



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tony Peltola

---

# **Maan kasvukunnon parantaminen tavanomaisessa viljelyssä**

Viljelykierron merkitys maankasvukuntoon

Opinnäytetyö  
Syksy 2023  
Agrologi (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Agrologi (AMK)

Tekijä: Tony Peltola

Työn nimi: Maankasvukunnon parantaminen tavanomaisessa viljelyssä: Viljelykierron merkitys maankasvukuntoon

Ohjaaja: Arja Nykänen

Vuosi: 2023

Sivumäärä: 49

Liitteiden lukumäärä: 4

---

Pellon kasvukuntoon ja sen tekijöihin tulee kiinnittää huomiota entistä enemmän, koska peltojen peruskunnon ollessa hyvä se parantaa merkittävästi myös viljelyvarmuutta ja ravinteiden hyväksikäyttöä. Opinnäytetyöllä pyrittiin selvittämään kirjallisuuden avulla mitkä viljely toimenpiteet vaikuttavat maan rakenteeseen positiivisesti ja mitkä negatiivisesti. Työssä selvitettiin millä toimenpiteillä saadaan maan kasvukuntoa parannettua ja ylläpidettyä.

Opinnäytetyön kokeellisessa osiossa selvitettiin kahden peltolohkon ja niiden erilaisten viljelykiertojen vaikutusta maan rakenteeseen. Työssä koetekijänä oli viljelykierron merkitys maan rakenteeseen. Aineistoa kerättiin kahdelta eri peltolohkolta lapiokuoppatesteillä, hörppyttestillä ja aistinvaraisilla tutkimuksilla maaperästä. Tietoa lohkojen historiasta saatiin Peltotuki Pro – ohjelmistosta, viljelymuistiinpanoista ja omista havainnoista. Ensimmäinen koekaivanto otettiin vuonna 2020 syksyllä molemmista lohkoista. Toiset näytteet otettiin 2023 syksyllä. Lohkoille tehtiin myös Ruokaviraston laatiman peltomaan laatutestilomakkeen mukaiset arvioinnit.

Työn avulla selvisi, että maan rakenne muuttuu viljelykierron vaikutuksesta. MARA-testien ja hörppyttestien tuloksista huomattiin, että maan rakenne heikkenee yksipuolisen viljelyn takia, verrattuna monipuolisempaan viljelykiertoon. Kun viljelykiertoon sisältyy syväjuurisia kasveja, maan rakenne säilyy paremmassa kunnossa. Tämä johtuu siitä, että syväjuuriset kasvit tuovat mukanaan erilaisia bakteereja, jotka edistävät maan mikrobiston ja lierojen kantaa. Tämä puolestaan johtaa suurempiin satoihin ja parempaan humuspitoisuuteen maassa, estäen negatiivisen kierteen syntymisen. Lisäksi hyvän viljelykierron avulla tautipaine pysyy kurissa ja kasvit kehittävät juuristoaan paremmin. Toisaalta tutkimus myös osoitti, että huonolla viljelykierrolla negatiivinen kierre jatkuu ja kasvustojen kunto sekä maanrakenne heikkenevät vuosi vuodelta.

<sup>1</sup> Asiasanat: maaperä, tiivistyminen, ravinnetalous, maanparannus, viljelykierto

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Degree programme: Bachelor of Agriculture and Rural Enterprises

Author/s: Tony Peltola

Title of thesis: Improving soil fertility in conventional farming: The importance of crop rotation for soil fertility.

Supervisor(s): Arja Nykänen

Year: 2023

Number of pages: 49

Number of appendices: 5

---

When the basic condition of the field is good, it also significantly improves the reliability of cultivation and the usage of nutrients, which is why more attention should be paid to soil fertility and the factors affecting it. The thesis aimed to find out with the help of literature which cultivation practices have a positive or a negative impact on the structure of the soil. The study clarified which farming practices can be used to improve and maintain the growth condition of the soil.

The experimental section of the thesis clarified the impact of two different crop rotations on the structure of the soil in two different field plots. The experimental factor was the importance of crop rotation to the soil structure. The material was collected from two different plots using a shovel pit test, water absorption test, and sensory studies of the soil. Information about the cultivation history of the plots was obtained from the Peltotuki Pro software, from cultivation notes, and through observations. The first soil pit samples were taken in the autumn of 2020 from both plots. The second samples were taken in the autumn of 2023. The plots were also evaluated according to the field soil quality test form (peltomaan laatutesti) prepared by the Finnish Food Authority.

The study revealed that the soil structure changes due to crop rotation. From the results of the MARA tests and water absorption tests, it was noticed that the soil structure deteriorates, due to one-sided crop rotation, compared to a more diverse rotation. When deep-rooted plants are included in the crop rotation, they bring bacteria to the soil that contribute to the microbiota and earthworm populations. Due to these bacteria, the soil structure remains in better condition. It, in turn, leads to larger yields and better humus content in the soil, preventing the negative cycle of soil fertility from occurring. In addition, with a good crop rotation, disease pressure is kept under control and the plants develop their roots better. On the other hand, the study also showed that with poor crop rotation, the negative cycle of soil fertility continues, and the condition of the crops and the soil structure deteriorate year by year.

<sup>1</sup> Keywords: soil, compaction, nutrient economy, soil amelioration, crop rotation

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	2
Thesis abstract .....	3
SISÄLTÖ .....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo .....	6
1 JOHDANTO .....	8
2 MAAN KASVUKUNNON FYSIKAALISET TEKIJÄT .....	9
2.1 Maalajit .....	9
2.2 Muru- ja huokosrakenne .....	9
2.3 Vesitalous .....	11
3 MAAN KASVUKUNNON KEMIAALLISET TEKIJÄT .....	13
3.1 Viljavuus kasvukunnon perustana .....	13
3.2 Kasvin ravinteet .....	14
3.2.1 Typpi .....	14
3.2.2 Fosfori .....	15
3.2.3 Kalium .....	15
3.2.4 Rikki .....	16
3.2.5 Kalsium (Ca) .....	16
3.2.6 Magnesium (Mg) .....	16
3.3 Kasvin tärkeimmät hivenravinteet .....	16
3.4 Maan multavuus typen määrän mittarina .....	17
3.5 Maan pH ja kalkitus .....	18
4 MAAN KASVUKUNNON BIOLOGISET TEKIJÄT .....	20
4.1 Orgaaninen aines .....	20
4.2 Maaperän pieneliöt ja niiden toiminta .....	20
4.3 Juuret ja niiden eritteet .....	21
5 MAANKASVUKUNNON PARANTAMISEN MAHDOLLISUUDET .....	23
5.1 Viljelykierto .....	23
5.2 Kasvustotähteiden hiili-typisuhde .....	23
5.3 Kalkitus .....	24

