



RAPORTTEJA 171

MISTÄ JA MITEN TUNNISTAA MAAN HYVÄN KASVUKUNNON?

**HAVAINTOJA KAHDEKSALTA TILALTA VARSINAIS-
SUOMESTA, SATAKUNNASTA JA ETELÄ-POHJANMAALTA**

TUOMAS J. MATTILA JA JUKKA RAJALA



MISTÄ JA MITEN TUNNISTAA MAAN HYVÄN KASVUKUNNON?

HAVAINTOJA KAHDEKSALTA TILALTA
VARSINAIS-SUOMESTA, SATAKUNNASTA
JA ETELÄ-POHJANMAALTA

TUOMAS J. MATTILA JA JUKKA RAJALA



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

PRO
Agria



HELSINGIN YLIOPISTO
RURALIA-INSTITUUTTI

2017

**OSMO - Osaamista ja työkaluja resurssitehokkaaseen maan kasvukunnon hoitoon yhteistyöllä
-hanketta rahoittavat** Varsinais-Suomen ELY-keskus / Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelma
2014-2020 / Vesiensuojelun ja ravinteiden kierrätyksen erillisrahoitus, yritykset, viljelijät ja säätöt.

Julkaisija Helsingin yliopisto
Ruralia-instituutti
www.helsinki.fi/ruralia

Kampusranta 9 C
60320 SEINÄJOKI

Lönnrotinkatu 7
50100 MIKKELI

Sarja Raportteja 171

Kannen kuvat Jukka Rajala

ISBN 978-951-51-0452-6 (pdf)

ISSN 1796-0630 (pdf)

ESIPUHE

Maatalouden tärkeimmät resurssit ovat viljelijän osaaminen ja peltomaan kasvukunto. Maan kasvukunto vaikuttaa ratkaisevasti saavutettuihin satotasoihin ja edelleen käytettävien tuotantopanosten hyötysuhteisiin, viljelyn kannattavuuteen ja ympäristövaihteluihin. Peltomaa on monimutkainen järjestelmä, jonka kokonaisvaltainen hallinta vaatii uudenlaista osaamista sekä uusia työkaluja ja käytäntöjä. Viljelijöitä askarruttaa monen lohkon kohdalla, miksi tällä lohkoilla sato jää huomattavasti pienemmäksi kuin muilla lohkoilla.

Nyt julkaistava raportti on tuotettu osana *OSMO - Osaamista ja työkaluja resurssitehokkaaseen maan kasvukunnon hoitoon yhteistyöllä* -hanketta. Hankkeen tilatutkimusosiossa pyritään selvittämään monipuolisesti maan kasvukunnon tilaa kahdeksalla ongelmalohkolla Etelä-Pohjanmaalla, Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa. Verranteina käytetään hyväkasvuisia lohkoja.

Tarkoituksena on myös kehittää tilatasolle soveltuvia maan kasvukunnon analysointi- ja havainnointimenetelmiä sekä selvittää millä toimenpiteillä ongelmalohkojen kasvukuntoa voidaan parantaa. Nyt julkaistavaan raporttiin on koottu keskeiset tulokset tutkittavien lohkojen kasvukunnon alkuvaiheen tilasta ja kasvukunnon puutteista.

OSMO - Osaamista ja työkaluja resurssitehokkaaseen maan kasvukunnon hoitoon yhteistyöllä -hanketta toteuttavat Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti, ProAgria Etelä-Pohjanmaa ja ProAgria Länsi-Suomi.

Hanketta rahoittavat Varsinais-Suomen ELY-keskus Manner-Suomen maaseudun kehittämisohjelmasta 2014-2020, Vesiensuojelun ja ravinteiden kierrätyksen erillishoiduksella, Eurofins Viljavuuspalvelu Oy, Soilfood Oy, Tyynelän Maanparannus Oy, Ecolan Oy, viljelijät sekä Luomusäätiö ja Rikalan Säätiö. Kiitämme rahoittajia tämän työn mahdollistamisesta. Kiitämme kahdeksan koetilan isäntäväkeä lohkojen antamisesta tutkimuskäyttöön ja lohkojen hoitamisesta sekä neuvoja tutkimuksessa avustamisesta. Raportin taitosta ja ulkoasusta kiitämme graafinen suunnittelija Jaana Huhtalaa.

Mikkelissä kesäkuussa 2017

Tekijät

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	7
ABSTRACT	9
1 JOHDANTO	11
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	13
2.1 Kemiallinen viljavuus.....	13
2.2 Fysikaalinen viljavuus.....	13
2.3 Biologinen viljavuus.....	14
3 KOELOHKOJEN ESITTELY JA HAVAINNOT	15
3.1 Varsinais-Suomen lohkot	15
3.1.1 He	15
3.1.2 Hy	17
3.1.3 Ju.....	18
3.2 Satakunnan lohkot.....	20
3.2.1 Kä.....	20
3.2.2 Lu.....	21
3.3 Etelä-Pohjanmaan lohkot	22
3.3.1 Ha	22
3.3.2 Pa.....	23
3.3.3 Sa.....	24
4 YHTEENVETO LOHKOJEN TILASTA	26
4.1 Pääravinteet kasvukunnon kuvaajina	26
4.2 Hiilen ja typen kierto	27
4.3 Veden imeytyminen ja rakenne.....	30
5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ	31
6 LÄHDEVIITTEET	32
Liite 1. OSMO-koelohkojen tilan kartoitus eri analyysimenetelmillä syksyn 2015 maanäytteissä ja kesän 2016 havainnoissa.....	35

TIIVISTELMÄ

Maan kasvukunto (soil health) on uudenlainen tapa tarkastella maaperän toimintaa ja viljelyn vaikutuksia. Kasvukunnon määrittämiseen on kehitetty erilaisia menetelmiä, mutta miten ne vastaavat viljelijöiden kokemuksiin hyvä- ja heikkokasvuisista lohkoista? Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli testata erilaisia maan kasvukunnon ja laadun mitareita kahdeksalla tilalla Varsinais-Suomessa, Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla. Tilojen viljelijät olivat valinneet omilta tiloiltaan heikkokasvuisen lohkon ja sille hyväkasvuisen verrokin. Syksyn 2015 maanäytteiden ja kesän 2016 havaintojen perusteella pyrittiin tunnistamaan, miksi heikkokasvuinen lohko oli heikompi kuin sen parempikasvuinen verrokki. Käytetyt menetelmät mittaivat maan kasvukunnon eri osa-alueita: kemiallista, fysikaalista ja biologista viljavuutta. Kemiallista viljavuutta mi-

tattiin erilaisin viljavuusanalyysin, jotka pyrkivät määrittämään kasville käyttökelpoisten ravinteiden määrää. Fysikaalista viljavuutta tutkittiin mittaamalla maan tiiveyttä ja veden johtavuutta sekä arvioimalla maan rakennetta. Biologista viljavuutta arvioitiin seuraamalla joidenkin avainlajien määriä, määrittämällä mikrobiaktiivisuutta ja testaamalla maamurujen liettymiskestävyyttä. Tulosten perusteella ei voitu löytää mitään yksittäistä tekijää, joka selittäisi heikomman kasvukunnon kaikilla lohkoilla. Jokaisella heikkokasvuisella lohkolla vaikutti olevan oma ongelmajoukkonsa, joka oli sidoksissa lohkon ominaisuuksiin ja viljelyhistoriaan. Erilaiset maan rakenteen, tiiviyden ja heikon vedenläpäisyn ongelmat olivat kuitenkin yleisiä sekä hyvä- että heikkokasvuisilla lohkoilla.

ABSTRACT

HOW TO IDENTIFY GOOD SOIL HEALTH? OBSERVATIONS FROM EIGHT FARMS IN VARSINAIS-SUOMI, SATAKUNTA AND SOUTH-OSTROBOTHNIA

Soil health is a new way of describing soil functioning and the effects of agriculture on soil quality. Several indicators have been developed for measuring soil health, but how do they correspond to farmer experiences of fields with good and poor growth? The aim of this study was to test different indicators for soil health and quality on eight farms located in the western part of Finland. Voluntary farmers had chosen a problematic field from their farm and a well growing control field. Soil samples taken in autumn 2015 and soil observations done in summer 2016 were used to identify reasons for the difference in productivity between fields. The indicators measured different dimensions of soil health: chemical, physical and biological fertility. Chemi-

cal fertility was measured through soil tests which approximated plant available nutrients. Physical fertility was measured through soil compactness, water infiltration and visual evaluation of soil structure. Biological fertility was measured through monitoring abundance of some keystone species, microbial activity and testing for soil aggregate stability. Based on the results, no simple and general parameter was found, which could explain the differences in growth in all fields. Each field appeared to have its own set of problems, which were related to the basic properties of the soil and the farming history. However problems related to soil structure, compactness and poor water infiltration were very common in both poor and good fields.

1 JOHDANTO

Maan kasvukunto (*soil health*) on uusi termi, jolla kuvataan maan toimintaa kokonaisuutena. Kasvukunto liittyy läheisesti maan viljavuuteen (*soil fertility*), laatuun (*soil quality*) ja tuottokykyyn (*soil productivity*). Maan kasvukunnon on ajateltu kuvaavan maaperän kykyä reagoida viljelytoimiin siten, että maataloustuotanto ja ekosysteemipalveluiden tuottaminen voivat jatkua (Kibblewhite, Ritz, ja Swift 2008). Toisaalta maan terveyden ja laadun välillä on myös näkökulmaero: maan terveys (*soil health*) kuvaa maaperää ekosysteeminä ja maan laatu (*soil quality*) kuvaa maaperän kykyä tuottaa hyödyllisiä palveluita ihmiselle (Kibblewhite, Ritz, ja Swift 2008; Weil ja Brady 2016).

Maan kasvukuntoa on pyritty arvioimaan eri menetelmin. Yleisimmin käytössä on maaperän viljavuusanalyysi, joka mittaa maan kykyä vapauttaa ja varastoida ravinteita kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Tämän lisäksi myös maan fysikaaliset tekijät, multavuus ja biologinen aktiivisuus sekä monimuotoisuus ovat keskeisessä asemassa kasvukunnon määrittämisessä. Kasvukuntoa voidaan tarkastella eri ulottuvuuksien kautta. Eräs tapa tarkastella asiaa on katsoa maan biologista, kemiallista ja fysikaalista kasvukuntoa erikseen ikään kuin laadunvalvonnan näkökulmasta (Weil ja Brady 2016). Toinen tapa on tarkastella maaperää ekosysteeminä, ja tutkia sen prosessien toimintaa, ennen kaikkea hiilen kiertoa, ravinnekiertoa, rakenteen ylläpitoa sekä tautien ja tuholaisten säätelyä (Taulukko 1) (Kibblewhite, Ritz, ja Swift 2008). Jälkimmäinen tarkastelutapa kuvaa paremmin maaperää ekosysteeminä, jossa muutokset ovat dynaamisten prosessien yhteisvaikutuksia. Tästä huolimatta tämä raportti keskittyy tarkastelemaan maan kasvukuntoa sen osa-alueiden kautta, sillä osa-alueiden kautta johdettuja indikaattoreita on helpompi mitata. Toisaalta maan fysikaaliset ja kemialliset olosuhteet vaikuttavat eliöiden mahdollisuuksiin ylläpitää maaekosysteemiä, joten niiden seuraaminen on tärkeää myös ekosysteemilähtöisen tarkastelun kannalta.

Kasvukunnolla on merkittävä rooli maatalouden resurssitehokkuuden lisäämisessä. Puutteet kasvukunnossa vähentävät satoa ja heikentävät tuotantopanosten käytön tehokkuutta. Tutkimuksissa on havaittu sadon riippuvan esimerkiksi

Taulukko 1. Ekosysteemilähtöinen näkökulma maan kasvukuntoon (Kibblewhite, Ritz, ja Swift 2008).

Maaekosysteemin toiminta	Toiminnalliset eliöryhmät
Hiiliyhdisteiden muuntaminen	Hajottajat: sienet, bakteerit, mikrobeja ja kuollutta kasviainesta syövät eläimet ja alkueläimet.
Ravinteiden kierto	Ravinteiden muuntajat: hajottajat, alkuaineiden olomuodon muuttajat, typensitojat, sienijuuret
Maan rakenteen ylläpito	Ekosysteemi-insinöörit: lierot, maahan kaivautuvat selkärangattomat, suuremmat selkärangattomat (punkit, hyppyhäntäiset, jne.)
Eliöiden runsauden säätely	Biologiset torjujat: saalistajat, mikrobeja syövät eläimet, loisten loiset.

maan vedenläpäisykyvystä (Keller ym. 2012) sekä maan laatuindikaattorista, joka yhdisti tietoja maan multavuudesta, sähkönjohtavuudesta, hiili:typpi suhteista ja irtotiheydestä (de Paul Obade ja Lal 2016). Tutkimuksessa, jossa verrattiin viljelijöiden huonoina ja hyvinä pitämiä lohkoja todettiin, että multavuuteen liittyvät ominaisuudet (kokonaishiili, mikrobien hiili, sokerit, murukestävyys ja irtotiheys) poikkesivat eniten hyvien ja huonojen lohkojen välillä (Gruber ja Weil 2007). Sen sijaan perinteisen kemiallisen viljavuusanalyysin avulla mitattuja muuttujista lähinnä magnesiumin määrällä oli merkitystä, kaliumin, fosforin, pH:n, kalsiumin ja Ca:Mg suhteiden ollessa samankaltaisia hyvien ja huonojen lohkojen välillä (Gruber ja Weil 2007). Viljelijänäkökulmasta tarvitaan siis täydentäviä analyyskejä perinteiselle käyttökelpoisia ravinteita mittaaville menetelmille.

Maan laatua ja laajemmin kasvukuntoa mitattaessa haasteena on maaperän dynaamisuus. Maaperän ominaisuudet eivät pysy vakioina, vaan muuttuvat eri aikajäniteillä. Maan laadun seuraamisen kannalta olisi hyvä, jos seurantaindikaattorit reagoisivat muutoksiin viljelytoimissa, mutta eivät muuttuisi niin nopeasti, että mittaussajankohdalla olisi ratkaisevaa merkitystä (Weil ja Brady 2016). Murukestävyys, multavuus, aktiivinen hiili, mik-

robibiomassa ja mikrobien hengitys kuivauksen ja kastelun jälkeen on todettu hyväksi indikaattoreiksi muutosten seuraamiseen vuositason (Weil ja Brady 2016) (Taulukko 2). Indikaattorien luokittelu aikajänteen perusteella on tärkeää kasvukunnon hoidon kannalta, sillä luonteeltaan pysyvien ominaisuuksien muuttaminen on paljon vaikeampaa kuin hitaasti muuttuvien (siirtomaalla tai luiskaaamisella näitäkin voi muuttaa). Toisaalta jatkuvasti muuttuvien ominaisuuksien kautta vedetyt johtopäätökset ovat epävarmoja, sillä ne riippuvat suuresti mittaussoloista.

