän satoon vaikutti osin ojitusluokkien alueellinen jakaantuminen, mikä oli itä-länsisuunnassa voimakkainta tässä tutkimuksessa tarkasteltavista kasveista. Erinomaisen ojitusluokan syysvehnäpeltojen keskipiste sijaitsi Varsinais-Suomessa Salon kaupunkiin kuuluvassa Kiikalassa. Huonon ojitusluokan peltojen keskipiste oli 104 km idempänä Uudellamaalla Mäntsälän kunnassa. Tämän lisäksi huonossa ojitusluokassa oli vain 69 havaintoa, mikä heikentää tulosten yleistettävyyttä. Syysvehnälohkoiksi saatetaan pyrkiä valitsemaan peltoja, jotka eivät kärsi ojitusongelmista. Syysvehnäkasvulohkoista vain 4 % kuului huonoon ojitusluokkaan (tärkkelysperuna alin, 3 %). Sen sijaan kaurakasvulohkoista jopa 8 % kuului huonoon ojitusluokkaan. Ojitusongelmista kärsiville pelloille valitaan kaura, joka kestää liiallista märkyyttä erityisesti ohraa paremmin. Toisaalta tämä rajaa kasvivalikoimaa ja voi kasvattaa tulonmenetyksiä.



Kuva 13. Ohran, syysrukiin ja syysvehnän sato 2002–2017 (kg/ha). Jaottelu tehty Peltomaan laatutestissä annettujen peruslohkojen ojituksen toimivuutta kuvaavien arvioiden perusteella (huono, hyvä, erinomainen).

Taulukossa 16 on esitetty keskimääräiset ohran, syysrukiin ja syysvehnän typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku (P mg/l) ja salaojitusprosentti (salaojitettun pellon prosenttiosuus havainnoista). Havainnot on jaoteltu ojitusluokan mukaan. Salaojitettun pellon osuus oli kaikilla kasveilla korkein erinomaisessa ojitusluokassa.

Taulukosta 16 nähdään, että kauran ja kevätöljykasvien tavoin ohralla ja syysrukiilla typpilannoitus kasvoi hieman ojitusluokan parantuessa. Typpilannoituksen kasvun ohella ohran ja syysrukiin sadot kasvoivat kuitenkin merkittävästi, minkä vuoksi typpitaseet laskevat alimmas erinomaisessa ojitusluokassa.

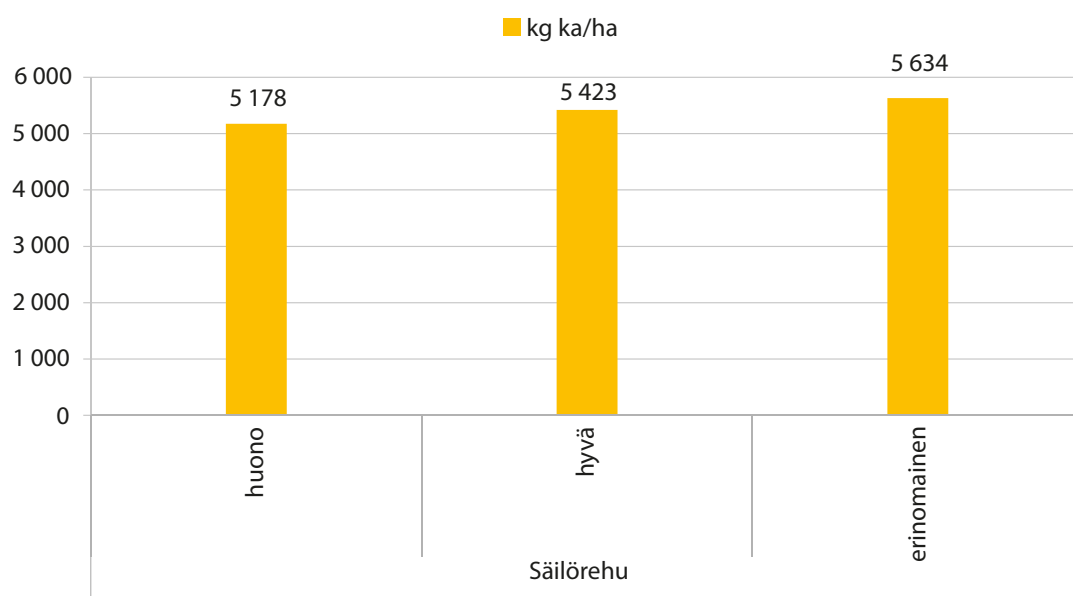
Taulukko 16. Ohran, syysrukiin ja syysvehnän typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku ja salaojitusprosentti. Kaikki havainnot vuosilta 2002–201. Jaottelu ojitusluokkien mukaan.

Keskiarvo	n	Ojitusluokka	Typpi, kg/ha	Fosfori, kg/ha	Typpitase, kg/ha	Fosforitase, kg/ha	Fosforiluku, P mg/l	Salaojitettu, %
Ohta	1 030	huono	93	13,5	31,1	1,2	10,6	60 %
	15 121	hyvä	97	13,2	31,0	-0,1	13,0	66 %
	3 903	erinomainen	100	14,0	28,5	-0,3	13,1	71 %
Syysruis	91	huono	117	10,4	68,9	-0,5	12,3	75 %
	1 043	hyvä	121	8,5	66,2	-3,9	13,5	70 %
	323	erinomainen	122	8,1	64,4	-4,9	14,7	80 %
Syysvehnä	69	huono	148	10,4	71,5	-5,9	11,6	81 %
	1 381	hyvä	149	9,3	69,5	-7,5	14,5	75 %
	404	erinomainen	151	8,4	74,1	-7,9	15,8	88 %

Syysvehnän typpilannoitus oli selvästi korkein eikä kevätvehnän tavoin poikennut merkittävästi eri ojitusluokkien välillä. Syysvehnällä alin typpitase saavutettiin hyvässä ojitusluokassa, jossa myös sato oli korkein.

Pellon fosforiluvut olivat alimmat huonoissa ojitusluokissa, joissa syysrukiille ja -vehnälle annettiin hyvää tai erinomaista ojitusluokkaa hieman enemmän fosforilannoitusta. Ohran fosforilannoitus ei sen sijaan poikennut eri ojitusluokkien välillä, vaikka ojitusluokan parantuessa myös fosforiluku kasvoi hieman. Fosforitaset jäivät syysrukiilla ja -vehnällä kaikissa ojitusluokissa selvästi negatiivisiksi ja ohralla lähelle nollaa.

Kuvassa 14 on esitetty vuosien 2002–2017 keskimääräiset säilörehusadot kuiva-ainekiloina. Myös säilörehulla sato nousi ojitusluokan parantuessa ja erinomaisessa luokassa säilörehusato oli 457 kg/ha (9 %) huonoa luokkaa korkeampi.



Kuva 14. Säilörehun kuiva-ainesato 2002–2017 (kg ka/ha). Jaottelu tehty Peltomaan laatutestissä annettujen peruslohkojen ojituksen toimivuutta kuvaavien arvioiden perusteella (huono, hyvä, erinomainen).

Taulukko 17. Säilörehun typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku ja salaojitusprosentti. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017. Jaottelu ojitusluokkien mukaan.

Keskiarvo	n	Ojitusluokka	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpitase, kg/ha	Fosforitase, kg/ha	Fosforiluku, P mg/l	Salaojitettu, %
Säilörehu	831	huono	152	13,2	3,6	-3,5	9,3	49 %
	10 757	hyvä	166	14,8	10,0	-2,8	10,4	51 %
	2 696	erinomainen	172	14,4	12,8	-3,4	11,5	55 %

Taulukossa 17 on esitetty keskimääräiset säilörehun typpilannoitus (kg/ha), fosforilannoitus (kg/ha), typpitase (kg/ha), fosforitase (kg/ha), pellon fosforiluku (P mg/l) ja salaojitusprosentti (salaojitetun pellon prosenttiosuus havainnoista). Havainnot on jaoteltu ojitusluokan mukaan. Säilörehukasvulohkoista noin puolet oli salaojitettu, joten osuus jäi viljoja ja ke-

vätöljykasveja hieman alemmas. Säilörehulla salaojitettun pellon osuus oli kuitenkin korkein erinomaisessa ojitusluokassa.

Kuvasta 14 havaittiin säilörehusadon nousu ojitusluokan parantuessa. Taulukosta 17 nähdään, että säilörehun typpilannoitus kasvoi ojitusluokan parantuessa. Tämän vuoksi, satotason samanaikaisesta noususta huolimatta, typpitase oli korkein erinomaisessa ojitusluokassa. Säilörehulla typpitase jäi kuitenkin tasoltaan hyvin alhaiseksi kaikissa ojitusluokissa (3,6–12,8 kg/ha) verrattuna korkeimpiin syysrukiiseen ja -vehnään (64,4–74,1 kg/ha).

Pellon fosforiluku oli säilörehulla alin huonossa ojitusluokassa, kuten viljoilla ja kevätljykasveilla. Fosforilannoitusta annettiin kuitenkin vähiten huonossa ojitusluokassa ja fosforitaseet jäivät kaikissa ojitusluokissa selvästi negatiivisiksi.

3.2.6 Sadot, lannoitus ja ravinnetaseet ojituksen kunnon mukaan kasveittain ja satoluokittain

Taulukossa 18 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja kaurakasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Kauran typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja korkeimmassa luokassa käytettiin heikointa luokkaa 20,4 kg/ha enemmän typpeä. Kuitenkin alle 4 500 kg/ha satoluokissa typpilannoitusta käytettiin lähes saman verran, jolloin typpitase oli selvästi korkein heikoimmassa satoluokassa. Typpitase laski tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin ja päätyi päätyen lievästi negatiiviseksi vähintään 6 000 kg/ha satoluokassa.

Fosforilannoitusta annettiin sen sijaan hieman enemmän alle 3 500 kg/ha satoluokissa, joissa myös pellon fosforiluvut ovat alimmat. Vähintään 3 500 kg/ha satoluokissa fosforilannoituksen erot ovat pieniä ja fosforitaseet kääntyivät negatiivisiksi vähintään 4 000 kg/ha satoluokissa.

Salaojitettun pellon osuus nousi kauralla selvästi satoluokan parantuessa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa salaojitettun pellon osuus oli 45 %, mutta kahdessa korkeimmassa satoluokassa 75 %:n tasolla. Myös vuokrapellon osuus laski pääosin satoluokan parantuessa.

Taulukko 18. Kaura. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaojitettun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

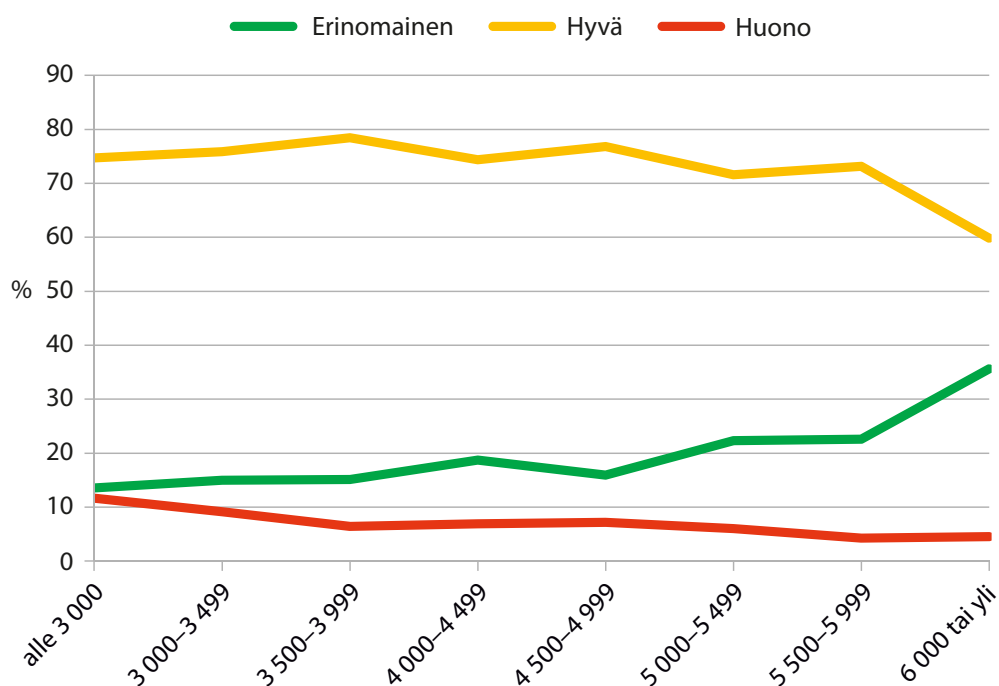
Kaura Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala-ojitettu, %	Vuokra-pelto, %
alle 3 000	2 490	2 268	92,7	14,0	52,1	6,3	8,9	45 %	52 %
3 000–3 499	2 111	3 143	94,0	13,6	37,7	2,9	9,5	50 %	51 %
3 500–3 999	2 422	3 669	96,1	12,7	30,4	0,2	10,3	55 %	50 %
4 000–4 499	2 755	4 121	95,5	12,2	21,8	-1,8	10,9	56 %	47 %
4 500–4 999	1 373	4 641	100,0	12,3	17,0	-3,4	11,1	62 %	45 %
5 000–5 499	842	5 111	99,5	12,4	8,2	-4,9	11,5	67 %	43 %
5 500–5 999	257	5 642	104,9	12,2	4,1	-6,9	10,5	75 %	32 %
6 000 tai yli	219	6 388	113,1	12,5	-0,5	-9,0	13,1	74 %	45 %

Kuvassa 15 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain kauralla. Huonon ojituksen osuus laski tasaisesti satoluokan parantuessa. Alle 3 000 kg/ha satoluokassa huonon ojituksen osuus oli 12 %, mutta on vähintään 6 000 kg/ha satoluokassa enää 5 %.

Vastaavasti erinomainen ojitus kasvatti tasaisesti osuuttaan satoluokan parantuessa huonon ja hyvän ojitusluokan supistuessa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha satoluokassa, erinomaisen ojituksen osuus oli 14 %, mutta parhaassa yli 6 000 kg/ha satoluokassa jo 36 %.

Siten korkean sadon saavuttaminen oli kauralla todennäköisempää ojituksen toimivuuden parantuessa.

Taulukossa 19 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja kevätöljykasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Kevätöljykasvien typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja



Kuva 15. Kaura. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Taulukko 19. Kevätöljykasvit. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaajitetun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kevätöljykasvit Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi- lannoitus, kg/ha	Fosfori- lannoitus, kg/ha	Typpi- tase, kg/ha	Fosfori- tase, kg/ha	Fosfori- luku, P mg/l	Sala- ajitettu, %	Vuokra- pelto, %
alle 1 000	949	725	101,9	10,8	76,7	4,5	10,4	73 %	48 %
1 000–1 249	1 109	1 110	104,8	11,6	66,2	2,1	11,0	71 %	46 %
1 250–1 499	921	1 365	106,2	11,1	58,7	-0,6	12,9	74 %	48 %
1 500–1 999	1 146	1 595	106,0	11,0	50,5	-2,7	12,1	74 %	47 %
2 000–2 250	757	1 849	107,4	10,2	42,9	-5,7	13,1	72 %	45 %
2 250–2490	658	2 147	108,6	10,0	33,4	-8,4	12,9	77 %	42 %
2 500 tai yli	156	2 693	116,4	9,4	21,8	-13,7	13,6	78 %	44 %

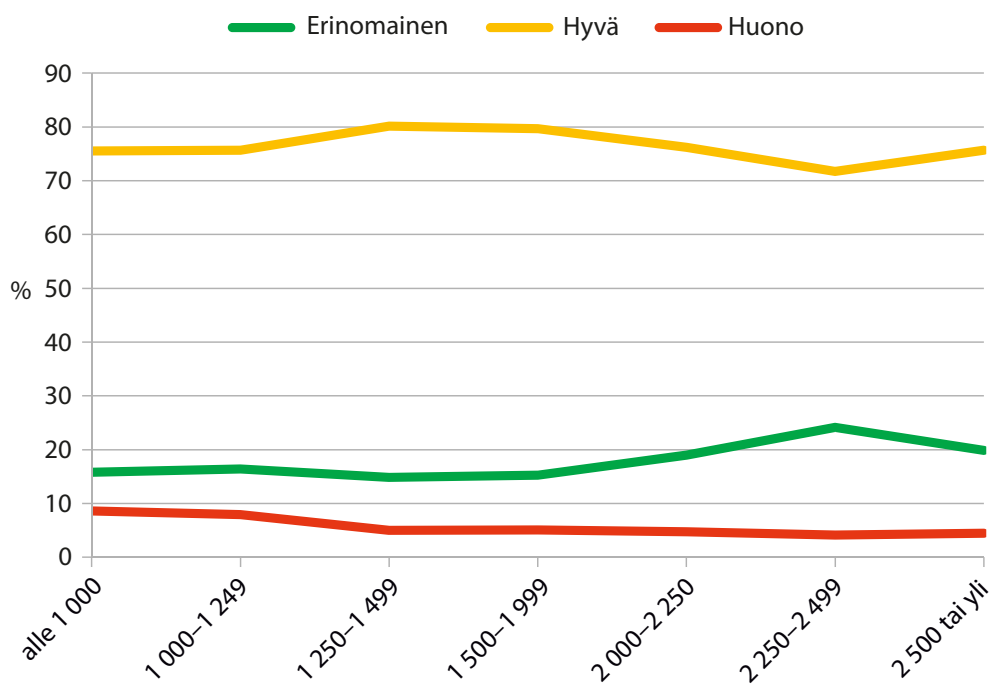
korkeimmassa luokassa käytettiin heikointa luokkaa 14,5 kg/ha enemmän typpeä. Typpitase oli korkein heikoimmassa, alle 1 000 kg/ha, satoluokassa (76,7 kg/ha) ja laski tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin. Korkeimmassa, vähintään 2 500 kg/ha satoluokassa, typpitase oli selvästi alin (21,8 kg/ha).

Fosforilannoitusta annettiin hieman vähemmän korkeimmissa satoluokissa, joissa myös pellon fosforiluvut ovat korkeimmat. Kokonaisuutena tarkastellen fosforilannoitus ei kuitenkaan eronnut merkittävästi eri satoluokkien välillä. Fosforitaseet jäivät pääosin negatiivisiksi kahta heikointa satoluokkaa lukuun ottamatta.

Salaojitetun pellon osuus nousi jonkin verran myös kevätöljykasveilla satoluokan parantuessa, vaikka kevätöljykasvilohkoista valtaosa oli salaojitettu satoluokasta riippumatta. Myös vuokrapellon osuus laski lievästi satoluokan parantuessa.

Kuvassa 16 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain kevätöljykasveilla. Huonon ojituksen osuus laski tasaisesti satoluokan parantuessa. Alle 1 000 kg/ha satoluokassa huonon ojituksen osuus oli 9 %, mutta oli vähintään 2 500 kg/ha satoluokassa enää 4 %. Vastaavasti erinomainen ojitus kasvatti osuuttaan satoluokan parantuessa. Heikoimmassa, alle 1 000 kg/ha satoluokassa, erinomaisen ojituksen osuus oli 16 %, mutta kahdessa korkeimmassa 24 % ja 20 %. Myös kevätöljykasveilla korkeiden satojen saavuttaminen oli todennäköisempää ojituksen toimivuuden parantuessa.

Taulukossa 20 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja kevätvehnäkasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Kevätvehnän typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja korkeimmassa luokassa käytettiin heikointa luokkaa 20,3 kg/ha enemmän typpeä. Typpitase oli korkein heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa (73,0 kg/ha) ja laski tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin. Korkeimmassa vähintään 6 500 kg/ha satoluokassa typpitase oli selvästi alin (13,2 kg/ha).



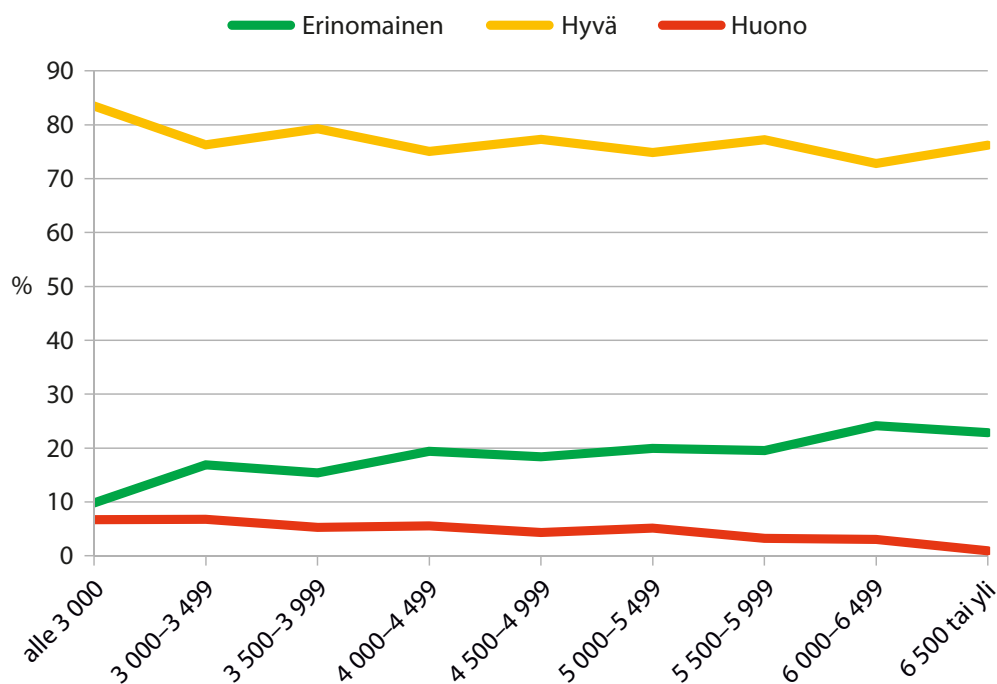
Kuva 16. Kevätöljykasvit. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Taulukko 20. Kevätvehnä. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaojitetun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kevätvehnä Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala-ojitettu, %	Vuokra-pelto, %
alle 3 000	1 743	2 411	117,3	12,0	73,0	2,6	11,1	63 %	48 %
3 000–3 499	2 028	3 221	121,4	11,4	62,2	-1,1	12,3	70 %	45 %
3 500–3 999	2 860	3 706	123,2	11,4	55,1	-3,1	13,6	72 %	44 %
4 000–4 499	4 035	4 156	124,3	12,1	47,9	-4,1	12,6	73 %	42 %
4 500–4 999	2 836	4 669	127,4	11,8	41,5	-6,4	12,3	75 %	45 %
5 000–5 499	1 863	5 132	127,9	11,6	33,5	-8,4	13,4	75 %	48 %
5 500–5 999	676	5 625	133,5	11,8	30,1	-10,2	13,6	80 %	39 %
6 000–6 499	265	6 123	134,0	11,6	21,4	-12,3	15,4	73 %	42 %
6 500 tai yli	105	6 775	137,6	10,6	13,2	-15,7	14,0	89 %	26 %

Kevätvehnän fosforilannoituksessa ei ollut merkittäviä eroja satoluokkien välillä. Pellon fosforiluvut olivat kuitenkin korkeimmat parhaissa satoluokissa. Fosforitaseet jäivät negatiivisiksi heikointa satoluokkaa lukuun ottamatta ja vähintään 5 500 kg/ha satoluokasta ylöspäin yli -10 kg/ha negatiivisiksi. Myös kevätkuonalla salaojitetun pellon osuus nousi ja vuokrapellon osuus laski satoluokan parantuessa.

Kuvassa 17 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain kevätkuonalla. Huonon ojituksen osuus laski tasaisesti satoluokan parantuessa. Alle 3 000 kg/ha satoluokassa huonon ojituksen osuus oli 7 %, mutta on vähintään 6 500 kg/ha satoluokassa enää



Kuva 17. Kevätvehnä. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

1 %. Vastaavasti erinomainen ojitus kasvatti osuuttaan satoluokan parantuessa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha satoluokassa, erinomaisen ojituksen osuus oli 10 %, mutta kahdessa korkeimmassa 24 % ja 23 %. Myös kevätvehnällä korkeiden satojen saavuttaminen oli todennäköisempää ojituksen toimivuuden parantuessa.

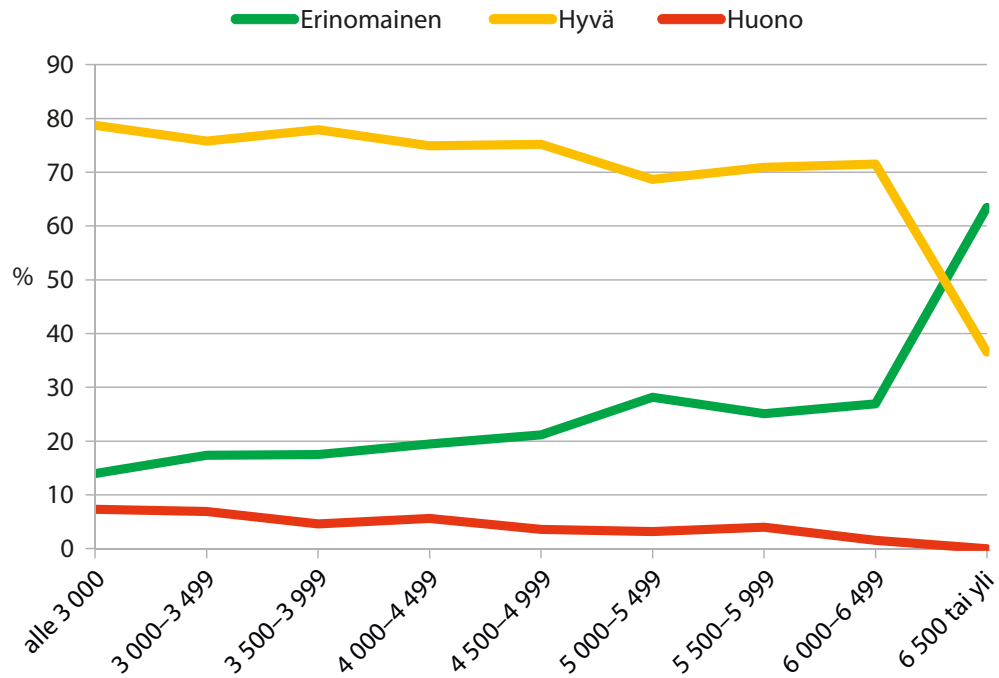
Taulukossa 21 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja ohrakasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Ohran typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja korkeimmassa luokassa käytettiin heikointa luokkaa 30,5 kg/ha enemmän typpeä. Kuten kauralla, ohran alle 4 500 kg/ha satoluokissa typpilannoitusta käytettiin lähes saman verran, jolloin typpitase oli selvästi korkein heikoimmassa satoluokassa. Typpitase oli korkein heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa (55,0 kg/ha) ja laskee tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin. Kolmessa korkeimmassa satoluokassa typpitase oli enää 5,3–6,9 kg/ha.

Taulukko 21. Ohra. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaajitetun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Ohra Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %	Vuokra- pelto, %
alle 3 000	3 609	2 245	94,1	13,5	55,0	5,7	11,6	60 %	50 %
3 000–3 499	1 816	3 252	94,7	14,1	38,1	2,7	12,3	64 %	46 %
3 500–3 999	3 578	3 683	95,1	13,1	31,0	0,2	13,0	68 %	42 %
4 000–4 499	4 256	4 126	96,6	13,1	24,8	-1,3	13,0	68 %	41 %
4 500–4 999	2 691	4 648	99,7	13,6	18,8	-2,7	13,8	72 %	41 %
5 000–5 499	1 670	5 112	101,6	13,1	12,6	-4,8	13,2	73 %	40 %
5 500–5 999	698	5 637	103,4	11,3	5,3	-8,5	15,4	79 %	36 %
6 000–6 499	446	6 074	112,1	13,9	6,4	-7,3	12,7	69 %	37 %
6 500 tai yli	164	6 785	124,6	14,6	6,9	-9,1	13,0	73 %	30 %

Fosforilannoituksessa ja pellon fosforiluvussa ei ollut selvää suuntaa satoluokan parantuessa tai heiketessä. Pellon fosforiluku oli kuitenkin alin heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa. Vähiten fosforilannoitusta annettiin 5 500–5 999 kg/ha satoluokassa (11,3 kg/ha) ja eniten vähintään 6 500 kg/ha satoluokassa (14,6 kg/ha). Fosforitaseet laskivat satoluokan parantuessa ja olivat vähintään 4 000 kg/ha satoluokasta ylöspäin negatiivisia. Myös ohralla salaajitetun pellon osuus nousi ja vuokrapellon osuus laski satoluokan parantuessa.