5.4	Kasvinsuojelu maankasvukunnon näkökulmasta .....	25
6	TUTKIMUSASETELMA .....	27
6.1	Peltolohkojen kuvaus .....	27
6.2	Mittaukset .....	29
7	TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	32
7.1	Koelohkojen satotiedot ja kasvukausien sää .....	32
7.2	Perusparannusten itsearviointi .....	34
7.3	Maan ominaisuuksien itsearviointi .....	35
7.4	Kasvuston ja maaperäeliöstön itsearviointi .....	36
7.5	Maankasvukunto Ladontausta (monipuolinen viljelykierto) .....	37
7.6	Maan kasvukunto Koppinen (yksipuolinen viljelykierto) .....	41
7.7	Kationinvaihtokapasiteetti .....	44
7.8	Maan rakenteen ja multavuuden parantaminen lohkoilla .....	44
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	46
	LÄHTEET .....	47
	LIITTEET .....	49

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Maanrakenteen muodostuminen ja niiden tilavuussuhteet (Alakukku, 2017, s. 20)..	10
Kuva 2. Näytteenottopaikat numeroituna Ladontausta -lohkolla. (Atfarm, 2023) .....	30
Kuva 3. Näytteenottopaikat Koppinen -peltolohkolla. (Atfarm, 2023).....	30
Kuva 4. Kaivanto vuodelta 2020 lohkolta Ladontausta. (Peltola,2023) .....	38
Kuva 5. Näyte 1 Ladontausta. (Peltola, 2023) .....	38
Kuva 6. Näyte 2 Ladontausta. (Peltola, 2023) .....	39
Kuva 7. Näyte 3 Ladontausta. (Peltola, 2023) .....	40
Kuva 8. Kaivanto vuodelta 2020 Koppinen lohkolta. (Peltola, 2023).....	41
Kuva 9. Kaivanto 1 Koppinen. (Peltola, 2023) .....	42
Kuva 10. Kaivanto 2 Koppinen. (Peltola, 2023) .....	42
Kuva 11. Kaivanto 3 Koppinen. (Peltola, 2023) .....	43
Kuva 12. Kationvaihtokapasiteetti laskurin tulos. ....	44
Kuvio 1. Ladontausta viljavuusanalyysi. (Peltola, 2023). ....	28
Kuvio 2. Koppinen viljavuusanalyysi. (Peltola, 2023). ....	29
Taulukko 1. Ravinne tavoitteet kasvulohkolla (Mattila 2017, s. 37).....	19
Taulukko 2. Hiilityppi suhde eri kasveilla (Keskitalo ym., 2017, s.42). ....	24

Taulukko 3. Eri kasvien satojen määrä (kg/ha) ja hehtolitraino (kg/100 litraa) 2020–2023 Ladontausta-lohkolla.....	32
Taulukko 4. Eri kasvien satojen määrä (kg/ha) ja hehtolitraino (kg/hl) 2020–2023 Koppinen- lohko .....	33
Taulukko 5. Sademäärä ja tehoisälämpösumma kasvukausilta.....	33
Taulukko 6. Peltomaan laatutestin arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontausta ja kirjain B tarkoittaa Koppista. ....	34
Taulukko 7. Maanominaisuuksien arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontausta ja kirjain B tarkoittaa Koppista. ....	35
Taulukko 8. Kasvuston ja maaperäeliöstön arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontausta ja kirjain B tarkoittaa Koppista. ....	36
Taulukko 9. MARA-testin ja hörppyttestin tulokset Ladontausta -lohko.....	40
Taulukko 10. MARA-testin ja hörppyttestin tulokset Koppinen -lohko. ....	43

# 1 JOHDANTO

Viljelytekniikka on kehittynyt nopeasti, ja se on saanut monen viljelijän unohtamaan maan-  
kasvukunnosta huolehtimisen. Nykyaikaisella viljelytekniikalla voidaan kohdentaa viljelypa-  
noksia tarkkaan kasvikohtaisesti ja näin voidaan tuottaa suuria satomääriä vuodesta toiseen  
(Humuspehtoori). Näin ollen viljelymaasta poistuu varsinkin yksipuolisessa viljelyssä muok-  
kauksen ja sadonkorjuun yhteydessä orgaanista ainesta ja lopulta maan huokoisuus huonon-  
tuu.

Peltosen (2017, s.5) mukaan tuottavan viljelyn perusedellytys on pellon hyvä peruskunto. Sa-  
toa pellolta on saatava riittävästi, jotta tuotanto on kannattavaa. Peltosen peruskunnon ollessa  
hyvä se parantaa merkittävästi myös viljelyvarmuutta ja ravinteiden hyväksikäyttöä. Tämä ko-  
rostuu yhä yleisemmin esiintyvissä muuttuvissa sääolosuhteissa.

Maatalouden keskeisiin resursseihin kuuluu peltomaan kasvukunto. Peltomaan kasvukunnon  
ylläpitäminen ja kehittäminen edellyttää viljelijöiltä taitoa ja tarvetta ottaa käyttöön uusia me-  
netelmiä ja välineitä. Peltonen (2017, s.7) mainitsee, että maan biologiseen prosessiin vaikut-  
tavat tekijät ovat viljelykierto, kasvien peittävyys, kerääjäkasvien käyttö, orgaanisen aineksen  
lisääminen ja eliötoiminnan aktiivisuus.

Peltonen (2017, s.7) luettelee maan kuntoon vaikuttavia tekijöitä, joita ovat kemialliset tekijät,  
biologiset tekijät ja fysikaaliset tekijät. Kemiallisia tekijöitä ovat happamuus, pH, ravinteet, ra-  
vinteiden varastointikyky, suolapitoisuus ja vähän tai ei ollenkaan haitta-aineita. Biologisia te-  
kijöitä ovat juuret, juurieritteet, pieneliöt, maaperäeläimet ja orgaaninen aines. Fysikaalisia  
tekijöitä ovat maalaji, rakenne, muraisuus, huokoisuus, ilmavuus ja vesitalous (Peltonen,  
2017, s.7).



## 2 MAAN KASVUKUNNON FYSIKAALISET TEKIJÄT

### 2.1 Maalajit

Maalajit voidaan luokitella kahteen pääluokkaan: kivennäismaalajeihin, jotka ovat peräisin kallioperästä ja eloperäisiin maalajeihin, jotka ovat muodostuneet kasvien ja pienten eliöiden jäämistä (Yli-Halla, 2017, s.16). Kivennäismaalajeja ovat ne maalajit, joissa eloperäisen aineksen osuus on alle 20 prosenttia. Lajittumattomat kivennäismaat ovat moreeneja. Kivennäismaiden nimi määräytyy vallitsevan lajitteen perusteella. Niitä ovat savimaat, hiesut (Hs), hietamaat (Ht), hiuemaat (He), hiekkamaat (Hk), moreenimaat (Mr), eloperäiset maat, multamaa (Mm) ja turvemaat.