Kirjallisuuden perusteella nykyisin yleisessä käytössä olevat viljavuusanalyysimenetelmät eivät kuvaa viljelijöiden kokemusta maan tuottavuudesta tai kasvukunnosta (Gruver ja Weil 2007; de Paul Obade ja Lal 2016). Toisaalta menetelmät eivät myöskään kuvaa maaperän toimintaa ekosysteeminä tai maan terveyttä (Kibblewhite, Ritz, ja Swift 2008). Jotta maan kasvukunnosta saataisiin sel-

vempi kokonaiskuva, on haettava uusia menetelmiä ja indikaattoriyhdistelmiä, jotka kuvaisivat muutosta maan kasvukunnossa muuttuvien viljelykäytäntöjen seurauksena. Tässä raportissa kuvataan tutkimusta, jossa maan kasvukuntoa lähestytään ongelmalohkojen ja hyväkasvuisten lohkojen vertailun avulla. Vertaamalla hyvä- ja huonokasvuisten lohkojen ominaisuuksia pyritään löytämään kasvukunnon kannalta keskeisiä tekijöitä. Maaperästä mitattiin kemiallisia, fysikaalisia ja biologisia ominaisuuksia, joista osa kuvaa hitaasti muuttuvia tekijöitä ja osa luonnehtii enemmänkin maan pysyviä ominaisuuksia (irtotiheys, pinnanmuodot). Tutkimuksen jatkovaiheissa erilaisilla toimenpiteillä pyritään muuttamaan heikkokasvuisten lohkojen ominaisuuksia ja parantamaan niiden kasvukuntoa. Tämän raportin tarkoituksena on kuvata lohkojen lähtötilanne ja ongelmalohkoilla havaitut selvimmät puutteet.

Taulukko 2. Maan laadun indikaattorien aikajänteitä (Weil ja Brady 2016). Lihavoidut indikaattorit ovat tässä tutkimuksessa käytettyjä.

Jatkuvasti muuttuvia (päivien aikajänne)	Hitaasti muuttuvia (vuosien aikajänne)	Pysyviä (maannoksen tai paikan ominaisuus)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Vesipitoisuus ■ Maahengitys ■ pH ■ Epäorgaaninen typpi ■ Kasveille käyttökelpoinen K ■ Kasveille käyttökelpoinen P ■ Irtotiheys 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Murkestävyys ja murustuvuus ■ Mikrobibiomassa ■ 24 h maahengitys kastelun jälkeen ■ Mikrobien monimuotoisuus ■ Eläinten monimuotoisuus ■ Aktiivinen hiili ■ Multavuus 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Maakerroksen paksuus ■ Kaltevuus ■ Ilmasto ■ Kasvua haittaavat kerrokset ■ Maalaji ■ Kivisyys ■ Mineraalikoostumus

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Seuraavassa esitellään tutkimusmenetelmät pääpiirteittäin. Valitut menetelmät ovat sellaisia, että ne ovat viljelijöiden ja neuvojien tehtävissä ja eivät vie kohtuuttoman paljoa aikaa. Ajankäytöllä oli myös käytännön merkitystä tilakokeen kannalta, sillä lohkot olivat hajallaan Länsi-Suomessa. Jotta mittaukset saatiin kohtuudella tehtyä rajallisella työajalla, niiden oli oltava yksinkertaisia ja esimerkiksi näytteiden toistoista oli tingittävä. Toisaalta tutkimuksen ote oli esikokeenomainen, jossa haettiin suuresta muuttujajoukosta potentiaalisia ehdokkaita tarkempaan tutkimukseen. Esimerkiksi vedenjohtavuuden, maan rakenteen ja tiivistymisen suhteita olisi syytä tutkia tarkemmin erikseen. Tässä tyydyttiin hyvin yksinkertaisiin, viljelijän toteutettavissa oleviin havaintokokeisiin, mutta pyrittiin samalla kuitenkin hyvään toistettavuuteen ja tulosten tieteellisyteen.

2.1 KEMIALLINEN VILJAVUUS

Näytteet otettiin lohkoilta linjamenetelmällä kokoomanäytteillä. Lohko käveltiin kulmittain läpi ja näytteet otettiin 30 askeleen välein. Kustakin kohdasta otettiin 4-5 kairan pistoa noin 2 metrin säteeltä. Ruokamultakerroksen pinta- ja pohjaosien näytteet kerättiin eri kokoomanäytteisiin. Näytteet levitettiin 1 cm kerrokseksi ja kuivattiin puhaltamalla niiden yli kuivahkoa (suhteellinen kosteus 20-30 %) huoneilmaa (lämpötila 24 °C), 2-6 vuorokautta, kunnes näytteet olivat aistinvaraisesti kuivia. Tämän jälkeen näytteet varastoitiin viileässä, paperipussiin varastoituna noin 4 kk ajan. Eri analyysien näytteet otettiin samasta kokoomasta.

Maasta määritettiin kasvien käyttökelpoiset ravinteet erilaisten viljavuusanalyysien avulla. Suomalainen viljavuusanalyysi pohjautuu ravinteiden ammoniumasetatiuuttoon sekä boorin kuumavesiuuttoon (Vuorinen ja Mäkitie 1955; Lakanen ja Erviö 1971; Berger ja Truog 1939). Suomalaisen viljavuusanalyysin ja varastoravinteiden määrittäminen Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:ltä. Ylimääräisenä analyysinä näytteistä määritettiin hehkutuskevennys, maan kationinvaihtokapasiteetti, sekä vaihtuvan alumiinin ja raudan pitoisuudet. Tätä analyysiä täydennettiin Yhdysvalloissa käytetyn Mehlich 3 uutun avulla (Mehlich 1984). Analyysi ti-

lattiin Yhdysvaltalaiselta Logan Labs laboratoriolta. Kasvien juurieritettä matkivalla H₃A uuttonesteellä (Haney ym. 2010) tehty uutto tilattiin Woodsend Laboratories yhtiöltä.

2.2 FYSIKAALINEN VILJAVUUS

Maan rakenne arvioitiin visuaalisesti kahdella menetelmällä. *Visual evaluation of soil structure* (VESS) luokittelee maan kerroksittain viiteen luokkaan vertaamalla sitä esimerkkimaihien, jotka poikkeavat murujen koon, muodon, värin ja juuriston määrän perusteella (Ball ja Munkholm 2015). Mitä suurempi pistearvo, sitä vakavampia ovat maan rakenteen ongelmat. Saksalaisen lapiodiagnoosin perusteella kehitetyssä menetelmässä (Beste 2003) periaate on sama, eli maata tarkastellaan kerroksittain (pinta, ruokamultakerroksen yläosa ja alaosa sekä pohjamaan yläosa), mutta ohjeistus on kuvaillevampaa ja jaoteltu tarkemmin eri kerroksille ja maalajeille. Murujen koon lisäksi arvioidaan tiiveyttä, kerroksellisuutta, juuriston tuuheutta, juuriston aktiivisuutta, nystyröintiä, lieroja, maan kosteutta ja kasvijätteiden määrää ja maatumista.

Veden läpäisykyky arvioitiin kahdella menetelmällä. Teknisemmässä versiossa käytettiin putoavan vesipinnan infiltrimetrimenetelmää (Keller ym. 2012), eli kaadettiin vettä pohjattomaan kattilaan ja katsottiin, mitä tapahtuu. Kattila painettiin 3-5 cm maahan ja se täytettiin reunaan asti vedellä (noin 12 cm). Aika täytöstä siihen pisteeseen, jossa vesi katoaa maan pinnalta, mitattiin sekuntikellolla. Kokeen jälkeen kattilan ympärille kaivettiin havaintokuoppa, josta mitattiin imeytymissyvyys ja veden kulkeutuminen kattilan reunan ulkopuolelle (imeytymisalueen leveys maan alla). Yksinkertaisemmassa versiossa kaadettiin 0,5 litraa vettä 2 cm korkeudesta maahan tasaisella, riipeällä nopeudella, minkä jälkeen katsottiin montako sekuntia imeytymiseen menee, kuinka laajalle vesi leviää ja kuinka syväälle vesi imeytyy (HMI 2002).

Maan tiivistymistä arvioitiin penetrometrivastuksen avulla (Bengough, Campbell, ja O'Sullivan 2000). Penetrometri (Dickey-John, USA) työnnettiin rauhallisesti maahan ja vastuksen kehittymistä seurattiin. Kun paine saavutti 150 psi tai 300 psi, työntäminen lopetettiin, penetrometri vedettiin

ylös ja syvyys, jossa rajapaine havaittiin kirjattiin ylös. Penetrometrimittaukset tehtiin maan kulloisessakin kosteustilassa. Tulokset riippuvat sen johdosta sekä säätilasta, että maaprofiilin kosteuseroista, eikä niitä voi yleistää. Sen sijaan ne toimivat maaprofiilissa olevien erojen havainnollistamiseen ja kuvaavat maan vastusta juuriston kasvulle mitaushetkellä.

2.3 BIOLOGINEN VILJAVUUS

Biologisen viljavuuden laboratorioanalyseja varten näytteet käsiteltiin, kuten kemiallisen viljavuuden menetelmien kohdalla kuvattiin. Näytteet lähetettiin Soil Health Tool analyysipakettiin Woodsend Laboratories -tutkimuslaboratorioon. Analyysipaketissa näytteistä määritettiin vesiliukoinen hiili- ja aminotyyppi (Haney ym. 2012). Sen lisäksi maasta määritettiin hiilidioksidintuotto 24 tunnin kuluessa maan kuivauksen ja uudelleenkastelun jälkeen ja laskettiin tämän perusteella typenvapautumissennuste (Haney, Brinton, ja Evans 2008). Näiden analyysien lisäksi laboratorio määrittä maan murukestävyuden märkäseulonnalla.

Maan murukestävyyttä mitattiin laboratorio-mittausten lisäksi kahdella havaintomenetelmällä. Toisessa menetelmässä kuoppalevylle siirrettiin pinseteillä 48 murua (halkaisija 3-5 mm), joita lietettiin 1 minuutti vedessä, minkä jälkeen laskettiin ehjien murujen määrä (Beste 2003). Toisessa menetelmässä vesipulloon laitettiin muutama 3-5 mm muru, joita seisotettiin minuutti, minkä jälkeen pulloa ravistettiin ja katsottiin kestävätkö murut liettämistä ja sekoitusta. *Tulos pisteytettiin asteikolla 1-3 (1:hajoaa minuutissa, 2: hajoaa sekoitettaessa ja*

3: kestää seisotuksen ja sekoituksen) (HMI 2002).

Lierojen määrä selvitettiin kahdella menetelmällä. Sinappiuutto tehtiin 50 cm x 50 cm koeruidusta, joka valittiin satunnaisesti koelohkolta (Lawrence ja Bowers 2002). Tämän lisäksi lapio-diagnoosin yhteydessä maasta kaivettiin 10 cm x 21 cm x 35 cm maapaakku, joka murrettiin käsin palasiksi ja laskettiin lierojen määrä. Tämä toistettiin 3-4 kertaa kullakin lohkolta, jolloin saatiin tietoa lierojen runsauden vaihtelusta lohkolta.

Pintamaan niveljalcaisten määrää arvioitiin karkealla tasolla visuaalisesti (HMI 2002). 50 cm x 50 cm mittakehikon avulla tutkittiin, paljonko niveljalcaisia saadaan hätisteltä esille. Hätistelyssä edettiin reunoilta keskelle, jotta niveljalcaiset eivät karkaisi alueelta.

Pellon karikepiteisyys määritettiin linjamenetelmällä. Maahan asetettiin 2 metrin mittanauha, josta luettiin tasan 10 cm välein, onko merkkiviiva paljaan maan vai karikkeen päällä (Laflen, Ame-miya, ja Hintz 1981). Karikepiteisyyden kannalta tyydyttävänä tasona pidettiin yli 30 % karikepiteetä ja hyvänä yli 80 % karikepiteetä.

He 0 ja 1 -lohkoilla määritettiin nurmikasvuston tiheyttä kolmen lajin osalta: virna, raiheinä ja peltokorte. Kasvitiheys määritettiin mittaamalla satunnaisesta pisteestä etäisyydet lähimpään kohdekasviin ja kertomalla tämä luku kahdella (ns. *plotless plant spacing*) ja korottamalla saatu tulos toiseen potenssiin (Elzinga, Salzer, ja Willoughby 1998). Menetelmä on nopea, mutta epätarkka. Parempi menetelmä, jossa lasketaan keskimääräinen etäisyys lähimpään kasviin neljästä eri suunnasta todettiin kuitenkin liian työlääksi. Määritys toistettiin linjamenetelmällä kolmessa kohdassa kullakin lohkolta.

3 KOELOHKOJEN ESITTELY JA HAVAINNOT

Seuraavassa käydään läpi kunkin koelohkon havaittu alkutilanne. Esittely on kaavamainen ja etenee yleisistä lohkon ominaisuuksista (maalaji, kaltevuus ja viljelyhistoria) vuoden 2015 alustaviin havaintoihin ja sen jälkeen maasta tehtyihin kemiallisiin, biologisiin ja fysikaalisiin havaintoihin. Lopuksi kunkin lohkon osalta pyritään tiivistämään lohkon keskeisimmät ongelmakohdat sekä mahdolliset erot hyvä- ja huonokasvuisten lohkojen välillä. Kemiallisen, fysikaalisen ja biologisen viljavuuden analyysitulokset on esitetty Liitteessä 1.

3.1 VARSINAIS-SUOMEN LOHKOT

3.1.1 HE

Lohkot ovat maalajiltaan hiuesavia ja hyväkasvuinen verrokki on hietasavi. Koelohkot viettävät pellon reunaan melko jyrkästi (kaltevuus %) (Kuva 1). Lohkoilla on ollut nurmipainotteinen kierto luonnonmukaisessa viljelyssä. Muokkaus on perustunut kyntöön, mutta maata on muokattu harvakseltaan, sillä lohkot ovat olleet nurmen siemenviljelyksessä.

Vuoden 2015 syksyllä tehtyjen alustavien havaintojen perusteella lohko oli tiivis ja yllättävän märkä ottaen huomioon lohkon kaltevuuden. Koe-kuoppiin kertyi vettä, eli pellon vedenläpäisykyky oli riittämätön kuivatukselle. Viljelijä kertoi pelto-kortteen lisääntyneen lohkoilla viime vuosina, mikä

on ollut keskeisimpänä ongelmana lohkon viljavuuden kannalta. Vuonna 2015 lohkoilla kasvoi härkäpapu, jonka alle kylvettiin puna-apilan siemennurmi. Peltokorte kuitenkin runsastui niin paljon, että nurmi murskattiin keväällä, lohko kesannoitiin ja sille kylvettiin virna-raiheina viherlannoitus kesäkuun lopulla. Verrokkilohkoilla kasvoi vuonna 2015 siemennurmi, joka kynnettiin ja vuonna 2016 lohkoille kylvettiin härkäpapua.