Kuvassa 18 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain ohralla. Huonon ojituksen osuus laski tasaisesti satoluokan parantuessa. Alle 3 000 kg/ha satoluokassa huonon ojituksen osuus oli 7 %, mutta vähintään 6 500 kg/ha satoluokassa ei ollut huonoja ojituksia lainkaan. Vastaavasti erinomainen ojitus kasvatti selvästi osuuttaan satoluokan parantuessa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa erinomaisen ojituksen osuus oli 14 %. Korkeimmassa, vähintään 6 500 kg/ha, satoluokassa erinomaisen ojituksen osuus oli 63 %. Myös ohralla korkeiden satojen saavuttaminen oli todennäköisempää ojituksen toimivuuden parantuessa eikä korkeimpien satojen lohkoilla esiintynyt huonoja ojituksia.



Kuva 18. Ohra. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Taulukossa 22 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja syysrukiin kasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Syysrukiin havaintomäärät eivät laske tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin. Korkeimmat satoluokat saattavat edustaa pääosin rukiin hybridilajikkeita, jotka ovat populaatiolajikkeita satoisampia. Syysrukiin typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja korkeimmassa luokassa käytettiin heikointa luokkaa 30,7 kg/ha enemmän tyyppiä. Typpitase oli korkein heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa (81,7 kg/ha) ja laski tasaisesti siirryttäessä korkeampiin satoluokkiin. Korkeimmassa satoluokassa typpitase oli 46,7 kg/ha.

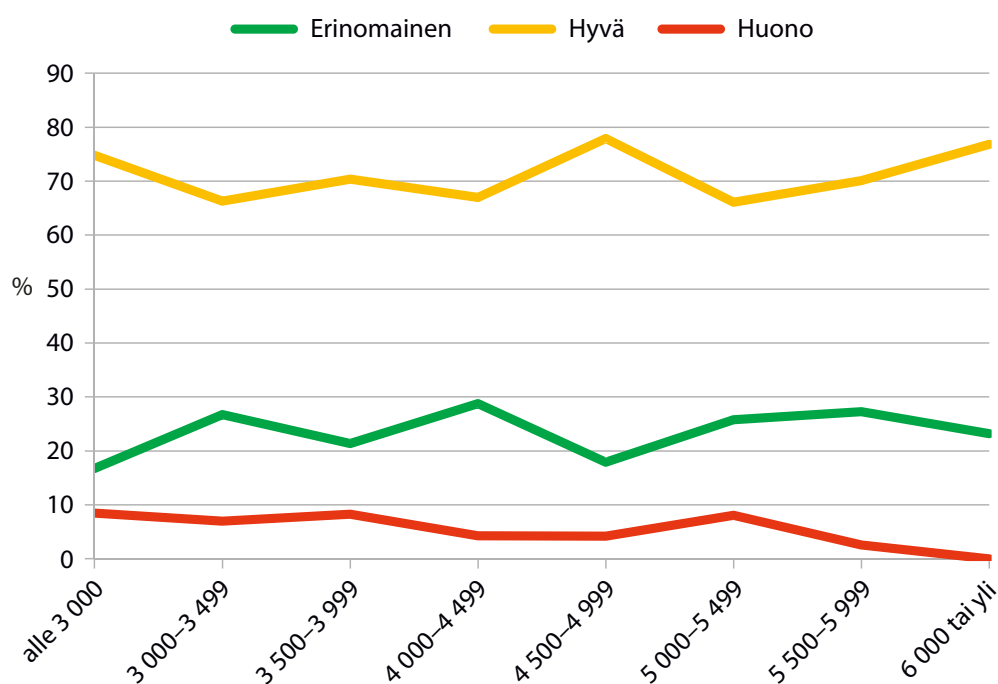
Taulukko 22. Syysruis. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaojitetun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Syysruis Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %	Vuokra- pelto, %
alle 3 000	472	2 105	113,5	9,7	81,7	2,6	12,0	69 %	44 %
3 000–3 499	187	3 196	113,2	8,6	65,0	-2,3	12,6	76 %	42 %
3 500–3 999	206	3 691	119,0	8,2	63,3	-4,3	13,0	71 %	43 %
4 000–4 499	233	4 147	124,5	8,3	61,9	-5,8	13,7	66 %	42 %
4 500–4 999	95	4 666	123,9	6,8	53,5	-9,1	19,2	78 %	27 %
5 000–5 499	62	5 107	123,3	8,8	46,2	-8,5	17,0	89 %	34 %
5 500–5 999	77	5 742	139,8	5,3	53,3	-14,2	16,6	81 %	38 %
6 000 tai yli	125	6 457	144,2	8,0	46,7	-13,9	15,3	79 %	61 %

Fosforilannoitusta annettiin alle 10 kg/ha kaikissa satoluokissa ja vähiten 5 500–5 999 kg/ha satoluokassa (5,3 kg/ha). Pellon fosforiluvut nousivat siirryttäessä alle 3000 kg/ha satoluokasta 4 500–4 999 kg/ha satoluokkaan, mutta tätä korkeammassa satoluokissa pellon fosforiluku kääntyi laskuun. Fosforitaseet jäivät heikointa satoluokkaa lukuun ottamatta negatiivisiksi. Kahdessa korkeimmassa satoluokassa fosforitaseet jäivät selvästi negatiivisiksi.

Myös syysrukiilla salaojitettun pellon osuus nousi satoluokan parantuessa. Sen sijaan vuokrapellon osuus oli korkein vähintään 6 000 kg/ha satoluokassa. Syysrukiin tuloksia yleistettäessä tulee kuitenkin huomioida havaintojen pienehkö lukumäärä erityisesti korkeissa satoluokissa.

Kuvassa 19 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain syysrukiilla. Ojitusluokkien muutokset satoluokan parantuessa eivät olleet syysrukiilla yhtä selkeitä kuin kauralla, kevätöljykasveilla, kevätvehnällä ja ohralla. Tähän voi vaikuttaa syysrukiin havaintojen pienehkö lukumäärä korkeissa satoluokissa. Kuitenkin syysrukiilla korkeimmassa satoluokassa (125 havaintoa) ei ollut yhtään huonoja ojituksia. Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha, satoluokassa huonojen ojitusten osuus oli sen sijaan 8 %. Siten myös syysrukiilla korkeimpien satojen saavuttaminen oli todennäköisempää ojituksen toimivuuden parantuessa.



Kuva 19. Syysruis. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Taulukossa 23 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja syysvehnäkasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Syysvehnälle annettiin vähiten typpilannoitusta alle 3 000 kg/ha satoluokassa, mutta lähes saman verran 3 000–4 999 kg/ha satoluokissa. Tätä korkeammassa satoluokissa typpilannoitus kasvoi hieman ja korkeimmassa, vähintään 6 000 kg/ha, satoluokassa käytettiin heikoimpaan satoluokkaan verrattuna 21,1 kg/ha enemmän typpeä. Syysvehnän typpitaseet laskivat satoluokan parantuessa, mutta olivat tasoltaan tarkastelluista

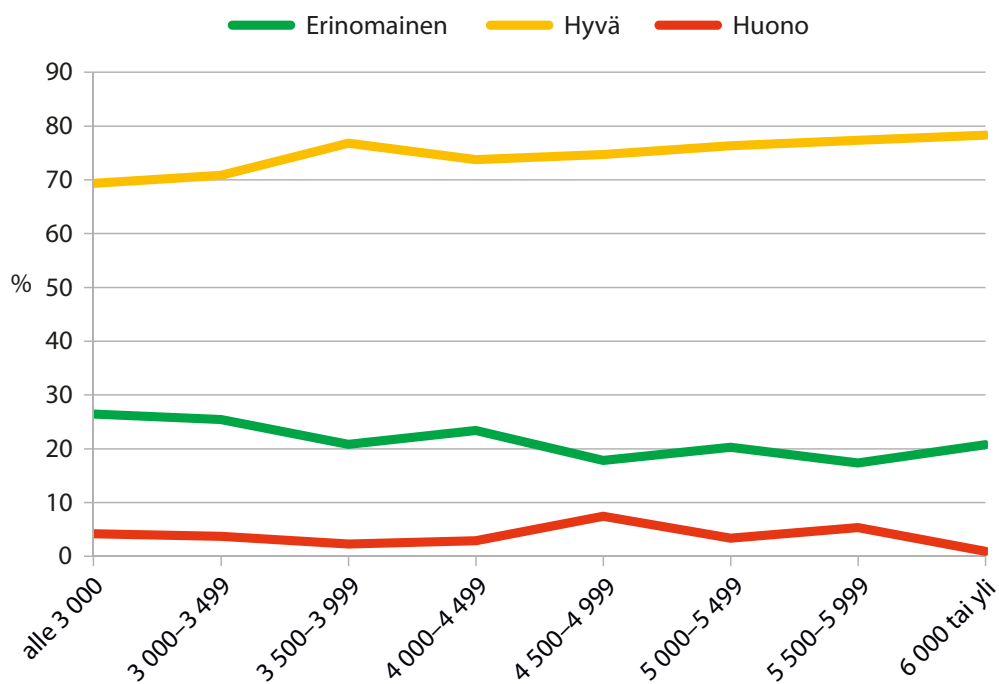
Taulukko 23. Syysvehnä. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaojitetun pellon osuus ja vuokrapellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Syysvehnä Satoluokka, kg/ha	n	Sato, kg/ha	Typpi-lannoitus, kg/ha	Fosfori-lannoitus, kg/ha	Typpi-tase, kg/ha	Fosfori-tase, kg/ha	Fosfori-luku, P mg/l	Sala-ojitettu, %	Vuokra-pelto, %
alle 3 000	261	2 147	138,8	9,2	99,4	0,9	12,2	74 %	42 %
3 000–3 499	216	3 186	146,2	9,7	87,6	-2,8	12,9	78 %	42 %
3 500–3 999	259	3 677	145,8	8,1	78,0	-6,3	14,0	69 %	49 %
4 000–4 499	278	4 170	147,2	9,8	70,5	-6,4	14,9	82 %	34 %
4 500–4 999	241	4 708	147,7	10,2	61,0	-8,1	14,5	79 %	38 %
5 000–5 499	237	5 133	156,1	9,0	61,7	-11,0	16,1	76 %	37 %
5 500–5 999	150	5 676	159,4	8,9	55,0	-13,2	16,0	82 %	40 %
6 000 tai yli	212	6 471	159,9	7,8	41,0	-17,4	17,8	87 %	40 %

kasveista selvästi korkeimmat. Alle 3 000 kg/ha satoluokassa typpitase oli korkein (99,4 kg/ha), josta se laski vähintään 6 000 kg/ha satoluokassa arvoon 41,0 kg/ha.

Fosforilannoitusta annettiin syysvehnällä vähiten korkeimmassa, vähintään 6 000 kg/ha, satoluokassa (7,8 kg/ha), mutta erot fosforilannoituksessa olivat melko pieniä satoluokkien välillä. Pellon fosforiluvut kasvoivat ja fosforitaseet laskivat tasaisesti satoluokan parantuessa. Fosforitaseet olivat heikointa, alle 3 000 kg/ha satoluokkaa, lukuun ottamatta negatiivisia. Syysvehnäpelloista valtaosa oli salaojitettu, mutta vuokrapellon osuudessa ei ollut selkeää suuntaa satoluokkien suhteen.

Kuvassa 20 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain syysvehnällä. Ojitusluokkien muutokset satoluokan parantuessa eivät olleet syysvehnällä syysrukiin tavoin yhtä selkeitä kuin kauralla, kevätöljykasveilla, kevätvehnällä ja ohralla. Kuitenkin myös



Kuva 20. Syysvehnä. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

syysvehnällä korkeimmassa satoluokassa huonojen ojitusten osuus on alin (1 %). Heikoimmassa, alle 3 000 kg/ha satoluokassa, huonon, hyvän ja erinomaisen ojituksen osuudet ovat 4 %, 69 % ja 26 %. Korkeimmassa, vähintään 6 000 kg/ha, satoluokassa vastaavat osuudet ovat 1 %, 78 % ja 21 %.

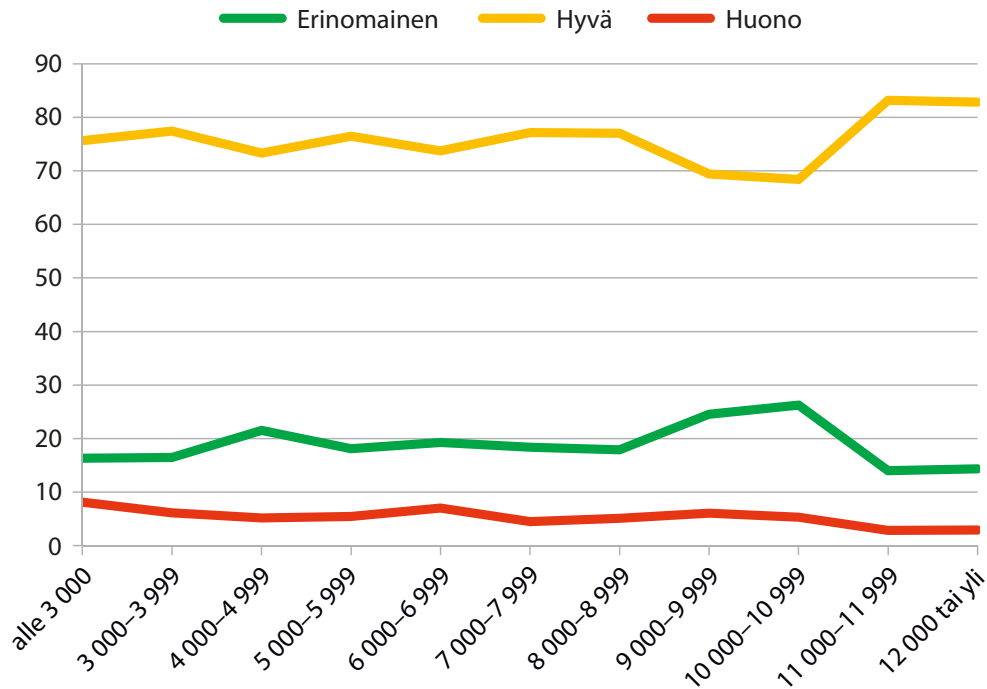
Taulukossa 24 on esitetty satoluokittain keskimääräisiä tietoja säilörehukasvulohkoilta vuosilta 2002–2017. Säilörehun typpilannoitus kasvoi satoluokan parantuessa ja korkeimmassa, vähintään 12 000 kg ka/ha, satoluokassa annettiin lähes kaksinkertaisesti typpeä verrattuna heikoimpaan, alle 3 000 kg ka/ha, satoluokkaan. Kyseisten luokkien keskimääräinen satoero oli kuitenkin kuusinkertainen, mikä näkyi suurena typpitase-erona. Heikoimmassa satoluokassa typpitase oli 63,1 kg/ha. Typpitase laski tasaisesti satoluokan parantuessa ja kääntyi negatiiviseksi vähintään 7 000 kg ka/ha satoluokasta ylöspäin.

Pellon fosforiluvuissa ei ollut merkittäviä eroja satoluokkien välillä, mutta fosforilannoitus kasvoi hieman satoluokan parantuessa. Fosforitaseet jäivät negatiivisiksi kolmea heikointa satoluokkaa lukuun ottamatta ja yli -10 kg/ha negatiivisiksi neljässä korkeimmassa satoluokassa. Myös säilörehupelloilla salaojitettun pellon osuus kasvoi selvästi satoluokan parantuessa, mutta vuokratpellon osuudessa ei ollut selkeää suuntaa satoluokkien suhteen.

Taulukko 24. Säilörehu. Lohkotietopankin sadot, typpilannoitus, fosforilannoitus, typpitaseet, fosforitaseet sekä salaojitettun pellon osuus ja vuokratpellon osuus satoluokittain. Kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Säilörehu Satoluokka, kg ka/ha	n	Sato, kg ka/ha	Typpi- lannoitus, kg/ha	Fosfori- lannoitus, kg/ha	Typpi- tase, kg/ha	Fosfori- tase, kg/ha	Fosfori- luku, P mg/l	Sala- ojitettu, %	Vuokra- pelto, %
alle 3 000	1 401	2 169	119,1	13,8	63,1	7,5	10,0	44 %	47 %
3 000–3 999	1 461	3 485	132,9	12,7	42,7	2,6	10,3	47 %	48 %
4 000–4 999	1 669	4 485	152,0	13,6	35,1	0,5	10,1	50 %	46 %
5 000–5 999	2 265	5 475	163,0	14,1	20,1	-1,9	10,7	51 %	48 %
6 000–6 999	2 253	6 457	178,2	14,6	10,6	-4,2	10,4	50 %	50 %
7 000–7 999	1 754	7 413	183,5	15,1	-7,5	-6,4	10,9	52 %	48 %
8 000–8 999	1 259	8 412	192,9	14,9	-23,5	-9,4	11,0	54 %	51 %
9 000–9 999	943	9 410	198,7	17,0	-43,4	-10,2	10,5	58 %	49 %
10 000–10 999	339	10 398	203,9	16,6	-64,0	-13,6	11,0	58 %	43 %
11 000–11 999	143	11 412	206,1	21,9	-88,1	-11,1	11,1	70 %	41 %
12 000 tai yli	210	13 197	224,1	17,3	-116,8	-21,0	11,6	67 %	49 %

Kuvassa 21 on esitetty ojitusluokkien suhteelliset osuudet satoluokittain säilörehulla. Ojitusluokkien muutoksissa satoluokan parantuessa nähdään huonon ojituksen osuuden lasku satoluokan parantuessa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg ka/ha, satoluokassa huonon ojituksen osuus on 8 %, joka laskee 3 %:in kahdessa korkeimmassa satoluokassa. Heikoimmassa, alle 3 000 kg ka/ha, satoluokassa huonon, hyvän ja erinomaisen ojituksen osuudet ovat 8 %, 76 % ja 16 %. Kahdessa korkeimmassa 11 000–11 999 kg ka/ha ja vähintään 12 000 kg ka/ha satoluokassa vastaavat osuudet ovat 3 %, 83 % ja 14 %. Säilörehulla voidaan siten saavuttaa korkeimpia satoja myös hyvin toimivalla ojituksella.



Kuva 21. Säilörehu. Ojituksen toimivuutta kuvaavan ojitusluokan (huono, hyvä, erinomainen) suhteelliset osuudet eri satoluokissa (kg ka/ha). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

3.2.7 Ojituksen toimivuuden vaikutus satoihin sateisuuden suhteen

Kasvien satoja tarkasteltiin myös sateisuuden ja ojitusluokan mukaan luokittelemalla. Tarkastelussa pyrittiin selvittämään sitä, korostuvatko huonon ojituksen ongelmat märkyyden lisääntyessä. Märkyyden mittarina käytettiin lukua, joka oli kesäkuun sadannan poikkeama pitkän ajan keskiarvoon (1994–2017) verrattuna. Riittävä sadanta kesäkuussa ja sen oikea ajoittuminen kriittisiin kasvuvaiheisiin on keskeistä kasvien sadonmuodostuksessa. Analyysia yksinkertaistettiin perustamalla tarkastelu koko kesäkuun sadantaan. Epätarkkuutta voi aiheutua myös kesäkuun sateiden paikallisuudesta ja kuuroluonteisuudesta, jolloin sademäärät voivat vaihdella paljon pienelläkin alueella. Toisaalta syysviljat ovat kesäkuussa kevätiljoja myöhäisemmässä kasvuvaiheessa, jolloin niiden kestokyky kuivuuden ja märkyyden suhteen saattaa olla aiemmassa kasvuvaiheessa olevia kevätiljoja parempi.

Taulukossa 25 on esitetty kesäkuun sateisuuden luokitteluperusteet. Kesäkuut luokiteltiin neljään luokkaan, jotka olivat kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä. Sademäärät perustuvat ilmatieteen laitoksen Hila-aineistoon, joka yhdistettiin Lohkotietopankin kasvulohkoille. Vertailulukuna käytettiin kesäkuun pitkän ajan keskiarvoa vuosilta 1994–2017, joka oli 65 millimetriä. Kesäkuun sadannan pitkän ajan keskiarvo vaihteli Lohkotietopankin havaintoalueella eri kasvien välillä vähän, joten kaikille kasveille käytettiin samaa lukua. Aineistossa kesäkuun pienin sademäärä oli 0,1 mm ja suurin 183 mm.

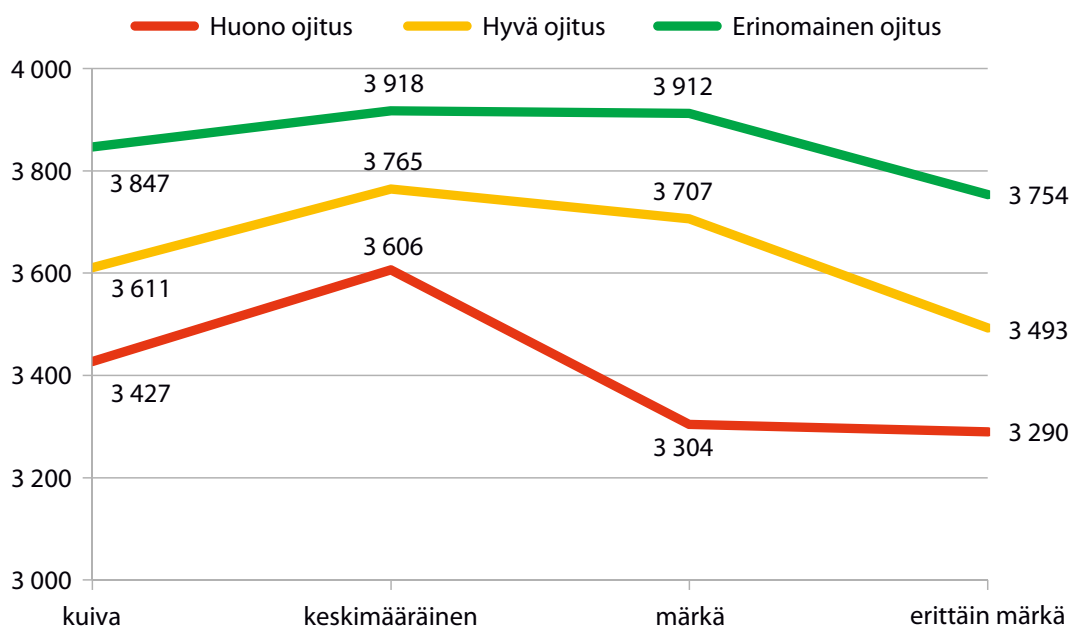
Taulukko 25. Kesäkuun sateisuuden luokittelu perustuen poikkeamiin pitkän ajan 1994–2017 keskiarvosta.

Luokka	Pitkän ajan keskiarvo, mm	Sademäärä suhteessa pitkän ajan keskiarvoon 1994-2017, %
Kuiva	65	alle 75 %
Keskimääräinen	65	vähintään 75 %, mutta alle 125 %
Märkä	65	vähintään 125 % mutta alle 150 %
Erittäin märkä	65	vähintään 150 %

Kuvasta 22 nähdään sateisuuden vaikutus kaurasatoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Kuivuus ja liiallinen märkyys laskivat satoja kaikissa ojitusluokissa. Erinomaisessa ojitusluokassa sadot olivat sateisuudesta riippumatta korkeimmat ja huonossa ojitusluokassa alimmat. Erinomaisessa ojitusluokassa sato kääntyi laskuun vasta kesäkuun ollessa erittäin märkä sadon laskiessa 158 kg/ha verrattuna märkään kesäkuuhun.

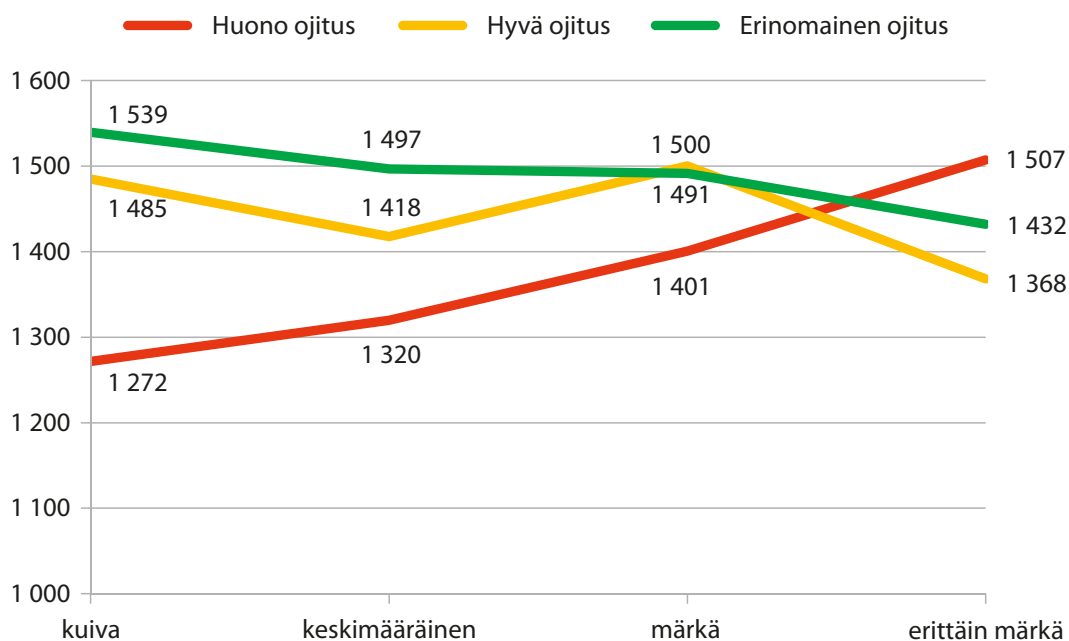
Hyvässä ojitusluokassa kaurasato kääntyi laskuun hieman erinomaista ojitusluokkaa aiemmin. Kesäkuun ollessa märkä sato laski 58 kg/ha verrattuna keskimääräisen sateiseen kesäkuuhun ja kesäkuun ollessa erittäin märkä sato laski edelleen 214 kg/ha.

Huonossa ojitusluokassa paras kaurasato saatiin kesäkuun sadannan ollessa keskimääräinen, mutta sato lähti selvään laskuun jo kesäkuun ollessa märkä (-302 kg/ha). Satotappiot realisoituivat siten huonossa ojitusluokassa nopeasti sadannan ylittäessä keskimääräisen. Kesäkuun ollessa märkä kaurasato oli 608 kg/ha ja erittäin märkä 464 kg/ha korkeampi erinomaisessa ojitusluokassa verrattuna huonoon ojitusluokkaan. Erinomaisessa ojitusluokassa kaurasadot myös vaihtelivat suhteellisen vähän kesän sateisuudesta riippumatta.



Kuva 22. Kaurasato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen (normaali), märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kuvasta 23 nähdään sateisuuden vaikutus kevätöljykasvien satoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Huonon ojitusluokan tulokset ovat suuntaa antavia määrässä ja erittäin määrässä luokassa, joissa havaintoja oli vain 23 ja 31 kpl. Kevätöljykasveilla erinomaisessa ojitusluokassa sadot olivat pääosin korkeimmat ja huonossa ojitusluokassa alimmat. Kuiva kesäkuu ei kevätöljykasveilla näyttänyt laskevan satoa hyvässä ja erinomaisessa ojitusluokassa, mutta sato laski lievästi kesäkuun ollessa erittäin märkä.