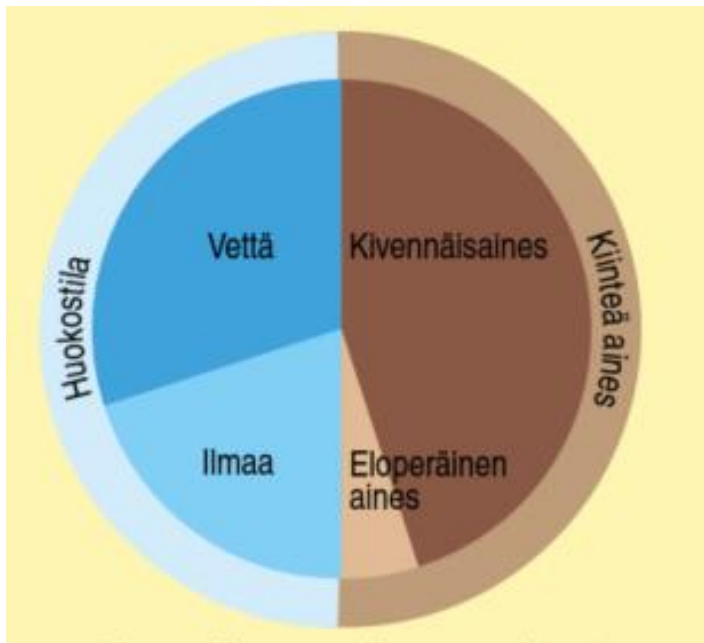
Maassa oleva kivennäisaines jaotellaan hiukkaskoon mukaan eri lajitteisiin. Maa- ja metsätaloudellisissa luokitteluissa alle 2 mm:n aines jaetaan neljään pääluokkaan, saves, hiesu, hietä ja hiekka. Mineraalien rapautuessa rakenne murenee ja niissä tapahtuu kemiallisia muutoksia (Yli-Halla, 2017, s.15). Rapautumista edes auttavat lämpötilojen vaihtelut sekä veden ja siinä olevien happojen liuottava vaikutus. Maanesteeseen mineraaleista liukenee metalleja, kuten rautaa, alumiinia ja mangaania, jonka jälkeen ne saostuvat hydroksideina tai oksideina. Oksidit ovat yleensä pari prosenttia maan massasta, jotka ovat tärkeitä maan mururakenteelle ja tärkein fosforia sitova komponentti maassa.

### 2.2 Muru- ja huokosrakenne

Maan kiintoaineksen osat koostuvat kivennäisaineksesta muodostuneista maapartikkeleista ja orgaanisista aineksista. Maan rakenne muodostuu, kun kiinteän aineksen partikkelit tai niiden pienet murut asettuvat toisiinsa nähdessä eri asentoihin (Alakukku, ym., 2017, s.20). Huokostila jää näin ollen partikkeleiden väliin, jossa kulkee vettä ja ilmaa. Maan kaikki toiminnot tapahtuvat partikkelien pinnoilla ja huokostilassa. Huokostila vaikuttaa eniten maan vesi-, kaasu- ja lämpötalouteen ja sitä kautta maan kemiallisiin ja biologisiin toimintoihin.

Huokostilavuus vaihtelee eri maalajeilla. Kivennäismaissa savipitoisuuden ja orgaanisen aineksen määrän lisääntyessä huokostila suurenee. Savimaassa huokosia on 45–70 %. Hiekka- ja hietamaan tilavuus huokosista on 45–50 %. Eloperäisissä maissa tilavuus on suurempi kuin savi- ja kivennäismaissa. Multamaassa huokostilavuus on 65–75 % ja

turvemaassa 80–90 % (Kuva 1.). Viljelyominaisuuksia arvioitaessa on tärkeää tutkia myös maata ruokamultakerroksen alta, koska pohjamaa voi olla erilaista. Huokosten koostumus muuttuu maan tiivistyessä tai kun sitä muokataan.



Kuva 1. Maanrakenteen muodostuminen ja niiden tilavuussuhteet (Alakukku, 2017, s. 20).

Huokokset jakautuvat kolmeen osaan suuret, keskisuuret ja pienet huokokset. Suuret huokokset ovat halkaisijaltaan yli 0,03 mm. Niissä vesi poistuu painovoiman vaikutuksesta. Kun maa kuivuu nämä huokokset tyhjenevät ensimmäisenä (Alakukku, ym., 2017, s.21). Karkeissa maissa on enemmän luontaisesti suuria huokosia kuin savi- tai hiesumaissa. Savien ja hiesujen pintamaassa huokosten tilavuusosuus on suurempi kuin pohjamaassa. Suurten huokosten tilavuutta vähentää eloperäisen maan maatumisen. Muokkaus vaikuttaa suurten huokosten tilavuuteen ja jatkuvuuteen.

Keskisuuriin (halkaisija 0,03–0,0002 mm) huokosiin vesi pidättyy kasveille käyttökelpoiseksi. Keskisuuria huokosia savimaassa on noin 15–20 %, hienohieta- ja multamaissa 20–30 % ja hiekkamaissa alle 10 %. Hieta- ja hiesumaissa kapillaarivoima nostaa vettä kasvien ulottuvuudelle (Alakukku, 2017, s.21). Savimaissa juurten on kasvettava veden luokse, koska niissä vesi liikkuu kapillaarisesti erittäin hitaasti. Maan vedenpidätysominaisuuksia voidaan parantaa kerryttämällä orgaanista ainesta.

Pienet (<0,0002 mm) huokokset ovat sellaisia, joista kasvit eivät pysty ottamaan vettä. Savimaissa pieniä huokosia on tilavuudesta jopa yli 30 % ja hietamaissa noin 10 %. Maatuneessa maassa pieniä huokosia on enemmän kuin maatumattomassa. Savimaa on kuivana harmaata ja kasvit eivät enää pysty ottamaan maan pienistä huokosista vettä.

Hyvä rakenteisin maan tuntomerkkejä ovat savimaiden hyvä mururakenne, jotka kestävät veden liettävää vaikutusta, maassa toimiva ja kestävä suurten huokosten verkosto, rankkasateiden jälkeen vesi tulisi imeytyä maan pinnasta syvemmälle vuorokauden kuluessa, maa kuivuu tasaisesti keväällä kantavaksi, kasvien juurille on kasvuväyliä, maa muokkautuu helposti ja kasvit tuottavat hyvän sadon sekä sateisina, että kuivina kasvukausina (Alakukku, ym., 2017, s.20).

### 2.3 Vesitalous

Maanviljely edellyttää huolellista vesitalouden hallintaa (Paasonen-Kivekäs, ym., 2016, s. 217). Tämä tarkoittaa, että on tarpeen varmistaa riittävä kuivuus maassa kasvien kasvun ja maan kantavuuden takaamiseksi. Peruskuivatuksen avulla, jossa kuivatusvedet ohjataan valtaojien tai luonnonuomien kautta jokiin ja järviin ja sieltä edelleen mereen, luodaan edellytykset paikalliskuivatukselle. Ilman toimivaa peruskuivatusta paikallinen kuivatus ei voi toimia tehokkaasti. Suurin osa Suomen maatalousmaasta on käynyt läpi peruskuivatuksen ainakin kerran, mutta useimmat kuivatusuomat tarvitsevat nykyisin peruskorjausta.

Nykyään paikalliskuivatus toteutetaan salaojituksen avulla. Salaojitetuilla pelloilla on suurempi hyötypinta-ala kuin avo-ojitetuilla pelloilla (Paasonen-Kivekäs ym., 2016, s. 217). Salaojitus parantaa myös maan kasvukuntoa ja vähentää yleensä pintavalumaa, mikä vaikuttaa ravinteiden huuhtoutumiseen ja sen ajankohtiin. Salaojituksen tehokkuutta voidaan säädellä säätösalojitusta käyttäen.