Kemiallisen viljavuusanalyysin perusteella lohkon pH on korkea (6,9-7,0; verrokillä 6,8). Lohko on runsasmultainen (hehikutushäviö 6,4-6,5 %) ja kationinvaihtokapasiteetti on korkeahko (33 cmol/kg; verrokillä 29 cmol/kg). Varastofosforin määrä on alhainen (291-391 mg/l), mutta viljavuusfosforin tasot ovat tyydyttäviä/hyviä. Magnesiumin määrä huonokasvuilla lohkoilla on korkea (860-870 mg/l) etenkin verrattuna hyväkasvuiseen lohkoon (470 mg/l). Mg osuus laskennallisesta kationinvaihtokyvystä on yli 30 %. Boorin tasot ovat alhaisia (0,7 mg/l kaikilla lohkoilla), etenkin palkokasvien viljelyn kannalta. Rikin pitoisuudet ovat noin puolet suositelluista tasoista (4,7-6,1 mg/l). Mangaanin puutetta on lohkoilla 1 ja K. Kemiallisen tilan perusteella keskeisimmät rajoittavat tekijät olisivat rikin ja boorin puute, sekä korkea magnesiumin pitoisuus. Korkealla magnesiumipitoisuudella voi olla maan rakennetta heikentävää ja liettymistä lisäävää vaikutusta (Dontsova ja Norton 2002). Se on myös indikaattori maan voimakkaasta turpoamisesta



Kuva 1. He 0 ja 1 lohkot vuoden 2015 ilmakuvan päälle sijoitettuna. Taustalla on sinisellä piirretty lohkon salaojastot.

(swelling pressure) (Horton ym. 2016) ja liettymis-herkkyydestä (Weil ja Brady 2016).

Biologisen tilan laboratorioanalyysien perusteella lohkojen biologinen tila oli hyvä. Maan kastelun jälkeinen mikrobihengitys oli hyvä kaikilla lohkoilla (82-90 ppm), samoin labiilia hiiltä ja typpeä oli runsaasti (488-602 kg/ha ja 98-118 ppm). Eniten hiiltä ja typpeä oli hyväkasvuisella loholla. Hiili:typpi suhde oli 16-19. Ennuste typen vapautumisesta oli hyvä, luokkaa 93-96 kg/ha. Maan liettymisherkkyydessä oli lohkojen välillä jonkin verran eroja, paras liettymiskestävyys oli He 1 loholla (54 % muruista), heikoin He 0 loholla 42 % muruista. Kuoppalevyllä tehdyllä määrityksellä saatiin samansuuntaisia tuloksia (54 % muruista He 1 ja 0 lohkoilla, 46 % muruista He K lohkoilla). Pellolla tehdyssä pikakokeessa murut olivat liettymisherkkiä, puolet He 0 lohkon muruista hajosi välittömästi kastelussa ja kaikkien lohkojen murut hajosivat kevyesti sekoitettaessa.

Havaintojen perusteella maan biologinen tila ei ollut He 0 ja He 1 lohkoilla hyvä. Lieroja löytyi 12 kpl/m² sinappikokeessa, ja lapiodiagnoosissa vain 1 liero 8 lapiollisessa. Pintamaan niveljalkaisia ei löytynyt lainkaan ja maan karikepeite oli alhainen 1-14 %. He K loholla lieroja oli kohtuullisesti (131 kpl/m², 1-6 kpl lapiollisessa, keskimäärin 3 kpl lapiollisessa). Maan tuoksu oli kaikilla lohkoilla voimakas ja hyvä.

Alueella oli voimakas peltokortesaastunta, keväällä mitattuna peltokortetta oli näytestä riippuen 150-700 kpl/m². Kesällä tehdyissä havainnoissa tuloksiin vaikutti tehty kesannointi, sekä lohkolle levitetty kipsi. Vaihtelu lohkon sisällä oli suurta, kolmen havaintopisteen perusteella He 1 loholla virnaa oli 40-70 kpl/m², raiheinää 100-2500 kpl/m² ja kortetta 3-625 kpl/m². He 0 loholla virnaa oli 15-625 kpl/m², raiheinää 25-280 kpl/m² ja kortetta 11-17 kpl/m². Havaintoja tehdessä korte ei ollut vielä kasvanut kaikki pintaan kesannoinnin jäljiltä, joten havainnointia on syytä jatkaa myös seuraavina vuosina.

Maan rakenne oli fysikaalisen tilan havaintojen perusteella heikko koelohkoilla ja tyydyttävä hyväkasvuisella verrokkilohkolla (Taulukko 3). Maa oli kerroksellista, pinnassa oli 2-5 cm kerros, jossa mururakenne oli parempaa kuin syvemmällä. Kesannoinnin yhteydessä tämän kerroksen alapuolella oli 5-10 cm paksu kerros muruisaa maata. Näiden kerrosten alapuolelta löytyvässä muokkaamattomassa kerroksessa maa oli teräväsärmäistä ja vaikeasti murrettavaa. 19-20 cm syvyydessä alkava kyntöantura oli tiivistä ja heikkorakenteista. Hyväkasvuisella loholla rakenne oli maan pinnassa erinomainen ja syvemmällä tyydyttävää.

Maan penetrometrivastus oli alle 300 psi kaikilla He lohkoilla (220-250 psi), eli kasvien juuristolla on edellytykset kasvaa maaprofiiliin. Tiivein kerros löytyi vasta 20-23 cm syvyydestä, eli ilmeisesti kyntösyvyyden alapuolelta. Veden imeytyminen oli tyydyttävää kaikilla lohkoilla (67-150 mm/min, alhaisin He 1 loholla ja korkein He K loholla). Vesi imeytyi 12-25 cm syvyyteen sekä kattilatestissä, että vesipullolla tehdyssä pikatestissä. Muokatuilla He 0 ja 1 lohkoilla maahan kaadettu vesi katosi käytännössä välittömästi löyhään pintamaahan. Samoin kattilatestissä vesi levisi 15-40 cm kattilan ulkopuolelle muokkauskerroksen pohjaa pitkin. Lämpäisytuloksia ei voi sen johdosta pitää numeroarvoiltaan kovin luotettavina. Maaperän havaintohetkellistä tilaa ne kuitenkin kuvasivat hyvin: maa oli pinnaltaan löyhää, mutta syvemmältä löytyi kerroksia, joiden vedenläpäisykyky oli heikompaa.

Yhteenvetona He lohkojen keskeisenä ongelmana on heikko rakenne ja tiiviihkö pohjamaa. Korkea magnesiumin pitoisuus voi heikentää maan murukestävyyttä ja altistaa maata liettymiselle. Lisäksi on syytä epäillä, että peltokorte olisi tukkinut salaojia ja altistanut maata tiivistymiselle. Lisäksi boorin, rikin ja mangaanin puute voi rajoittaa kasvien kasvua, etenkin palkokasvien osalta. Keskeisimmät erot hyvä- ja huonokasvuisen lohkon välillä vaikuttavat olevan rakenne, lierot sekä viljavuusfosforin ja magnesiumin pitoisuudet.

Taulukko 3. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella He 1 ja 0 lohkojen rakenne oli huono ja He K lohkon tyydyttävä. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	He 0	He 1	He K
Kerros 1	2 cm, VESS: 2	5 cm, VESS: 3	6 cm, VESS: 1
Kerros 2	5 cm, VESS: 3	10 cm, VESS: 3	7 cm, VESS: 2
Kerros 3	12 cm, VESS: 4	5 cm, VESS: 4	8 cm, VESS: 3
Kerros 4	6 cm, VESS: 5	8 cm, VESS: 4	6 cm, VESS: 3
Yhteensä	25 cm, VESS: 3,88	28 cm, VESS: 3,46	27 cm, VESS: 2,30

3.1.2 HY

Lohkot ovat maalajiltaan hiusesavea ja niiden yläpuolella on melko suuri valuma-alue, jonka vedet kulkevat lohkojen läpi. Lohkoilla on ollut viljatilän viljelykierto, johon on sisällynyt rypsiä ja härkäpapua. Lohkojen muokkaus on ollut kevytmuokkausta ja suorakylvöä. Syysviljat eivät ole menestyneet lohkoilla ja joinain vuosina lohko on pysynyt niin märkänä, että sitä ei ole saatu kylvettyä lainkaan.

Alustavien vuoden 2015 havaintojen perusteella lohkot ovat selvästi märkiä. Hy 0 ja Hy 1 lohkoilla maan pinnalla virtaili vettä, joka täytti kaivetut koe-kuopat nopeasti. Maan rakenteen arviointi oli märkyyden vuoksi vaikeaa, mutta maa vaikutti syvemmältä massiiviselta, mutta aivan pintakerroksissa oli hyvä muruinen rakenne ja syvemmällä maassa oli löydettävissä juurikanavia. Maan rakenteen parantamiseksi vuodelle 2016 lohkolle kylvettiin virnapohjainen viherlannoitusseos, jonka jälkeen suunniteltiin viljeltävän syysvehnää. Hy K lohkolle kylvettiin härkäpapua.

Kemiallisen viljavuusanalyysin perusteella lohkot olivat viljavia, puutetta oli lähinnä viljavuusfosforista lohkon Hy 1 osalla ja etenkin hyväkasvuisella Hy K lohkoilla. Mangaanin ja rikin pitoisuudet olivat myös alhaisia. Hy K lohkoilla on analyysien perusteella sinkin puutosta. Lohkojen pH oli lähtötilänäytteisissä 6,3-6,6 koelohkolla ja 6,9 Hy K lohkoilla. Koelohkot olivat runsasmultaisia (hehkusuhkeisuus 8,9-9,1 %) ja verrokki oli multava (5,2 %). Kationinvaihtokapasiteetti oli Hy 1 ja Hy 0 lohkoilla korkea 35-38 cmol/kg ja Hy K lohkoilla hieman alempi 25 cmol/kg. Suhteessa kationinvaihtokapasiteettiin magnesiumia oli runsaasti (560-640 mg/l) (yksityiskohtaisemmat viitteet magnesiumin haitoista on mainittu jo He lohkojen kohdalla). Hy 1 lohkoilla oli lisäksi kalsiumia vähän suhteessa kationinvaihtokapasiteettiin. Maassa oli huomattavia määriä viljavuusanalyysin uuttoneesteeseen (ammونیumasettaatti) liukenevaa rautaa (1140-1240 mg/l koelohkoilla, 582 mg/l hyväkasvuisella). Korkea

raudan pitoisuus heikentää myös fosforin käyttökelpoisuutta.

Biologisten laboratorioanalyysien perusteella lohkon pitäisi olla hyväkasvuisen. Kastelun jälkeinen 24 tunnin mikrobihengitys oli koelohkojen alhaisimpia (66-78 ppm), mutta silti tasolla, jota pidetään riittävänä biologisen aktiivisuuden kannalta. Labiillia hiiltä ja tyyppiä oli runsaasti ja tyyppien vapautumisen nuste oli 83-91 kg/ha, hiili:typpi suhde oli 14-18. Murukestävyys oli laboratoriotestien mukaan hyväkasvuisella Hy K lohkoilla alhainen (23 %), ja koelohkoilla keskitasoa (44-57 %). Tuoreista muruista kuoppalevyllä tehdyn testin perusteella murukestävyys oli alhaista tasoa kaikilla lohkoilla (Hy 0: 31 %, Hy 1: 35 % ja Hy K: 46 %). Pellolla tehdyn pikatestin perusteella kaikki murut kestivät liettämistä ja sekoitusta, eli murukestävyys olisi voinut olettaa olevan hyvää.

Havaintojen perusteella biologinen kasvukunto oli huono. Lieroja oli koelohkolla vähänlaisesti, sinappikokeen perusteella 36-60 kpl/m², lapiolisessa maata oli 0-3 lieroa, keskimäärin 1 liero/lapio maata. Pintamaan niveljalkaisia ei havaittu lainkaan. Maan tuoksu oli heikkoa ja karikepeite oli alhaista (6-8 %).

Maan rakenne oli aistinvaraisesti huonoa ja hie-man yllättäen heikoin VESS pisteytys oli hyväkasvuisiksi merkityllä lohkoilla (3,8 vs. 3,1-3,5) (Taulukko 4). Hy K lohkoilla maan pintakerroksen (0-6 cm) rakenne oli kohtalaista, mutta sitä syvemmällä rakenne heikkeni ja 26 cm syvyydestä löytyvän pohjamaan rakenne oli heikkoa. Hy 0 ja Hy 1 lohkoilla pinnan rakenne oli erinomaista, mutta pintamuokauskerroksen alapuolella rakenne oli heikompa. Noin 23 cm syvyydessä alkoi erittäin tiivis ja huonorakenteinen maakerros.

Penetrometrivastuksen perusteella Hy 1 ja Hy 0 lohkoilla oli tiivis kerros 16 cm syvyydellä (vastus 180-200 psi). Veden imeytyminen oli kohtuullista (35-46 mm/min), mutta myös imeytymiskokeessa vesi jäi 12-15 cm syvyyteen. Hy K lohkoilla tiivis

Taulukko 4. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Hy lohkojen rakenne oli heikko, etenkin syvemmissä maakerroksissa. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	Hy 0	Hy 1	Hy K
Kerros 1	5 cm, VESS: 1	6 cm, VESS: 1	6 cm, VESS: 2
Kerros 2	12 cm, VESS: 3	17 cm, VESS: 4	20 cm, VESS: 4
Kerros 3	6 cm, VESS: 3	5 cm, VESS: 5	7 cm, VESS: 5
Kerros 4	6 cm, VESS: 5		
Yhteensä	29 cm, VESS: 3,07	28 cm, VESS: 3,54	33 cm, VESS: 3,85

kerros oli hieman syvemmällä (18 cm), mutta se oli myös penetrometrimittauksissa tiiviimpi 280 psi. Veden imeytymistestissä vesi imeytyi 17 cm syvyyteen. Imeytymiskokeen tulos oli samassa linjassa pikatestin kanssa, jossa 0,5 litraa vettä imeytyi peltoon 4-5 s ajassa Hy 0 loholla, 5-15 s ajassa Hy 1 loholla ja jäi 8-15 cm syvyyteen. Hy K loholla vesi imeytyi 3 sekunnissa 15-18 cm syvyyteen. Kaikkien tulosten perusteella maassa on selvä tiivis kerros lohokosta ja lohkon osasta riippuen 12-18 cm syvyydessä.

Yhteenvedonä lohkon keskeisenä ongelmana on tiivis kerros noin 12-18 cm syvyydessä sekä heikokorakenteinen pohjamaa. Syy lohkon märkyydelle tulisi selvittää. Lisäksi murukestävyys oli tuoreilla muruilla tehdyssä testissä alhainen ja magnesiumin pitoisuudet olivat korkeahkoja, mikä saattaa heikentää rakennetta. Ravinteista fosforin, rikin ja mangaanin pitoisuudet olivat alhaisia, samoin Hy K loholla boorin.

3.1.3 JU

Lohko on hieta- ja hiuesavea ja sillä on viljelty vilja- ja öljykasveja. Lohkon muokkaus on ollut kevennettyä ja perustunut matalaan lautasmuokkaukseen ja kylvöön suorakylvökoneella. Pellon pinnanmuoto on tasaisesti viettävä ja loivapiirteinen, mutta loholla on joitain painanteita, joihin kertyy pintavesiä (Kuva 2).