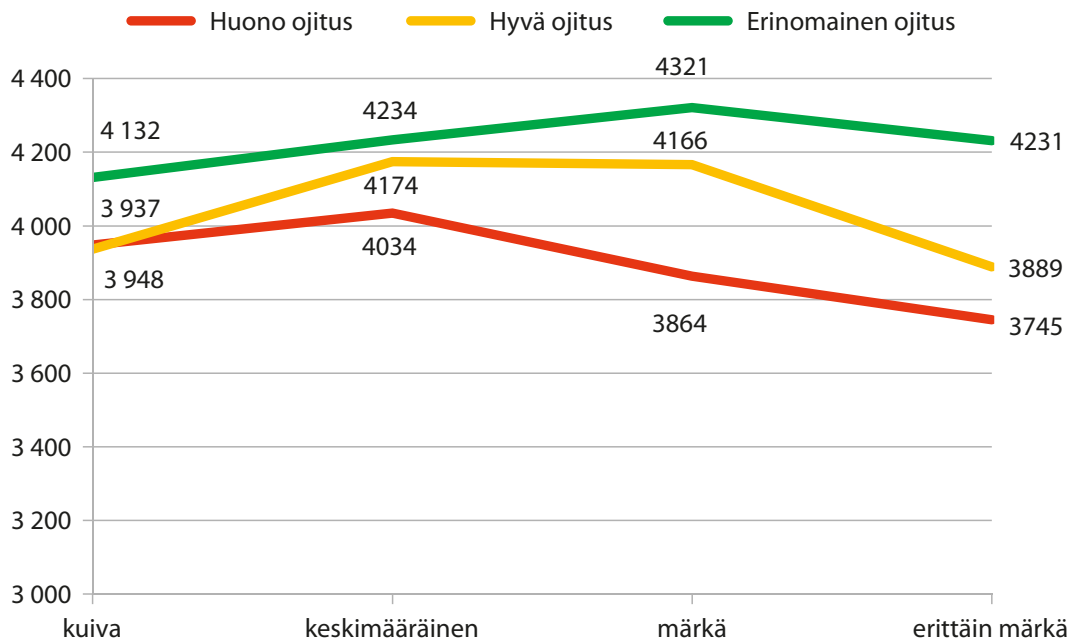


Kuva 23. Kevätöljykasvien sato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kuvasta 24 nähdään sateisuuden vaikutus kevätvehnäsatoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Sadoista nähdään, että kuivuuden rajoittaessa sadonmuodostusta sadot olivat ojitusluokasta riippumatta lähellä toisiaan. Kevätvehnän satokäyrät vastaavat pitkälti kauran satokäyriä. Erinomaisessa ojitusluokassa kevätvehnäsadot olivat sateisuudesta riippumatta korkeimmat ja huonossa ojitusluokassa alimmat. Erinomaisessa ojitusluokassa kevätvehnäsato kääntyi laskuun vasta kesäkuun ollessa erittäin märkä, jolloin sato laski 90 kg/ha verrattuna märkään kesäkuuhun.

Hyvässä ojitusluokassa kevätvehnäsato kääntyi lievään laskuun hieman tätä aiemmin kesäkuun ollessa märkä ja edelleen selvästi (-277 kg/ha) kesäkuun ollessa erittäin märkä.

Huonossa ojitusluokassa paras kevätvehnäsato saatiin kauran tavoin kesäkuun sadannan ollessa normaali, mutta sato lähti selvään laskuun jo kesäkuun ollessa märkä (-170 kg/ha) ja laski tästä edelleen kesäkuun ollessa erittäin märkä (-119 kg/ha). Satotappiot realisoituivat siten kevätvehnällä kauran tavoin huonossa ojitusluokassa nopeasti sadannan ylittäessä keskimääräisen 65 mm. Kesäkuun ollessa erittäin märkä kevätvehnäsato oli erinomaisessa ojitusluokassa huonoa ojitusluokkaa 486 kg/ha korkeampi. Erinomaisessa ojitusluokassa kevätvehnäsadot myös vaihtelivat suhteellisen vähän kesän sateisuudesta riippumatta.



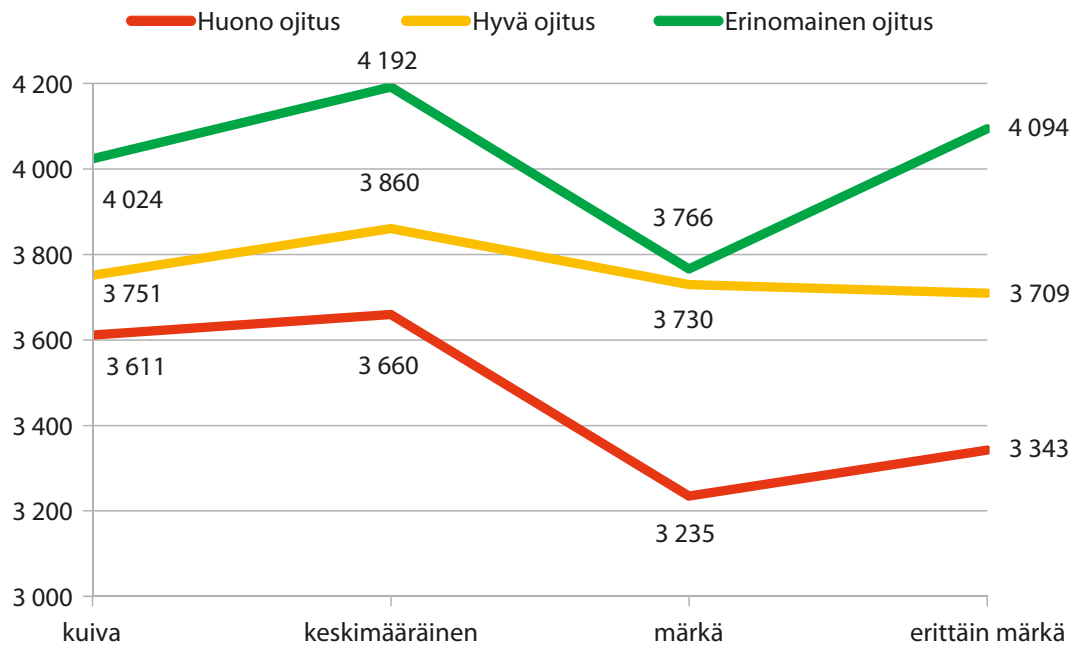
Kuva 24. Kevätvehnäsato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kuvasta 25 nähdään sateisuuden vaikutus ohrasatoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Sadoista nähdään, että kuivuuden rajoittaessa sadonmuodostusta ohrasadot olivat ojitusluokasta riippumatta lähimpänä toisiaan. Erinomaisessa ojitusluokassa ohrasadot olivat sateisuudesta riippumatta korkeimmat ja huonossa ojitusluokassa alimmat. Erinomaisessa ojitusluokassa ohrasato laski siirryttäessä keskimääräisen sateisesta kesäkuusta märkään, mutta erittäin sateisen kesäkuun sato oli vain hieman keskimääräisen sateista alempi. Aineistossa oli ohralla märän kesäkuun havainnoissa selvästi enemmän alle 3 000 kg/ha satoja (24 %) verrattuna erittäin märän kesäkuun vastaaviin havaintoihin (11 %), mikä laski märän kesäkuun havaintojen keskisatoa. Sen sijaan yli 5 000 kg/ha havaintomäärissä ei ollut merkittäviä eroja.

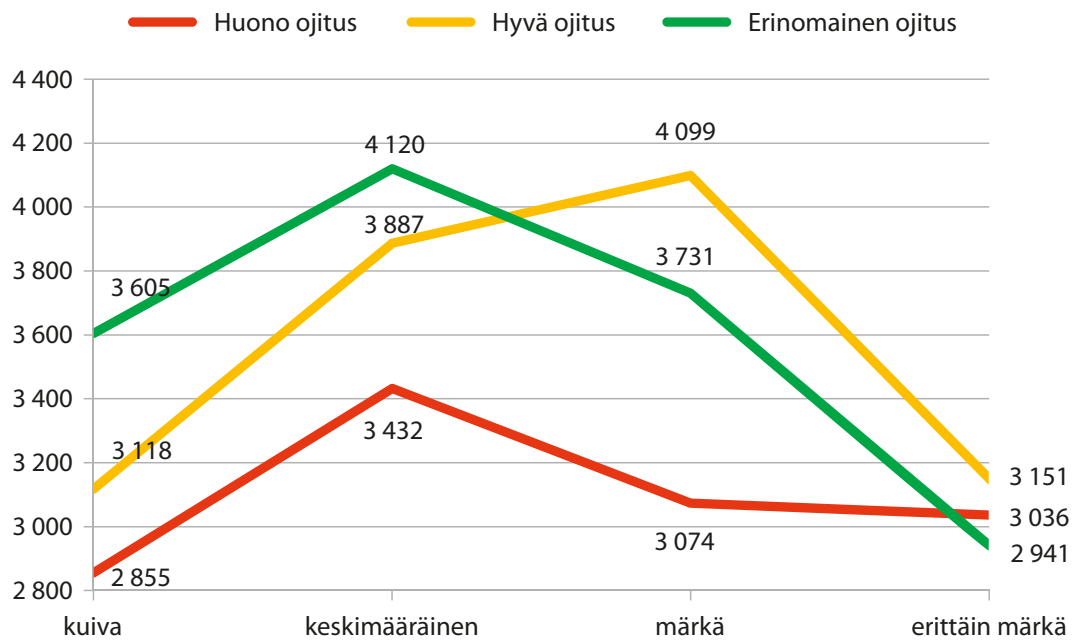
Hyvässä ojitusluokassa ohrasato kääntyi kauran ja kevätvehnän tavoin lievään laskuun kesäkuun ollessa märkä ja edelleen kesäkuun ollessa erittäin märkä.

Huonossa ojitusluokassa paras ohrasato saatiin kauran ja kevätvehnän tavoin kesäkuun sadannan ollessa keskimääräinen, mutta sato lähti selvään laskuun jo kesäkuun ollessa märkä. Kesäkuun ollessa erittäin märkä sato oli hieman korkeampi, mutta säilyi ojitusluokista selvästi alimpana. Satotappiot realisoituivat siten ohralla kauran ja kevätvehnän tavoin huonossa ojitusluokassa nopeasti sadannan ylittäessä keskimääräisen. Kesäkuun ollessa erittäin märkä ohrasato oli erinomaisessa ojitusluokassa huonoa ojitusluokkaa 751 kg/ha korkeampi.

Kuvassa 26 on esitetty sateisuuden vaikutus syysrukiin satoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Syysrukiilla huonon ojitusluokan tulokset ovat suuntaa-antavia normaalia kesäkuuta lukuun ottamatta, sillä muissa sateisuusluokissa oli 10–20 havaintoa kussakin. Kesäkuun ollessa erittäin sateinen sadot olivat ojitusluokasta riippumatta lähes samat. Syysrukiilla korkeimmat sadot saatiin kuitenkin joko erinomaisessa tai hyvässä ojitusluokassa ja alimmat pääosin huonossa ojitusluokassa.

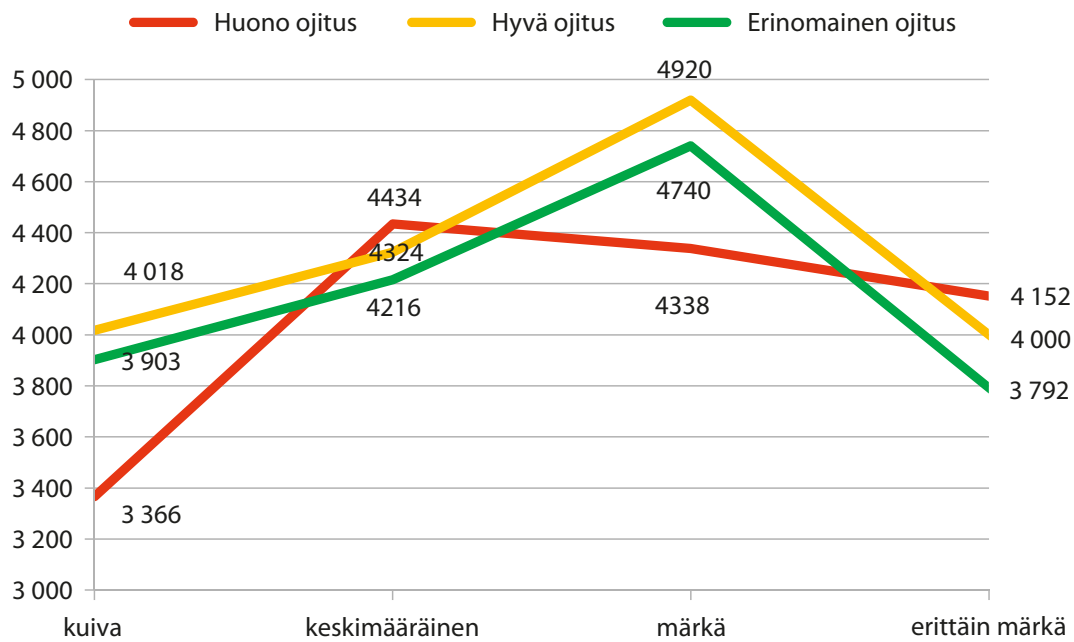


Kuva 25. Ohrasato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.



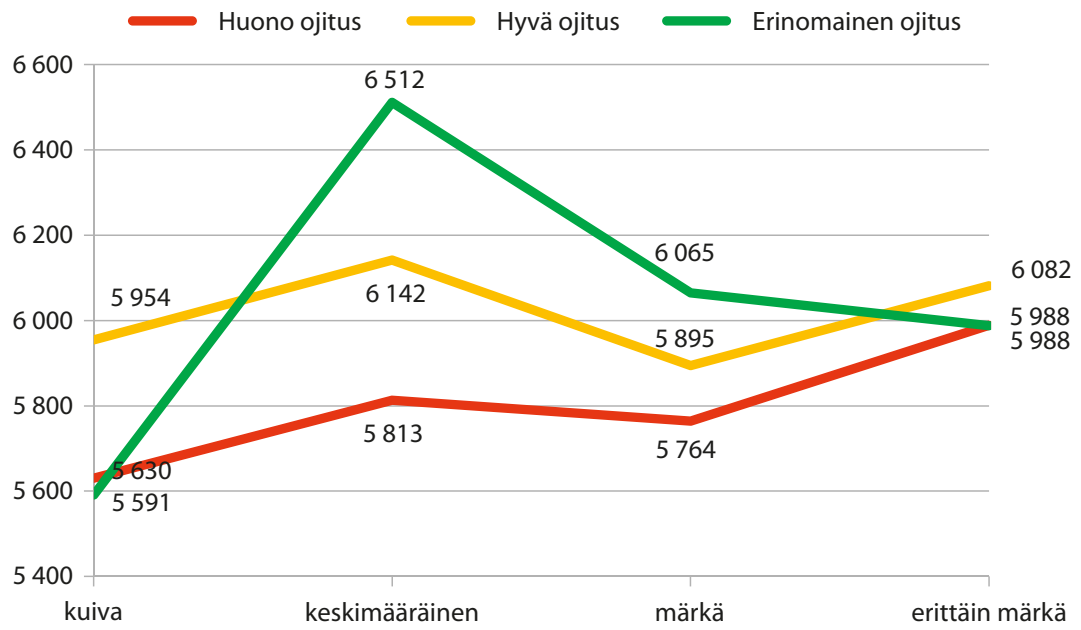
Kuva 26. Syysrukiin sato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kuvasta 27 nähdään sateisuuden vaikutus syysrukiin satoon ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Syysvehnällä huonon ojitusluokan tulokset ovat suuntaa antavia, sillä havaintoja oli vain 10–34 kussakin sadeluokassa. Sadoista nähdään, että syysvehnällä sadot nousivat hyvässä ja erinomaisessa ojitusluokassa vielä kesäkuun ollessa märkä, mutta kääntyivät selvään laskuun kesäkuun ollessa erittäin märkä. Syysviljoilla erinomainen ojitusluokka ei erottunut yhtä voimakkaasti satotasoissa verrattuna kevätiljoihin, vaan myös hyvässä ojitusluokassa saatiin korkeita satoja. Kuitenkin myös syysviljoilla heikoimpia satoja saadaan pääosin huonon ojitusluokan pelloilta.



Kuva 27. Syysvehnäsato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

Kuvasta 28 nähdään sateisuuden vaikutus säilörehusatoon (kg ka/ha) ojituksen toimivuuden mukaan jaoteltuna. Säilörehulla ojituksen toimivuuden yhteys satoon sateisuuden lisääntymässä jäi kevätiljoja vähäisemmäksi ja osin päinvastaiseksi. Märkyuden lisääntyminen ei kasvattanut ojitusluokkien välisiä eroja. Korkeimmat säilörehusadot saatiin kuitenkin erinomaisessa ojitusluokassa kesäkuun ollessa normaali. Kesäkuun ollessa erittäin märkä sadot olivat hyvin lähellä toisiaan. Myös säilörehulla sadot olivat huonossa ojitusluokassa pääosin alimmat sateisuudesta riippumatta.

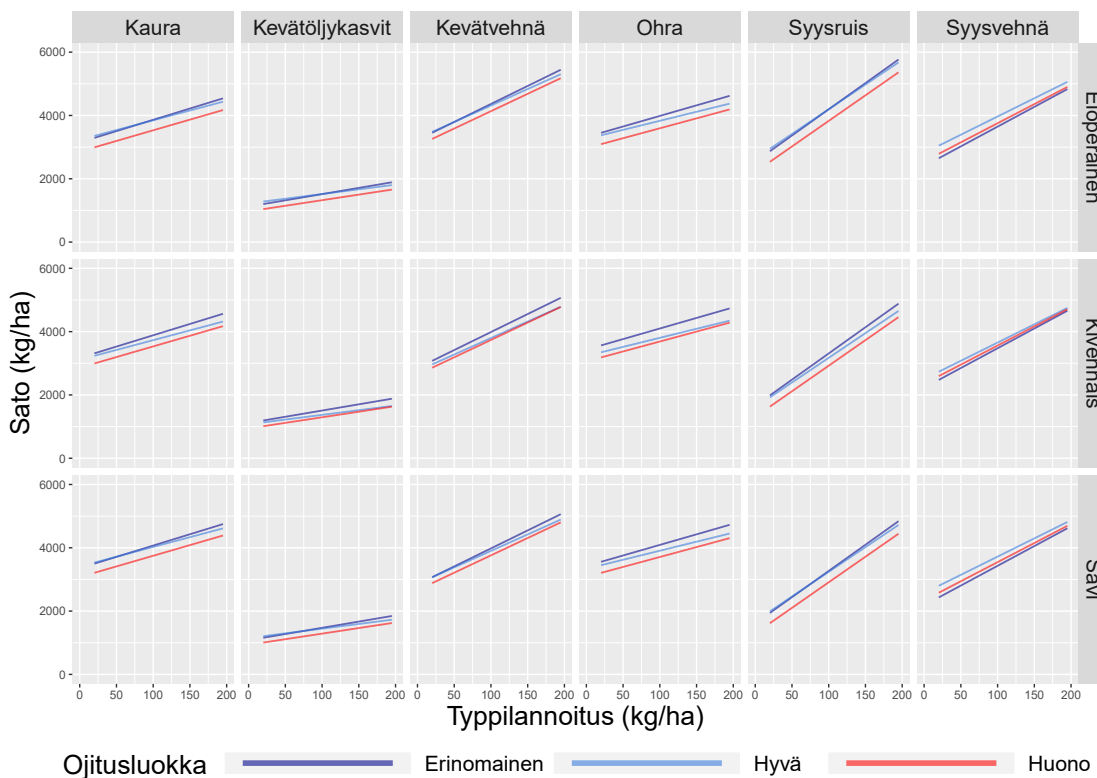


Kuva 28. Säilörehusato kesäkuun ollessa kuiva, keskimääräinen, märkä ja erittäin märkä eri ojitusluokissa (huono, hyvä, erinomainen). Mukana kaikki havainnot vuosilta 2002–2017.

4 Ojituksen toimivuuden vaikutus satoihin ja ravinnetaseisiin: mallinnustulokset

4.1 Sato

Typpilannoituksen vaikutusta satoon selitti parhaiten lineaarinen yhteys (kuva 29). Kulmakertoimet vaihtelivat eri kasvien välillä siten, että kevätöljykasveilla typpilannoituksen lisäämisen vaikutus satoon oli alhaisin. Syysviljoilla ja kevätvehnällä typpilannoituksen satovaste oli kauraa ja ohraa korkeampi, joten ne hyötyivät kauraa ja ohraa enemmän typpilannoituksen lisäämisestä. Kuvassa 30 on esitetty kuvan 29 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.

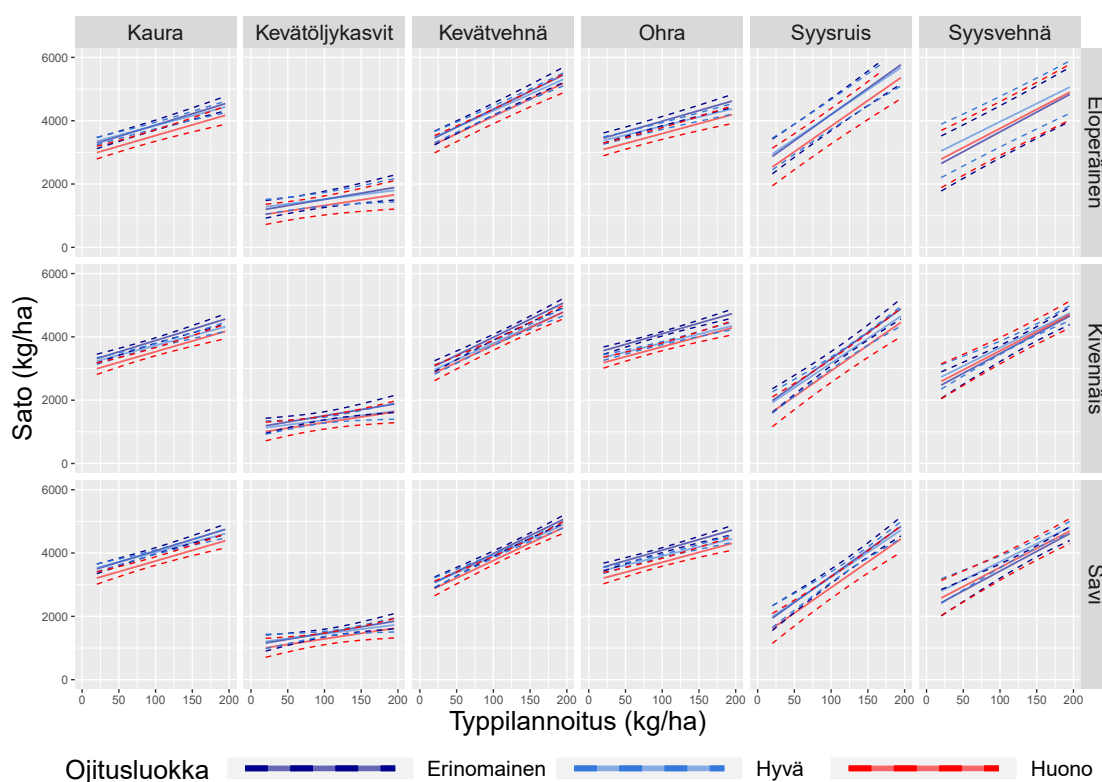


Kuva 29. Sato vs. typpilannoitus muuttujien kasviluokka (sarakeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvu-lohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 mg/l ja viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

Maalajeittain tarkasteltuna typpilannoituksen vaikutukset satoon jäivät pieniksi. Sen sijaan ojitusluokittain tarkasteltuna nähdään, että huonossa ojitusluokassa sadot olivat syysvehnää lukuun ottamatta kaikilla typpilannoitustasoilla alimmat. Aineiston syysvehnähavainnoissa ojitusluokan ja sadon yhteys ei ollut selkeä, sillä korkeimmat sadot saatiin hyvässä ojitusluokassa. Muilla kasveilla erinomaisessa ojitusluokassa sadot olivat korkeimmat kaikilla typpilannoitustasoilla ja hyvän ojitusluokan havainnot asettuivat pääosin edellisten väliin.

Myös säilörehulla typpilannoituksen vaikutusta satoon selitti parhaiten muodoltaan lineaarinen yhteys (kuva 31). Säilörehu hyötyi typpilannoituksen lisäämisestä syysviljojen ja kevätvehnän tavoin. Maalajeittain tarkasteltuna typpilannoituksen vaikutuksissa satoon ei ollut suuria eroja. Myös ojitusluokan vaikutus satoon oli viljoja ja kevätöljykasveja selvästi pienempi.

Kuvasta 32 nähdään fosforilannoituksen vaikutus satoon kasveittain, ojitusluokittain ja maalajeittain. Fosforilannoituksen tarkastelun keskeisiä ongelmia ovat fosforitarpeen ja -lannoituksen kytkeytyminen pellon fosforilukuun ja ympäristökorvauksen sitomusehtojen (2015) mahdollistama fosforintasaus. Fosforilannoituksen määrää tarkasteltiin sitomusehtojen mukaan toimittaessa viiden vuoden tasausjaksolla, jonka aikana käyttö ei saa ylittää vuotuisia enimmäismääriä. Käytännössä tämä tarkoittaa mahdollisuutta lannoittaa fosforia yhtenä vuonna viiden vuoden tarvetta vastaava määrä. Tähän viittaavat aineistossa havaitut suuret vuotuiset fosforilannoitusmäärät suhteessa pellon fosforilukuun.

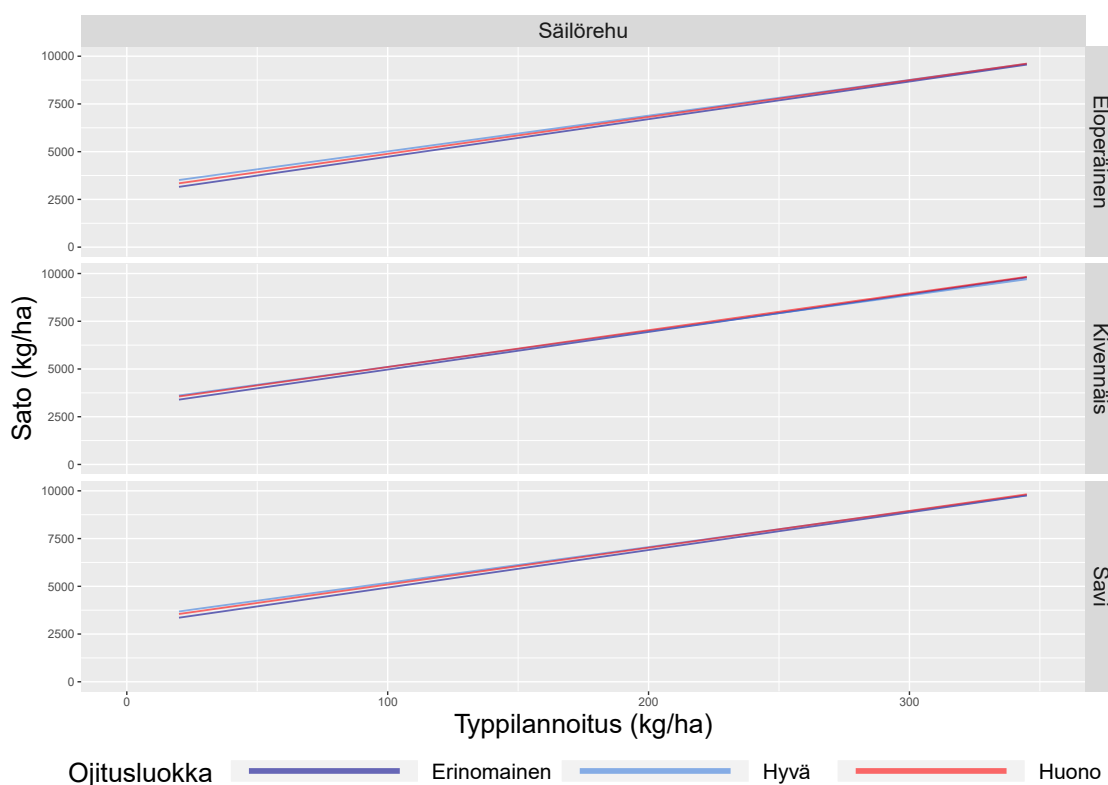


Kuva 30. Kuva 29 esitettyinä 95 %:n luottamusväleillä.