Kuivumisen ongelmat näkyvät pellolla yleensä hitaana ja epätasaisina kuivumisen alueina (Äijö, 2017, s. 13). Kunnostustoimet ovat tarpeen, kun ongelmat haittaavat viljelyä. Sateen ja lumen sulamisvedet poistuvat maan pinnasta yleensä haihduntana tai valumalla maan pintaa pitkin. Vesi voi myös mennä maan läpi.

Syitä märkyyteen voivat olla maanpinnan huono veden läpäisykyky syvemmälle muokkaukserrokseen, salaojaputkessa olevat tukokset tai putkessa olevan veden purkautumisen

estyminen (Äijö, 2017 s.13). Maalajit, rakenne ja maan tiivistyminen vaikuttavat veden imeytymisnopeuteen. Tällöin kun maan vedenläpäisykyky heikkenee viljelytoimenpiteet tiivistävät maata yhä pahemmin. Tiivistymän ei tarvitse olla kovinkaan paksu estääkseen veden pääsyn salaojiin. Myös ojaväli voi olla liian harva, joka huonontaa maan kantavuutta. Vesi kerääntyy helposti notkoihin, jos pinnan muoto ei ole riittävän tasainen.

### 3 MAAN KASVUKUNNON KEMIALLISET TEKIJÄT

Luonnossa kasviravinteita esiintyy monissa eri muodoissa. Kasviravinteita on maassa melko suuria määriä, mutta niistä suurin osa on kasveille käyttökelvottomassa muodossa (Yli-Halla, 2009, s.14). Ravinnevarat, jotka ovat sitoutuneita kallioperään tai siitä hienontuneen maan kivennäisaineksen mineraalirakenteisiin ovat kasveille mahdottomia käyttää. Mineraalien hajotessa kokonaan tai osiin niiden sisältämät ravinteet vapautuvat kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Maan eloperäisessä aineksessa olevat ravinnevarat vapautuvat vasta pieneliöiden aikaansaaman hajotuksen jälkeen.

#### 3.1 Viljavuus kasvukunnon perustana

Viljavuusanalyysin avulla saadaan tietoa maan kemiallisesta kasvukunnosta. Muokkauskerros ja pohjamaa poikkeaa monesti maalajeilta toisistaan. Syvemmällä olevan maan ominaisuudet vaikuttavat kasvien veden ja ravinteiden saantiin. Viljavuus olisikin hyvä teettää joskus myös jankosta.

Viljavuusanalyysissä määritetään maalaji ja multavuus aistinvaraisesti. Maan pH saadaan mittaamalla vesilietoksesta (Yli-Halla, 2017, s. 34). Samalla mitataan myös sähkönjohtavuus, joka kuvaa maassa olevien helppoliukoisten suolojen pitoisuutta. Perustutkimuksessa selvitetään helppoliukoisten fosforin (P), kaliumin (K), kalsiumin (Ca), magnesiumin (Mg) ja rikin (S) pitoisuudet. Hivenravinteista tavallisemmin määritetään kupari (Cu), sinkki (Zn), ja mangaani (Mn). Analyysien tulokset tulkitaan viljavuusluokkiin siten, että pH:n ja jokaisen määritetyn ravinteen osalta todetaan erikseen mitä saatu tulos näyttää kasvin näkökulmasta.

Käytössä on seitsemän eri viljavuusluokkaa: huono, huononlainen, välttävä, tyydyttävä, hyvä, korkea ja arveluttavan korkea. Viljavuusluokka antaa hyvän käsityksen monen ravinteen riittävyydestä maassa (Yli-Halla, 2017, s. 34). Multavuus ja maalaji antaa tietoa millainen on maan vedenpidätuskyky ja rakenne. Maan rakenteen tulisi olla kunnossa, että juurten kasvu olisi hyvää ja ravinteita olisi riittävästi kasville saatavissa.

### 3.2 Kasvin ravinteet

Kasvinravinteet ovat kasveille välttämättömiä aineita, joita ne tarvitsevat kasvuun, kehitykseen ja lisääntymiseen. Mikään muu alkuaine ei voi korvata tiettyä kasviravinnettä. Ravinteita kasvi tarvitsee yhteyttämiseen. Ravinteiden avulla kasvi pystyy valmistamaan ilman hiilidioksidista ja vedestä sokereita. Kasvi imee ravinteet maaperästä juuriensa kautta, joko veden mukana tai lehtien pinnalta. Tämä ravinteiden otto maasta voi olla joko aktiivista tai passiivista ja se vaikuttaa siihen, miten lannoitus suunnitellaan.

Koska ravinteet liukenevat maassa veteen, kuivuus voi haitata niiden saantia kasville (Farmit, 16.3.2009). On tärkeää, että kasvin juuret jatkavat kasvuaan, koska lähellä juuria ravinteiden pitoisuus vähenee niiden ottojen seurauksena ja tämä ilmiö jatkuu jatkuvasti. Lisäksi osa ravinteista liikkuu maassa huonosti, mikä vaikeuttaa niiden saatavuutta kasville.

#### 3.2.1 Typpi

Kasvi ottaa typen ammonium- tai nitraattitypen muodossa. Tällaisia typen muotoja kutsutaan mineraalitypeksi. Kasveille käyttökelpoisen typen määrä maassa on erittäin pieni eli se on lähes poikkeuksetta Suomessa lannoittamattomassa maassa kasvun minimitekijä (Yli-Halla, 2009, s.14).

Biologista typensidontaa voidaan hyödyntää palkokasveja viljelemällä. Viherlannoituskasveista, palkokasvien juurista ja sängestä vapautuu typpeä seuraavan kasvin käyttöön (Yli-Halla, 2009, s.14). Eloperäisten ja lannan ravinnelähteiden tyypestä osa on jo valmiiksi käyttökelpoista mineraalimuodossa ja sitä mineralisoituu ajan kanssa eloperäisistä yhdisteistä lisää.

Typpi on tärkeä ravintoaine, joka edistää kasvien vihreiden lehtien kasvua. Typen puute voi johtaa lehtien kellastumiseen ja kasvun hidastumiseen (RHS, i.a.-a.). Typpi liukenee helposti veteen, joten se huuhtoutuu helposti pois maaperästä erityisesti talvisateiden aikana, jolloin maaperässä on vähän typpeä keväällä juuri silloin, kun kasvit alkavat kasvamaan. Keväinen lehtien keltaisuus johtuu usein typen puutteesta.

Typen liikkuvuus maassa ja kasvissa on helppo. Typen puute pienentää lehtivihreän muodostumista. Ylisuuri typpimäärä johtaa erittäin tumman vihreään väriin ja voi herkistää kasvin kuivuudelle, taudeille ja hyönteistuhoilille (Mäntylähti yms., 2009, s.54).

### 3.2.2 Fosfori

Maan kivennäisaines sisältää luontaisesti fosforia apatiittimuodossa, josta se hyvin hitaasti liukenee ja sitoutuu fosfaattina happamassa maassa raudan ja alumiinin hydroksidien pinnoille (Yli-Halla, 2009, s.15). Kasvit käyttävät hyväkseen apatiistista ja maan orgaanisesta aineksesta vapautuvaa fosforia, joka onkin typen ohella kasvun minimitekijä. Tavallisesti fosforia on lannoitetun kivennäismaan muokkauskerroksessa jopa yli 2000 kiloa hehtaarilla.