Syksyn 2015 alustavien havaintojen perusteella lohko oli rakenteeltaan tiivis ja ongelmalohkon alue oli selvästi märkä. Märkyyden taustalla oli osaltaan salaojakokooja, jonka laskuaukko oli tukkeutunut. Laskuaukko avattiin keväällä 2016. Loholla kasvoi talven 2015-2016 yli viljan aluskasviksi kylvetty valko-apila. Vuoden 2015 runsaiden sateiden johdosta vilja oli tuhoutunut painannekohdissa, joten apila kasvoi runsaasti. Lohkot muokattiin keväällä 2016 lautasmuokkaimella ja kylvettiin kauralle (K), öljyretikalle (O) ja ruisvirna-seokselle (1). Ruisvirna suorakylvettiin apilakasvustoon.



Kuva 2. Ju lohkojen rajat ja 10 cm korkeuskäyrät sijoitettuna vuoden 2015 ilmakuvaan päälle. Piirretty vuoden 2011 laserkeilausaineiston perusteella.

Viljavuustutkimusten perusteella lohkon pH oli korkea (6,9-7,0), multavuus oli runsasmultainen (7,3-7,4% hehkutuskevennys), kationinvaihtokapasiteetti suuri 37-38 cmol/kg ja irtotiheys tyydyttävä 1,1 kg/l. Kalsiumin ja magnesiumin pitoisuudet maassa olivat korkeita (Mg 890-1000 mg/l, 27-29 % laskennallisesta kationinvaihtokapasiteetista). Viljavuusanalyysin perusteella maassa oli puutetta fosforista, mangaanista ja rikistä. Hyväkasvuksella verrokilla magnesiumia on selvästi vähemmän ja fosforia ja rikkiä enemmän kuin huonokasvuksilla koelohkoilla. Pohjamaan yläosa muistutti viljavuudeltaan ruokamultakerrosta: pH oli korkea (6,7-6,9), fosforia oli vähän, hivenravinteita vastaavia pitoisuuksia kuin pintamaassa ja magnesiumia huomattavan paljon (1200-1300 mg/l). Kemiallisen viljavuuden perusteella koelohkon ja hyväkasvuisen verrokin välillä ei pitäisi olla selvää eroa kasvussa, mikäli fosfori- ja rikkivilja täydennetään lannoituksella. Tälläkin savilohkolla magnesiumia oli runsaasti, mikä saattaa osaltaan heikentää rakennetta.

Biologista tilaa kuvaavien laboratoriomittauksen mukaan lohkon pitäisi olla hyväkasvuinen. Mikrobiaktiivisuutta kuvaava 24 tunnin hiilidioksidintuotto oli hyvällä tasolla (72-78 ppm C), hiili:typpi suhde ihanteellinen typen vapautumiselle (13-14), mikrobeille käyttökelpoista vesiliukoista hiiltä oli riittävästi (384-594 kg/ha), samoin vesiliukoista aminotyyppiä (100-118 ppm). Typen vapautumisenuste oli runsas 86-91 kg N/ha. Murukestävyydessä oli eroja lohkojen välillä, huonokasvuksella O-lohkolla 55 % muruista kesti liettämistä, kun hyväkasvuksella verrokilla ja 1 lohkoilla murukestävyys oli alempi 37-38 %. Kuoppalevyllä tehty liettämiskoe tuoreista muruista antoi päinvastaisen tuloksen, Ju O lohkoilla murukestävyys oli 60 %, Ju 1 lohkoilla 58 % ja Ju K lohkoilla 69 %. Kentällä tehdyn pikatestin mukaan Ju 1 ja Ju K lohkoilla murukestävyys oli hyvää (muru kestivät liettämistä), mutta Ju O lohkoilla puolet muruista hajosi heti. Tulkintaohjeista riippuen murukestävyys voi olla tyydyttävä tai savimaalle alhainen. Korkea murukestävyys voi myös olla seurausta maan tiivistymisestä. Erot eri

murukestävyyden menetelmien välillä voivat selittyä sillä että osa tehtiin tuoreista muruista ja osa kuivaistuista, toisaalta pikatestiin otettiin maata vain pintakerroksesta, missä liettymiskestävyys on yleensä suurempi kuin syvemmällä maassa.

Havaintojen perusteella biologinen tila ei ollut hyvä. Lieroja ja pintamaan niveljalkaisia löytyi kesällä 2016 vähän ja ainoastaan ruisvirnalle kylvelytältä alueelta. Ruisvirnalle kylvelyllä alueella maan tuoksu oli hyvä, muualla maa oli hajutonta. Karikepeite oli alhaista koko lohkoilla (5 %).

Maan rakenne oli heikko ja ruokamultakerros oli selvästi kerroksellinen (Taulukko 5). Pinnassa oli 3-5 cm kerros, jossa mururakenne oli hyvä ja jossa oli runsaasti juuria (VESS pisteet: 1). Heti tämän kerroksen alapuolella alkoi 14-17 cm paksu tiivistynyt maakerros. Tarkasteluhetkellä maa oli halkeilutta ja kasvien juuria kasvoi lähinnä halkeamissa (Kuva 3). Rakenne oli heikko ja maa mureni suuriksi teräväsärmäisiksi palasiksi (VESS: 4-5). Noin 17-22 cm syvyydessä alkoi vielä tiiviimpi rakenteinen pohjamaa, jonka murtaminen oli huomattavan vaikeaa ja rakenne erittäin huono (VESS: 5). Kerroksien paksuudesta ja kunnosta johtuen kokonaisrakennepisteet olivat Ju O lohkoilla hieman paremmat (3,68) kuin Ju 1 lohkoilla (4,56). Hyväkasvuksella Ju K lohkoilla tilanne oli samansuuntainen, mutta pintakerros oli syvempää kuin Ju 1 lohkoilla ja tiivis kerros oli ohuempi, joten kokonaispisteet olivat samaa luokkaa Ju O lohkon kanssa (VESS: 3,58). Kaikilla lohkoilla pistemäärä oli kuitenkin niin korkea, että menetelmän ohjeistuksen perusteella maan rakennetta olisi syytä korjata. Lapiodiagnoosi antoi samansuuntaisia tuloksia: pintamaassa rakenne ja juurien kasvu oli keskinkertaista, mutta heikkeni huonoksi, kun siirryttiin ruokamultakerroksen ylä- ja alaosiin.

Kuivien olosuhteiden johdosta maan penetrometrimittaus ei antanut luotettavaa kokonaiskuvaa, mutta lohkojen välillä oli silti selviä eroja. Kaikilla lohkoilla penetrometri saavutti 300 psi vastuksen, jota pidetään raja-arvona, minkä jälkeen juuriston kasvu on huomattavan vaikeaa. Ju O lohkoilla tiivis

Taulukko 5. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Ju lohkojen rakenne oli kauttaaltaan heikko. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	Ju O	Ju 1	Ju K
Pintakerros	5 cm, VESS: 1	3 cm, VESS: 1	5 cm, VESS: 2
Yläosa	17 cm, VESS: 4	14 cm, VESS: 5	10 cm, VESS: 4
Alaosa	6 cm, VESS: 5	10 cm, VESS: 5	9 cm, VESS: 4
Yhteensä	28 cm, VESS 3,68	27 cm, VESS: 4,56	24 cm, VESS: 3,58



Kuva 3. Ju O lohkokolla maa oli tarkasteluhetkellä halkeillutta, ja juuria kasvoi lähinnä halkeamissa. Pintakerros oli rakenteeltaan hyvä ja muruinen.

kerros oli 5 cm syvyydessä, Ju 1 lohkokolla 7 cm syvyydessä ja Ju K lohkokolla 22 cm syvyydessä. Veden imeytymistestit tukivat havaintoja tiivistyneestä maasta. Imeytymisnopeus oli suurta lohkoilla, mutta vesi imeytyi vain ruokamultakerroksen yläosaan (Ju 1: 120 mm/min, 9 cm; Ju O: 333 mm/min, 11 cm; Ju K: 171 mm/min, 12 cm). Pellolla tehty pikatesti antoi samansuuntaisia tuloksia. Esimerkiksi Ju O lohkokolla vesi imeytyi keskimäärin 3 sekunnissa (+- 0,5 s), 9 cm syvyyteen (+- 2,6 cm) ja 12 cm säteelle (+- 1,3 cm). Tulokset olivat samansuuntaisia kaikilla lohkoilla, vaikkakin vesi imeytyi Ju 1 lohkokolle tilastollisesti merkitsevästi hitaammin kuin Ju O lohkokolle (5 s +- 0,6 s, $p=0.047$). Imeytymissyvyydessä tai etäisyydessä ei ollut merkitseviä eroja lohkojen välillä. Kaikilla lohkoilla vesi imeytyi nopeasti pintakerrokseen, muttei enää ruokamultakerroksen pohjaosiin. Tiivis, heikosti vettä läpäisevä kerros oli maaprofiilissa noin 12 cm syvyydessä.

Yhteenvetona Ju O ja Ju 1 lohkojen keskeisin ongelma on heikko rakenne. Tämä saattaa liittyä lohkojen korkeaan magnesiumpitoisuuteen (viljavuusanalyysin Mg noin 900-1000 mg/l). Viljavuusfosforin tasot olivat myös alhaisia, samoin varastofosforin sekä fosforin suhde rautaan ja alumiiniin. Selvimät erot huonokasvuisen ja heikkokasvuisen lohkon välillä olivat magnesiumin pitoisuudessa (900 mg/l vs. 380 mg/l) sekä penetrometrillä mitatun tiiviin kerroksen syvyydessä (12 cm vs. 22 cm).

3.2 SATAKUNNAN LOHKOT

3.2.1 KÄ

Kä O ja 1 lohkokot ovat hiljattain raivattuja peltoja multa ja turvemaalla. Lohkokot sijaitsevat harjulla, jossa ympärillä on mäntymetsää. Eloperäisen kerroksen alla on karkeaa hietaa ja alueella on lähteisyyttä. Lohkokon peruskunnostus oli 2015 vielä kesken, salaajat oli asennettu, mutta kalkitus ja peruslannoitus oli vielä kesken. Hyväkasvuisella verrokkilohkokolla maalaji on multava hietamoreeni ja lohko on ollut sipulin viljelykierrassa.

Vuoden 2015 alustavien havaintojen perusteella maannos on epätasainen ja ruokamultakerroksen paksuus vaihtelee. Pohjamaan karkea hietta oli tiivistä ja vaikeaa kaivaa. Ruokamultakerroksessa oli edelleen puunpalasia. Vuodelle 2016 lohkokolle kylvettiin monipuolinen viherlannoitusseos. Verrokkilohkokolle kylvettiin valkomesikkää jo vuonna 2015.

Kemiallisen viljavuusanalyysin perusteella lohkokot ovat selvästi happamia (pH 4,2-4,5), ja eloperäisiä (hehkutuskevennys 36-40 %). Lohkojen kationinvaihtokapasiteetti oli korkea 37-41 cmol/kg. Lähes kaikista ravinteista oli viljavuusanalyysin mukaan puutetta, paitsi mangaanin pitoisuudet olivat korkeita ja sinkkiä oli riittävästi. Myös fosforin varastoravinteita oli vähän. Tilanne oli pohjamaassa samansuuntainen, paitsi että mangaanin pitoisuudet olivat selvästi alemmat kuin pintamaassa.

Hyväkasvuinen lohko oli kemialliselta viljavuudeltaan multava (hehkutuskevennys 5,8 %) hietamoreeni, jonka kationinvaihtokyky oli 15 cmol/kg. Lohkokon ravinnetila oli hyvä ja ravinteita oli tasapainoisessa suhteessa. Huomionarvoista oli lähinnä varastofosforin ja fosforin eri jakeiden korkeat tasot, sekä mangaanin puutos ja kaliumin alhainen taso.

Biologisten laboratorioanalyysien perusteella lohkokon pitäisi olla muutoin hyväkuntoinen, mutta liukaisen hiilen ja typen suhde on niin korkea (C:N 20-24), että se haittaa typen vapautumista kasvien käyttöön. Vesiliukaisen hiilen määrä maassa oli huomattavan korkea (1290-2352 mg/l). Lohkokon murukestävyys oli kuitenkin huomattavan alhainen (5-17 %), mikä voi johtua maan hienojakoisuudesta. Suurempia muruja ei juurikaan maanäytteissä ollut.

Lohkokon peruskunnostuksen ollessa kesken ja kasvun ollessa laikuittaista lohkokon fysikaalista ja biologista kasvukuntoa ei havainnointi kesällä 2016. Lohkokon kasvukunnon ongelmat liittyivät selvästi happamuuteen ja ravinteiden puutteeseen, jota lohkokolla lähdettiin korjaamaan kalkituksella ja karjanlannan käytöllä.

3.2.2 LU

Lohkot ovat karkeaa hietaa, jotka sijaitsevat harjun yläosassa. Lohko viettää melko tasaisesti, huonokasvuiset lohkon osat ovat lohkon yläosassa, hyväkasvuinen lohkon keskivaiheilla, jossa rinne taittuu. Lohkot ovat olleet intensiivisessä kasvinviljelykierrossa, jossa ovat vuorotelleet porkkana, peruna ja sokerijuurikas. Lohkon rakenneongelmien johdosta tilalla on kevennetty muokkausta (lapiomuokkain) ja parannettu rengastusta (matalapainerenkaat).

Syksyllä 2015 tehtyjen alustavien havaintojen perusteella lohkon rakenne on massiivinen ja muokkauskerroksen alapuolella on hyvin tiivistä maata. Vuonna 2015 loholla viljeltiin sokerijuurikasta ja vuonna 2016 tärkkelysperunaa.

Kemiallisten analyysien perusteella lohkot ovat vähämultaisia (hehkutuskevynys 2,8-2,9% koelohkolla, 3,8% hyväkasvuisella) ja niiden kationinvaihtokapasiteetti on äärimmäisen alhainen (5-7 cmol/kg). Lohkojen happamuus oli tyydyttävä tai hyvä (pH 6,1-6,4). Alhaisesta kationinvaihtokapasiteetista johtuen kalsiumin ja magnesiumin tasot olivat alhaisia, lisäksi kalsiumin osuus KVK:sta oli koelohkoilla alhainen. Tämän lisäksi lohkoilla oli boorin, mangaanin ja rikin puutosta. Fosforin pitoisuudet olivat liian korkeita kaikilla analyysimenetelmillä mitattuna (viljavuusanalyysi, Mehlich 3 uutto, Haney testi, varastofosfori ja fosforisaturatio). Kemiallisten tulosten perusteella lohkon isoin ongelma oli sen alhainen multavuus ja sitä kautta alhainen kationinvaihtokapasiteetti. Alhaisella KVK:lla riittävien ravinmäärien säilyttäminen maassa on haastavaa ja ravinne-epäsuhdat ovat todennäköisiä. Korkeat fosforin pitoisuudet rajoittavat multavuuden nostoa maanparannusaineilla (ympäristökorvauksen fosforilannoitusrajat tulevat vastaan). Lisäksi korkea fosforipitoisuus voi haitata kasvien sinkin saantia.