Savimaille ja karkeille kivennäismaille sekä eloperäisille maille asetettiin keskimääräiset raja-arvot pellon viljavuustutkimuksen tulkintaoppaan perusteella (Eurofins 2019) fosforiluvuille, joiden perusteella pellon fosforiluvun viljavuusluokka määräytyy huonoksi, huononlaiseksi, välttäväksi, tyydyttäväksi, hyväksi, korkeaksi tai arveluttavan korkeaksi. Viljavuusluokkaa vastaava vuotuinen fosforin enimmäislannoitusmäärä haettiin kasveittain ympäristökorvauksen sitomusehdoista (Ruokavirasto 2020b). Tämän ylittävät vuotuiset fosforilannoitusmäärät poistettiin, sillä ne tulkittiin fosforintausjakson alkamiseksi.

Fosforilannoituksen vaikutus satoon poikkesi selvästi typpilannoituksesta. Saadut sadot olivat korkeimmat kaikilla kasveilla ilman fosforilannoitusta. Pellot, joille fosforilannoitusta ei anneta, ovat fosforiluvultaan korkeita. Näille ei ole tarvetta eikä ympäristökorvauksen sitomusehtojen mukaan mahdollista antaa fosforilannoitusta. Tästä voidaan päätellä, että korkeimmissa viljavuusluokissa fosforilannoitukselle ei ole tarvetta eikä siitä näyttänyt aiheutuvan satotappioita.

Suurimmat fosforilannoitustasot olivat pääosin pelloilta, joiden fosforin viljavuusluokka oli heikoin. Kuvassa 32 tasainen satokäyrä fosforilannoituksen kasvaessa voidaan tulkita annetun fosforilannoituksen riittävydeksi eri fosforin viljavuusluokissa ja laskeva käyrä fosforilannoituksen riittämättömyydeksi sadonmuodostuksessa viljavuusluokan heikentyessä.

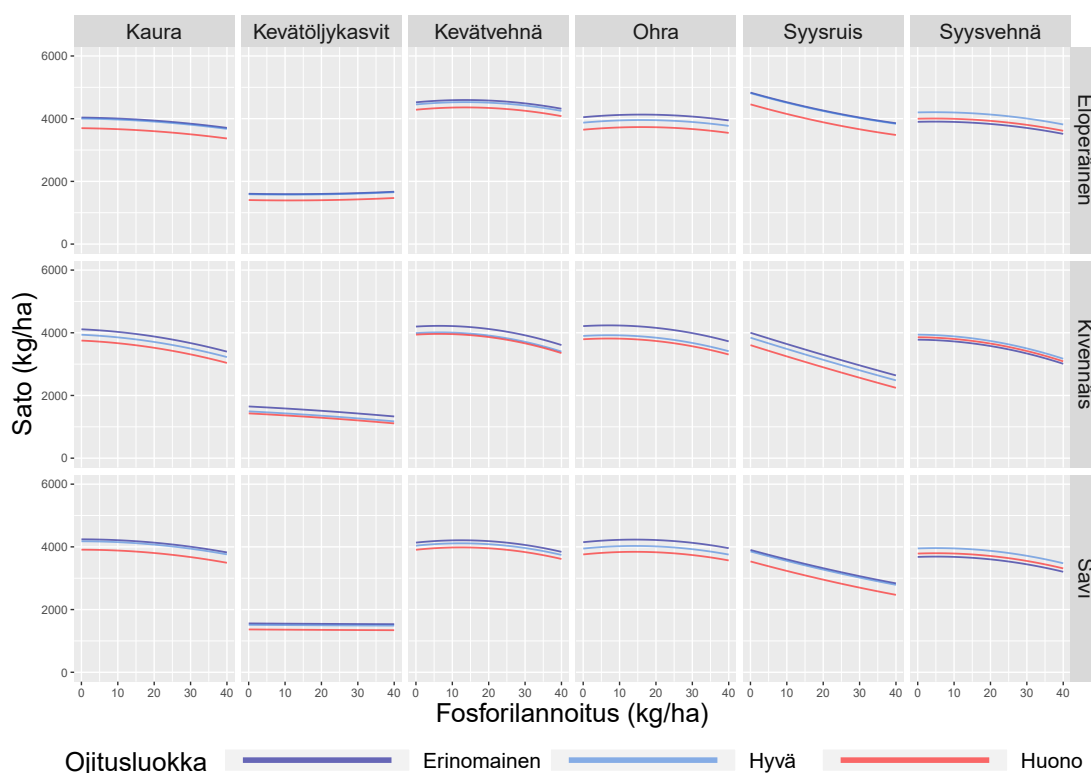


Kuva 31. Säilörehun kuiva-ainesato vs. typpilannoitus muuttujien maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 ja viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

Kevätviljoilla ja -öljykasveilla sekä syysvehnällä fosforilannoituksen kasvu 20 kg/an/ha saakka fosforin viljavuusluokkaan ja ympäristökorvauksen ehtoihin perustuvalla lannoituksella ei vaikuttanut merkittävästi satoon. Tätä suuremmilla fosforilannoitustasoilla sato kääntyi lievään laskuun, mikä saattaa osittain aiheutua fosforin riittämättömyydestä viljavuusluokan heikentyessä. Maalajeista karkeilla kivennäismailla sato kääntyi laskuun hieman muita maalajeja voimakkaammin. Ojitusluokittain tarkasteltuna nähdään, että kevätiljoilla ja -öljykasveilla sadot olivat alimmat huonossa ojitusluokassa kaikilla fosforilannoitustasoilla ja pääosin korkeimmat erinomaisessa ojitusluokassa. Syysvehnällä ojitusluokkien erot eivät olleet yhtä selvät.

Syysrukiilla sato kääntyi kasveista selvimmin laskuun viljavuusluokan heikentyessä ja fosforilannoituksen kasvaessa ympäristökorvauksen ehtojen mukaan toimittaessa. Tähän voi liittyä fosforin riittävyyden ohella mahdollinen populaatio- ja satoisten hybridilajikkeiden valikoituminen eri kasvukunnan pelloille. Ojitusluokan vaikutus näkyi selvästi myös rukiilla, jolla fosforilannoituksen tasosta riippumatta heikoimmat sadot saatiin huonossa ojitusluokassa.

Kuvasta 33 nähdään fosforilannoituksen vaikutus säilörehusatoon ojitusluokittain ja maalajeittain. Myös säilörehulla korkeimmat sadot saatiin ilman fosforilannoitusta, mikä

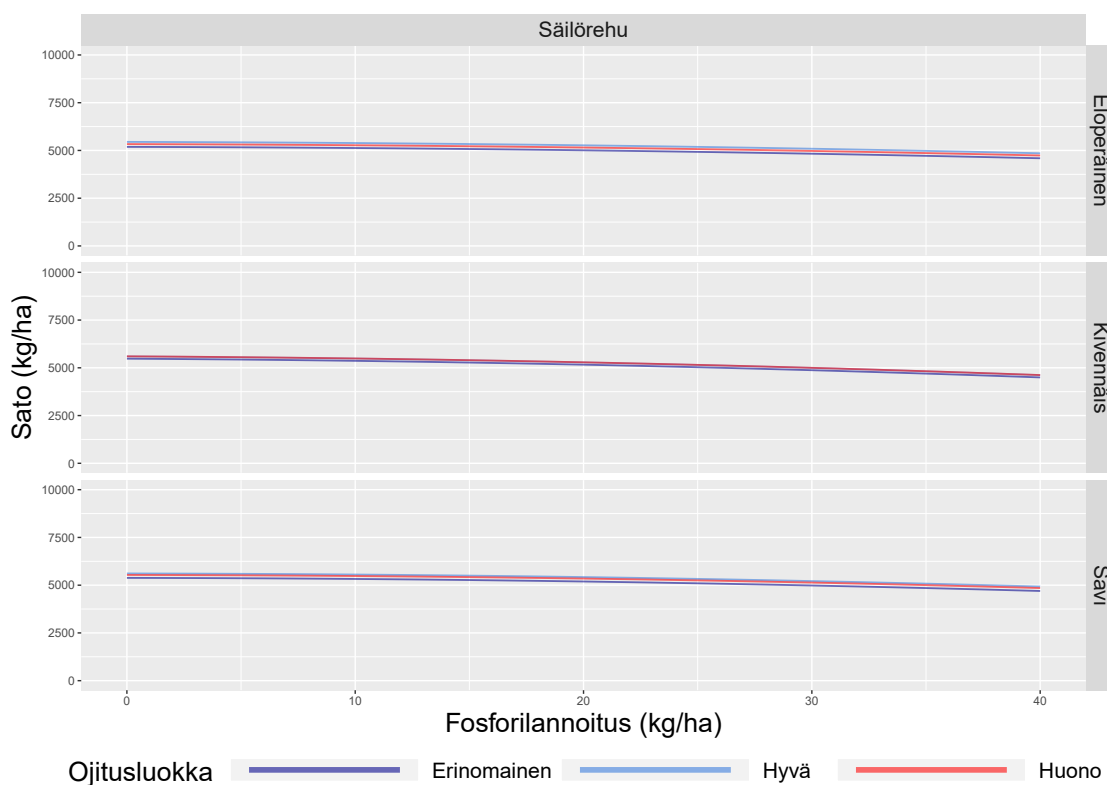


Kuva 32. Sato vs. fosforilannoitus muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kasvukohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin. Fosforilannoitukselle on määritetty pellon fosforilukuun perustuvat enimmäismäärät, jotka perustuvat ympäristökorvauksen sitoumusehtoihin (2015).

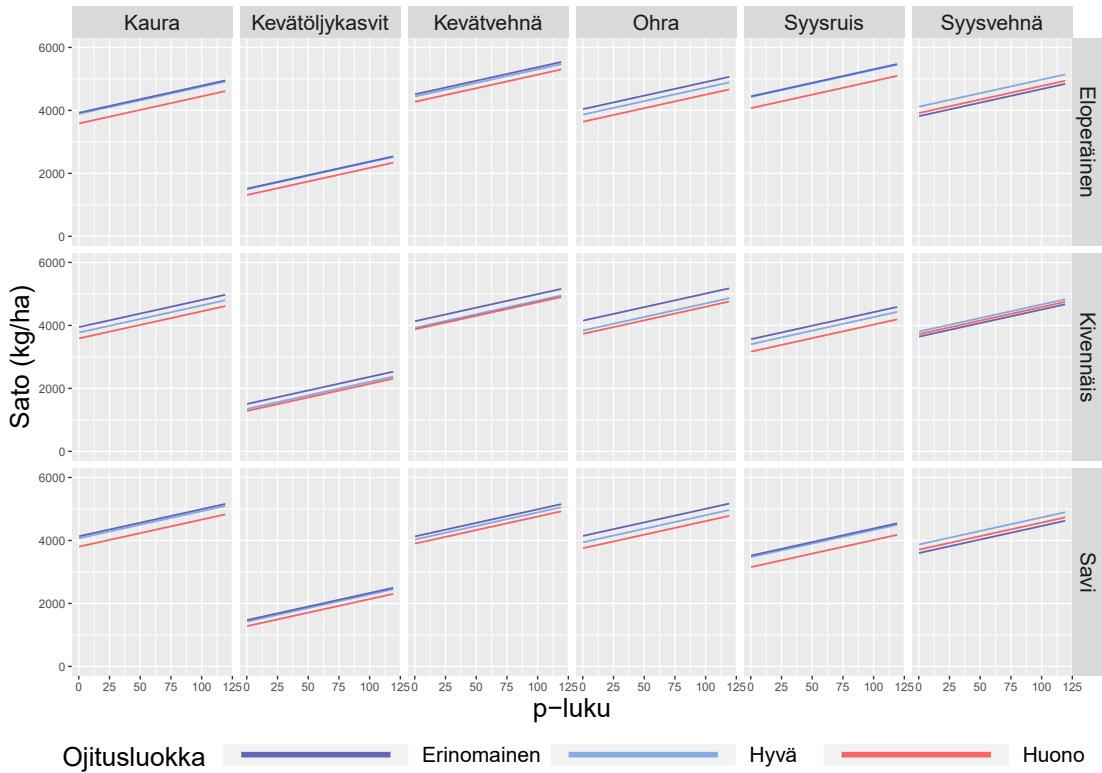
liittyy korkeisiin pellon fosforilukuihin. Säilörehulla viljavuusluokkaan ja ympäristökorvauksen ehtoihin perustuvalla fosforilannoituksella ei ollut merkittävää vaikutusta satoon, vaikka fosforilannoituksen kasvaessa viljavuusluokan heikentyessä sato laski lievästi. Kivennäismailla yli 35 kg/ha fosforilannoitustasoilla sato kääntyi hieman muita maalajeja enemmän laskuun. Sen sijaan ojitusluokan vaikutus jää pieneksi.

Kuvassa 34 on esitetty pellon fosforiluvun vaikutus viljojen ja kevätöljykasvien satoon. Fosforiluvun vaikutus näkyi selvästi siten, että sen kasvaessa sato nousi. Korkean fosforiluvun pelloilla satotaso oli korkein eikä niille annettu fosforilannoitusta. Vaikutukset ovat lähes samanlaisia kaikilla kasveilla ja maalajeilla. Ojitusluokista sadot ovat alimmat pellon fosforiluvusta riippumatta huonossa ojitusluokassa ja syysvehnää lukuun ottamatta korkeimmat erinomaisessa ojitusluokassa. Korkean fosforiluvun pelloilla monet tekijät ja omaisuudet voivat kuitenkin viljelykäytännöistä johtuen poiketa matalamman fosforiluvun pelloista ja tällä voi myös olla yhteys pellon tuottopotentiaaliin.

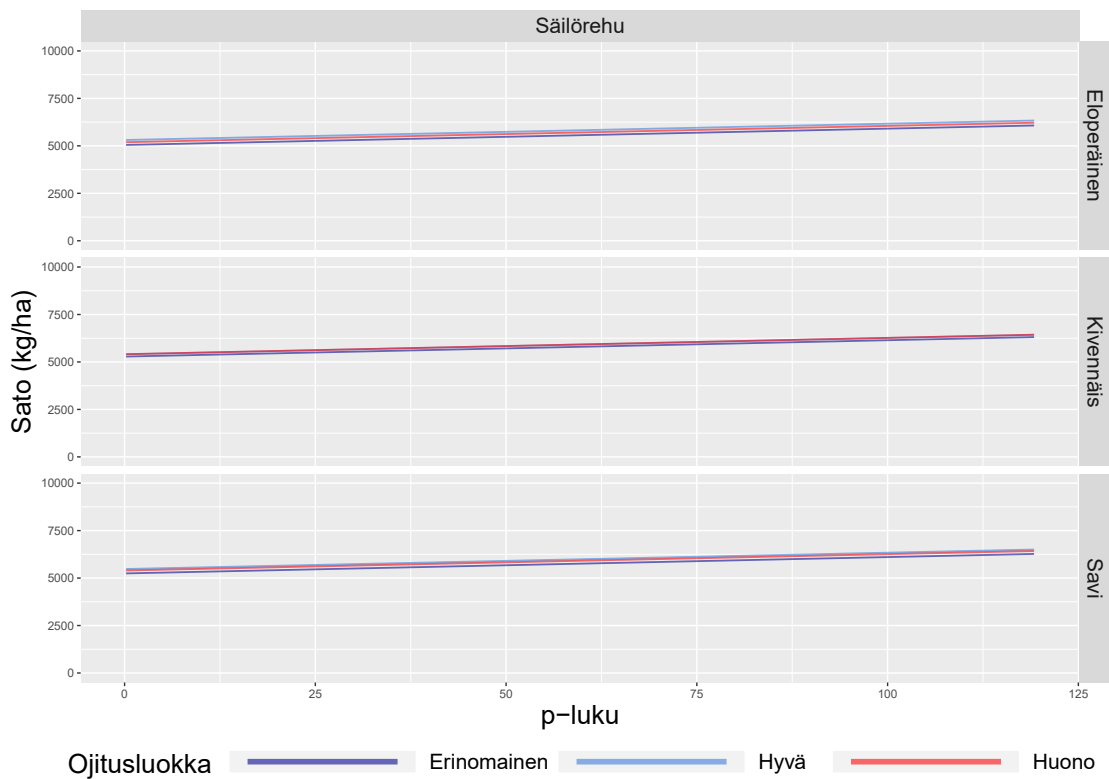
Kuvassa 35 on esitetty pellon fosforiluvun säilörehusatoon. Myös säilörehulla pellon fosforiluvun vaikutus näkyy selvästi siten, että sen kasvaessa sato nousi. Maalajien ja ojitusluokan väliset erot jäivät säilörehulla pieniksi.



Kuva 33. Säilörehun kuiva-ainesato vs. fosforilannoitus muuttujien maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kasvulohkoon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin. Fosforilannoitukselle määritettiin pellon fosforilukuun perustuvat enimmäismäärät, jotka perustuvat ympäristökorvauksen sitoumusehtoihin (2015).



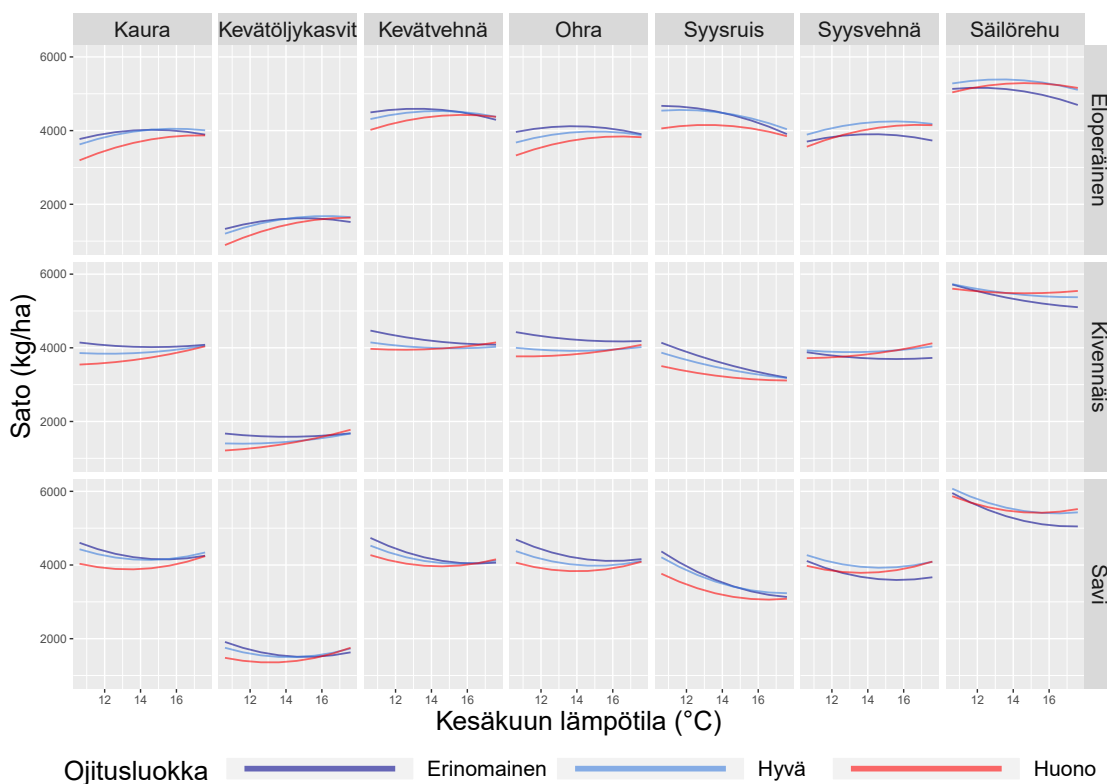
Kuva 34. Sato vs. pellon fosforiluku (P-luku). Fosforilannoitus = 10 kg/ha ja muut muuttujat kuten kuvassa 32.



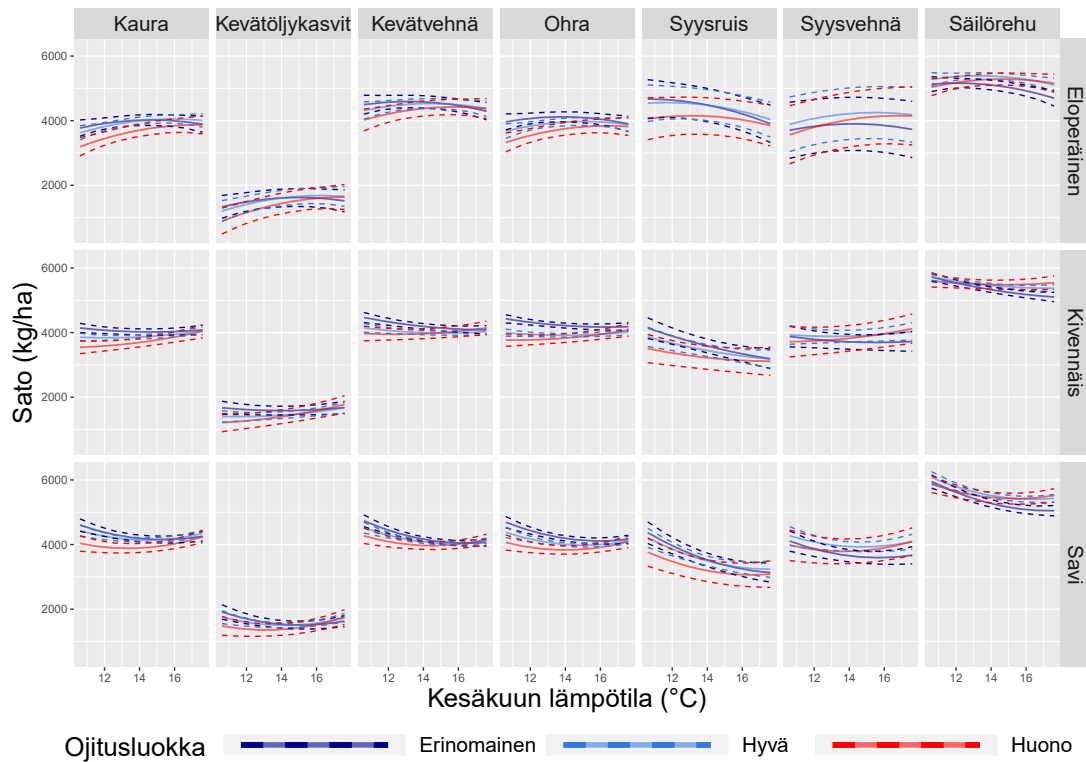
Kuva 35. Säilörehun kuiva-ainesato vs. pellon fosforiluku (P-luku). Fosforilannoitus = 10 kg/ha ja muut muuttujat kuten kuvassa 33.

Kuvassa 36 on esitetty kesäkuun lämpötilan vaikutus satoon. Kesäkuun lämpötilan vaikutus satoon vaihteli kasveittain ja maalajeittain. Eloperäiset maat hyötyivät selvästi lämpötilan noususta, mikä nosti niiden satoa. Sen sijaan savimailla kylmä kesäkuu ei laskenut satoja, mikä voi viljoilla liittyä kuumaa kesäkuuta suurempaan pensomiseen. Ojitusluokkien eroista nähdään, että syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta kylmä kesäkuu yhdessä huonon ojituksen kanssa laskee satoja. Märkyypden vaivaamalla pelloilla ongelmat voivat korostua kylmässä, jolloin haihdunta vähenee. Vasta lämpötilan noustessa merkittävästi satoerot supistuivat syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta. Kuvassa 37 on esitetty kuvan 36 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.

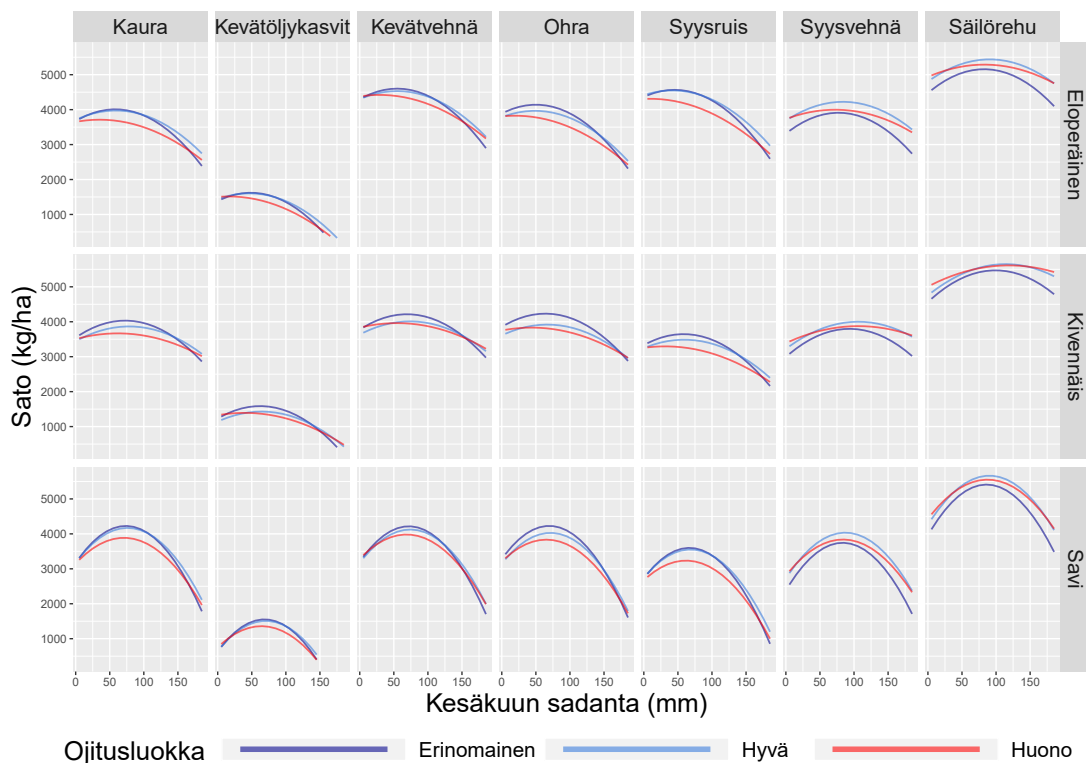
Kuvassa 38 on esitetty kesäkuun sadannan vaikutus satoihin. Sadannan vajuus ja liiallinen märkyys laskivat satoja kaikilla kasveilla ja supistivat ojitusluokkien välisiä satoeroja syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta. Kuivissa kasvuolosuhteissa kasvien ravinteiden hyväksikäyttö vaikeutuu ja äärimmäinen märkyys aiheuttaa ongelmia ojituksen toimivuudesta huolimatta. Sademäärän ääripään 180 mm kuukausisadanta tarkoittaa keskimäärin 6 mm päivittäistä sadetta, mikä aiheuttaa väistämättä ongelmia kaikille pelloille. Kuvassa 39 on kuvan 36 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.