Fosforia on kertynyt maahan vuosien saatossa lannoituksen mukana. Osa tästä fosforista säilyy kasveille käyttökelpoisessa muodossa. Lannoitusrakeista tuleva fosfori liukenee melko nopeasti, mutta se ei pysy maan huokosveteen liuenneena, vaan sitoutuu hiukkaspinnoille maassa ennestään olleen fosforin tapaan (Yli-Halla, 2009, s.18). Karjanlannan fosfori on myös suuriltaosin mineraalilannoitteen veroista. Tällöin viljelykasvit ottavatkin fosforia aikaisemmin maahan kertyneistä varoista ja lisäksi kyseistä satoa varten annetusta lannoituksesta. Yli suuri annos voi vähentää sinkin, raudan ja kuparin saantia.

### 3.2.3 Kalium

Kaliumin tärkeimpiä tehtäviä kasvissa on ylläpitää vesitaloutta ja entsyymitoimintaa. Maan mineraalit sisältävät kaliumia. Kaliumin liikkuvuus maassa ja kasvissa on hyvä. Kun mineraalit rapautuvat, siitä vapautuu maanesteeseen kaliumia (Yli-Halla, 2009, s.19). Savimaissa esiintyvistä tummista kiillemineraaleista vapautuu runsaasti kaliumia, mutta karkeissa maissa kaliumsälpä luovuttaa kaliumia niukemmin. Kun kasviainekset kuolevat ja solut hajoavat kalium vapautuu takaisin samassa muodossa maahan, jolloin se on heti taas kasveille käyttökelpoista. Kalium on herkästi huuhtoutuvaa karkeilla mailla. Yli suuri annos vaikeuttaa kasvin kalsiumin ja magnesiumin ottoa.

### 3.2.4 Rikki

Rikistä valtaosa on sitoutuneena orgaaniseen ainekseen, josta sitä mineralisoituu vähitellen kasveille käyttökelpoiseksi sulfaatiksi. Maahan joutuvat eloperäiset lannoitusaineet ja kasvinjätteet sisältävät rikkiä (Mäntylähti ym. 2009, s.56). Rikki on valkuaisaineiden rakenneosa. Rikin puute muistuttaa typen puutetta. Ristikukkaisilla lajeilla lehdet muuttuvat keltalaikkuisiksi. Rikin liikkuvuus on kasveissa kohtalainen ja maassa heikko. Ylisuurella rikkiannoksella kasvit pudottavat lehtensä ennenaikaisesti.

### 3.2.5 Kalsium (Ca)

Kalsium on solunseinämien rakennusosa. Sen liikkuvuus kasvissa ja maassa on heikko. Se kerääntyy juuristoon ja vanhoihin kasvinosiin (Mäntylähti ym. 2009, s.55). Kalsiumin puute aiheuttaa viljoilla lehtien kärkiosien kuivettumista ja lehtiin muodostuu pitkittäisiä viiruja. Liian suuri annos kasvin varhaisessa vaiheessa aiheuttaa kasvun tyrehtymisen ja myöhemmässä vaiheessa vaikeuttaa magnesiumin ja kaliumin ottoa.

### 3.2.6 Magnesium (Mg)

Magnesium tärkein tehtävä on klorofyllin keskusatomien ja entsyymitoiminnan ylläpitäminen. Sen liikkuvuus maassa on heikko ja kasvissa kohtalainen (Mäntylähti ym. 2009, s.55). Viljoilla ja nurmilla puutosoireet ilmaantuvat nauhamaisena kirjontana, jolloin lehtivihreää kertyy lehtien reunoihin tumman vihreiksi nauhoiksi. Ristikukkaisilla vanhat lehdet voivat olla vihreän kirjavia tai punertavia. Magnesiumin puute lyhentää tähkän pituutta.

## 3.3 Kasvin tärkeimmät hivenravinteet

Hivenravinteista tärkeimpiä ovat kupari (Cu), mangaani (Mn), sinkki (Zn) ja boori (B). Kuparin tärkein tehtävä on edistää entsyymitoimintaa. Sen liikkuvuus maassa ja kasvissa on heikko. Kun pH kohoaa, kuparin liukoisuus alenee (Mäntylähti ym. 2009, s.55). Sen puute aiheuttaa epäsäännöllistä kasvua ja vaaleanvihreitä lehtiä, joiden lakastuminen alkaa lehtien reunoista. Puutosoireet ilmenevät myös lehtien lisäksi silmuissa ja versoissa. Ylisuuri kupari annos kasvissa aiheuttaa kloroosia ja juuriston kasvun hidastumista.



Mangaanin tärkein tehtävä kasvissa on entsyymitoiminta, erityisesti veden fotolyysistä huolehtiminen. Sen liukoisuus huononee kalkittaessa. Märkyys kuitenkin puolestaan lisää mangaani pitoisuutta (Mäntylähti ym. 2009, s. 58). Sen liikkuvuus maassa ja kasvissa on heikkoa varsinkin, jos pH on korkea. Puutteessa lehtien väri muuttuu vaalean vihreästä lähes valkoiseksi, mutta lehtisuonet säilyvät vihreinä. Lehti taittuu laikusta ja kuolee. Ristikukkaisilla laikut ovat kirjavia ja vaaleita. Viljoilla tulee ruskeita ja harmaita viiruja tai tummia piste rivejä. Tällöin jyvien muodostus on heikkoa. Kauralla tautia kutsutaan harmaalaikkutaudiksi. Liian suuri annos mangaania estää sinkin ja raudan ottoa ja hidastaa kasvin kehitystä.

Sinkin tärkein tehtävä kasvissa on edistää entsyymitoimintaa (Mäntylähti ym., 2009, s.57) Sen liukoisuus alenee maassa melko herkästi pH:n noustessa. Sen liikkuvuus maassa on heikkoa, jos pH on korkea, mutta kasvissa se liikkuu helposti. Puutteessa lehdet kiertyvät ja paksuuntuvat. Korren solmuväli jää lyhyeksi. Liian suuri annos aiheuttaa kuparin puutetta muistuttavia oireita ja aiheuttaa raudan puutetta.

Boorin tärkeimpiä tehtäviä kasvissa on sokerien kuljetus ja soluseinämien rakenneosaa (Mäntylähti ym. 2009, s.57). Se sitoutuu runsaan kalkituksen jälkeen maan orgaaniseen ainekseen. Käytännössä juurikkaan viljelyssä booria tulisi lisätä kasvusto ruiskutuksena, koska se tarvitsee runsaasti booria. Juurikkaille ja öljykasveille lisä boori voi olla tarpeen. Boorin liikkuvuus maassa on helppo ja kasvissa heikko. Puute ilmenee ensimmäisenä kasvusto pisteiden kehityksen hidastumisena. Ristikukkaisilla puute johtaa varren ja juurien kehityshäiriöihin, ja rypsilä lehdet kellastuvat ja kurtistuvat. Viljoilla kukinta on heikkoa ja kasvupisteet kuolevat. Ohralla puutostilassa ei muodostu jyvää. Liian suuri annos aiheuttaa kalsiumin puutteen näköisiä oireita. Lehtien reunat ja lehtisuonten välit saattavat ruskettua.