Biologista kasvukuntoa kuvaavien laboratorioanalyysien perusteella lohkon ongelmana on alhaiset aminotyypin määrät, sekä alhainen C:N suhde. Mikrobiaktiivisuutta kuvaava Solvita 24 tunnin hiilidioksidintuotto sen sijaan oli korkeahkolla tasolla

(103-149 mg/kg). Korkein mikrobiaktiivisuus, liukoinen hiili ja liukoinen typpi mitattiin hyväkasvuiselta lohkon osalta. Näytteiden murukestävyys oli kuitenkin alhainen (15-20 % huonokasvuisella lohkoilla; 39 % hyväkasvuisella). Kasvukaudella tehty murukestävyyskoe antoi samansuuntaisia tuloksia (murukestävyys 13-23 % huonokasvuisella ja 15 % hyväkasvuisella). Tulosten perusteella lohko hajotti orgaanista ainetta nopeasti, mutta sen multavuus oli alhainen, mikä näkyi alhaisina typen varastoina ja alhaisena murukestävyysnä. Alhainen murukestävyys altistaa lohkon liettymiselle ja maan rakenteen luhistumiselle.

Biologisen kasvukunnon havainnot tukivat laboratorioanalyysien perusteella tehtyjä johtopäätöksiä. Lieroja tai pintamaan niveljalkaisia ei havaittu lainkaan. Maan karikepeite oli alhainen (3-5%). Maan tuoksu oli kohtalainen ja hyväkasvuisella lohkon osalla selvästi parempi kuin huonokasvuisella.

Fysikaalisten havaintojen perusteella lohkon rakenne on kohtalainen ruokamultakerroksen pintaosassa, mutta huono syvemmällä (Taulukko 6). Pinnassa oli 10-12 cm kerros jossa rakenne oli tyydyttävä, tämän alla oli 8-15 cm paksu kerros, jossa rakenne oli lohkareisempi. Noin 18-25 cm syvyydestä alkoi kerros, joka oli selvästi tiivis. Tiivis kerros oli heikkompirakenteinen lohkon huonokasvuisella osalla. 33-35 cm syvyydestä alkava muokkaamaton kerros oli kovaa ja tiivistä ja lohkeili teräsväsymäiseksi muruiksi.

Penetrometrimittaus varmisti lapiodiagnoosin tuloksia: penetrometrin vastus nousi 300 psi tasolle heti löyhän pintamaakerroksen jälkeen (8-13 cm). Veden imeytymiskokeissa vesi imeytyi hitaasti (4-7 mm/min) ja matalalle (1-4 cm). Pullokokeessa puoli litraa vettä imeytyi noin 45-80 sekunnin aikana ja levisi perunavaon pohjalla 50-100 cm matkalle. Lohkon vedenimeytymisnopeus oli siis äärimmäisen alhainen, mikä lisää pintavaluntaa ja heikentää sadannan käyttökelpoisuutta kasveille.

Yhteenvedona lohkon keskeisempänä ongelmana on sen heikko murukestävyys ja tiivistymisherkkyys. Lohkon multavuus on huomattavan alhainen,

Taulukko 6. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Lu koalojen rakenne oli heikokko. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	0	1	K
Kerros 1	10 cm, VESS: 2	12 cm, VESS: 2	10 cm, VESS: 2
Kerros 2	8 cm, VESS: 3	13 cm, VESS: 3	15 cm, VESS: 3
Kerros 3	15 cm, VESS: 4	10 cm, VESS: 4	10 cm, VESS: 3
Kerros 4	6 cm, VESS: 5	6 cm, VESS: 5	6 cm, VESS: 5
Yhteensä	39 cm, VESS: 3,4	41 cm, VESS: 3,2	41 cm, VESS: 3,0

mikä johtaa etenkin hietamailla rakenteen heikkenemiseen. Multavuuden nosto karjanlannalla tai useimmilla maanparannustuotteilla ei ole ympäristökorvauksen puitteissa mahdollista, ja intensiiviseen vihanneskiertoon ei mahdu nurmivuosia, minkä johdosta lohkoilla voisi kokeilla multavuuden nostoa vähän fosforia sisältävillä maanparannusaineilla (nollakuitu tai biohiili).

3.3 ETELÄ-POHJANMAAN LOHKOT

3.3.1 HA

Ha 1 ja 0 lohkot ovat multamaita, jotka viettävät tasaisesti. Heikompikasvuiset osat olivat lohkon alaosassa, lähellä lohkon päistettä. Lohko on luonnonmukaisessa tuotannossa ja sillä on viljelty ohraa, rypsiä ja apilapitoista nurmea. Muokkausta on tehty lapiorullaäkeellä sekä kyntämällä. Lohko täydennysojitettiin vuonna 2014. Hyväkasvuiseksi verrokiksi valittiin hieman ylempänä oleva hietamoreenilohko.

Alustavien havaintojen mukaan lohkon alaosa vaikutti märältä ja siinä vaikutti olevan lievä kyn-töantura. Lohkolla viljeltiin vuonna 2015 apila-timoteinurmea, apilan määrä vaikutti syksyllä 2015 alhaiselta lohkon alaosassa. Vuonna 2016 lohkoilla viljeltiin ohraa. Hyväkasvuisella verrokkilohkolla viljeltiin apila-timoteinurmea.

Kemiallisten analyysien perusteella koelohkot olivat multamaita (hehkutuskevennys 32-35 %), joiden pH oli hyvä (pH 5,8-6) ja kationinvaihtokapasiteetti korkea 35-38 cmol/kg. Lohkojen Ca ja Mg tasot olivat hyviä, mutta kaliumin taso oli alhainen (74-80 mg/l). Boorista ja viljavuusfosforista vaikutti myöskin olevan puutetta. Muiden fosforianalyysimenetelmien mukaan fosforin tasot olivat riittäviä, mutta fosforin sekä raudan ja alumiinin suhde oli niin alhainen (1 %), että fosforin saatavuus voi olla niukkaa. Lohkolla oli huomattavia määriä rautaa (1600-1820 mg/l ammoniumasettiutossa). Hyväkasvuinen hietamoreeni oli multavaa (hehkutuskevennys 5,7 %), kationinvaihtokapasiteetti 12 cmol/kg. Lohkolla oli viljavuusanalyysin perusteella puutetta kaliumista, kalsiumista, rikistä, boorista, kuparista, mangaanista ja sinkistä. Huonokasvuisen lohkon osalta keskeisimmät kemiallisen viljavuuden puutteet olivat kaliumin alhainen määrä, boorin puute sekä fosforin heikko käyttökelpoisuus.

Biologisten laboratorioanalyysien perusteella lohkojen pitäisi olla hyväkasvuisia. Hiilidioksidintuotto oli korkea (108-124 mg/l) ja liukoisen hiilen ja typen pitoisuudet hyviä. Hiili:typpi suhde oli typen vapautumisen kannalta hyvällä tasolla (C:N

12). Murukestävyys oli syksyn 2015 näytteiden perusteella vaihtelevaa. Ha 0 lohkoilla murukestävyys oli alhainen 38 % ja Ha 1 lohkoilla korkea 80 %. Ha K lohkoilla murukestävyys oli myös hietamaaksi korkea 70 %. Kasvukaudella 2016 tehtyjen kokeiden perusteella kestävyys oli edelleen vaihtelevaa. Ha K lohkoilla murut olivat erittäin kestäviä, mutta Ha 0 lohkoilla osa muruista hajosi välittömästi liettämiskokeessa ja osa kesti minuutin seisotusta ja ravistelua. Valitettavasti kuoppalevykokeiden tulokset katosivat. Laboratorioanalyysien perusteella murukestävyuden vaihtelevuus oli silmiinpistävä, muutoin lohkot vaikuttivat hyväkasvuisilta.

Biologisten havaintojen perusteella lohkoilla oli kuitenkin ongelmia. Lieroja ei havaittu ongelmalohkoilla lainkaan, hyväkasvuisella lohkoilla niitä oli noin 95 kpl/m², eli 1-4 kpl lapiollisessa maata. Pintamaan niveljalkaisia ei myöskään havaittu. Maan tuoksu oli hyvä, mutta mieto. Karikepeite oli koelohkoilla erittäin alhainen (0-2 %), mutta hyväkasvuisella verrokilla korkea (94 %). Lierojen puuttuminen voi viitata lohkon vesitalouden ongelmiin ja ajoittaiseen hapettomuuteen.

Fysikaalisten havaintojen perusteella lohkojen rakenne oli hyvä (Taulukko 7). Hyväkasvuisella lohkoilla rakenne oli erinomainen, juuristoa oli runsaasti 9 cm pintakerroksessa, 19 cm syvyydessä al-kava pohjamaan yläosa oli myös muruista ja juurien täyttämää. Heikompikasvuisilla lohkoilla pinnassa oli 23-26 cm kerros parempirakenteista maata, jonka alapuolella oli tiivistä, heikkorakenteista maata. Pinnassa oli erotettavissa kylvömuokkauskerros 5 cm, joka oli muokkautunut muruiseksi. Syvemmältä maaprofilista oli löydettävissä ohut kerros hajoamatonta orgaanista ainetta, jonka vedenläpäisykyky oli äärimmäisen alhaista (kokeilun perusteella sitä voi käyttää pullonkorkkina).

Penetrometrimittausten perusteella maasta havaittiin tiivis kerros 25-29 cm syvyydestä. Tiiviin kerroksen tiiveys vaihteli 200-300 psi välillä lohkon yläosassa, jossa pohjamaassa oli kivennäis-maata. Alaosan multamaassa penetrometrivastus kohosi vain 100 psi. Tämän perusteella ruokamul-takerroksessa ei olisi ollut tiivistymiä, mutta veden imeytymiskokeiden perusteella tiiviitä kerroksia havaittiin. Veden imeytyminen rengaskokeessa oli erittäin heikkoa (1-8 mm/min, imeytymissyvyys 2-4 cm). Pullokokeissa imeytymissyvyydessä oli selvää vaihtelua, vesi imeytyi 25-70 s aikana 20-60 cm etäisyydelle. Hyväkasvuisella lohkoilla veden imeytymisnopeus oli suurempaa ja vesi imeytyi 6-12 cm syvyyteen. Hyväkasvuisellakaan lohkoilla imeytymisnopeus ei ollut erinomaista, ja imeytymissyvyys vastasi hyvin nurmen kerrosta, jossa juuriston kasvu oli voimakkainta. Tämä viittaisi siihen, että myös

Taulukko 7. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Ha lohkojen rakenne oli kohtalainen O ja 1 lohkoilla ja hyvä K lohkolle. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	0	1	K
Kerros 1	19 cm, VESS: 1	5 cm, VESS: 1	9 cm, VESS: 1
Kerros 2	7 cm, VESS: 3	18 cm, VESS: 3	10 cm, VESS: 1
Kerros 3	5 cm, VESS: 5	5 cm, VESS: 2	5 cm, VESS: 2
Kerros 4		3 cm, VESS: 5	
Yhteensä	31 cm, VESS: 2,1	31 cm, VESS: 2,7	24 cm, VESS: 1,2

nurmilohkolla oli lievä tiivistymä. Alhainen penetrometrilukema ruokamultakerroksessa ei tässä tapauksessa korreloinut veden läpäisykyvyn kanssa, ja vaikuttaisi siltä, että multamaa voi tiivistyä ilman, että sen penetrometrivastus kasvaisi merkittävästi. Pellolla kasvustossa selvästi näkyvät raidat viittaisivat myös siihen, että lohkolle on tullut kevättöiden aikana tiivistymä, joka on haitannut pellon happi- ja vesitaloutta.

Yhteenvetona Ha 0 ja Ha 1 lohkojen kaksi vakavinta ongelmaa ovat heikko vedenläpäisykyky ja alhainen kaliumin pitoisuus. Vedenläpäisykykyä voisi parantaa poistamalla maasta tiiviit, vettä läpäisemättömät kerrokset esimerkiksi kyntöauraan kiinnitettävillä syväkuohkeutuskärjillä sekä myyräauralla. Kaliumin puutoksen korjaamiseen tarvittaisiin runsaasti kaliumia sisältävää lannoitusta tai hidasliukoista kaliumia lisäävää biotiittia.

3.3.2 PA

Pa koealat ovat osana samaa lohkoa, jonka toisessa päässä kasvu on parempaa kuin toisessa. Lohko on multavaa hietamoreenia ja on hyvin tasainen. Lohko on luonnonmukaisessa tuotannossa ja sillä on viljelty apilapitoisia nurmia, ruista ja perunaa. Lohkon tiivistymisongelmia oli korjattu vuosina 2014-2015 syväkuohkeuttamalla nurmea ja lohkolle on käytetty ketun- ja naudantalantaa orgaanisena lannoitteena.

Alustavien havaintojen perusteella lohko oli epätasainen ja märkä. Lohkolla näkyi kylvösuunnassa keltaisia raitoja, jotka vastasivat kylvötraktorin raideväliä. Lohkon länsiosa kasvoi selvästi muuta peltoa paremmin. Lohkolla oli vuonna 2015 apilapitoinen nurmi, joka päätettiin kyntämällä ja lohkolle kylvettiin ruis.

Kemiallisten analyysien perusteella lohko on multava (hehkusutuskevennys 4,6-5,6 %) ja pH hyvä-korkea (pH 6,6-6,9). Lohkon kationinvaihtokapasiteetti oli erittäin alhainen (6-8 cmol/kg) ja kaliumista oli puutetta sekä absoluuttisesti (38-49

mg/l), että suhteessa KVK:in (1 % KVKsta). Lohkolla on runsaasti fosforia eri keinoilla mitattuna ja fosforisaturaatio (P/(Al + Fe)) oli korkea (12-19%). Sen sijaan rikistä, boorista ja mangaanista oli viljavuusanalyysin perusteella puutetta. Kemiallisen analyysin perusteella lohkon keskeisin ongelma on alhainen kationivaihtokapasiteetti ja alhainen kaliumin määrä.

Biologisten laboratorioanalyysien perusteella lohkolla on vähän liukoista aminotyyppiä, mutta kohtuullisesti liukoista hiiltä. Hiili:typpi suhde vaihteli lohkolla voimakkaasti (C:N 10-23), mutta mikrobiaktiivisuus oli kohtuullisella tai hyvällä tasolla (86-134 mg/l). Murukestävyys lohkolla oli vaihtelevaa, Pa 0 lohkolle se laboratorioanalyysien perusteella oli 45 % ja muilla 58-60 %. Murujen liettymiskokeissa kolmasosa näytteistä hajosi sekoitettaessa ja kuoppalevykokeessa 65-66% muruista oli kestäviä. Laboratoriotulosten perusteella aminotyypin määrä on alhainen, mikä liittyy melko alhaiseen orgaanisen aineen määrään.

Biologiset havainnot tukivat laboratoriotuloksia. Lieroja ei havaittu sinappikokeessa lainkaan ja Pa K lohkolle yhdellä lapiollisella kolmesta oli yksi liero (lierotiheys keskimäärin 16 kpl/m²). Niveljal-kaisia havaittiin samoin ainoastaan Pa K lohkolle. Maan tuoksu oli Pa 1 ja Pa 0 lohkoilla hyvin lievä, ja Pa K lohkolle voimakas. Karikepeite oli kauttaaltaan alhainen (0-3 %), mikä osaltaan selittää alhaista lierojen määrää. Toisaalta alhainen lierojen määrä voi olla merkki puutteellisesta kuivatuksesta.