Kuva 36. Sato vs. kesäkuun lämpötila muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvukohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän kesäkuun lämpötilan vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

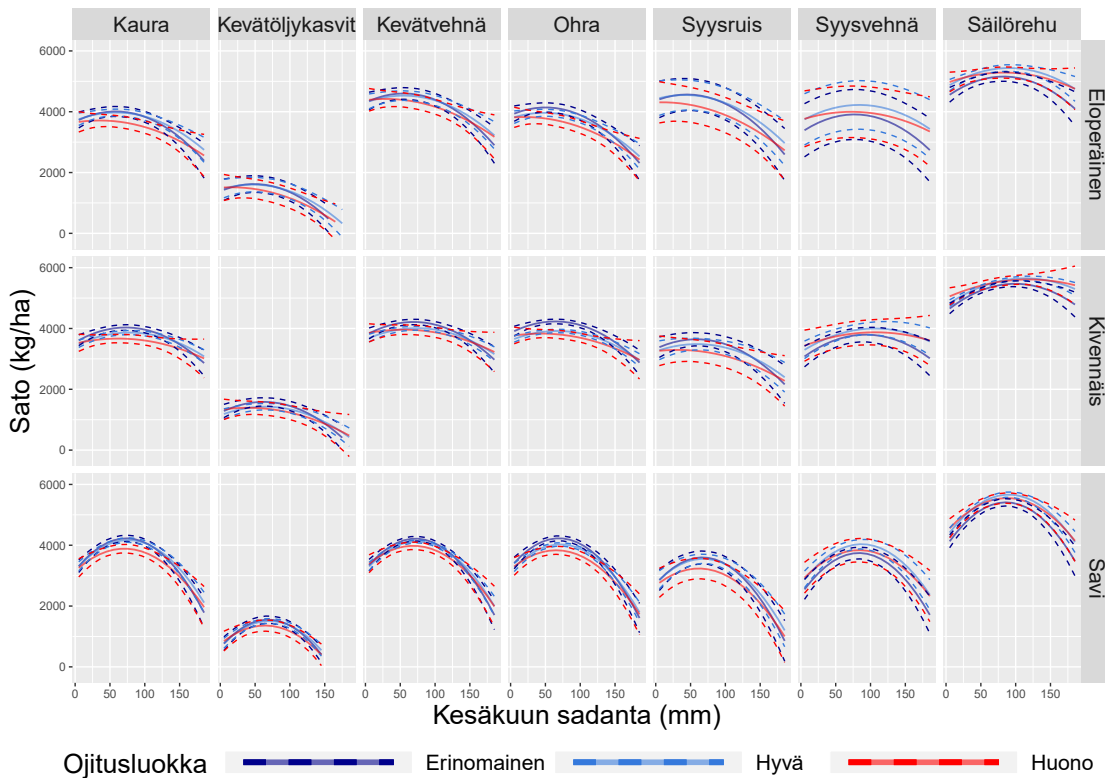


Kuva 37. Kuva 36 esitettynä 95 %:n luottamusväleillä.



Kuva 38. Sato vs. kesäkuun sadanta muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän kesäkuun sadannan vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

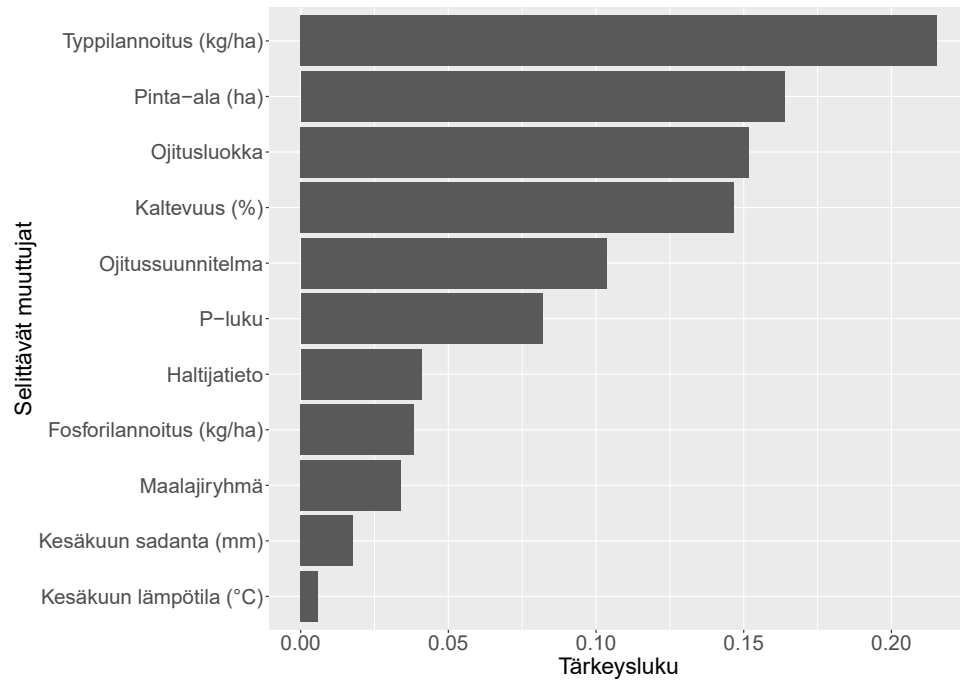
Syysvehnää ja säilörehua sekä sadannan ääripäitä lukuun ottamatta sadot olivat alimmat sateisuudesta riippumatta huonossa ojitusluokassa. Sateisuuden lisääntyessä huonon ojitusluokan sadot lähtivät yleisesti laskuun erinomaista ojitusluokkaa aiemmin. Tämä havaittiin myös aineiston kuvailevassa analyysiosiossa. Huonossa ojitusluokassa satotappiot realisoituivat nopeammin sateisuuden lisääntyessä.



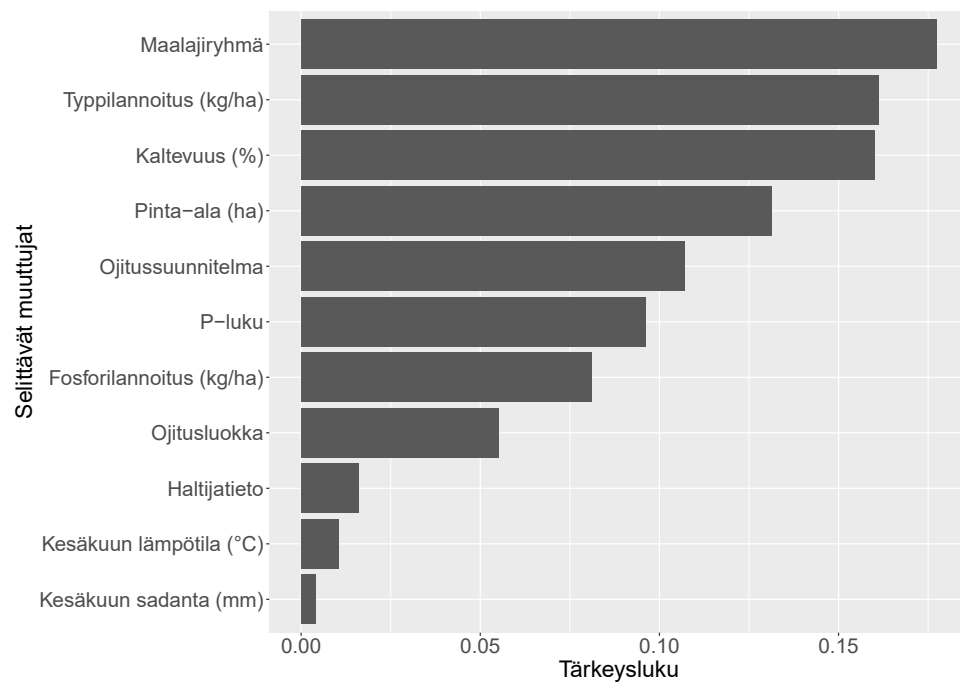
Kuva 39. Kuva 38 esitettynä 95 %:n luottamusväleillä.

Kuvassa 40 on esitetty eri selittäjien tärkeys sadon selitysasteesta ohralla. Tärkeys on laskettu valitsemalla parhaat selittäjät ja muodostamalla niistä pääselittäjien regressiomallit ilman interaktio- tai polynomitermejä. Vastaavaa lähestymistapa käytettiin typpi- ja fosforitaseille. Tärkein selittäjä oli typpilannoitus. Toiseksi tärkeimmäksi selittäjäksi nousi kasvulohkon pinta-ala. Kolmanneksi tärkein selittäjä sadon selitysasteessa ohralla oli ojitusluokka.

Kuvassa 41 on esitetty eri selittäjien tärkeys sadon selitysasteesta kauralla. Tärkein selittäjä oli maalaji ja toiseksi tärkein typpilannoitus.



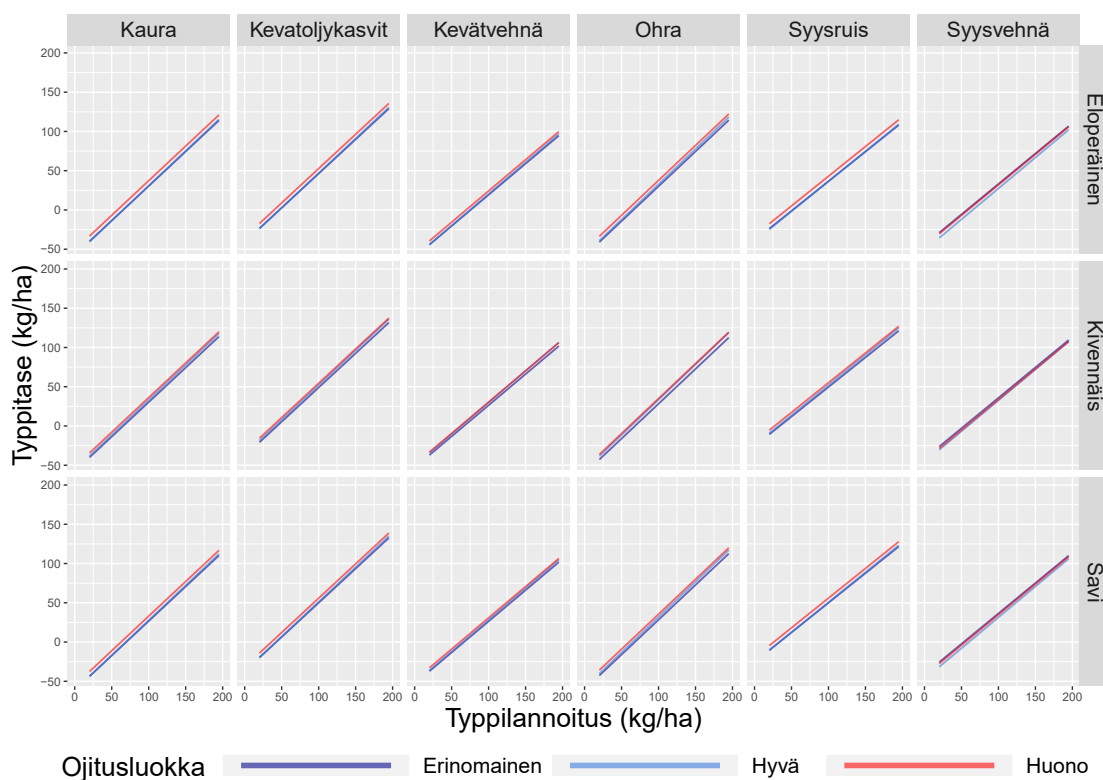
Kuva 40. Selittäjien tärkeys (osuus selitysasteesta R^2) ohrasadolla.



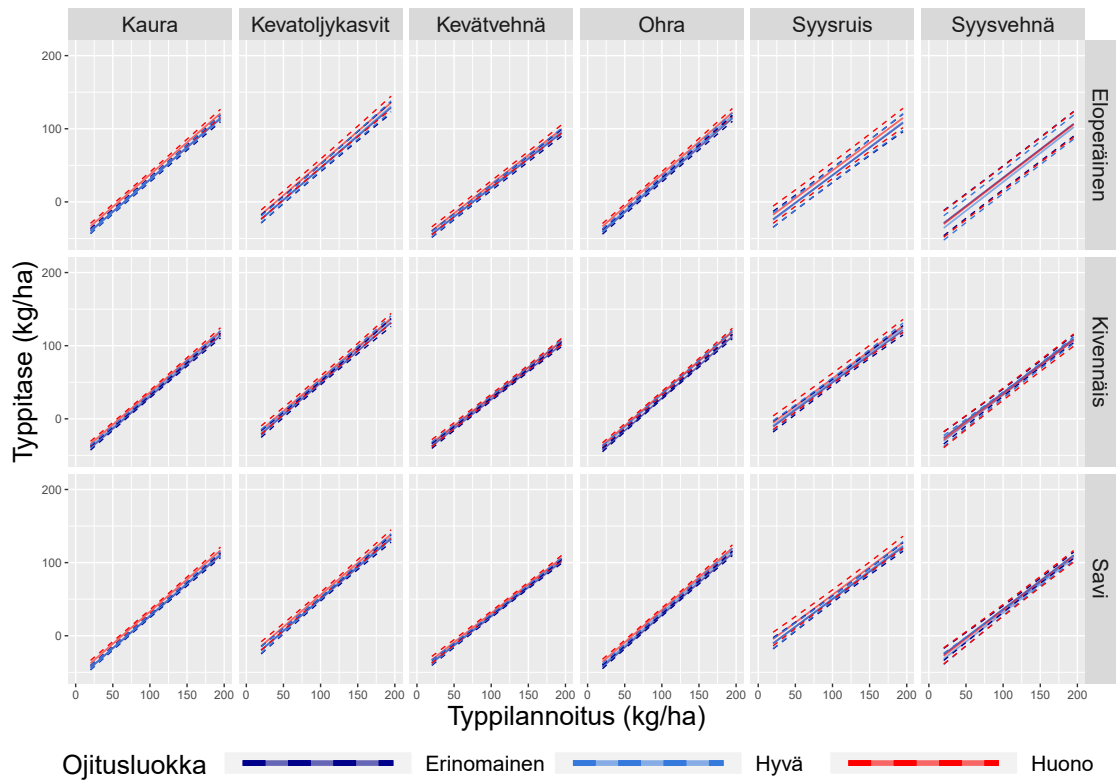
Kuva 41. Selittäjien tärkeys (osuus selitysasteesta R^2) kaurasadolla.

4.2 Typpitase

Kuvassa 42 on esitetty typpilannoituksen vaikutus typpitaseeseen. Typpilannoituksella oli suoraviivainen yhteys typpitaseeseen. Ojitusluokkien ja maalajien väliset erot jäivät pieniksi. Kuvassa 43 on esitetty kuvan 42 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.



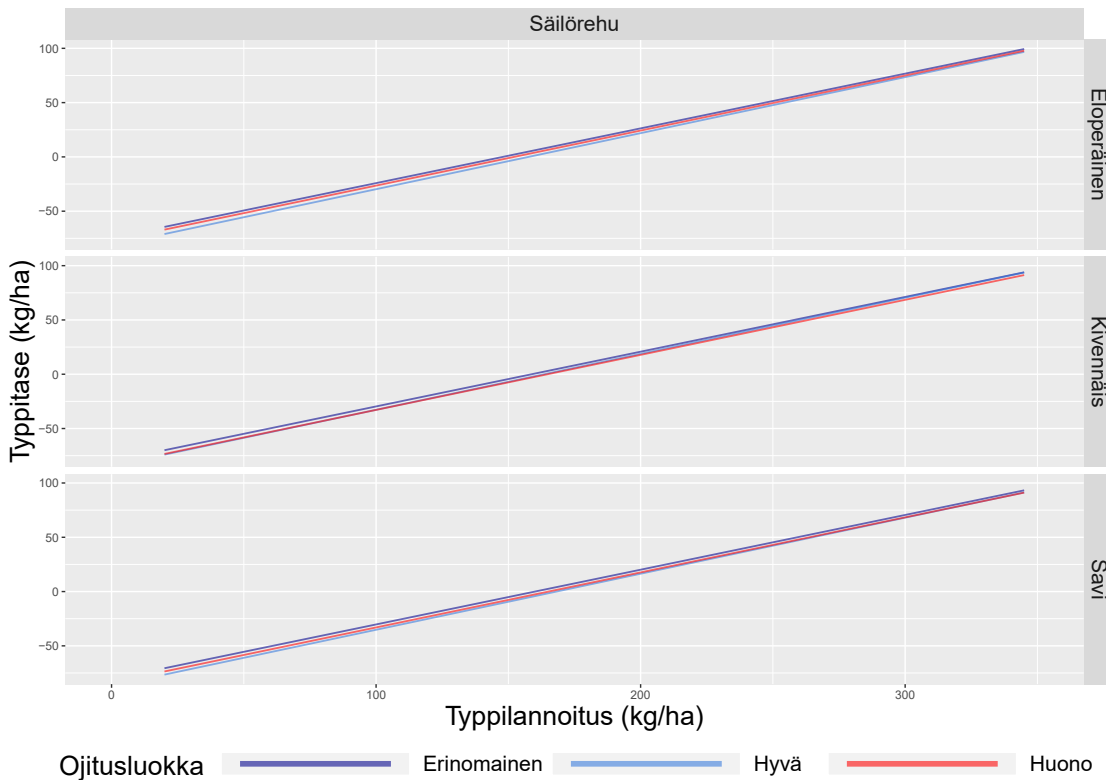
Kuva 42. Typpitase vs. typpilannoitus, muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 mg/l ja viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta typpitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.



Kuva 43. Kuva 1 esitettynä 95 %:n luottamusväleillä.

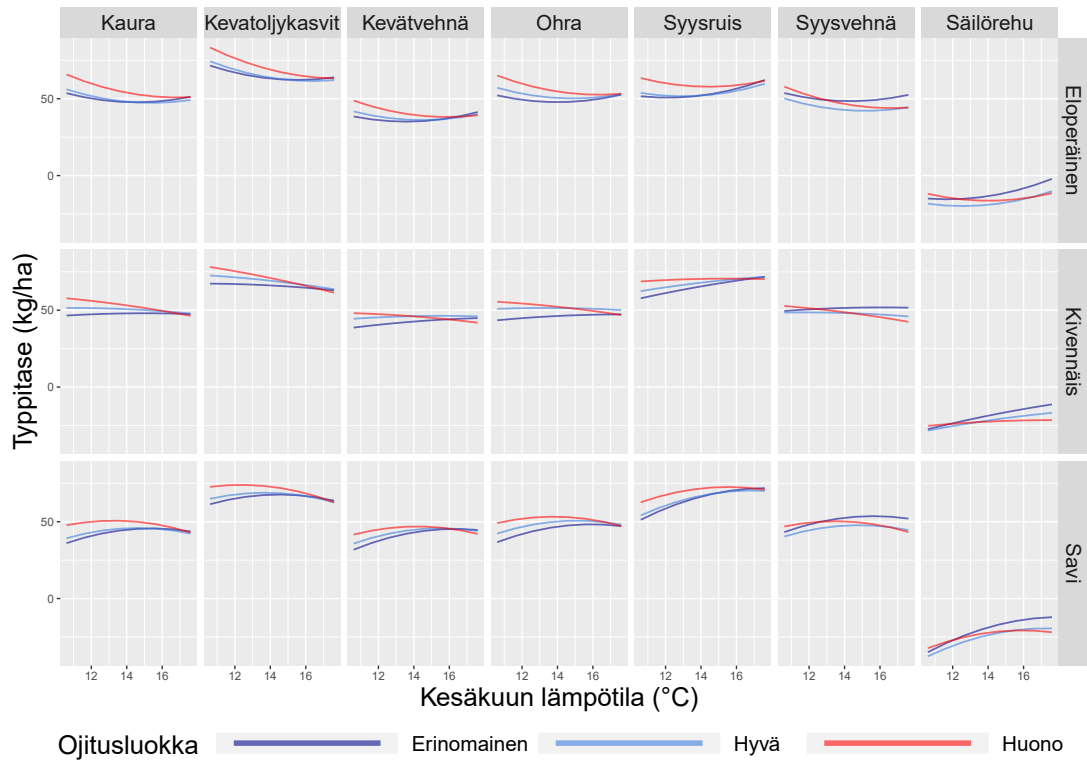
Kuvassa 44 on esitetty typpilannoituksen vaikutus typpitaseeseen säilörehulla. Säilörehulla typpilannoituksen vaikutus typpitaseeseen oli suoraviivainen, mutta viljoja ja kevätöljyasveja loivempi. Typpilannoituksen lisääminen säilörehulla nosti typpitasetta viljoja ja kevätöljyasveja vähemmän.

Kuvassa 45 on esitetty kesäkuun lämpötilan vaikutus typpitaseeseen. Kesäkuun lämpötilan vaikutus typpitaseeseen vaihteli kasveittain ja maalajeittain. Kaikilla maalajeilla typpitaseet olivat pääosin korkeimmat kesäkuun ollessa kylmä ja erityisesti huonossa ojitusluokassa. Kesäkuun lämpötilan noustessa typpitase-erot supistuivat kaikilla maalajeilla syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta. Kuvassa 46 on esitetty kuvan 45 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.

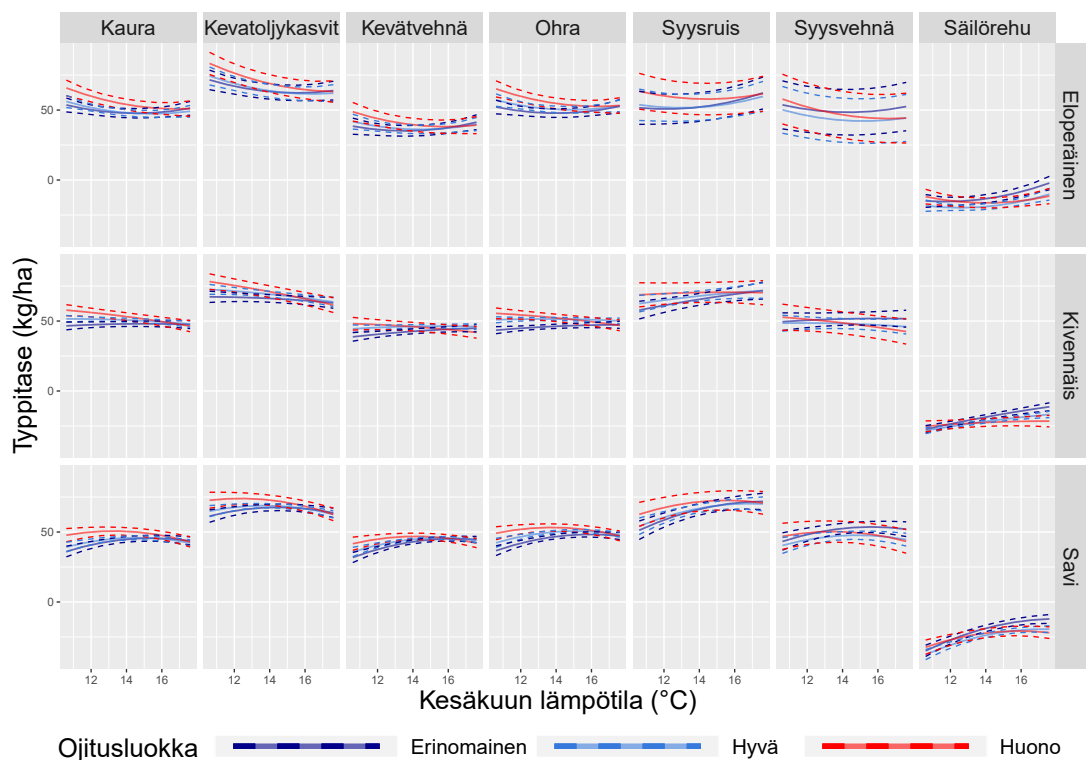


Kuva 44. Typpitase vs. typpilannoitus säilörehulla, muuttujien maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 mg/l ja viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän typpilannoituksen vaikutusta typpitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

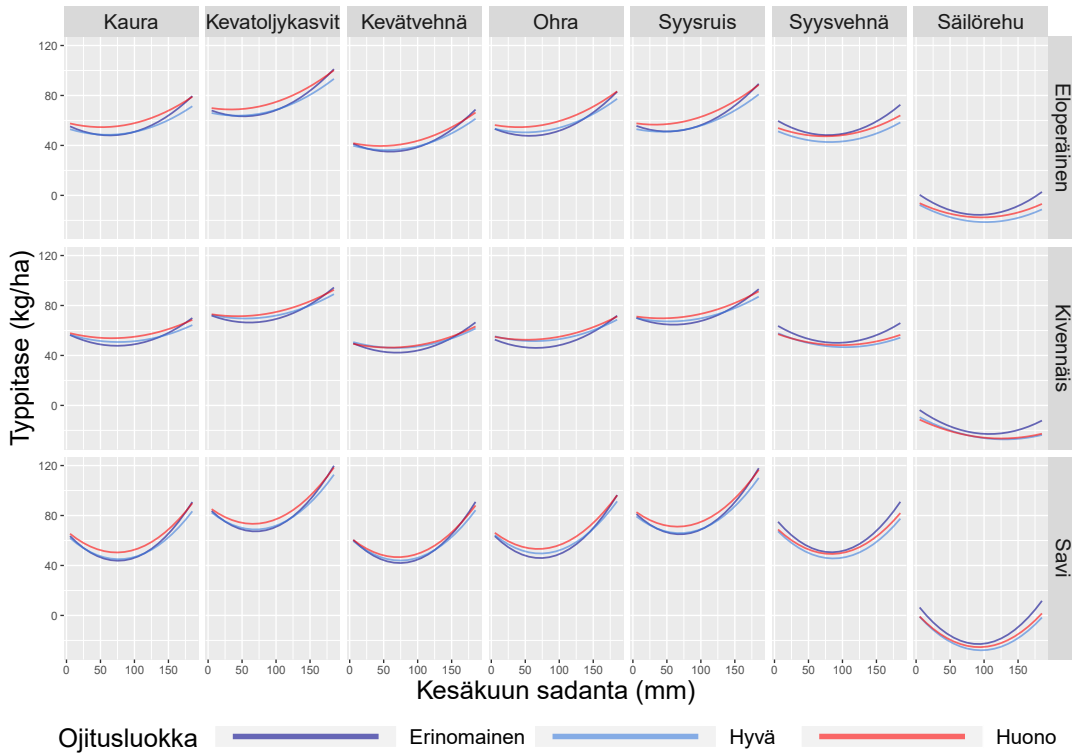
Kuvassa 47 on esitetty kesäkuun sadannan vaikutus typpitaseisiin. Sadannan vajuus ja liiallinen märkyys nostivat typpitaseita kaikilla kasveilla. Syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta typpitaseet olivat alimmat sateisuudesta riippumatta erinomaisessa ojitusluokassa. Eloperäisillä mailla ja karkeilla kivennäismailla sadannan vajuus ei kuitenkaan nostanut typpitaseita yhtä voimakkaasti kuin savimailla, mikä voi liittyä maalajien eroihin kuivuuden satovaikutuksissa. Kuvassa 48 on esitetty kuvan 47 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.



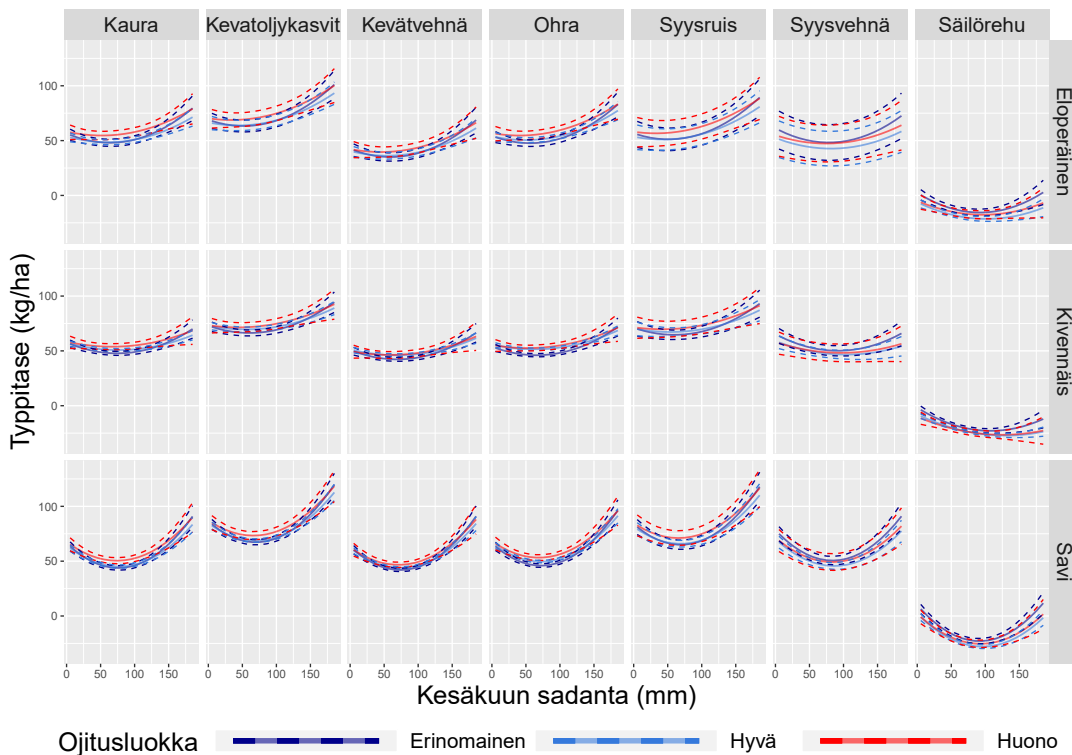
Kuva 45. Typpitase vs. kesäkuun lämpötila muuttujien kasviluokka (sarakeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän kesäkuun lämpötilan vaikutusta typpitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.