### **3.4 Maan multavuus typen määrän mittarina**

Typpi (N) on viljelyskasvin kasvua eniten rajoittava ravinne. Valtaosa maassa olevasta tyypistä on sitoutuneena orgaaniseen ainekseen ja vain esimerkiksi noin 1 % voi vapautua kasvukauden aikana (Yli-Halla, 2017, s. 34). Tämä on mikrobiologinen prosessi ja siihen vaikuttaa myös kasvukauden olosuhteet, maan lämpötila ja kosteus.

Multavuus antaa karkean suunnan typpivarojen suuruudesta. Mitä multavampaa maa on, sitä paremmin typpeä vapautuu kasvien käyttöön. Typen vapautuminen lisääntyy karkeasti 5 kg/ha, kun maan orgaanisen aineksen pitoisuus kasvaa yhden prosenttiyksikön. Tällöin

typpilannoituksen tarve pienenee multavuuden kasvaessa (Yli-Halla, 2017, s. 35). Multavuus on orgaanista ainesta eli hiiltä. Kun maa-aineksesta tehdään hehkutuskevennys, eli poltetaan hiili pois, ja lämmitetään maata 500 asteeseen, saadaan orgaanisen aineksen pitoisuudelle tarkempi numeerinen arvo.

### 3.5 Maan pH ja kalkitus

Suomessa viljelymaa on luontaisesti hapan, koska maaperämme on muodostunut happamista kivilajeista (Yli-Halla, 2017, s. 36). Runsas orgaanisen aineksen pitoisuus, kostea ilmasto, huuhtoutuminen ja kasvien kationisten ravinteiden otto lisäävät happamuutta. Kalkituksella saadaan ravinteiden ottoa kasvien käyttöön parannettua ja etenkin fosforin hyväksikäyttö paranee. Kalkitus vaikuttaa pellon tuottokykyyn, maan rakenteeseen, haitallisten raskasmetallien sitomiseen ja taudinaiheuttajien hallintaan, jotka kaikki heijastuvat parempana sadon määränä ja laatuna. Tavoiteltava pH -luokka karkeilla kivennäismailla ja savimailla olisi pH-arvoa 6,0–6,5 ja eloperäisillä mailla pH-arvoa 5,8–6,0.

Suomessa viljelymaa on luontaisesti hapan, koska maaperämme on muodostunut happamista kivilajeista. Kalkituksen päätavoitteena on parantaa viljelykasvien kykyä hyödyntää ravinteita. Erityisesti fosforin kohdalla tämä on merkittävää, sillä fosfori on tiukasti sitoutunut happamaan maaperään. Happamassa maassa voi myös esiintyä liukoista alumiinia, joka voi olla haitallista kasvien juurille. Kalkituksen myönteisen vaikutukset ulottuvat myös maan rakenteeseen ja se auttaa kontrolloimaan taudinaiheuttajien esiintymistä maaperässä.

Taulukosta 1 nähdään tavoitearvot pellon hyvään ravinnetasapainoon. Kiloa hehtaarilla saadaan, kun pitoisuudet kerrotaan kahdella. Viljavuusluokkia hyödynnetään hahmottamaan, mikä lannoitusstrategia on kullekin lohkolle paras. Yksinkertaisuudessaan, jos jokin ravinne on viljavuusluokkaa alle tyydyttävän tason, ravinnetta tulee lisätä enemmän kuin sadon mukana poistuu (Tuomas Mattila, 2017). Kun taas ravinnetta on maassa enemmän kuin hyvän viljavuuden verran sitä ei kannata lisätä maahan kuin välttämätön määrä esimerkiksi starttifosfori, pieni määrä typpeä, siemenpinnoitus tai lehtilannoitus. Tyydyttävän ja hyvän viljavuusluokan välissä tulee lisätä ravinteita vuosittain poistuvan määrän verran, jotta ravinnetsot säilyvät.

Taulukko 1. Ravinne tavoitteet kasvulohkolla (Mattila 2017, s. 37).

Ravinteet	Tavoite, mg/l	Tavoite kg/ha
Ca	1700	3400
P	13	26
K	200	400
Mg	200	400
Cu	5	10
Mn	75	150
Zn	6	12
S	13	26
B	0,9	1,8

## 4 MAAN KASVUKUNNON BIOLOGISET TEKIJÄT

### 4.1 Orgaaninen aines

Orgaaninen aines on maan biologisen kasvukunnon tärkein tekijä. Vähentyessään se heikentää maan veden ja ravinteiden sitomiskykyä sekä hyödyllisten mikrobien elinoloja (Peltonen, 2017 s.44). Suurin syy orgaanisen aineksen vähentymiseen on intensiivinen muokkaus ja yksipuolinen, maahan vähän orgaanista ainesta tuova viljely. Tällaisia viljelykasveja ovat kevätilijat, peruna tai juurikaskasvit. Ilmastonmuutoksen edetessä lämmön nousun odotetaan lisäävän maan orgaanisen aineksen hajoamista. Orgaanista ainesta kerääntyy maahan kasvintähteistä, pellolle levitetystä lannasta ja viherlannoituksesta. Eniten orgaanista ainesta maahan tuovat monivuotiset nurmet.

Maanparannuskuiduilla saadaan nostettua maan multavuutta nopeasti. Ne parantavat veden- ja ravinteidenpidätyskykyä sekä mikrobiologista aktiivisuutta (Proagria, 2021). Kuidut kuohkeuttavat maata ja parantaa pellon muokkautuvuutta. Kuitu lisää mikrobitoimintaa, koska se on mikrobien ruokaa. Tällöin kuitua hajottavat mikrobit erittävät liima-ainetta, joka parantaa maamurujen kestävyyttä.

Hyvä sato tuottaa paljon orgaanista ainesta. Esimerkiksi viiden tonnin jyväsato tarkoittaa, että hehtaarille jää viisi tonnia olki- ja juurimassaa. Jos sadot jäävät vaatimattomiksi silloin myös orgaaninen aines jää vähemmäksi. Pienet sadot vuosi toisensa jälkeen pienentävät maan orgaanista ainesta, jos viljelyyn ei tehdä muutoksia (Peltonen ym., 2017, s.45). Olkien poistaminen joka vuosi ei ole hyväksi maan hyvän toimivuuden varmistamiseksi. Myös toistuva olkien keräys voi lisätä pellon kalium ja fosforin lannoitustarvetta. Hyvänä sääntönä olisi korkeintaan olkien poisto joka toinen vuosi, jos on tarvetta esim. juolavehnä ruiskutuksia varten.

### 4.2 Maaperän pieneliöt ja niiden toiminta

Malinin (2021) mukaan maaperässä toimii monivuotinen ravintoketju, josta suurimman osan muodostaa mikrobisto. Mikrobit hajottavat kuollutta orgaanista ainesta maaperässä ja vapauttavat siitä ravinteita, jotka myös kasvit voivat hyödyntää. Toisaalta mikrobit muuttavat osan näistä hajonneista hiiliyhdisteistä vaikeasti hajoavaksi muodoksi. Kun mikrobit itse

kuolevat, ne muodostavat osan tästä vaikeasti hajoavasta hiilestä. Tämä tarkoittaa, että tällainen hidas hajoava hiili säilyy maaperässä pitkään.