Maan rakenteen havainnoinnin perusteella ruokamultakerroksen rakenne oli hyvä tai kohtalainen (Taulukko 8), mutta syvemmillä 23-27 cm syvyydessä pohjamaan yläosa oli huomattavan tiivis ja heikkorakenteinen. Ilmeisesti nurmen kyntö oli tiivistänyt jankkuroidun kerroksen uudelleen.

Penetrometrihavaintojen perusteella pohjamaan pintaosa ei ollut niin tiivis, että se rajoittaisi juuriston kasvua. Sen sijaan syvemmillä pohjamaasta löytyi kerroksia, joissa penetrometrilukema oli yli 300 psi. Tiiviin kerroksen syvyys oli 33-50 cm

Taulukko 8. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Pa lohkojen rakenne oli kohtalainen ja Pa K lohkolla hyvä. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	Pa 0	Pa 1	Pa K
Kerros 1	3 cm, VESS: 2	5 cm, VESS: 2	3 cm, VESS: 2
Kerros 2	19 cm, VESS: 2	19 cm, VESS: 2	20 cm, VESS: 1
Kerros 3	5 cm, VESS: 2	5 cm, VESS: 5	5 cm, VESS: 5
Kerros 4	3 cm, VESS:5		
Yhteensä	30 cm, VESS: 2,3	29 cm, VESS: 2,5	28 cm, VESS: 1,8

lohkon osasta riippuen. Veden imeytymiskokeissa vesi imeytyi maahan hyvin hitaasti (4-8 mm/min). Imeytymissyvyys oli vaihtelevaa, pääosin vesi imeytyi muokkauskerroksen pohjaan (25-35 cm), mutta osassa havaintopisteitä vesi imeytyi vain 5-10 cm syvyyteen. Tämä saattaa viitata tiivistymisiin ruokamultakerroksessa, jotka olivat perua syksyn 2015 kylvöstä.

Yhteenvedona lohkon keskeisinä ongelmina oli alhainen kaliumin pitoisuus sekä maan tiiveys ja heikko vedenläpäisykyky. Maan tiiveys saattoi johtua puutteellisesta kuivatuksesta ja toisaalta syvemmällä maassa oleva tiivis kerros häiritsee pellon kuivumista.

3.3.3 SA

Sa 0 ja 1 lohkot ovat hiuesavia ja sijaitsevat tulvapaidon vieressä. Pohjaveden pinta pidetään jokea alempana pumppaamalla. Sa K lohko on hiuemaata. Kaikki koealat ovat samaa lohkoa, joka on suorakylvössä ja lannoitukseen on käytetty myös kananlantaa.

Syksyn 2015 alustavien havaintojen perusteella lohkon pintakerros oli hyvärakenteinen, mutta sen alapuolella maa oli tiivistä ja juurikanavia oli vähän. Lieroja oli pintamaassa runsaasti. Vuodelle 2016 lohkolle kylvettiin ohraa.

Kemiallisten analyysien perusteella lohkon huonompikasvuiset osat ovat multavia (hehkutuskevennys 5,4-6,2 %) ja parempikasvuinen osa on erittäin runsasmultainen (12,8 %). pH oli lohkolla kauttaaltaan korkea (pH 6,9-7,1). Kationinvaihtokapasiteetti vaihteli lohkolla multavuuden myötä, eli huonompikasvuisilla osilla KVK oli 14-18 cmol/kg ja parempikasvuisella osalla 36 cmol/kg. Lohkon Sa 0 osalla kaliumia oli vähänlaisesti (100 mg/l) ja magnesiumia oli kauttaaltaan runsaasti suhteessa kationinvaihtokapasiteettiin (20-21% KVK:sta, 320-540 mg/l). Kaikilla lohkoilla oli lisäksi puutetta rikistä ja mangaanista. Fosforia oli runsaasti kaikil-

la analyysimenetelmillä mitattuna, vaikkakin fosforisaturaatio Sa K lohkolla oli alhainen.

Biologisen kasvukunnon laboratorioanalyysien perusteella lohkon pitäisi olla hyväkasvuinen. Aminotyyppiä oli kuitenkin varsin vähän (78-100 mg/kg) ja C:N suhde oli alhainen (C:N 2-9). Liukoista hiiltä oli maassa runsaasti ja hiilidioksidin vapautuminen kastelun jälkeen oli runsasta (72-149 mg/l). Typen vapautumisennusteen mukaan tyyppiä olisi käytettävissä runsaasti (136-149 kg/ha heikompi-kasvuisilla osilla, 208 kg/ha parempikasvuisella osalla). Murukestävyys oli vaihtelevaa, savisemmalla osalla (Sa 0 ja Sa 1) murukestävyys oli hyvää 67-88%, hiueosalla vain 40 %. Pullokokeissa pintamaan murukestävyys oli korkea, kaikki tutkitut murut kestivät liettämistä ja sekoittamista.

Biologisen kasvukunnon peltohavainnot tukivat laboratoriotuloksia hyväkasvuisesta lohkosta. Maan tuoksu oli voimakasta koko lohkolla. Lieroja saatiin sinappikokeella vain 16-32 kpl/m², mutta niitä oli lapiollisessa maata 1-7 kpl, mikä vastasi keskimäärin 60-190 kpl/m² lieromääriä. Niveljalkaisia havaittiin ainoastaan Sa 1 lohkolla 4 kpl/m². Karikepeite oli kohtuullisella tasolla (24-29 %), mutta silti alle eroosion estämiseksi suositellun 30 %.

Maan rakenteen tarkastelun perusteella maan pintakerros oli hyvässä tai kohtuullisessa kunnossa (Taulukko 9). Kylvökoneen muokkaama kerros maan pinnassa erottui ja oli muruisempaa. Ruokamultakerroksen yläosa oli muokattu keväällä syvempään kultivaattorilla, mikä oli rikkonut vuonna 2015 havaittuja tiiviimpiä kerroksia ja 15-17 cm syvyyteen saakka maa melko hyvärakenteista. Sa 1 ja Sa 0 lohkoilla kerros 15-32 cm syvyydessä oli tiivistä ja vähäjuurista. Sa K lohkolla heikompirakenteinen kerros alkoi vasta 26 cm syvyydessä.

Penetrometrivastuksen perusteella lohkolla on lievä tiivistymä 25-35 cm syvyydessä. Sa K lohkon osalla penetrometri saavutti lukeman 150 psi 17-28 cm syvyydessä, Sa 1 lohkolla löytyi vakavampi

Taulukko 9. Maan rakenteen visuaalisen tarkastelun (*visual evaluation of soil structure, VESS*) perusteella Sa lohkojen rakenne vaihteli heikosta kohtalaiseen. Lihavoidut luvut viittaavat ongelmiin, jotka kannattaisi korjata.

	Sa 0	Sa 1	Sa K
Kerros 1	5 cm, VESS: 2	15 cm, VESS: 2	6 cm, VESS: 1
Kerros 2	12 cm, VESS: 3	9 cm, VESS: 4	10 cm, VESS: 3
Kerros 3	10 cm, VESS: 4	5 cm, VESS: 4	10 cm, VESS: 2
Kerros 4	5 cm, VESS: 4		4 cm, VESS: 4
Yhteensä	32 cm, VESS: 3,3	29 cm, VESS: 2,9	30 cm, VESS: 2,4

tiivistymä 32 cm syvyydessä (300 psi vastus). Sa 0 lohkokolla korkeimmat penetrometrilukemat olivat 280 psi 27 cm syvyydessä. Ruokamultakerroksen yläosissa olevat tiivistymät eivät ylittäneet 150 psi lukemaa, mikä rajoittaisi juurten kasvua merkittävästi. Veden imeytymisnopeus oli kohtuullista (17-26 mm/min), mutta imeytymissyvyys oli alhainen (rengaskokeessa 20 cm, mutta pullokoikeissa keskimäärin 9 cm, vaihdellen välillä 6-12 cm). Pullokoikeissa 0,5 litraa vettä imeytyi noin 5 sekunnissa halkaisijaltaan alle 20 cm alueelle (10-17 cm). Veden läpäisykykyä voidaan pitää kohtalaisena, mutta penetrometrivastuksen ja veden läpäisyn vaihtelu lohkon sisällä saattaa viitata kuivatusongelmiin

(märin osa lohkosta on tiivistynyt aiemmin) tai muokkauspohjan epätasaisuuteen (maa ei ollut keväisen muokkauksen jäljiltä asettunut uudelleen tasaisesti).

Yhteenvedona Sa lohkot vaikuttivat hyväkasvuisilta ja viljavilta, mutta maan rakenne oli ongelmallinen. Pintamaan rakenne oli hyvä, mutta syvemmillä maaprofilissa oli merkkejä (lievistä) tiivistymistä. Lohkon pää, jossa huonompikasvuiset lohkon osat olivat, vaikutti tiivistyneemmältä. Kemiallisen viljavuuden näkökulmasta rikin puute, korkea pH ja mangaanin puute, sekä osalla lohkos-ta kaliumin puute pääteltiin keskeisimmiksi kasvua rajoittaviksi tekijöiksi.

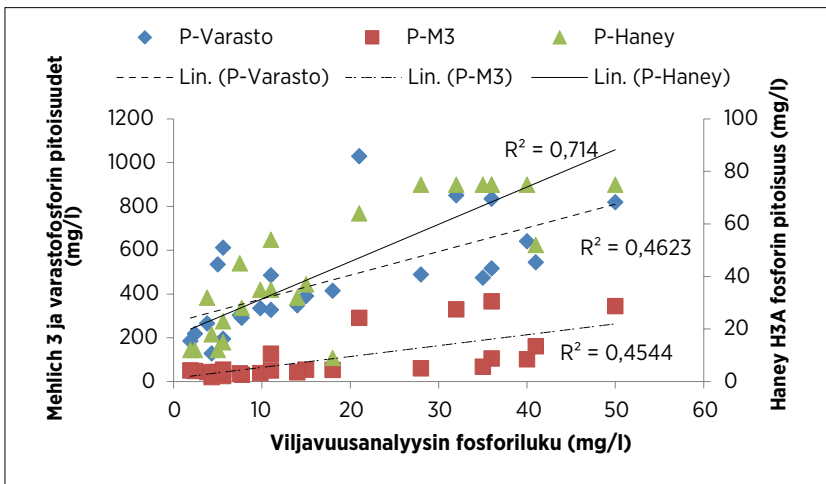
4 YHTEENVETO LOHKOJEN TILASTA

4.1 PÄÄRAVINTEET KASVUKUNNON KUVAAJINA

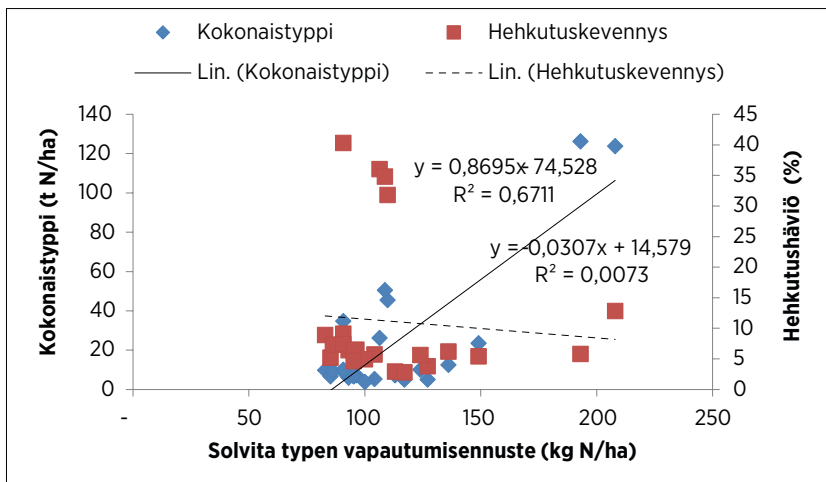
Lohkojen kasvukuntoa kuvataan yleisesti kemiallisen viljavuuden ja etenkin pääravinteiden pitoisuuksien perusteella. Kuinka hyvin tämä kuvasi koelohkojen tilaa?

Suomalaisen viljavuusanalyysin tulkinnaassa tyydyttävänä fosforipitoisuutena pidetään savimailalla 6-8 mg/l ja karkeilla kivennäismailla 8-13 mg/l. Tulosten perusteella suurimmalla osalla lohkois-

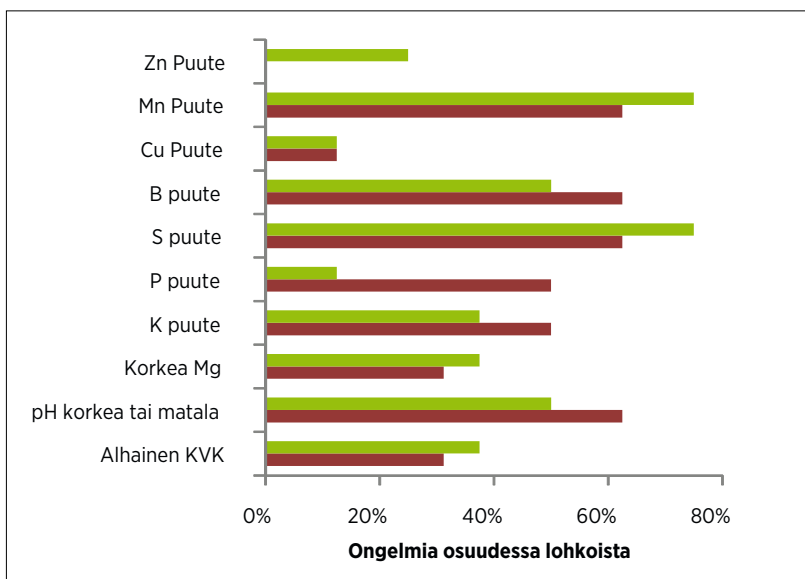
ta fosforin riittävyys ei ollut ongelmana (Kuva 4). Viljavuusfosfori oli kuitenkin suosituksiin nähden liian matala useammin heikkokasvuisella lohkokalla kuin hyväkasvuisella (Kuva 6). Suomalainen viljavuusfosforiluku korreloi H₃A uuttonesteen tulosten kanssa, mutta suhde ei vaikuttanut lineaariselta, vaan viljavuusfosforin noustessa yli 20 mg/l (hyvä ja korkea viljavuusluokka), H₃A uutton tulokset tasaantuivat. Viljavuusfosfori korreloi heikommin Mehlich 3 ja varastofosforin kanssa. Jos viljavuusfosforin ja H₃A fosforin voi tulkita kuvaavan kasville helposti käyttökelpoisen fosforin määrää (Haney



Kuva 4. Eri fosforianalyysitulosten vertailu lohkoilla vuoden 2015 näytteiden perusteella.



Kuva 5. Typen vapautumisen riippuvuus maan kokonaistyyppimääristä ja multavuudesta.



Kuva 6. Havaitut ongelmat kemiallisen viljavuuden indikaattoreissa (vihreä = hyväkasvuiset lohkot; punainen = heikkokasvuiset lohkot).

ym. 2013), tämä heikko korrelaatio voi tarkoittaa sitä, että muut tekijät kuin fosforin määrä maassa määrittävät fosforin käyttökelpoisuutta. Lohkoilla, joissa oli huonosti tai huononlaisesti viljavuusfosforia, saattoi silti olla huomattavia määriä varasto- ja Mehlich 3 uutolla vapautuvaa fosforia.