Kuva 46. Kuva 45 esitettyä 95 %:n luottamusväleillä.

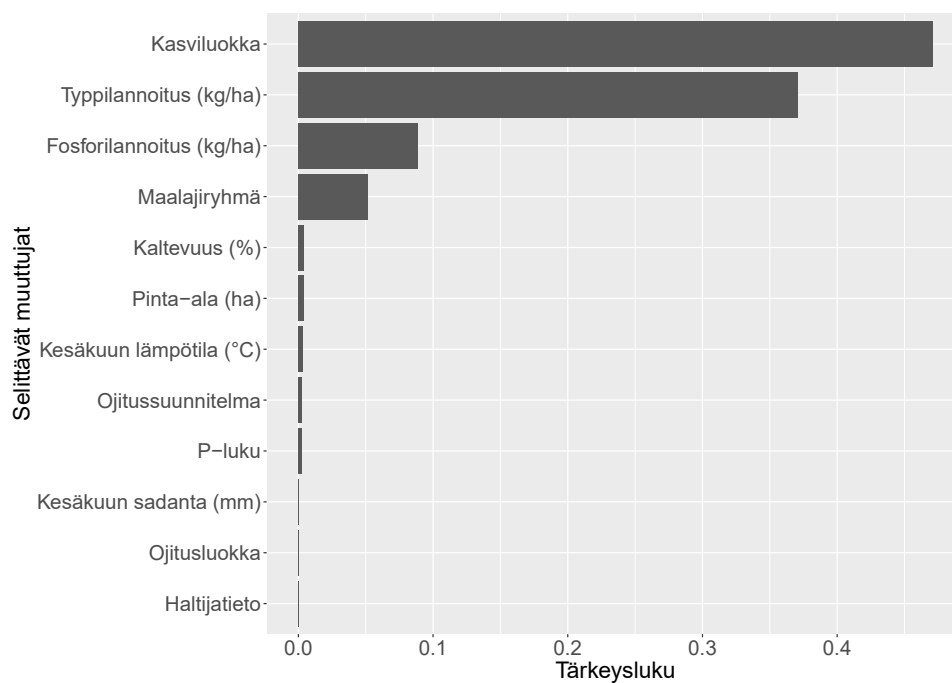


Kuva 47. Typpitase vs. kesäkuun sadanta muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4 mg/l. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän kesäkuun sadannan vaikutusta satoon tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.



Kuva 48. Kuva 47 esitetynä 95 %:n luottamusväleillä.

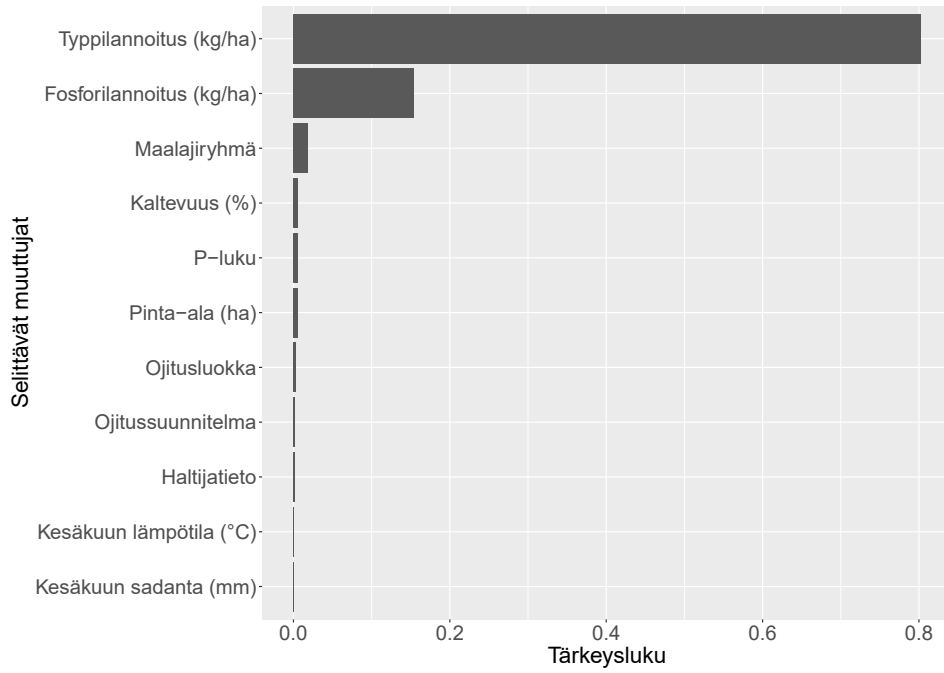
Kuvassa 49 on esitetty eri selittäjien tärkeys tyypitaseen selityksasteesta. Kaksi selvästi tärkeintä selittäjää olivat kasviluokka ja typpilannoitus. Fosforilannoitus ja maalaji selittivät edellisiä selvästi pienemmän osuuden. Muiden selittäjien merkitys jäi vähäiseksi.



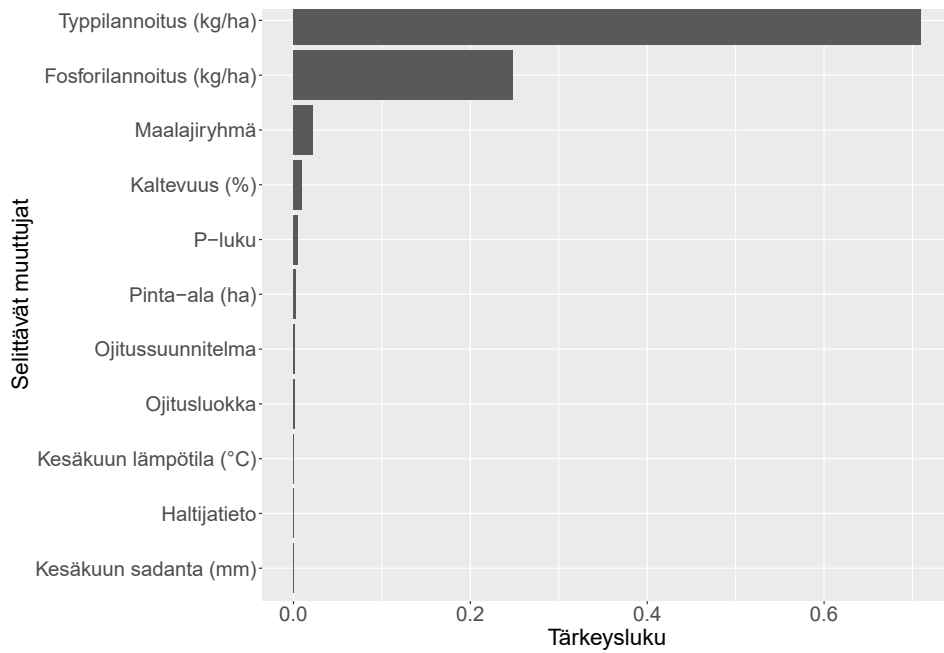
Kuva 49. Selittäjien tärkeys (osuus selityksasteesta R^2) kasvilohkojen tyypitaseella.

Kuvassa 50 on esitetty eri selittäjien tärkeys tyypitaseen selityksasteesta ohralla. Selvästi tärkein selittäjä oli typpilannoitus, joka yhdessä fosforilannoituksen kanssa kattoi selityksasteen lähes kokonaan. Muiden selittäjien merkitys jäi vähäiseksi.

Kuvassa 51 on esitetty eri selittäjien tärkeys tyypitaseen selityksasteesta kauralla. Tulokset vastaavat ohraa. Selvästi tärkein selittäjä oli typpilannoitus, joka yhdessä fosforilannoituksen kanssa kattoi selityksasteen lähes kokonaan. Muiden selittäjien merkitys jäi vähäiseksi.



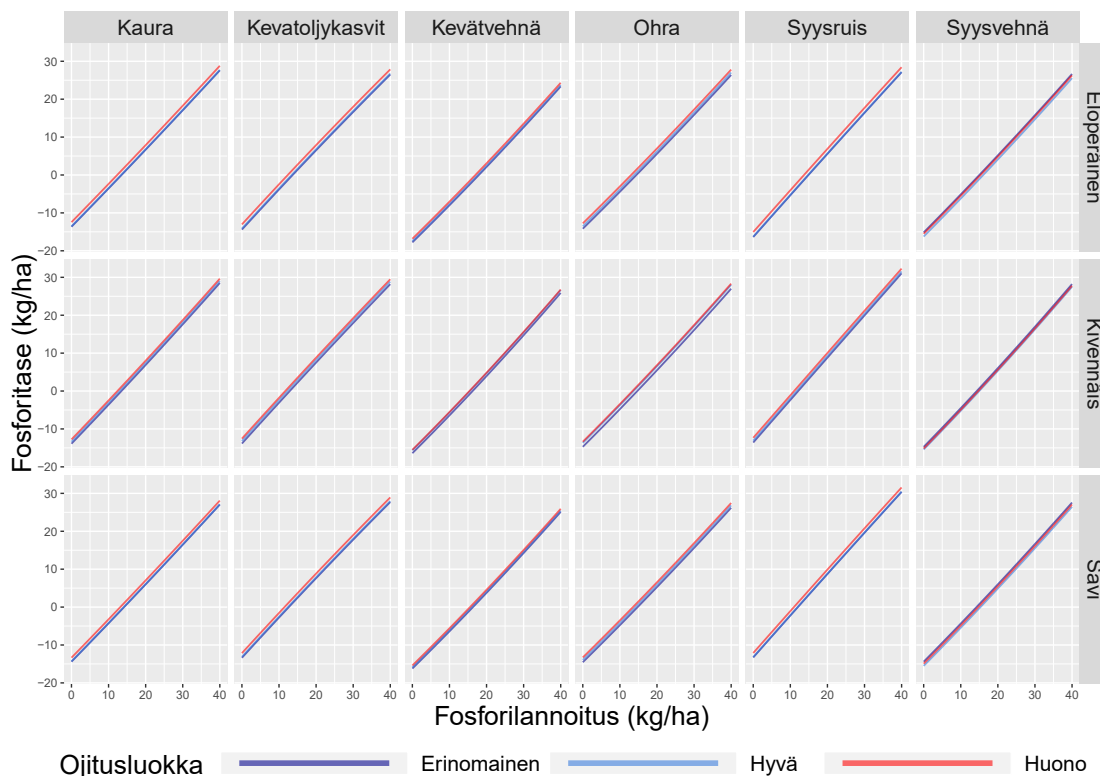
Kuva 50. Selittäjien tärkeys (osuus selitysasteesta R^2) ohran typpitaseella.



Kuva 51. Selittäjien tärkeys (osuus selitysasteesta R^2) kauran typpitaseella.

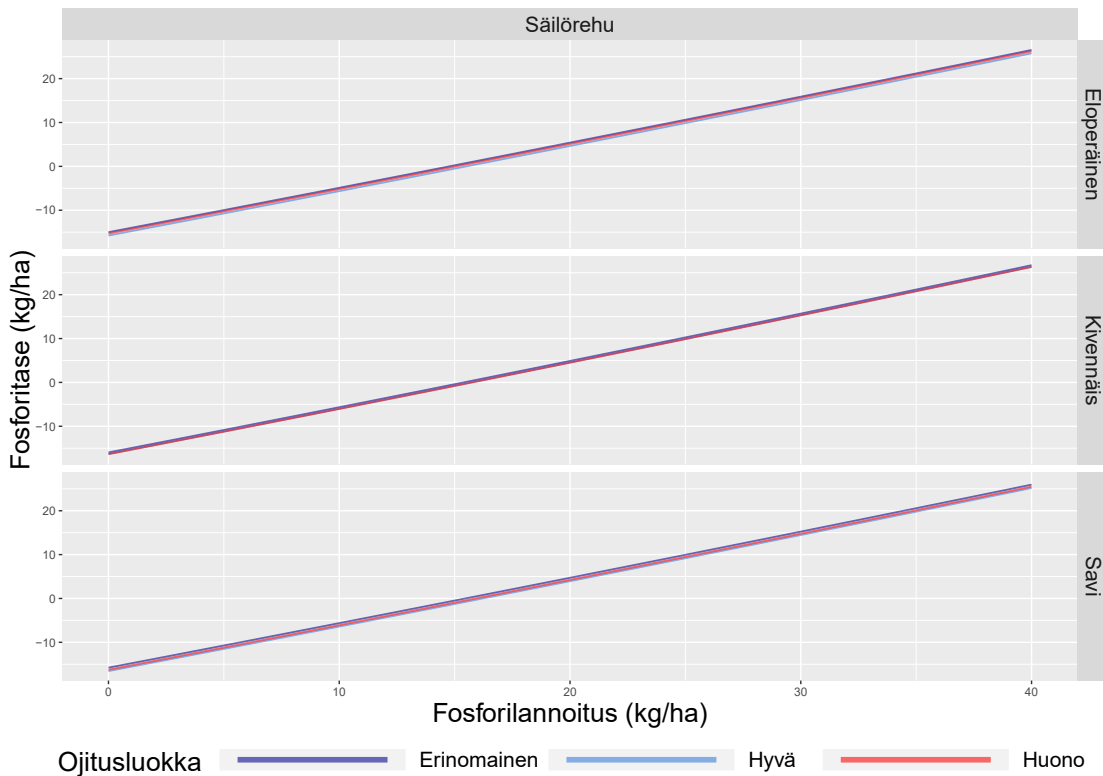
4.3 Fosforitase

Kuvassa 52 on esitetty fosforilannoituksen vaikutus fosforitaseeseen. Fosforilannoituksella oli suoraviivainen yhteys fosforitaseeseen. Säilörehua lukuun ottamatta huonossa ojitusluokassa fosforitaseet olivat kaikilla fosforilannoitustasoilla hieman hyvää ja erinomaista ojitusluokkaa korkeammat. Alimmat fosforitaseet saavutettiin pelloilla, joilla fosforilannoitusta ei käytetty. Kyseisellä pelloilla ei voida käyttää fosforilannoitusta korkean pellon fosforiluvun vuoksi, jolloin myös fosforitaseet jäivät alhaisiksi.



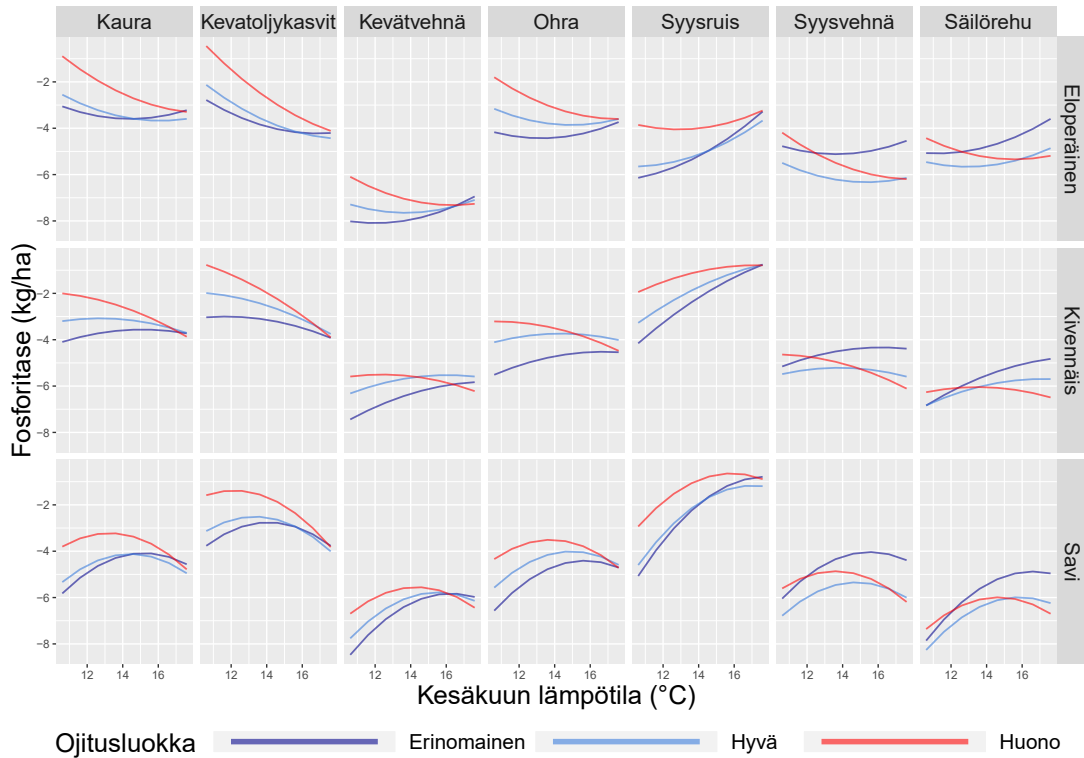
Kuva 52. Fosforitase vs. fosforilannoitus, muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 mg/l ja viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän fosforilannoituksen vaikutusta fosforitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin. Fosforilannoitukselle on määritetty pellon fosforilukuun perustuvat enimmäismäärät, jotka perustuvat ympäristökorvauksen sitoumusehtoihin (2015).

Kuvassa 53 on esitetty fosforilannoituksen vaikutus fosforitaseeseen säilörehulla. Fosforilannoituksella on suoraviivainen yhteys fosforitaseeseen. Maalajien ja ojitusluokkien välillä ei ole merkittäviä eroja. Myös säilörehulla alimmat fosforitaseet saavutetaan pelloilla, joilla fosforilannoitusta ei käytetä. Kyseisillä pelloilla ei voida käyttää fosforilannoitusta korkean pellon fosforiluvun vuoksi, jolloin myös fosforitaseet jäävät alhaisiksi.

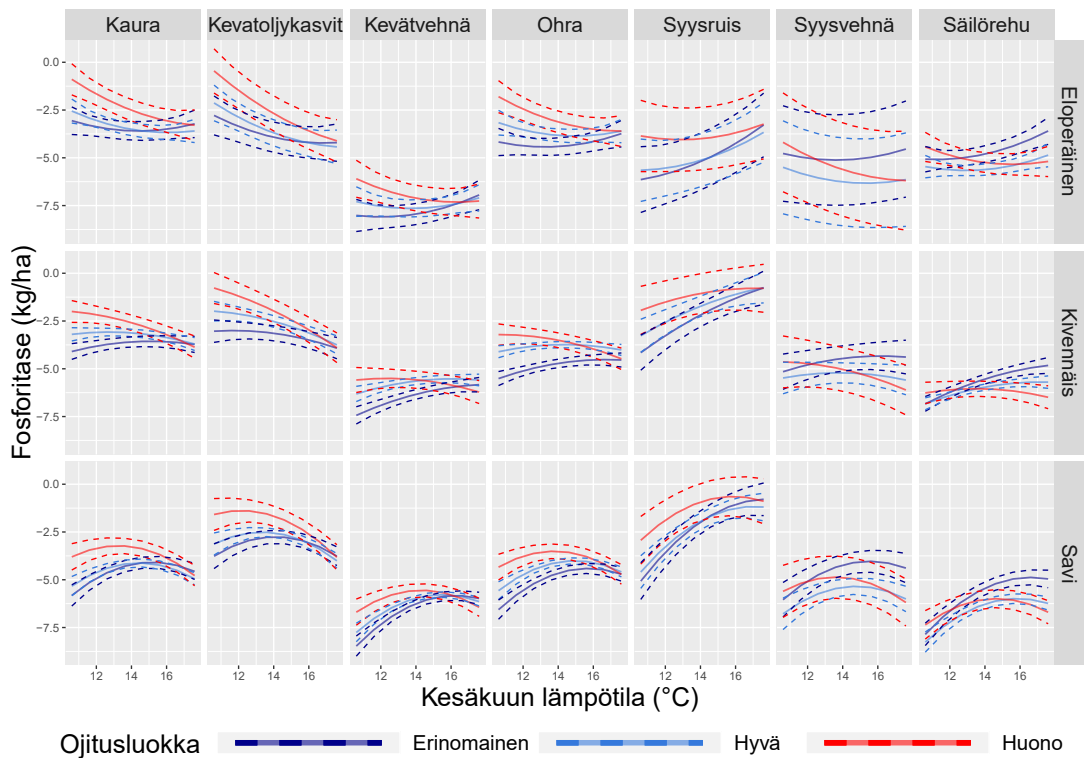


Kuva 53. Fosforitase vs. fosforilannoitus säilörehulla, muuttujien maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit) suhteen. Kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 %, pellon fosforiluku = 9,4 mg/l. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän fosforilannoituksen vaikutusta fosforitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin. Fosforilannoitukselle on määritetty pellon fosforilukuun perustuvat enimmäismäärät, jotka perustuvat ympäristökorvauksen sitomusehtoihin (2015).

Kuvassa 54 on esitetty kesäkuun lämpötilan vaikutus fosforitaseeseen. Kesäkuun lämpötilan vaikutus fosforitaseeseen vaihtelee kasveittain ja maalajeittain. Ojitusluokkien väliset erot ovat fosforitaseissa suurimmat kesäkuun lämpötilan ollessa alhainen syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta, jolloin huonon ojitusluokan fosforitaseet ovat alimmat. Kesäkuun lämpötilan noustessa ojitusluokkien väliset erot vastaavasti supistuvat. Fosforitaseista tulee kuitenkin huomata niiden yleisesti negatiivinen taso. Kuvassa 55 on kuvan 54 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.



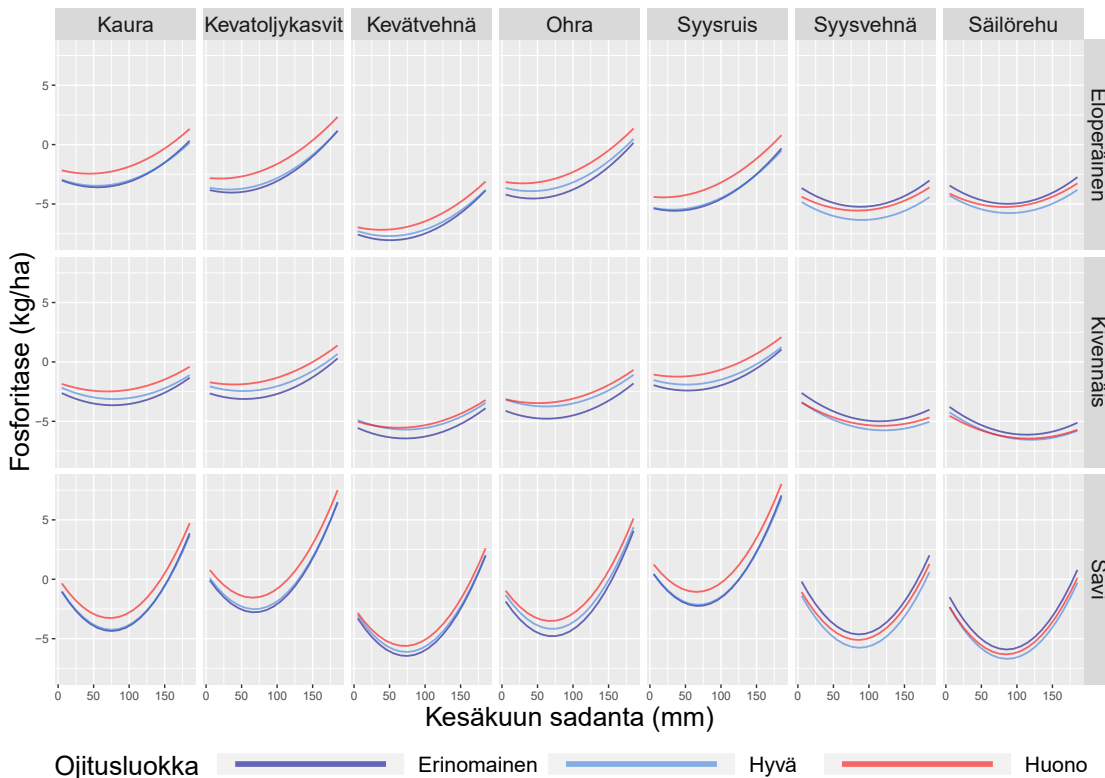
Kuva 54. Fosforitase vs. kesäkuun lämpötilä muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitussluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun sadanta = 65,2 mm, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4 mg/l. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitetut pellot. Pelkän kesäkuun lämpötilan vaikutusta fosforitaseeseen tarkasteltiin kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.



Kuva 55. Kuvio 54 esitetynä 95 %:n luottamusväleillä.

Kuvassa 56 on esitetty kesäkuun sadannan vaikutus typpitaseisiin. Sadannan lisääntymisen kasvatti fosforitaseita erityisesti eloperäisillä mailla, joilla sadannan vaje ei vastaavasti nostanut fosforitaseita merkittävästi syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta. Savimailla oikeiden kosteusolosuhteiden tärkeys näkyy siten, että liiallinen kuivuus ja märkyys nostivat fosforitaseita, mikä aiheutui satotappioista. Sen sijaan savimailla kesäkuun sateen ollessa lähellä keskimääräistä sadot nousivat korkeiksi ja fosforitaseet laskivat alhaiselle tasolle.

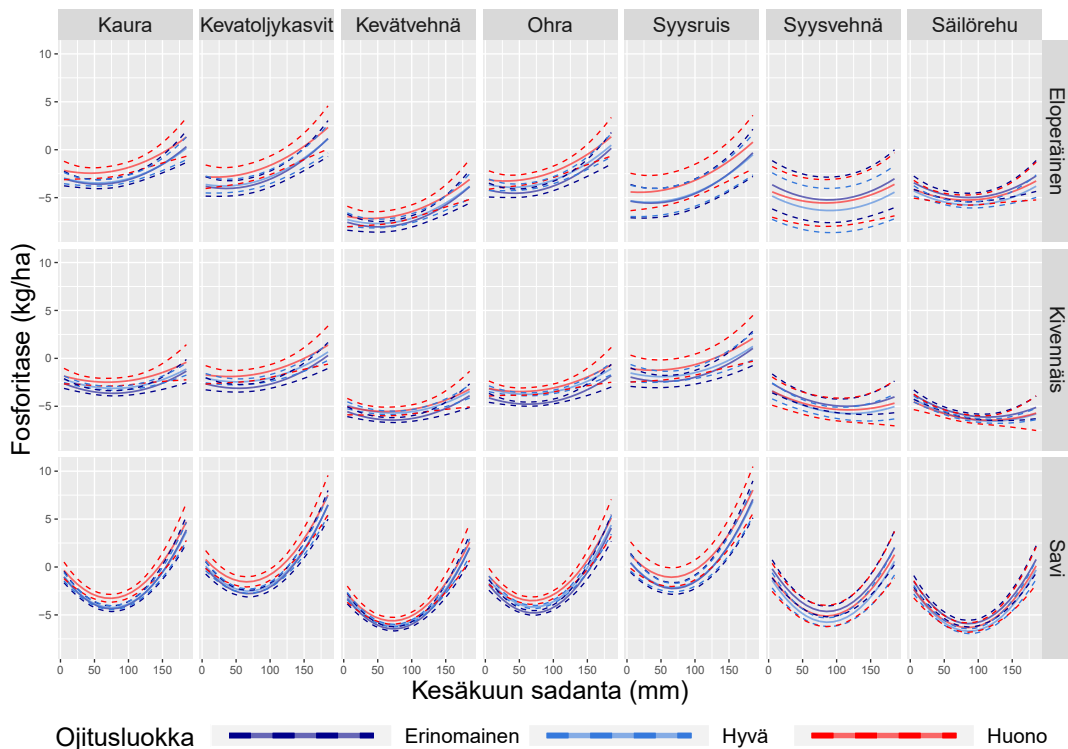
Ojitusluokittain tarkasteltuna fosforitaseet olivat korkeimmat huonossa ojitusluokassa sateisuudesta riippumatta syysvehnää ja säilörehua lukuun ottamatta.