Sienet auttavat kasveja saamaan fosforia ja muita ravinteita maaperästä. Sienten rihmasto kuljettaa kasveille myös muita tärkeitä ravinteita ja vettä (Malin, 2021, käytännönmaamies). Kasvit ja sienet tekevät yhteistyötä: kasvit tarjoavat sienille sokeria fotosynteesin kautta. Sienet voivat myös suojata kasveja monilta haittatekijöiltä, kuten kuivuudelta, happamalta maaperältä, taudeilta, tuholaisilta ja raskasmetalleilta.

Pieneliötoiminta saa aikaan typen vapautumisen mineraalimuotoon eloperäisestä aineksesta eli puhutaan ammonifikaatiosta. Eloperäisestä aineksesta vapautuu hitaasti typpeä mikrobi-toiminnan tuloksena kasveille käyttökelpoiseen muotoon mineraalitypeksi (-Yli-Halla, 2009). Eli typen vapautumista tapahtuu, kun mikrobit käyttävät eloperäistä ainesta hiilen ja energian lähteenä. Kasveihin typpeä vapautuu, jos sitä on hajotettavassa aineksessa yli mikrobitoiminnan tarpeen. Immobilisoitumisessa mikrobit käyttävät omiin elintoimintoihinsa ympärillään olevaa liukoista typpeä. Ammoniumtyppi on kasveille käyttökelpoista, mutta sitä on yleensä maassa vähän, koska Nitrosomonasbakteerit muuttavat ammoniumtypen melko nopeasti nitriitiksi ( $\text{NO}_2^-$ ). Siitä Nitrobacter- bakteerit muuttavat nitriitin edelleen nitraatiksi ( $\text{NO}_3^-$ ), ja tässä muodossa kasvit yleensä typen ottavat. Tätä kutsutaan nitrifikaatioksi. Nitrifikaatiossa vapautuu vetyioneja, jotka hapantavat maata ja ammoniumtyppeä sisältävät lannoitteet siten laskevat maan pH:ta.

Biologisessa typensidonnassa tietyt mikrobit kykenevät käyttämään hyväkseen ilman typpi-kaasua ( $\text{N}_2$ ), josta ne valmistavat ammoniumtyppeä ( $\text{NH}_4^+$ ) ja valkuaisaineiden rakenneosina tarvittavia aminohappoja. Rhizobium-bakteerit, jotka elävät palkokasvien juuristoissa sitovat ilmakehästä typpeä. Viljelymaassa on myös muita mikrobeja, jotka pystyvät sitomaan ilmakehän typpeä, mutta niiden sitomat typpimäärät ovat pienempiä.

### 4.3 Juuret ja niiden eritteet

Juuristo viljakasvilla muodostuu siemen- ja ravintojuurista. Siemenjuuret lähtevät nimensä mukaisesti siemenen tuntumasta ja ne tunkeutuvat syviin maakerrokseen päätehtävänäan kasvin veden saannin turvaaminen (Peltonen-Sainio ym., 2005, s.15). Kasvin ravintojuuret ovat ruokamultakerroksessa ja ne huolehtivat suurilta osin kasvin ravinteiden saannista. Versojen tyvelle muodostuu myös ravintojuuria.

Juurieritteet toimivat ikään kuin signaaleina, jotka käynnistävät symbioosin Rhizobiumin ja mykorritsasienten kanssa (Juuristopaketti, 2014). Juurikarvat ovat ensisijaisesti symbioottisten maaperän bakteerien kontaktipiste palkokasveissa. Juurien erittämä lima, kuolleet juuret ja elävien juurien solut tarjoavat otollisen ympäristön mikrobistolle. Juuristossa on paljon enemmän mikrobeja kuin muualla maaperässä. Mikrobien aktiivisuus juuriston ympärillä edistää juurten kasvua ja vuorostaan juurten kasvu tukee mikrobien toimintaa.

Juuret tekevät maahan reikiä, kuivattavat maata ja tuovat maahan eloperäistä ainesta. Biohuokoset parantavat maan rakenteen tärkeimpiä ominaisuuksia reikäisyyttä ja kestävyyttä. Juuret pyrkivät löytämään aina helpoimman reitin alaspäin (Juuristopaketti, 2014). Kaksisirkkaisten kasvien pääjuuren (paalujuuri) paksuus on noin 0,3–10 mm ja viljojen juuret ovat 0,2–0,4 mm paksuja. Kaikkein ohuimmat juuret ovat halkaisijaltaan 0,1–0,2 mm. Juurten kasvupaine poikkisuunnassa on 0,5–0,9 megapascalia (5–9 bar) ja pituussuunnassa yli 2 megapascalia (20bar). Juurten erittämä lima helpottaa niiden kasvua ja vesikin toimii voiteena. Kun juuri kohtaa tiiviin maan se alkaa paksuuntua ja kasvattaa siten lisää kasvupainetta.

## 5 MAANKASVUKUNNON PARANTAMISEN MAHDOLLISUUDET

### 5.1 Viljelykierto

Viljelykierron tärkeys tulee esiin pitkäaikaisessa hyvässä kierrossa. Hyvän kierron puutteellisuus johtaa yleensä tautien yleistymiseen ja satotasojen laskemiseen. Esimerkiksi nurmea sisältämätön kierto 100 kg:n typpi lannoituksella tuottaa useita satojakiloja huonompaa vilja-satoa kuin nurmea sisältävä kierto. Myös orgaanisen aineksen käyttö vaikuttaa positiivisesti viljavuuteen (Kleemola, 2009, s.63).

Hyvä ja monipuolinen viljelykierto ylläpitää maan rakennetta. Huonoa maan rakennetta ei voi suoraan alkaa korjaamaan viljelykiertoja monipuolistamalla. Kasvilajia muuttaessa muuttuu samalla myös maan biologiset, kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Suunnitelmallisesti vuorottomalla kasveja pidemmissä 4–5 vuoden jaksoissa saadaan maaperään hyödyllisiä vaikutuksia. Tällöin esikasvivaikutukset tukevat toisiaan ja edistävät maaperän hyvinvointia (Keskitalo ym., 2017, s.39).

Viljelykierron monipuolistaminen tuo ravinteita maahan sekä muuttaa juuristorakenteen ja juuriston tukiverkon maassa monimuotoiseksi. Tämä parantaa maan kestävyyttä työkonien tiivistävää vaikutusta vastaan. Monipuolisuus vähentää myös eroosiota. On hyvä valita kierto on syväjuurisia ja paljon juuristomassaa tuottavia kasveja. Monivuotiset muokkaavat maata yksivuotisia paremmin. Syysviljoilla juuristo on paljon laajempi kuin kevätiljoilla (Keskitalo yms., 2017, s.40).