Typen osalta lohkojen typen vapautumisennusteet olivat korkeita (noin 80–200 kg/ha) (Kuva 5). Lisäksi typen vapautumisennuste ei korreloinut maan multavuuden kanssa, mikä on yleinen oletus esimerkiksi ympäristökorvauksen lannoitusrajojen määrittämisen taustalla (selitysaste $R^2=0,007$). Sen sijaan typen vapautumisennuste korreloi kohtalaisesti ($R^2=0,67$) lasketun kokonaistyyppivaraston kanssa, mikä huomioi erot eri lohkojen C:N suhteissa.

Kaliumin puutos oli yleistä lohkoilla (Kuva 6), puolella ongelmalohkoista oli eriasteista kaliumin puutosta, mikä oli pahinta eloperäisillä mailla. Pääravinteista rikkiä puuttui huomattavasti yli puolella lohkoista, mutta puutokset olivat yleisempiä hyväkasvuisilla kuin heikkokasvuisilla lohkoilla. Hivenravinteista puutetta oli eniten mangaanista ja boorista, mutta näiden puutteesta ei ollut selvää eroja hyvä- ja huonokasvuisten lohkojen välillä.

4.2 HIILEN JA TYPEN KIERTO

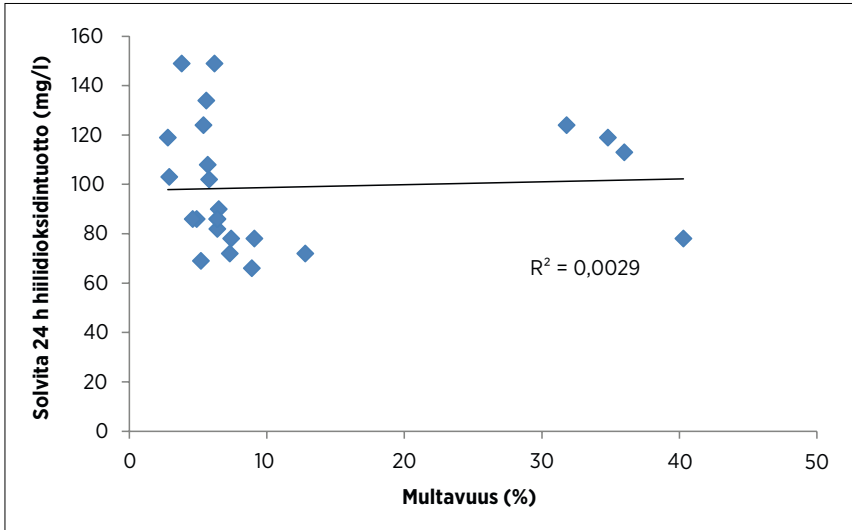
Kansainvälisiin normeihin verrattuna koelohkoilla oli melko korkea mikrobiaktiivisuus. Tämän voisi olettaa johtuvan korkeahkosta multavuudesta ja kosteasta ilmastosta, mutta toisaalta mikrobiaktiivisuus ei korreloinut lohkojen multavuuden kanssa

(Kuva 7). Samansuuruisia hiilidioksidin tuottoja mitattiin lohkoilta, joiden multavuus oli 2 % ja 40 %. Mikrobiaktiivisuus vaikuttaisi kuvaavan siis eri asiaa kuin lohkon kokonaismultavuus. Koska mikrobiaktiivisuus ei suoraan korreloi multavuuden kanssa ja toisaalta se muuttuu toimenpiteiden seurauksena, sitä pidetään hyvänä indikaattorina maan kasvukunnon muutosten seuraamiseen (Taulukko 2). Toisaalta koelohkojen tapauksessa mikrobiaktiivisuudessa oli vaihtelua, mutta kaikki mitatut lukuarvot olivat ”terveen” rajoissa, joten heikkoa kasvua ei voida selittää pelkästään tällä (Kuva 8). Laboratorioanalysejä tulkitessa on hyvä pitää mielessä, että tulokset kuvaavat maan toimintaa hyvin ilmastetuissa ja sekoitetuissa tilanteissa. Tiivistyminen, märkyys ja kylmyys rajoittavat mikrobitoimintaa kenttäolosuhteissa. Lisäksi lierot, hyppyhäntäiset ja alkueläimet nopeuttavat typen kiertoa (Kibblehite, Ritz, ja Swift 2008). Ongelmat murukestävyudessa, lierojen määrässä ja maan poikkeavassa C:N suhteessa vaikuttivat olevan yleisempiä heikkokasvuisilla, kuin hyväkasvuisilla lohkoilla.

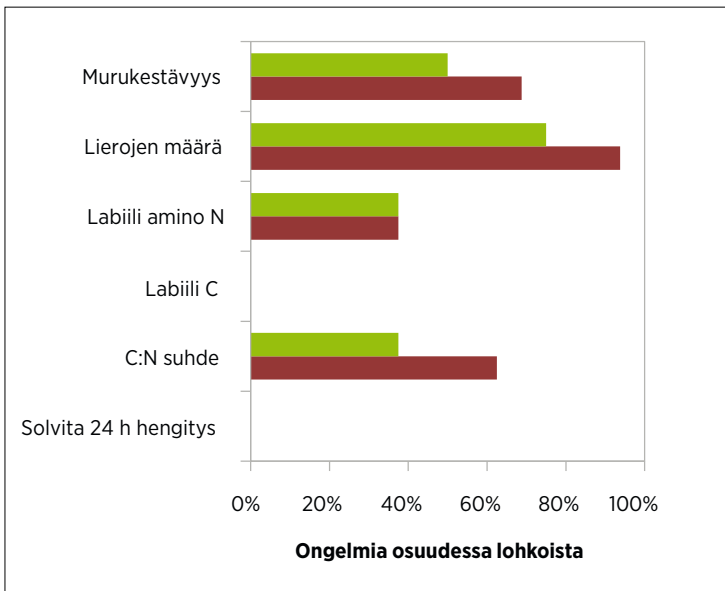
Analyseissa mitattiin hiilen ja typen eri jakeita. Näiden avulla voitiin laskea suhdelukuja, jotka kuvaivat hiilen ja typen kiertoa lohkoilla (Kibblehite, Ritz, ja Swift 2008). Labiiliin hiilen osuus kokonaishiilestä oli 0,2–0,7% (Kuva 9). Alhaisin osuus oli multa- ja turvemaileda ja korkein vähämultaisilla hietamailla. Tämä voi osaltaan selittää sitä, miksi mikrobiaktiivisuus ei korreloinut kokonaismultavuuden kanssa. Korkea mikrobiaktiivisuus ja labiiliin hiilen osuus hietamailla johtaa nopeasti myös hiilivaraston hupenemiseen.

Labiilin typen osuus kokonaistypestä vaihteli välillä 0,1-5 % (Kuva 10). Korkeimmat typen osuudet määritettiin lohkoilta, joissa oli kasvanut apilapitoinen nurmi (Ha K; Pa 1; He K). Hy K lohkon korkealle liukoisen typen osuudelle ei ole selvää selitystä.

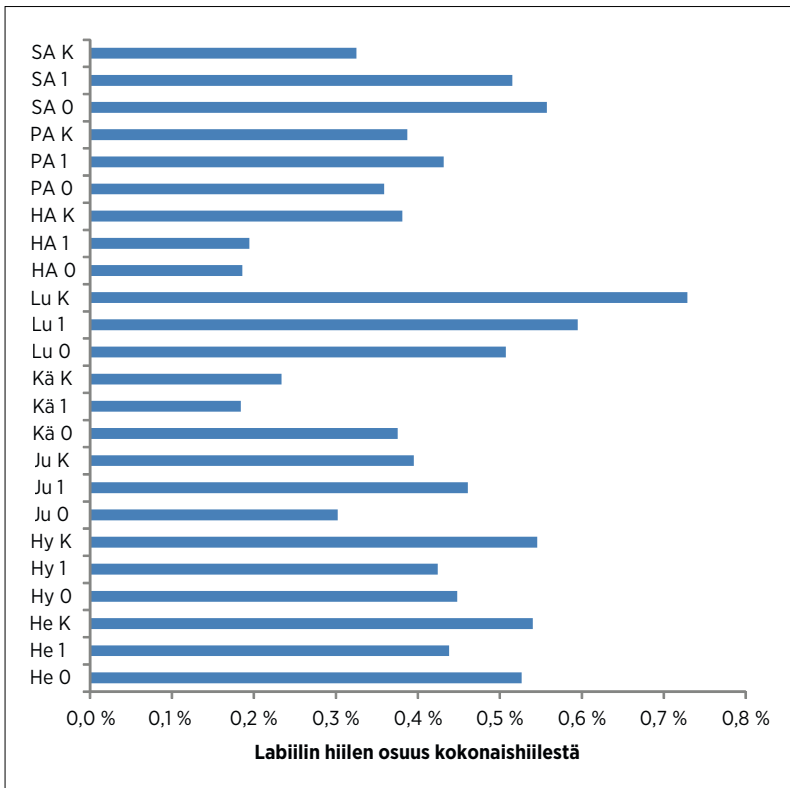
Alhaisimmat liukoisen typen osuudet määritettiin lohkoilta, joissa kokonaistyyppivaranto oli huomattavan suuri (Kä K; Sa K). Lukuunottamatta Pa, Sa ja Kä lohkoja, labiilin typen osuus oli kullakin tilalla korkein hyväkasvuisella lohkoilla.



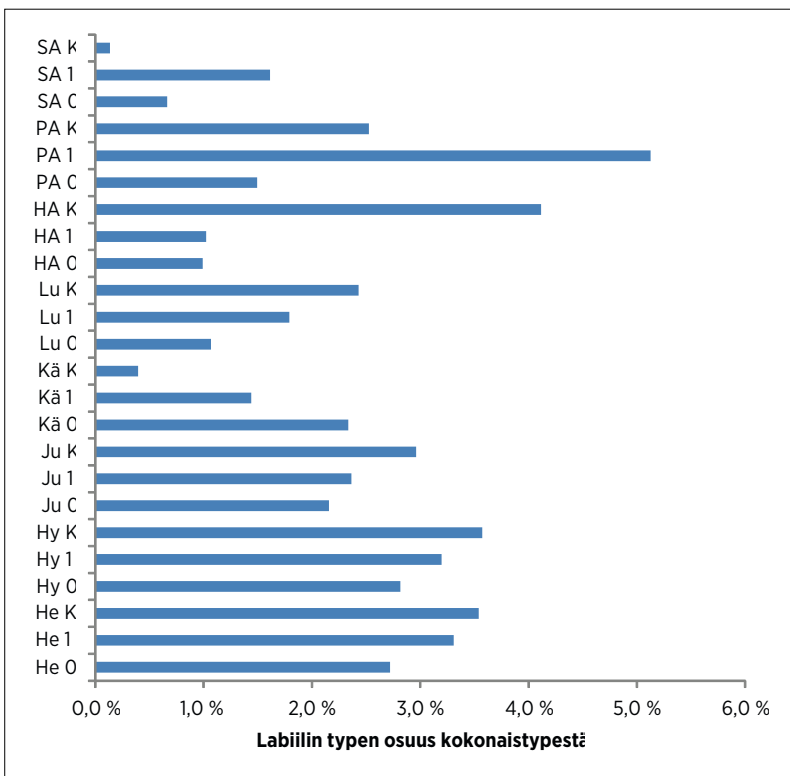
Kuva 7. Mikrobiaktiivisuutta kuvaavan 24 tunnin hiilidioksidintuoton riippuvuus koelohkojen multavuudesta vuoden 2015 näytteissä.



Kuva 8. Biologista kasvukuntoa kuvaavien tekijöiden kautta tunnistettujen ongelmien osuus lohkoista vuoden 2015 näytteissä ja vuoden 2016 havainnoissa. (Vihreä = hyväkasvuinen lohko, punainen = huonokasvuinen lohko.)



Kuva 9. Labiilin hiilen osuus kokonaishiilestä koe-lohkoilla vuoden 2015 näytteiden perusteella.

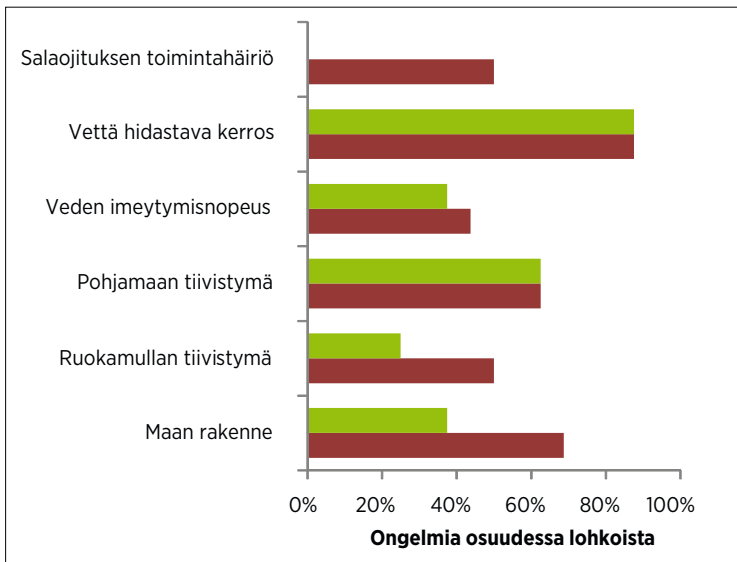


Kuva 10. Labiilin tyyden osuus kokonaistypistä koe-lohkoilla vuoden 2015 näytteiden perusteella.

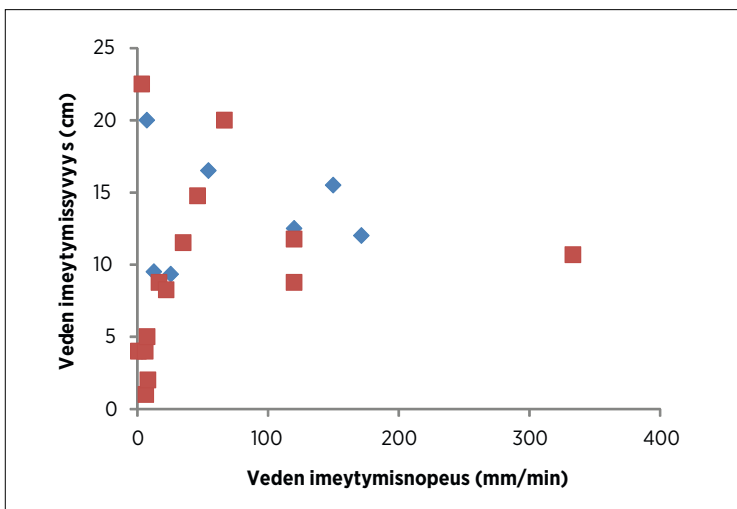
4.3 VEDEN IMEYTYMINEN JA RAKENNE

Maan fysikaaliset ongelmat olivat yleisiä lohkoilla (Kuva 11). Veden kulkua hidastavia tiiviitä kerroksia löytyi 88 % lohkoista, samoin pohjamaan tiivistyminen oli yleistä sekä hyvä- että huonokasvuksilla lohkoilla. Maan rakenteen heikkoudet ja ruokamullatkerroksen tiivistymät sen sijaan olivat yleisempiä huonokasvuksilla koalueilla. Lisäksi usealla huonokasvuksella koalueella voitiin tunnistaa salaojituksen toimintahäiriöitä (laskuaukot hautautuneet, ojasto mahdollisesti juurien tukkima, jne.).