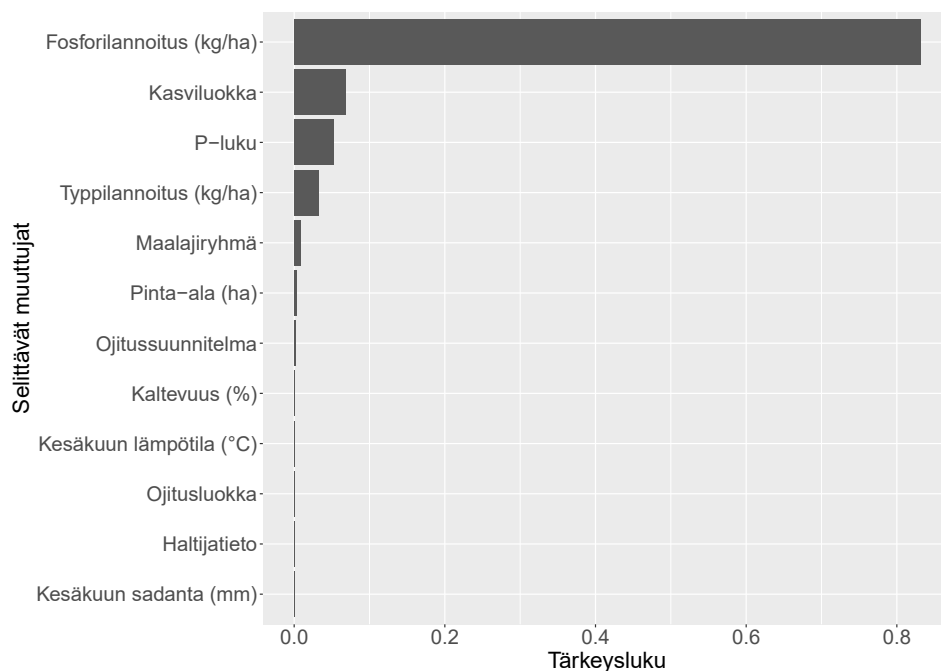
Kuva 56. Fosforitase vs. kesäkuun sadanta muuttujien kasviluokka (sarakkeet), maalajityyppi (rivit) ja ojitusluokka (värit). Typpilannoitus = 120,0 kg/ha, kesäkuun lämpötila = 13,6 °C, fosforilannoitus = 10,0 kg/ha, kasvulohkon pinta-ala = 2,44 ha, kaltevuus = 1,50 % ja pellon fosforiluku = 9,4 mg/l. Viljelijän omistuksessa olevat salaojitettut pellot. Pelkän kesäkuun sadannan vaikutusta fosforitaseeseen tarkastellaan kiinnittämällä muiden selittäjien arvot edellä mainittuihin aineiston keskiarvoihin.

Kuvassa 57 on esitetty kuvan 56 kuvaajat 95 %:n luottamusväleillä.

Kuvassa 58 on esitetty selittäjien osuus fosforitaseen selityksasteesta. Valtaosa siitä voitiin selittää annetulla fosforilannoituksella. Pienen osuuden selityksasteesta muodostivat kasvi-
luokka, pellon fosforiluku ja typpilannoitus.



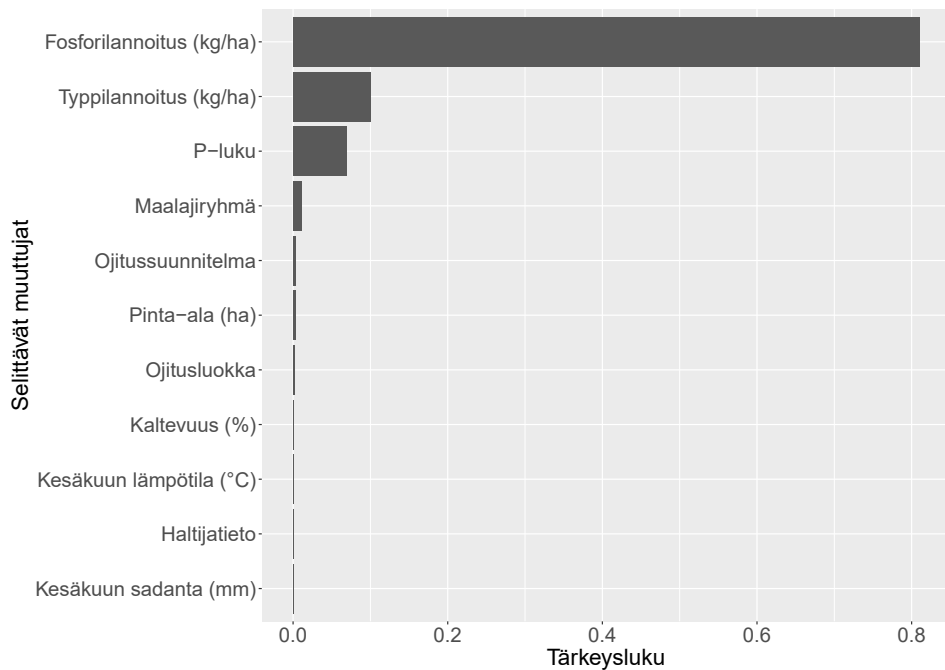
Kuva 57. Kuvio 56 esitettynä 95 %:n luottamusväleillä.



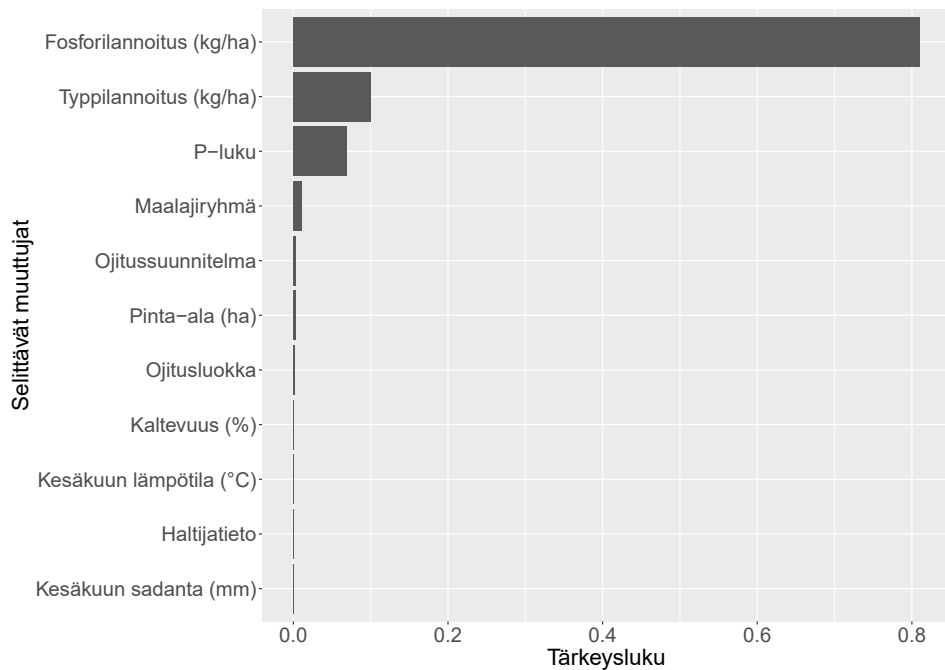
Kuva 58. Selittäjien tärkeys (osuus selityksasteesta R^2) kasviloikkojen fosforitaseella.

Kuvassa 59 on esitetty selittäjien osuus fosforitaseen selityksasteesta ohralla. Valtaosa siitä voitiin selittää annetulla fosforilannoituksella, mutta osa myös typpilannoituksella. Typpilannoituksen tasolla näytti siten olevan yhteyttä fosforitaseeseen.

Kuvassa 60 on esitetty selittäjien osuus fosforitaseen selityksasteesta kauralla. Valtaosa siitä voitiin selittää annetulla fosforilannoituksella, mutta typpilannoituksen osuus nousi ohraa korkeammaksi. Typpilannoituksen tasolla näytti siten olevan yhteyttä fosforitaseeseen myös kauralla.



Kuva 59. Selittäjien tärkeys (osuus selityksasteesta R^2) ohran fosforitaseella.



Kuva 60. Selittäjien tärkeys (osuus selityksasteesta R^2) kauran fosforitaseella.

4.4 Ojituksen toimivuuden merkitys suhteessa typpitaseiden viitearvoihin

Ojituksen toimivuuden merkitystä toteutuneissa ravinnetaseissa ja suhdetta mahdollisiin ravinnetaseiden viitearvoihin arvioitiin tarkastelemalla Hyötyä taseista -hankkeessa (Turtola ym. 2017) esitettyjä viitearvoja. Niiden asettamisen lähtökohtana oli huomioida toteutuneiden typpitaseiden jakaumien (2002–2014) lisäksi taloudelliset optimit ja huuhtoumariskit. Viitearvot asetettiin neljälle kasviryhmälle ja eloperäisille maille sekä kivennäismaille erikseen. Viitearvot esitettiin mahdollisina typpitaseiden enimmäisarvoina, joiden alle niiden tulisi jäädä. Viitearvot on asetettu liukoisen typen mukaan lasketuille typpitaseille, joissa lannasta annetusta tpeestä on huomioitu vain liukoinen typpi.

Ojituksen toimivuuden merkitystä suhteessa viitearvoihin tarkasteltiin tutkimusaineiston keskimääräisten typpitaseiden muutoksilla ojitusluokan parantuessa. Tutkimusaineiston ja viitearvojen typpitaseet eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia keskenään, sillä tutkimusaineistossa taseet on laskettu kokonaistypen ja viitearvoissa liukoisen typen mukaan. Erot kokonaistypen ja liukoisen typen taseissa saattavat olla merkittäviä kasvulohkoilla, joilla on käytetty lantaa. Mallinnustuloksista voidaan arvioida yleisellä tasolla typpitaseiden ennusteisiin vaikuttavien yksittäisten muuttujien merkitystä. Luvun 4 ennustekuvissa yksittäisten muuttujien vaikutusta typpitaseisiin havainnollistettiin vakioimalla muut tarkasteltavat muuttujat aineiston keskiarvoihin. Esimerkiksi typpilannoitus vakioitiin kaikilla kasveilla 120 kg/ha tasolle, jolloin kuvien tulkinnassa tulee typpitaseiden lukuarvojen sijaan kiinnittää huomiota niiden muutoksiin mm. sateisuuden muuttuessa.

Viitearvo kauralle ja ohralle: kivennäismaat 25 kg/ha ja eloperäiset maat 0 kg/ha

Kauran ja ohran toteutuneet typpitaseet tutkimusaineistossa olivat keskimäärin noin 30 kg/ha tasolla kaikissa ojitusluokissa. Kauralla ja ohralla typpilannoitusta säädettiin satopotentialin mukaan siten, että huonossa ojitusluokassa käytettiin vähemmän typpilannoitusta. Tämä tasoitti ojitusluokkien välisiä typpitase-eroja, vaikka sadot nousivat ojitusluokan parantuessa. Mallinnuksen ennusteissa ohralla ja kauralla kesäkuun liiallinen kuivuus ja märkyys nostivat typpitaseita selvästi erityisesti savimailla, mutta keskimääräisillä sademäärillä savimaiden typpitaseet laskivat selvästi. Alimmat typpitaseet saavutettiin lähes poikkeuksetta erinomaisessa ojitusluokassa ja korkeimmat huonossa ojitusluokassa. Eloperäiset maat hyötyivät kesäkuun keskilämpötilan noususta, mikä nosti satoja ja laski typpitaseita. Kylmä kesäkuu ja huono ojitus olivat huono yhdistelmä eloperäisillä mailla. Savimailla kylmä kesäkuu sen sijaan näytti laskevan typpitaseita (mahdollisesti voimakkaampi pensominen ja positiivinen vaikutus satoon) ja kuuma kesäkuu laski satoja. Kuitenkin myös savimaat, ojituksen ollessa huono, hyötyivät kesäkuun lämpötilan noususta tai sen merkitys jäi vähäiseksi.

Viitearvo kevätvehnälle: kivennäismaat 40 kg/ha ja eloperäiset maat 15 kg/ha

Kevätvehnällä tutkimusaineiston toteutuneet typpitaseet olivat huonossa ojitusluokassa keskimäärin 52,2 kg/ha, josta se laski arvoon 46,7 kg/ha erinomaisessa ojitusluokassa. Aineiston keskimääräiset kevätvehnän typpilannoitustasot olivat samat ojituksen kunnosta riippumatta. Erinomaisessa ojitusluokassa typpitaseen laskun taustalla oli korkeampi keskimääräinen

saavutettu satotaso. Mallinnuksen ennusteissa myös kevätvehnällä korostui kesäkuun sateisuuden vaikutus erityisesti savimailla. Lähellä keskimääräistä olevalla sademäärällä päästiin alhaiseen typpitaseeseen, mutta kuivuuden tai märkyyden lisääntyessä savimaiden typpitaseet nousivat selvästi. Alimmat typpitaseet saavutettiin lähes poikkeuksetta erinomaisessa ojitusluokassa ja korkeimmat huonossa ojitusluokassa. Myös kevätvehnällä kylmä kesäkuu laski savimaiden typpitaseita (mahdollisesti voimakkaampi pensominen ja parempi sato) ja kuuma kesäkuu laski satoja. Kuitenkin myös savimailla, ojituksen toimiessa huonosti, kesäkuun lämpötilan nousu ei laskenut typpitaseita. Erityisesti huonon ojitusluokan eloperäiset maat hyötyivät kesäkuun keskilämpötilan noususta, mikä nosti niiden satoja ja laski typpitaseita. Eloperäisillä mailla, ojituksen ollessa erinomainen, kesäkuun keskilämpötilalla ei sen sijaan ollut merkittävää vaikutusta kevätvehnäsatoihin ja typpitaseisiin. Jos ojitus toimii huonosti eloperäisillä mailla, sadontuottamiseen tarvitaan kesäkuun lämpöä. Jos ojitus on kunnossa, lämpötilan merkitys väheni selvästi.

Viitearvo rukiille, syysvehnälle ja kevättrypsille: kivennäismaat 65 kg/ha ja eloperäiset maat 40 kg/ha

Syysrukiilla tutkimusaineiston toteutuneet typpitaseet olivat huonossa ojitusluokassa keskimäärin 68,9 kg/ha, josta se laski arvoon 64,4 kg/ha erinomaisessa ojitusluokassa. Tähän vaikutti typpilannoituksen keskimääräinen vähentyminen huonossa ojitusluokassa, jossa myös sadot olivat alimmat. Syysvehnällä aineiston keskimääräiset typpitaseet olivat välillä 69,5–74,1 kg/ha. Tase oli korkein huonossa ojitusluokassa ja alin hyvässä ojitusluokassa. Kevätöljykasveilla keskimääräiset toteutuneet typpitaseet olivat noin 56 kg/ha tasolla kaikissa ojitusluokissa. Myös kevätöljykasveilla keskimääräiset sadot nousivat ojitusluokan parantuessa, mutta samalla myös typpilannoitusta kasvoi. Tämän vuoksi typpitaseet pysyivät samalla tasolla.

Myös syysviljoilla ja kevätöljykasveilla kesäkuun kuivuuden tai märkyyden lisääntyminen nostivat mallinnuksessa erityisesti savimaiden typpitaseita. Lähellä keskimääräistä olevalla sademäärällä typpitaseet laskivat savimailla selvästi. Alimmat typpitaseet saavutettiin syysrukiilla ja kevätöljykasveilla pääosin erinomaisessa ojitusluokassa. Kesäkuun lämpötilan nousu laski pääosin typpitaseita ojitusluokan ollessa huono myös savimailla.

Viitearvo säilörehunurmelle: kivennäismaat 60 kg/ha ja eloperäiset maat 35 kg/ha

Säilörehun tutkimusaineiston toteutuneet typpitaseet jäivät keskimäärin alhaisiksi kaikissa ojitusluokissa (3,6–12,8 kg/ha). Säilörehulla mallinnuksen typpitaseissa ojitusluokkien väliset erot jäivät pieniksi sadoissa ja typpitaseissa. Myös säilörehulla kesäkuun sadannan poikkeamat vaikuttivat satoihin ja typpitaseisiin eniten savimailla.

5 Salaojitusinvestoinnin kannattavuustarkastelu

Taulukossa 26 on esitetty salaojitusinvestoinnin kannattavuuslaskennan oletukset. Lisäsadon arvo laskettiin vuosien 2010–2019 keskimääräisen laatukorjatun tuottajahinnan mukaan ja säilörehu hintana oli 0,12 €/kg ka. Investointi toteutettiin täydennyssalaojituksena, jonka avulla pellon satotason oletettiin nousevan tutkimusaineiston huonon ojitusluokan keskimääräisestä tasosta erinomaisen ojitusluokan keskimääräiselle tasolle.

Taulukko 26. Salaojitusinvestoinnin kannattavuuslaskennan oletukset (alv 0).

	yksikkö/jakso	Lähde
Investointikustannus	1 750 €/ha	Salaojayhdistys, täydennyssalaojituksen kustannusarvio
Tuki 35 %	613 €/ha	MMM
Maksettava	1 138 €/ha	
Lannoitetyppi	0,81 €/kg	AgroCAN27, www.cemagro.fi (219 €/tn)
Laskentajakso	30 v	
Korkokanta	3 %	
Tuottajahinnat	2010–2019	Luke, Maataloustuotteiden tuottajahinnat

Kannattavuuden tunnuslukujen laskennassa tarkasteltiin lisäsadon arvoa ja sitä, miten sillä pystytään kattamaan tuella vähennetty viljelijän maksettavaksi jäävä investointikustannus. Taulukosta 27 nähdään täydennysojitusinvestoinnin kannattavuuden tunnuslukuja sekä tutkimusaineiston mukaiset tyypitaseiden keskimääräiset muutokset ojitusluokan muuttuessa huonosta erinomaiseen.

Taulukko 27. Täydennysojitusinvestoinnin kannattavuus viljoilla, kevätöljykasveilla ja säilörehulla hehtaaria kohti keskimääräisellä tuottajahinnalla.

	Tuottajahinta, €/tn tai €/tn ka	Lisäsato, kg/ha tai kg ka/ha	Tyypitaseen muutos, kg/ha	Nettonykyarvo, €	Sisäinen korkokanta, %	Takaisinmaksuaika, v
Kaura	152	400	29,8 → 31,1	-310	0,6 %	27
Kevätöljykasvit	382	178	56,5 → 56,0	-5	3,0 %	20
Kevätvehnä	170	286	52,2 → 46,7	-338	0,4 %	28
Ohra	158	552	31,1 → 28,5	132	3,9 %	18
Syysruis	184	627	68,9 → 64,4	652	7,1 %	12
Syysvehnä*	170	152	71,5 → 69,5	-712	-3,5 %	55
Säilörehu (ka)	120	457	3,6 → 12,8	-376	0,1 %	30

* syysvehnellä vertailussa huono ja hyvä ojitusluokka, joilla satoero aineistossa suurin

Nettonykyarvon ollessa nolla investointi oli kannattava 3 %:n tuottovaatimuksella. Yleisesti tarkasteltuna nettonykyarvot vaihtelivat paljon eri kasvien välillä, mikä aiheutui ojitusluokan parantumisen vaihtelevista satovaikutuksista eri kasveilla ja eroissa tuottajahinnoissa. Kevätöljykasveilla tuottajahinta oli viljoihin verrattuna korkea, jolloin kannattavuusvaatimus täyttyi lähes kokonaan 178 kg/ha lisäsadolla. Takaisinmaksuaajoista nähdään, että ne olivat kaikilla kasveilla pitkiä. Kevätöljykasveilla takaisinmaksuaika oli 20 vuotta.

Syysrukiilla ja ohralla huonon ja erinomaisen ojitusluokat keskimääräiset satoerot olivat tutkimusaineistossa suuret, mikä nosti investoinnin nettonykyarvot positiivisiksi. Sisäisellä korkokannalla mitattuna investoinnin tuotto oli syysrukiilla 7,1 % ja ohralla 3,9 %. Investoinnin takaisinmaksuaika oli syysrukiilla 12 vuotta ja ohralla 18 vuotta. Syysrukiilla ja ohralla täydennysojitus oli siten kannattava toimenpide käytetyillä laskentaoletuksilla. Tämän lisäksi typpitaseiden keskiarvot laskivat tutkimusaineistossa hieman siirryttäessä huonosta ojitusluokasta erinomaiseen. Tämä on tärkeää erityisesti syysrukiilla, jonka typpitase oli korkealla tasolla.

Kauralla, kevätvehnällä ja säilörehulla 3 %:n tuottovaatimus ei täytynyt ja sisäisen korkokannan mittarilla täydennyssalaojitusinvestoinnille saatiin tuottoa 0,1–0,6 %. Vastaavat takaisinmaksuajat olivat 27,28 ja 30 vuotta. Syysvehnällä ojitusluokkien väliset satoerot olivat aineistossa vähäiset, minkä vuoksi investoinnin kannattavuus jäi heikoksi. Tämä voi liittyä syysvehnähavaintojen alueelliseen jakautumisen suuriin eroihin ja vähäisiin havaintomääriin, jolloin tuloksiin tulee suhtautua varauksella.

Aineiston keskimääräiset kaurasadot kasvoivat ojitusluokan parantuessa, mutta samanlaisen typpilannoituksen kasvun yhteisvaikutuksesta typpitase nousi hieman. Näyttää siltä, että valittaessa kaura ojitukseltaan heikolle lohkolle, myös typpilannoitusta vähennettiin vastaamaan satopotentiaalia.

Kevätvehnällä typpilannoitusta käytettiin keskimäärin yhtä paljon ojituksen kunnosta riippumatta. Näyttää siltä, että valittaessa kevätvehnä ojitukseltaan heikolle lohkolle, typpilannoitusta ei muutettu vastaamaan lohkon satopotentiaalia. Vaikka kevätvehnällä täydennyssalaojitusinvestoinnin kannattavuustavoitteet eivät täytyneet, ojituksen toimivuuden parantaminen laski typpitasetta korkeamman satotason ansiosta ja myös ravinnehuhtoumariskiä. Tämä on tärkeää, sillä kevätvehnän typpitase oli kauraa ja ohraa selvästi korkeammalla tasolla. Ojituksen toimivuuden parantamisen lisäksi kevätvehnällä tulisi pyrkiä typpilannoituksen tarkentamiseen lohkohtaisten satopotentiaalisen suhteen.

Säilörehulla ojitusluokkien välillä oli satoeroja, mutta täydennysojitusinvestoinnin kannattavuus jäi alhaiseksi käyttämällä sadon arvioituna markkinahintana 120 €/tn ka. Säilörehulla keskimääräinen typpitase nousi siirryttäessä huonosta ojitusluokasta erinomaiseen ojitusluokkaan kasvaneen typpilannoituksen seurauksena. Säilörehulla typpitaseet jäivät kuitenkin tasoiltaan alhaisiksi.

Tuloksissa ei ole huomioitu sadon laatu muutoksia, jotka voivat vaikuttaa merkittävästi täydennysojitusinvestoinnin kannattavuuteen aiempaa korkeamman hinnan kautta. Taulukossa 26 esitetyt hinnat olivat kaikkien laatuluokkien keskiarvoja. Esimerkiksi ohralla pellon vesitalouden parantumisen myötä siirtymä mallasohrakelpoiseen laatuluokkaan tuotti lisäsadon ja aiempaa paremman hinnan kautta 4,8 %:n tuoton investoinnille ja takaisinmaksuajan lyhentymisen 16 vuoteen.

Taulukossa 28 on esitetty täydennysojitusinvestoinnin herkkyytarkastelu alhaisilla tuottajahinnoilla. Alhainen tuottajahinta on vuosina 2010–2019 tilastoitu alin laatukorjattu vuosikohtainen tuottajahinta. Säilörehun osalta alhaiseksi tuottajahinnaksi oletettiin 90 €/tn ka.

Täydennyssalaojitusinvestoinnin kannattavuus viljoilla, kevätöljykasveilla ja säilörehulla hehtaaria kohti alhaisilla tuottajahinnoilla. Lisäsadon arvon laskenta vuosien 2010–2019 alimman laatukorjatun vuosihinnan mukaan.

Taulukko 28. Täydennysojitusinvestoinnin herkkyytarkastelu alhaisilla tuottajahinnoilla.

	Tuottajahinta, €/tn tai €/tn ka	Lisäsato, kg/ha tai kg ka/ha	Nettonykyarvo, €	Sisäinen korkokanta, %	Takaisinmaksuaika, v
Kaura	116	400	-583	-2,0 %	41
Kevätöljykasvit	335	178	-163	1,8 %	23
Kevätvehnä	139	286	-507	-1,2 %	36
Ohra	117	552	-299	0,7 %	27
Syysruis	160	627	366	5,4 %	15
Syysvehnä*	139	152	-801	-4,9 %	71
Säilörehu (ka)	90	457	-637	-2,6 %	46

* syysvehnällä vertailussa huono ja hyvä ojitusluokka, joilla satoero aineistossa suurin

Syysrukiilla alimman tuottajahinnan poikkeama keskimääräisestä jäi pieneksi, jolloin investoinnin kannattavuusvaatimus täyttyi myös alimman hinnan skenaariossa. Tällöin investoinnin nykyarvo oli 366 € ja sisäisen korkokannan mukainen tuotto investoinnille 5,4 %. Takaisinmaksuajaksi muodostui 15 vuotta. Muilla kasveilla alimman hinnan skenaariossa investoinnin nykyarvo oli negatiivinen. Positiivista tuottoa saadaan vain kevätöljykasveilla ja ohralla, joilla takaisinmaksuajat nousivat 23 ja 27 vuoteen.

Taulukossa 29 on esitetty täydennyssalaojitusinvestoinnin herkkyytarkastelu korkeilla tuottajahinnoilla. Korkea tuottajahinta on vuosina 2010–2019 tilastoitu korkein laatukorjattu vuosikohtainen tuottajahinta. Säilörehun osalta korkeaksi tuottajahinnaksi oletettiin 150 €/tn ka.

Taulukko 29. Täydennyssalaojitusinvestoinnin kannattavuus viljoilla, kevätöljykasveilla ja säilörehulla hehtaaria kohti korkeilla tuottajahinnoilla. Lisäsadon arvon laskenta vuosien 2010–2019 korkeimman laatukorjatun vuosihinnan mukaan.

	Tuottajahinta, €/tn tai €/tn ka	Lisäsato, kg/ha tai kg ka/ha	Nettonykyarvo, €	Sisäinen korkokanta, %	Takaisinmaksuaika, v
Kaura	186	400	-46	2,7 %	20
Kevätöljykasvit	444	178	205	4,4 %	17
Kevätvehnä	203	286	-157	1,9 %	23
Ohra	193	552	502	6,2 %	13
Syysruis	218	627	1055	9,3 %	10
Syysvehnä*	203	152	-615	-2,3 %	44
Säilörehu (ka)	150	457	-116	2,2 %	22

* syysvehnällä vertailussa huono ja hyvä ojitusluokka, joilla satoero aineistossa suurin

Tuottajahinnat vaikuttivat merkittävästi täydennyssalaojitusinvestoinnin kannattavuuteen. Korkeilla tuottajahinnoilla investointi oli kannattava kevätöljykasveilla, ohralla ja syysrukiilla, joilla täyttyi 3 %:n tuottovaatimus. Sisäisen korkokannan mukaiset tuotot investoinneille olivat kevätöljykasveilla 4,4 %, ohralla 6,2 % ja syysrukiilla 9,3 % ja vastaavat takaisinmaksuajat 17, 13 ja 10 vuotta. Myös kauralla päästiin lähelle 3 %:n tuottovaatimusta ja säilörehulla 2,2 %: in. Sen sijaan syysvehnällä aineiston vähäisten ojitusluokkien välisten erojen vuoksi investoinnin kannattavuus jäi heikoksi myös korkealla tuottajahinnalla.

Taulukossa 30 on esitetty keskimääräiset satoerot huonon ja erinomaisen ojitusluokan välillä kesäkuun sateisuuden mukaan jaoteltuna kauralla, kevätvehnällä ja ohralla. Satoeroja käytettiin sateisuuden vaikutusten tarkasteluun täydennysojitusinvestoinnin kannattavuustarkastelussa. Sateisuuden luokitteluperusteet on esitetty taulukossa 25.