Veden imeytyminen maahan osoittautui yksinkertaiseksi, mutta toimivaksi keinoksi analysoida lohkoja. Lohkojen välillä oli selviä eroja (Kuva 12), mutta useimmilla lohkoilla veden imeytymisnopeus ja imeytymisnopeus korreloivat selvästi. Poikkeamat yleiskuvasta liittyivät joko lohkoihin, joita oli syväkuohkeutettu (hidas imeytyminen syvälle maaprofiiliin) tai lohkoihin, jotka olivat halkeilleet (nopea imeytyminen melko matalalle). Veden käytäytymisessä ei kuitenkaan ollut selviä eroja hyvä- ja huonokasvuisten lohkon osien välillä.



Kuva 11. Maan fysikaalisen kasvukunnon ongelmat lohkoilla vuoden 2016 havaintojen perusteella. (Vihreä = hyväkasvuinen lohko, punainen = huonokasvuinen lohko).



Kuva 12. Veden imeytymisnopeus ja imeytymissyvyys hyvillä (sininen nelikulmio) ja heikkokasvuksilla (punainen neliö) koelohkoilla vuonna 2016.

5 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Analysien perusteella ei löydetty mitään yleistettävissä olevaa tekijää hyvien ja huonojen lohkojen välillä. Huonokasvuisilla lohkoilla rakenneongelmat ovat yleisempiä, samoin kuivatusongelmat. Nämä saattavat vaikuttaa siihen, että myös hierojen määrä vaikutti olevan heikkokasvuisilla lohkoilla alhaisempi. Kemiallisen viljavuuden osa-alueista fosforin, boorin ja kaliumin pitoisuudet olivat alhaisempia heikkokasvuisilla lohkoilla. Tietynä tyyppiset ongelmat esiintyivät ryhmissä. Varsinais-Suomen savilohkoilla magnesiumin määrät olivat korkeita, mikä saattaa altistaa lohkoja tiivistymiselle ja rakenteen heikentymiselle. Tutkituilla perunatiloilla maan multavuus ja kationinvaihtokapasiteetti oli alhainen, mutta fosforiluvut korkeita, mikä rajoittaa multavuuden nostoa ympäristökorvauksen ehtojen kautta. Toisaalta Etelä-Pohjanmaalla kaliumin ja mangaanin puute on yleistä. Mikään yksittäinen tekijä ei kuitenkaan selitä lohkon kasvun eroja. Jokaisella ongelmalohkolla vaikuttaisi olevan oma ongelmajoukkonsa, joka tekee siitä herkemman sään ääri-ilmiöille. Ongelmat ovat myös toisiinsa kytkeytyneitä, kuten heikon kuivatuksen aiheuttama tiivistyminen, joka heikentää kuivatusta entisestään, tai heikon rakenteen aiheuttama lisääntynyt

muokkaustarve, joka heikentää murukestävyyttä entisestään.

Tutkimuksessa käytetyt menetelmät soveltuvat hyvin käytettäväksi neuvonnassa ja käytännön viljelyssä. Useimpia analyysejä on saatavilla kaupallisesti ja itse tehtävät havainnot eivät vie kovin paljoa aikaa. Käyttökelpoisimpia analyysejä vaikuttivat olevan kattavan viljavuusanalyysin lisäksi fosforijakeiden tarkempi tarkastelu, Solvita 24 h hengityskoe, sekä havaintokokeista veden imeytymiseen, murukestävyteen ja maan rakenteen arviointiin liittyvät menetelmät. Nämä menetelmät tuottivat tietoa, joka täydentää nykyistä viljavuusanalyysia ja sen kuvaa maan kasvukunnosta. Menetelmien haittana on niihin liittyvän ohjeistuksen puuttuminen. Toisaalta yksikään tekijä ei tämän aineiston valossa ollut sellainen, että se selittäisi yksittäisenä eroja kasvukunnossa. Sen johdosta eri menetelmiä pitäisi koota jonkinlaiseksi analyysipaketiksi, jonka avulla voitaisiin saada kokonaiskuva kasvukunnosta ja tunnistaa sen kannalta keskeisimpiä ongelmia. OSMO hankkeen aikana tehtävä kasvukunnan muutosten seuranta vuosien 2017-2018 aikana tuottaa toivottavasti tähän tarvittavaa taustaineistoa.

6 LÄHDEVIITTEET

- Ball, Bruce C., ja Lars J. Munkholm. 2015. *Visual Soil Evaluation: Realizing Potential Crop Production with Minimum Environmental Impact*. CABI.
- Bengough, A. Glyn, Donald J. Campbell, ja Michael F. O'Sullivan. 2000. "Penetrometer techniques in relation to soil compaction and root growth". *Soil environmental analysis: physical methods* 2: 377–403.
- Berger, K. C., ja E. Truog. 1939. "Boron determination in soils and plants". *Industrial & Engineering Chemistry Analytical Edition* 11 (10): 540–545.
- Beste, Andrea. 2003. *Erweiterte Spatendiagnose: Weiterentwicklung einer Feldmethode zur Bodenbeurteilung*. 1., Aufl. Köster Berlin.
- Dontsova, Katerina M., ja L. Darrell Norton. 2002. "Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg". *Soil Science* 167 (3): 184–193.
- Elzinga, Caryl L., Daniel W. Salzer, ja John W. Willoughby. 1998. "Measuring & Monitoring Plant Populations". <http://digitalcommons.unl.edu/usblmpub/17/>.
- Gruver, J.B., ja Ray R. Weil. 2007. "Farmer perceptions of soil quality and their relationship to management sensitive soil parameters". *Renewable Agriculture and Food Systems* 2007 (22): 271–81.
- Haney, R. L., W. H. Brinton, ja Eric Evans. 2008. "Estimating Soil Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Mineralization from Short-Term Carbon Dioxide Respiration". *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 39 (17–18): 2706–20. doi:10.1080/00103620802358862.
- Haney, R. L., Alan J. Franzluebbers, Virginia L. Jin, Mari-Vaughn. Johnson, Elizabeth. B. Haney, Mike. J. White, ja Robert. D. Harmel. 2012. "Soil Organic C:N vs. Water-Extractable Organic C:N". *Open Journal of Soil Science* 02 (03): 269–74. doi:10.4236/ojss.2012.23032.
- Haney, R. L., E. B. Haney, L. R. Hossner, ja J. G. Arnold. 2010. "Modifications to the New Soil Extractant H3A-1: A Multinutrient Extractant". *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 41 (12): 1513–23. doi:10.1080/00103624.2010.482173.
- Haney, R. L., Michael White, Jeffrey Arnold, Elizabeth Haney, ja Daren Harmel. 2013. "Re-defining and quantifying inorganic phosphate pools in the Soil and Water Assessment Tool". *Journal of Soil Science* 4 (8): 155–162.
- HMI. 2002. *Holistic Management Biological Monitoring Manual*. Albuquerque, USA: Holistic Management International.
- Horton, Robert, Rainer Horn, Jörg Bachmann, ja Stephan Peth, toim. 2016. *Essential soil physics*. 1. p. Vsk. 2016. Stuttgart: Schweizerbart.
- Keller, Thomas, Janine A. Sutter, Knud Nissen, ja Tomas Rydberg. 2012. "Using Field Measurement of Saturated Soil Hydraulic Conductivity to Detect Low-Yielding Zones in Three Swedish Fields". *Soil and Tillage Research* 124 (elokuuta): 68–77. doi:10.1016/j.still.2012.05.002.
- Kibblewhite, M. G., K. Ritz, ja M. J. Swift. 2008. "Soil Health in Agricultural Systems". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 363 (1492): 685–701. doi:10.1098/rstb.2007.2178.
- Lafren, J. M., M. Amemiya, ja E. A. Hintz. 1981. "Measuring crop residue cover". *Journal of soil and Water Conservation* 36 (6): 341–343.
- Lakanen, Esko, ja Raimo Erviö. 1971. "A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils". *Helsingin yliopiston rehtorin professori Erkki Kivisen juhlaulkaisu: Jubilee issue in honour of professor Erkki Kivinen Rector of Helsinki University*. <https://jukuri.mtt.fi/handle/10024/472471>.
- Lawrence, Amy Paulson, ja Michael A Bowers. 2002. "A test of the 'hot' mustard extraction method of sampling earthworms". *Soil Biology and Biochemistry* 34 (4): 549–52. doi:10.1016/S0038-0717(01)00211-5.
- Mehlich, A. 1984. "Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant". *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 15 (12): 1409–16. doi:10.1080/00103628409367568.
- Paul Obade, Vincent de, ja Rattan Lal. 2016. "A standardized soil quality index for diverse field conditions". *Science of The Total Environment* 541 (tammikuuta): 424–34. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.09.096.

Vuorinen, Jouko, ja Osmo Mäkitie. 1955. *The method of soil testing in use in Finland*. Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosasto. <http://library.wur.nl/WebQuery/clc/425065>.

Weil, Ray R., ja Nyle C. Brady. 2016. *The Nature and Properties of Soils, 15th Edition*. 15 edition. Columbus: Pearson.

LITE1. OSMO-koelohkojen tilan kartoitus eri analyysimenetelmillä syksyn 2015 maa näytteissä ja kesän 2016 havainnoissa

KäK	6,5	HtMr	m	5,8	12	15	88%	73%	12%	3%	1%	21	1030	291	64	9%	1800	120	170	12,3	1,5	7,9	19	2,92	409	71,4
Lu 0	6,3	KHt	vm	2,9	5	5	85%	56%	15%	11%	2%	32	851	330	75	18%	590	230	97	9,1	0,6	5,1	13	5,2	114	271
Lu 1	6,1	KHt	vm	2,8	6	5	81%	53%	16%	11%	2%	36	835	367	75	19%	610	240	110	11	0,6	5,7	21	5,1	120	272
Lu K	6,4	HtMr	m	3,8	9	7	86%	66%	12%	7%	1%	50	820	345	75	18%	1200	230	130	7,4	0,9	9,9	25	6,0	328	266
HA 0	5,8	Mm		31,8	21	35	73%	60%	12%	1%	0%	5	535	44	12	1%	2500	74	290	11,7	0,6	5,1	39	2,3	1600	894
HA 1	6	Mm		34,8	21	38	80%	63%	15%	1%	0%	5,6	612	54	15	1%	2600	80	370	11,7	0,6	5,3	36	3,0	1820	967
HAK	6,1	HtMr	m	5,7	8	12	81%	59%	18%	3%	1%	11	485	127	35	7%	900	92	170	6,7	0,4	2,7	9,5	1,6	418	347
PA 0	6,9	HtMr	m	5,6	9	8	95%	76%	17%	1%	1%	40	641	102	75	16%	1300	38	170	8,4	0,4	3,8	5,6	2,8	538	279
PA 1	6,6	HtMr	m	4,9	8	6	90%	71%	17%	1%	1%	36	517	106	75	19%	1200	38	170	8,2	0,4	4	4,3	2,3	591	280
PA K	6,6	HtMr	m	4,6	8	6	90%	71%	16%	1%	1%	41	545	162	52	12%	1200	49	160	6,8	0,4	4,3	7,8	2,5	419	228
SA 0	7	HeS	m	5,4	14	14	97%	74%	20%	2%	1%	28	489	61	75	18%	2000	100	320	10,9	1,1	6,7	14	5,3	598	173
SA 1	7,1	HeS	m	6,2	14	18	97%	74%	20%	3%	1%	35	475	68	75	19%	2000	150	320	9,6	1,1	6,8	13	2,2	531	182
SA K	6,9	He	erm	12,8	22	36	95%	71%	21%	3%	0%	18	415	53	9	2%	3100	260	540	9,6	1,3	9,9	21	2,84	593	38

36 MISTÄ JA MITEN TUNNISTAA MAAN HYVÄN KASVUKUNNON?
TUOMAS J. MATTILA JA JUKKA RAJALA

Biologiset ja fysikaaliset tekijät	Solvi CO2 ppm	C:N	Labiili hiili kg/ha	Typen vapautuminen	Labiili aminotyyppi ppm	Lieroja per m2	Nivejalkaisia per m ²	Maan tuoksu	Karikepeite	Murukestävyys	VESS	Tiivien kerroksen syvyys cm	Penetrometri vastus	Veden imeytyminen mm/min	Imeytymissyvyys cm
He 0	90	15,7	596	96	98	12	-	3,0	1 %	42	3,9	20	220	120	12
He 1	82	18,8	488	93	98	-	-	3,0	14 %	54	3,5	23	250	67	20
He K	86	16,7	602	95	118	131	1	3,0	4 %	48	2,3	20	250	150	16
Hy 0	66	15,8	694	83	138	60	-	2,5	6 %	57	3,1	16	200	46	15
Hy 1	78	17,7	672	91	143	36	-	2,0	6 %	44	3,5	16	180	35	12
Hy K	69	13,7	494	85	118	-	-	2,0	8 %	23	3,8	18	280	55	17
Ju 0	72	13,7	384	86	100	-	-	2,0	5 %	55	3,7	5	300	120	9
Ju 1	78	12,9	594	91	118	63	16	3,0	5 %	38	4,6	7	300	333	11
Ju K	86	15,7	440	95	105	-	-	2,0	15 %	37	3,6	22	300	171	12
Kä 0	113	24	2352	106	305	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-
Kä 1	78	20,2	1290	91	250	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-
Kä K	102	0,8	236	193	250	143	-	2,0	50 %	27	2,7	31	300	120	13
Lu 0	103	7,1	256	113	38	-	-	2,3	5 %	15	3,4	12	300	7	1
Lu 1	119	9,7	290	117	45	-	0	2,0	4 %	20	3,2	13	300	6	4
Lu K	149	13,4	482	127	60	-	-	3,0	3 %	39	3,0	8	300	4	4
HA 0	124	12,2	1028	110	225	-	-	2,3	0 %	38	2,1	25	200	8	2
HA 1	119	12	1178	109	258	-	-	2,0	2 %	80	2,7	29	300	1	4
HA K	108	18,9	378	104	108	95	-	2,5	94 %	70	1,2	30	300	13	10
PA 0	134	9,7	350	124	75	-	-	2,0	3 %	45	2,3	43	350	4	23
PA 1	86	23	368	100	95	-	-	2,0	3 %	58	2,5	50	300	8	5
PA K	86	11,9	310	95	85	16	21	2,7	0 %	60	1,8	33	300	7	20
SA 0	124	4	524	149	78	190	-	3,0	29 %	67	3,3	30	280	22	8
SA 1	149	8,7	556	136	100	60	4	3,0	24 %	88	3,0	30	300	17	9
SA K	72	1,8	724	208	85	-	-	2,7	25 %	40	2,4	23	200	26	9

WWW.HELSINKI.FI/RURALIA



HELSINGIN YLIOPISTO
RURALIA-INSTITUUTTI