Taulukko 30. Satoero (kg/ha) kauralla, kevätvehnällä ja ohralla huonon ja erinomaisen ojitusluokan pelloilla (erinomaisen ojitusluokan sato – huonon ojitusluokan sato). Luokittelu tehty kesäkuun sadannan perusteella.

Satoero, kg/ha (erinomainen–huono)	Kaikki vuodet	Erittäin märkä kesäkuu	Märkä kesäkuu	Keskimääräinen kesäkuu	Kuiva kesäkuu
Kaura	400	464	608	311	420
Kevätvehnä	286	486	457	199	184
Ohra	552	751	531	532	413

Kauralla, kevätvehnällä ja ohralla ojitusluokkien väliset satoerot korostuivat kesäkuun sateisuuden lisääntyessä. Kesäkuun ollessa erittäin märkä erinomaisessa ojitusluokassa saatiin kevätvehnällä 486 kg/ha ja ohralla 751 kg/ha korkeampi sato. Kauralla satoero oli suurin kesäkuun ollessa märkä (608 kg/ha) ja toiseksi suurin kesäkuun ollessa erittäin märkä (464 kg/ha).

Taulukossa 31 on esitetty täydennyssalaojitusinvestoinnin sisäinen korkokanta eri kesäkuun märkyyssvaihtoehdoilla. Laskentaoletukset vastasivat taulukkoa 27, jossa käytetään 1 138 € investointikustannusta hehtaarille ja vuosien 2010–2019 keskimääräisiä laatukorjattuja tuottajahintoja.

Taulukko 31. Täydennysojitusinvestoinnin kannattavuus kevätiljoilla hehtaaria kohti keskimääräisellä tuottajahinnalla kesäkuun sateisuuden mukaan luokiteltuna.

	Kaikki vuodet	Erittäin märkä kesäkuu	Märkä kesäkuu	Normaali kesäkuu	Kuiva kesäkuu
Kaura	0,6 %	1,6 %	4,3 %	-1,3 %	1,2 %
Kevätvehnä	0,4 %	5,3 %	3,8 %	-1,9 %	-3,5 %
Ohra	3,9 %	6,8 %	3,7 %	3,3 %	2,0 %

Laskentajakson (30 v) kaikille vuosille oletettiin erittäin märkä, märkä, keskimääräinen tai kuiva kesäkuu. Ohralla ja kevätvehnällä kesäkuun sateisuuden lisääntyminen paransi täydennyssalaojitukselle saatua tuottoa (6,8 % ja 5,3 %). Kauralla paras tuotto (4,3 %) saatiin kesäkuun ollessa märkä.

Kaikki vuodet huomioiva laskentavaihtoehto on realistisin investoinnin kannattavuuden laskennassa, sillä se perustuu toteutuneisiin ja sateisuudeltaan vaihteleviin kasvukausiin. Märkyyden lisääntyminen kuitenkin kasvatti ojituksen toimivuuden tarvetta ja investoinnin kannattavuutta.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa haettiin vastauksia pellon perusparannusten ja erityisesti paikalliskuivatuksen toimivuuden merkityksestä yleisimpien viljelykasvien satoihin, ravinnetaseisiin ja ravinnehuuhtoumariskiin. Uutta tietoa tarvitaan, sillä pellon sadontuottokyvyn ylläpitäminen ja parantaminen ovat avainasemassa maatalouden alhaisen tuottavuuskehityksen suunnan kääntämisessä ja ravinnehuuhtoumariskien vähentämisessä. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on välttämätöntä yhdistää ne kokonaisuudeksi, jossa ympäristövaikutusten ohella huomioidaan paikalliskuivatuksen ongelmien merkitys ja korjaavien toimenpiteiden taloudelliset vaikutukset tilatasolla. Perusparannusinvestointien edistäminen on haasteellista maatalouden kannattavuuden jatkuessa edelleen heikkona, jolloin tarvittavia investointeja lykätään tulevaisuuteen. Ojitukset ovat myös pitkäkestoisia investointeja, joissa takaisinmaksuajat ovat parhaimmillaankin kolminkertaisia verrattuna tyyppillisiin 5 vuoden vuokrasopimuksiin. Tämä yhtälö ei kannusta vuokralaisia tekemään investointeja, koska sopimuksen jatko on aina epävarma.

Peruslohkojen paikalliskuivatuksen toimivuudesta saatiin tietoa uudesta Peltomaan laatutestistä, joka yhdistettiin käytännön peltolohkoaineistoon vuosilta 2002–2017. Peltomaan laatutestistä saatiin kattava otos (532 000 kpl) Suomen peruslohkoista ja tietoja niiden suurimmista ongelmista viljelijöiden itsensä arvioimina. Peltomaan laatutestin tulokset tukivat oletusta perusparannusten tilan heikentymisestä Suomessa. Suurimmat ongelmat olivat kalkitus, eloperäisen aineksen lisäys, ravinteiden puutos, pellon kuivuminen, kasvuston kunto ja ojitus. Suurimmat ongelmat liittyivät siten suoraan tai epäsuorasti kalkituksen puutteeseen tai ojituksen ongelmiin, jotka voivat heijastua pellolla kuivumisen ongelmina ja heikkona ravinteiden puutoksista kärsivänä kasvustona.

Viljelijöiden itsensä tunnistamat ongelmat koskettavat suurta peltoalaa koko Suomen tasolla. Vastausten perusteella voidaan arvioida, että Suomen pelloista 386 000 hehtaarilla on suuri kalkitustarve, viljelykiertoa tulisi selvästi parantaa 295 000 hehtaarilla ja eloperäisen aineksen lisäystä kasvattaa merkittävästi 272 000 hehtaarilla. Näiden lisäksi pellon kuivumista sekä ojituksen toimivuutta pitäisi kumpaakin parantaa huomattavasti 204 000 hehtaarilla. Näillä osa-alueilla huonojen arvioiden, joilla tarvitaan välittömästi korjaavia toimenpiteitä, osuudet olivat suurimmat. Edellisiin arvioihin päästiin yleistämällä prosenttiosuudet koko Suomen käytössä olevaan maatalousmaan pinta-alaan.

Vähiten ongelmia oli kivennäislannoituksessa, pellon muokkautuvuudessa, poutivuudessa, kasvitaudeissa ja maan biologisessa aktiivisuudessa. Kivennäislannoituksen yleinen ongelmattomuus voidaan tulkita ympäristökorvauksen ehtojen noudattamisena ilman merkittäviä haittoja lannoituksen toteuttamisessa. Peltojen muokkautuvuus ei tuottanut suurelle osalle ongelmia, vaikka peltojen tiivistyminen ja yksipuolinen viljelykierto voivat olla riskitekijöitä. Myös kasvitaudit pysyivät hallinnassa eikä maan biologisessa aktiivisuudessa ei nähty ongelmia.

Viljelijät olivat tyytyväisiä säätösalojitettuihin peltoihinsa. Niille annettiin Peltomaan laatutestissä lähes poikkeuksetta koko aineistoa parempia arvioita. Erityisesti kalkitus,

ojitus, kivennäislannoitus ja pellon kuivuminen arvioitiin koko aineistoa paremmiksi. Sää-
tösalaojitetut pellot näyttivät täyttävän hyvin viljelijöiden odotukset.

Lohkotietopankin kasvulohkohavainnoista vuosilta 2002–2017 painoutuivat erot kes-
kimääräisissä sadoissa, typpilannoituksessa ja typpitaseissa eri kasvien ja vuosien välillä.
Kauralla ja ohralla keskimääräiset typpitaseet olivat noin 30 kg/ha, mutta keväthehnällä
49 kg/ha ja kevätljykasveilla 55 kg/ha. Erityisesti syysviljoilla typpitaseet nousivat kor-
keiksi. Syysrukiilla typpitase oli 66 kg/ha ja syysvehnällä 71 kg/ha. Säilörehun typpitase
oli selvästi alin (10 kg/ha). Fosforilannoitusta annettiin viljoilla, kevätljykasveilla ja säi-
lörehulla 8,5–14,5 kg/ha ja fosforitaseet olivat pääosin negatiivisia.

Aineiston perusteella ongelmaksi nousivat runsaan typpilannoituksen syysviljat, joiden
typpitaseet nousivat korkeiksi. Sen sijaan kauran, ohran ja säilörehun typpitaseet jäivät
keskimäärin selvästi alemmiksi. Fosforilannoitus ei aiheuttanut merkittäviä ongelmia, sillä
ympäristökorvauksen ehtojen mukaan lannoitettaessa fosforitaseet olivat tärkkelysperunaa
lukuun ottamatta lähellä nolaa tai negatiivisia. Tämän vuoksi voidaan olettaa, että pitkällä
aikavälillä Lohkotietopankkiaineiston kasvulohkojen sadoilla ja lannoitustasoilla pellon
fosforiluvut laskevat. Tätä ei kuitenkaan voida yleistää suoraan koko maahan, sillä Lohko-
pankkiaineiston sadot ovat pääosin koko maata korkeampia eikä koko maan lannoitustietoja
ole käytettävissä.

Saadut sadot vaihtelivat jonkin verran omistus- ja vuokrapeltojen välillä. Omistuspelto-
jen sato oli viljoilla ja kevätljykasveilla 2–4 % vuokrapeltoja korkeampi, mutta säilörehulla
sato oli lähes sama. Typpi- ja fosforilannoitustasoissa ei kuitenkaan ollut merkittäviä eroja.
Osin ristiriitainen havainto oli kuitenkin vuokrapeltojen hieman alemmat pellon fosforilu-
vut verrattuna omistuspeltoihin kaikilla tarkastelluilla viljelykasveilla. Tämän perusteella
voidaan sanoa, että pienestä satoerosta huolimatta pelkkä hallintamuoto selitti heikosti eroja
sadoissa, lannoituksessa ja ravinnetaseissa.

Maalajeittain tarkasteltuna erot olivat selvästi suurempia. Eloperäisiltä mailta saatiin
muihin maalajeihin nähden usein samantasoisia satoja, mutta typpilannoitusta käytettiin
selvästi vähemmän. Tämän ansiosta typpitaseet olivat eloperäisillä mailla viljoilla ja kevä-
tljykasveilla selvästi muita maalajeja alempia. Säilörehulla ei sen sijaan ollut merkittäviä
eroja lannoituksessa, sadoissa ja typpitaseissa maalajien välillä, mutta typpitaseet jäivät
korkeimmillaankin vain 10,8 kiloon hehtaarilla. Fosforitaseet painuivat tärkkelysperunaa lu-
kuun ottamatta pääosin negatiivisiksi kaikilla maalajeilla käytetyillä fosforilannoitustasoilla.

Maalajien merkitys korostui typpitaseissa, mutta satoerojen kannalta merkittävimmät
erot tulivat esiin luokittelemalla havainnot ojituksen toimivuuden perusteella. Pelloilta,
joiden ojituksen toimivuus arvioitiin erinomaiseksi Peltomaan laatutestissä, saatiin vuosina
2002–2017 keskimäärin 12 % korkeampi kaurasato, 13 % korkeampi kevätljykasvisato,
7 % korkeampi keväthehnäsato, 16 % korkeampi ohrasato, 20 % korkeampi syysruissato
ja 9 % korkeampi säilörehusato verrattuna peltoihin, joilla ojituksen toimivuus arvioitiin
huonoksi. Ojitukseltaan erinomaisilla lohkoilla käytettiin myös hieman enemmän typpilannoitusta.
Viljoilla ja kevätljykasveilla ero oli korkeintaan 8 kg/ha, mutta säilörehulla ero oli
20 kg/ha. Viljelijät näyttivät siten sopeuttavan typpilannoitusta pellon sadontuottokykyyn.
Tämä näkyi erityisesti kauralla, mutta keväthehnällä käytettiin saman verran typpilannoitusta
kaikissa ojitusluokissa. Tämän vuoksi keväthehnän typpilannoitusta tulisi tarkentaa
aiempaa enemmän pellon satopotentiaalin mukaiseksi.

Erinomaisessa ojitusluokassa salaojitetun pellon osuus oli huonoa luokkaa korkeampi. Voidaan sanoa, että viljelijät kokivat salaojituksen vaikuttavan positiivisesti ojituksen toimivuuteen verrattuna avo-ojitukseen tai ojittamatta viljelyyn. Fosforilannoitus ei poikennut merkittävästi eri ojitusluokkien välillä, mutta pellon fosforiluvut kasvoivat tasaisesti ojitusluokan parantuessa. Typpitaseiden muutokset ojitusluokkien välillä vaihtelivat siten, että kauralla ja kevätöljykasveilla erinomaisessa ojitusluokassa (verrattuna huonoon luokkaan) muutokset olivat vähäisiä samanaikaisen kasvaneen typpilannoituksen vuoksi. Kevätvehnällä, ohralla ja syysrukiilla typpitaseet vastaavasti laskivat hieman. Säilörehulla typpitase nousi hieman, mikä aiheutui suuremmasta typpilannoituksen kasvusta. Säilörehulla typpitase jäi kuitenkin alhaiseksi.

Satoluokittaisesta tarkastelusta havaittiin, että huonoja satoja esiintyi usein pelloilla, joiden ojituksen toimivuus arvioitiin huonoksi. Korkeita satoja saatiin pääosin pelloilta, joiden ojitus oli kunnossa. Satoluokan parantuessa myös salaojitetun pellon osuus kasvoi ja vuokrapellon osuus laski. Kesäkuun sateisuuden lisääntyminen heikensi yleisesti viljasatoja huonossa ojitusluokassa jo siinä vaiheessa, kun kesäkuun sateisuus kääntyi keskimääräisestä märeksi. Sen sijaan erinomaisessa ojitusluokassa sadot lähtivät laskuun usein vasta kesäkuun muuttuessa erittäin märeksi. Huonossa ojitusluokassa satotappiot realisoituivat siten aikaisessa vaiheessa sateisuuden lisääntyessä ja niiltä saatiin pääosin alimmat sadot kesäkuun sateisuudesta riippumatta.

Ojitus oli merkitsevä selittäjä sadolle, typpitaseelle ja fosforitaseelle. Sen merkitsevyyttä tutkittiin lukuisilla tavoilla. Ojitus oli parhaiden koneoppimisperiaattein löydettyjen selittäjien joukossa. Ojitus oli merkitsevä selittäjä 3. tyypin varianssianalyysillä mitattuna kaikissa raportin parhaiden selittäjien pääefekteistä koostuvissa malleissa (kuvat 40–41, 49–51, 58–60). Ojitus oli myös merkitsevä kaikkien interaktioiden suhteen, pois lukien interaktio pinta-alan kanssa sato- ja typpitasemalleissa sekä interaktio kesäkuun sadannan polynomitermin kanssa fosforitasemalleissa. Nämä termit päätimme kuitenkin sisällyttää lopullisiin malleihin, koska tarkoituksemme oli ennustaa satoa, typpitasetta ja fosforitasetta samanaikaisesti. Tilastollisen merkitsevyyden lisäksi on myös tärkeää tarkastella ojituksen absoluuttista vaikutusta asiantuntija-arvioin.

Sadon, typpitaseen ja fosforitaseen mallinnuksessa havaittiin, että kevätöljykasveilla typpilannoituksen lisäämisen satovaste oli alin ja syysviljoilla ja kevätvehnällä korkein. Maalajien väliset erot jäivät pieniksi tarkasteltaessa typpilannoituksen vaikutusta satoon. Huonossa ojitusluokassa sadot olivat syysvehnää lukuun ottamatta alimmat. Myös säilörehu hyötyi typpilannoituksen lisäämisestä, mutta maalajin ja ojitusluokat erot jäivät pieniksi.

Fosforilannoituksen vaikutus satoon poikkesi typpilannoituksesta. Korkeimmat sadot saatiin fosforilannoituksen ollessa nolla. Pellot, joille fosforilannoitusta ei anneta, ovat fosforiluvultaan korkeita. Näille ei ole tarvetta eikä ympäristökorvauksen sitoumusehtojen mukaan mahdollista antaa fosforilannoitusta. Tämän perusteella voidaan sanoa, että korkeimmissa viljavuusluokissa voidaan saavuttaa korkeita satoja ilman fosforilannoitusta eikä ympäristökorvausehtojen noudattaminen aiheuta tässä suhteessa näkyviä satotappioita. Tämä on myös talouden kannalta positiivista, sillä lannoitus voidaan hoitaa seoslannoitteita edullisemmilla typpilannoitteilla. Korkeintaan 20 kg/ha fosforilannoitustasoilla toimittaessa ja käytettäessä pellon fosforilukuun ja ympäristökorvauksen lannoitusrajoihin perustuvaa fosforilannoitusta vaikutukset satoon olivat vähäiset. Sen sijaan tätä suuremmilla fosforilan-

noitustasoilla, joita käytetään esimerkiksi viljoilla pellon fosforiluvun lähestyessä huononlaista viljavuusluokkaa, sato kääntyi lievään laskuun. Tämä voi liittyä fosforilannoituksen riittävyteen sadonmuodostuksessa fosforiluvun heikentyessä huononlaiseen tai huonoon viljavuusluokkaan.

Huonossa ojitusluokassa sadot olivat pääosin heikoimmat kaikilla fosforilannoitustasoilla verrattuna erinomaiseen ojitusluokkaan. Maalajien väliset erot olivat melko pieniä, mutta kivennäismailla sato kääntyi hieman enemmän laskuun pellon fosforiluvun heikentyessä ja fosforilannoituksen kasvaessa. Tämä voi viitata lannoitefosforin riittämättömyyteen kivennäismailla alhaisilla pellon fosforiluvuilla ympäristökorvauksen ehtojen mukaan toimittaessa. Pellon fosforiluvulla oli selvä yhteys satotasoihin, jotka nousivat fosforiluvun kasvaessa.

Kesäkuun lämpötilan vaikutus näkyi selvimmin eloperäisillä mailla, joilla sato nousi lämpötilan noustessa. Savimailla sen sijaan kylmä kesäkuu ei laskenut satoja, mikä saattaa liittyä parempaan pensomiseen kylmissä olosuhteissa. Kylmä kesäkuu yhdistettynä huonoon ojitukseen laski satoja lähes kaikilla kasveilla. Kylmyys ja siihen usein liittyvä sateisuus korostavat ongelmia ojitusongelmista kärsivillä pelloilla. Lämpötilan noustessa merkittävästi satoerot tasoittuivat ojitusluokkien välillä.

Kesäkuun sadannan vaikutus näkyi sadoissa selvästi. Sateisuuden ääripäät tasoittivat satoeroja ojitusluokkien välillä. Kuivissa olosuhteissa kasvit eivät pysty ottamaan maasta ravinteita ja liiallinen sademäärä aiheuttaa ongelmia, vaikka ojitus toimisi erinomaisesti. Sadot olivat pääosin alimmat huonossa ojitusluokassa kesäkuun sateisuudesta riippumatta ja sadot lähtivät huonossa ojitusluokassa laskuun jo aiemmin sateisuuden lisääntyessä. Tämä havaittiin myös aineiston kuvailevassa analyysissä.

Typпитaseeseen vaikutti eniten annettu tyypilannoitus. Säilörehulla vaikutus oli kuitenkin viljoja ja kevätöljykasveja pienempi. Typpitaseet olivat pääosin korkeimmat kesäkuun ollessa kylmä ja huonossa ojitusluokassa. Kesäkuun sadannan vajeus ja liiallinen märkyys nostivat typpitaseita kaikilla kasveilla, mikä aiheutui ääripäiden aiheuttamista satotappioista. Typpitaseet olivat pääosin alimmat erinomaisessa ojitusluokassa. Eloperäisillä mailla sadannan vajeus ei nostanut typpitaseita yhtä voimakkaasti kuin savimailla. Eloperäisillä mailla kosteusolot saattavat riittää savimaita paremmin sadonmuodostukseen kuivina vuosina. Kesäkuun sadannan vajeuksen lisäksi liiallinen sadanta leikkasi merkittävästi savimaan satoja. Sen sijaan savimaiden korkea satopotentiaali toteutui kesäkuun sateisuuden ollessa lähellä keskimääräistä, jolloin myös typpitaseissa päästiin eloperäisten maiden tasolle.

Fosforilannoituksella oli suoraviivainen vaikutus fosforitaseeseen. Fosforitaseet olivat huonossa ojitusluokassa pääosin korkeimmat. Alimmat fosforitaseet saavutettiin pelloilla, joilla fosforilannoitusta ei käytetty korkean pellon fosforiluvun vuoksi. Fosforitaseet olivat korkeimmat huonossa ojitusluokassa ja kesäkuun ollessa kylmä. Kesäkuun lämpötilan noustessa fosforitaseiden erot ojitusluokkien välillä kuitenkin supistuivat. Fosforitaseista tulee kuitenkin huomata, että niiden arvot olivat pääosin negatiivisia. Savimailla oikealla kesäkuun sademäärällä oli tärkeä merkitys sadonmuodostuksessa, mikä näkyi myös fosforitaseissa. Liiallinen kuivuus ja märkyys nostivat selvästi fosforitaseita, mutta sateen ollessa lähellä keskimääräistä fosforitaseet laskivat selvästi.

Tutkimuksessa käytetty Lohkotietopankkiaineisto vuosilta 2002–2017 ei ollut täysin edustava otos koko Suomen kasvulohkoista. Lohkotietopankkiaineistossa aliedustettuina olivat kaura, ohra ja säilörehu verrattuna koko kasvulohkojen kasvijakaumaan. Yliedustettuina

olivat vastaavasti kevätöljykasvit, syysruis, syysvehnä ja erityisesti kevätvehnä. Lohkotie-topankkiaineiston havainnot painottuivat eteläiseen Suomeen, mikä vaikuttaa kasvilajijakaumaan. Myös aineiston hehtaarisadot poikkesivat saman jakson koko maan keskiarvoista.

Salaojituksen kannattavuutta tarkasteltiin täydennyssalaojitusinvestoinnilla. Vaikka oletetut lisäsadot vaihtelivat välillä 152–627 kg/ha, keskimääräisillä vuosien 2010–2019 tuottajahinnoilla laskettuna täydennysojitusinvestointi oli kannattava 3 %:n tuottovaatimuksella ohralla, syysrukiilla ja kevätöljykasveilla. Takaisinmaksuajat olivat kuitenkin pitkiä (18, 12 ja 20 vuotta). Tyypitaseen oletetut muutokset olivat positiivisia, sillä ne laskivat viljoilla ja kevätöljykasveilla typpilannoituksen lisääntymisestä huolimatta aiempaa korkeampien satojen vaikutuksesta. Taloudelliset kannusteet eivät siten olleet ristiriidassa typpitaseiden ja ravinnehuhtoumariskien vähentämisen kanssa.

Tämän tutkimuksen tuloksista hyötyvät viljelijät, politiikan suunnittelijat ja veronmaksajat. Veronmaksajien näkökulmasta maatalouden ympäristökorvausjärjestelmän tuotannonohjausta saadaan tehostettua ja tarkennettua. Käytännössä samoilla tukitasoilla voidaan saavuttaa aiempaa enemmän maataloustuotteita ja pienemmät ravinnepäästöt. Viljelijöiden näkökulmasta perusparannusten ja muuttuvien panosten käytön optimointi samanaikaisesti parantaa tilan taloutta. Poliitiikan suunnittelijoille tutkimuksen tulokset ovat tarpeellisia arvioitaessa ravinnetaseiden käyttökelpoisuutta maatalouden ympäristöpolitiikan toteutuksessa.

Viitteet

- Bishop, C.M. 2006. Pattern recognition and machine learning. Springer. 315, 520.
- Eurofins 2019. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Viitattu 10.2.2020. Saatavissa: https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2849228/viljavuustutkimusentulkinta_01022019.pdf
- Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. 2008. The elements of statistical learning: data mining, inference and prediction. Springer.
- Iho, A. 2010. Spatially optimized steady-state phosphorus policies in crop production. *Eur. Rev. Agric. Econ.* 37:187–208. doi:10.1093/erae/jbq009
- Lilja, H., Puustinen, M., Turtola, E., ja Hyväluoma, J. 2017. Suomen peltojen karttapohjainen eroosioluokitus: Valtakunnallisen kattavuuden saavuttaminen ja WMS-palvelu. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 42/2017. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 34 s.
- Luke 2019. Maa- ja puutarhayritysten maankäyttölajit. Luonnonvarakeskus. Viitattu 2.3.2020. Saatavissa: https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__02%20Rakenne__02%20Maatalous-%20ja%20puutarhayritysten%20rakenne/07_Maatalous_ja_puutarhayrit_maankayttolajit.px/table/tableViewLayout1/?rxid=5d019982-25a5-4712-a65b-58b445937685
- Luke 2020. SVT: Maataloustuotteiden tuottajahinnat. Luonnonvarakeskus. Viitattu 20.3.2020. Saatavissa: <http://stat.luke.fi/maataloustuotteiden-tuottajahinnat>
- Mitchell T.M. 1997. Machine learning. McGraw-Hill Science/Engineering/Match. 432 p.
- ProAgria 2019. Tuottopuntari. Viitattu 3.3.2019. Saatavissa: <https://www.webwisu.fi/tuottopehtori/index.php?rt=frontpage/index>
- Ruokavirasto 2020a. Peltomaan laatutesti. Viitattu 11.2.2020. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/ymparistokorvaus/peltomaan-laatutesti/>
- Ruokavirasto 2020b. Ympäristökorvauksen sitoumusehdot 2015. Viitattu 13.2.2020. Saatavissa: <https://ruokavirasto.mobiezone.fi/zine/82/pdf>
- Salo, T., Turtola, E. 2007. Nitrogen balance as an indicator of nitrogen leaching in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113 (2006) 98-107.
- Salo, T., Turtola, E., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Kuisma, P., Tuomisto, J., Muurinen, S., Turakainen, M. 2013. Nitrogen fertilizer rates, N balances, and related risk of N leaching in Finnish agriculture. *MTT Report* 102
- Tilastokeskus 2020. Maatalouden tuotantovälineiden ostohintaindeksi. Viitattu 28.10.2020. Saatavissa: http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__hin__ttohi/
- Turtola, E., Salo, T., Miettinen, A., Iho, A., Valkama, E., Rankinen, K., Virkajärvi, P., Tuomisto, J., Sipilä, A., Muurinen, S., Turakainen, M., Lemola, R., Jauhiainen, L., Uusitalo, R., Grönroos, J., Mylly, M., Heikkinen, J., Merilaita, S., Bernal, J. C., Savela, P., Kartio, M., Salopelto, J., Finer, A., Jaakkola, M. 2017. Hyötyä taseista -Ravinnetaseiden tulkinta ympäristön ja viljelyn hyödyksi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 15/2017. Luonnonvarakeskus. 70 s.
- 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. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 91:1–15. doi:10.1007/s10705-011-9434-4
- Vuorinen, J., Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeol. Publ.* 63. Agric. Res. Inst., Helsinki.

Liite

Liite I. Typpi- ja fosforitaseiden laskennassa käytettyjä taulukkoarvoja.

	Kuiva-aine-%	Valkuaispitoisuus	Fosforipitoisuus
Vehnä	11,52	1,84	0,39
Ohra	10,84	1,74	0,35
Kaura	11,18	1,79	0,34
Ruis	9,46	1,51	0,34
Rypsi	21,62	3,46	0,86
Rapsi	22,08	3,53	0,86
Peruna	2,09	0,33	0,04
	Valkuaispitoisuus	Typpipitoisuus	Fosforipitoisuus
Säilörehu. kg	4	0,64	0,07
Säilörehu. kg (paali)	4	0,64	0,07
Säilörehu. ry (paali)	18,92	3,03	0,33
Säilörehu. kg (esikuivattu)	5,6	0,9	0,1
Säilörehu. kg (esikuivattu. paali)	5,6	0,9	0,1
Säilörehu. ry (esikuivattu. paali)	20,5	3,29	0,37
Säilörehu. irto (kg ka)	16	2,56	0,29
Säilörehu. paali (kg ka)	16	2,56	0,29

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry

ISBN 978-952-5345-47-6