### 5.2 Kasvustotähteiden hiili-typisuhde

Mikrobitoiminta vilkastuu mitä enemmän peltomaahan jää kasvustotähteitä. Hiilen ja typen suhde vaikuttaa orgaanisen aineksen hajoamiseen ja typen vapautumiseen eli mineralisaatioon. Kasvilajit, kasvinosat sekä kasvin kasvuvaiheet vaikuttavat kasvustotähteiden typpipitoisuuteen. Viljassa typpeä on vähiten tuleentumisvaiheessa, kun taas samassa kasvuvaiheessa kaksisirkkaisten kasvien korjuutähteissä typpeä on selvästi enemmän. Jos C/N-suhde on korkea eli siinä on typpeä vähemmän suhteessa hiilen määrään, materiaalin typpi ei riitä hajottajien tarpeeseen, jolloin ne sitovat maaperän typpeä. Jos C/N-suhde on matala, typpeä on liikaa hajottajien tarpeen, silloin typpi vapautuu eli mineralisoituu. Optimaalisin

hiilityppi suhde olisi noin 24:1, jolloin nettomineralisaatiota tai -sitoutumista ei tapahdu. Tätä kuitenkaan ei ole tavattu yhdenkään kasvin peltoon jääneiden tähteiden kohdalla vaan monessa C/N-suhde on optimia selkeästi korkeampi (Taulukko 2.). Lupiinilla ja härkäpavulla C/N-suhde on lähimpänä optimia. Viljoilla C/N-suhde on erittäin korkea, mistä johtuu olkien hidas maatumisen (Keskitalo ym., 2017, s.42).

Taulukko 2. Hiilityppi suhde eri kasveilla (Keskitalo ym., 2017, s.42).

Kasvi	Kasvustötähteiden C/N -suhde
<b>PALKOKASVIT, keskimäärin</b>	<b>30</b>
Härkäpapu	32
Lupiinit	27
<b>VILJAT JA VILJAN TYYPPISET, keskimäärin</b>	<b>89</b>
Kaura	111
Kevätvehnä	106
Tattari	50
<b>ÖLJYKASVIT, keskimäärin</b>	<b>79</b>
Kevätrypsi	54
Öljyhamppu	91
Öljypellava	92

### 5.3 Kalkitus

Kalkituksen tärkein tehtävä on viljelykasvin ravinteiden, etenkin fosforin hyväksikäytön parantaminen. Fosfori on happamassa maassa tiukasti sitoutuneena (Yli-Halla, 2017, s. 36). Kalkituksella vaikutetaan maanrakenteeseen, haitallisten raskasmetallien sitomiseen ja taudinaiheuttajien hallintaan. Tällä parannetaan sadonlaatua ja määrää. Tavoiteltava pH karkeilla kivennäismailla olisi noin pH-arvoa 6,0–6,5 ja eloperäisillä mailla pH-arvoa 5,8–6,0. Kalkitusta suositellaan tehtäväksi noin viiden vuoden välein, että saavutettava pH-taso ylläpidetään. Tyypillinen kalkitusmäärä on noin 3–5 tonnia hehtaarille. Tärkeintä on määrittää maalaji ja kalkitustarve, koska savimaiden ja karkeiden kivennäismaiden ohjeellisessa kalkitustarpeessa on melkoinen ero.

Kationinvaihtokapasiteetti kuvaa maan kykyä varastoida liukoisia ravinteita maaperän kiinnitys pinnoilleen. Kertalannoitukset tulisi suhteuttaa kationinvaihtokapasiteetin mukaan, koska



suuri kertalannoitus on vaarassa huuhtoutua maanesteestä juuriston ulottumattomiin (Knaapi, 2015). Alhaisin KVK-arvo on karkeilla hiedoilla ja hiekoilla sekä vähämultaisilla mailla. Savimaiden ja hyvin maatuneen eloperäisen aineksen KVK-arvo on korkea. Tämän takia ne pystyvät varastoimaan ravinteita suurempina kerta-annoksina.

Kationinvaihtokapasiteetti hietamailla tulisi olla 15 cmol/l ja savimailla 20 cmol/l. Tällöin kriittisenä rajana voidaan pitää 10 cmol/l, joka tarvitaan tyydyttävään viljavuuden ylläpitämiseen hietamailla. KVK:ta voidaan nostaa lisäämällä pellon orgaanisen aineksen ja savimineraalien pitoisuuksia sekä kalkitseamalla hapanta maata (Mattila, 2017). Yhden yksikön nosto vaatii 0,6 %:n noston multavuudessa. Tämä vastaa noin 10 tonnia orgaanista ainesta kuiva-aineena hehtaarille tai vastaavasti 5 %:n noston savipitoisuudessa, joka tarkoittaisi jopa 100 kuiva-aine tonnia savea hehtaarille. Orgaanisen aineksen lisäyksessä voidaan tuoda huomattavia määriä kalsiumia, magnesiumia, kaliumia, fosforia, rikkiä ja hivenravinteita, joten suunnittelu vaiheessa olisi hyvä ottaa huomioon mitä ravinteita pellolta puuttuu. KVK:n määrittämiseen on olemassa hyvä laskuri, jolla saadaan helposti määritettyä viljavuustutkimuksen arvot syöttämällä lohkon kationinvaihtokapasiteetti (Liite 1.)

#### **5.4 Kasvinsuojelu maankasvukunnon näkökulmasta**

Keskustelu kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käytöstä, niiden tarpeellisuudesta ja niiden vaikutuksista ympäristöön on aktiivista. EU:n vihreän kehityksen ohjelman päämääränä on alentaa kemiallisten kasvinsuojeluaineiden käytön ja niihin liittyvien riskien tasoa 50 prosentilla vuoteen 2030 mennessä (Jalli, 2023).

Kasvien terveydestä huolehtiminen onkin suuri etu maalle ja sen rakenteelle, koska silloin kasvit tekevät paljon työtä. Tällä hetkellä käytössä olevat kasvinsuojeluaineiden aktiiviset ainesosat ovat keinotekoisia orgaanisia yhdisteitä, ja maaperän mikrobisto kykenee hajottamaan niitä. Kasvinsuojelu aineita tulee kuitenkin käyttää harkiten (Ruokavirasto, 2022). Maaperän mikrobit pystyvät tehokkaasti puhdistamaan maata orgaanisista vierasaineista. Hajoitusnopeus riippuu mikrobiston aktiivisuudesta, mutta se vaihtelee ympäristötekijöiden vaikutuksesta. Raskasmetalleja ja orgaanisia, vaikeasti hajoavia haitallisia yhdisteitä tulisi välttää käyttämästä. Maahan tulisi lisätä varovaisesti aineita, jotka voivat merkittävästi muuttaa maan ominaisuuksia, kuten happamuutta eli pH-arvoa.

Viljelykierto antaa mahdollisuuksia rikkakasvien monipuolisempaan torjuntaan. Monipuolinen viljelykierto vähentää kasvitautien riskiä, jotka talvehtivat maassa tai kasvinjätteissä. Tällöin yksittäisten taudinaiheuttajien määrä ei pääse kasvamaan maaperässä (Huusela -Veistola, 2017 s. 32–36). Tällöin kasvustot pysyvät pidempään terveinä ja vähentävät kemiallisten kasvinsuojeluaineiden tarvetta. Biologisen torjunnan kannalta esimerkiksi uudet rypsipellot tulisi sijoittaa edellisvuotisten lohkojen lähelle, jotta rapsikuoriaisen luontaisen vihollisen, loispistiäisen olisi helpompi siirtyä uuteen kasvustoon.

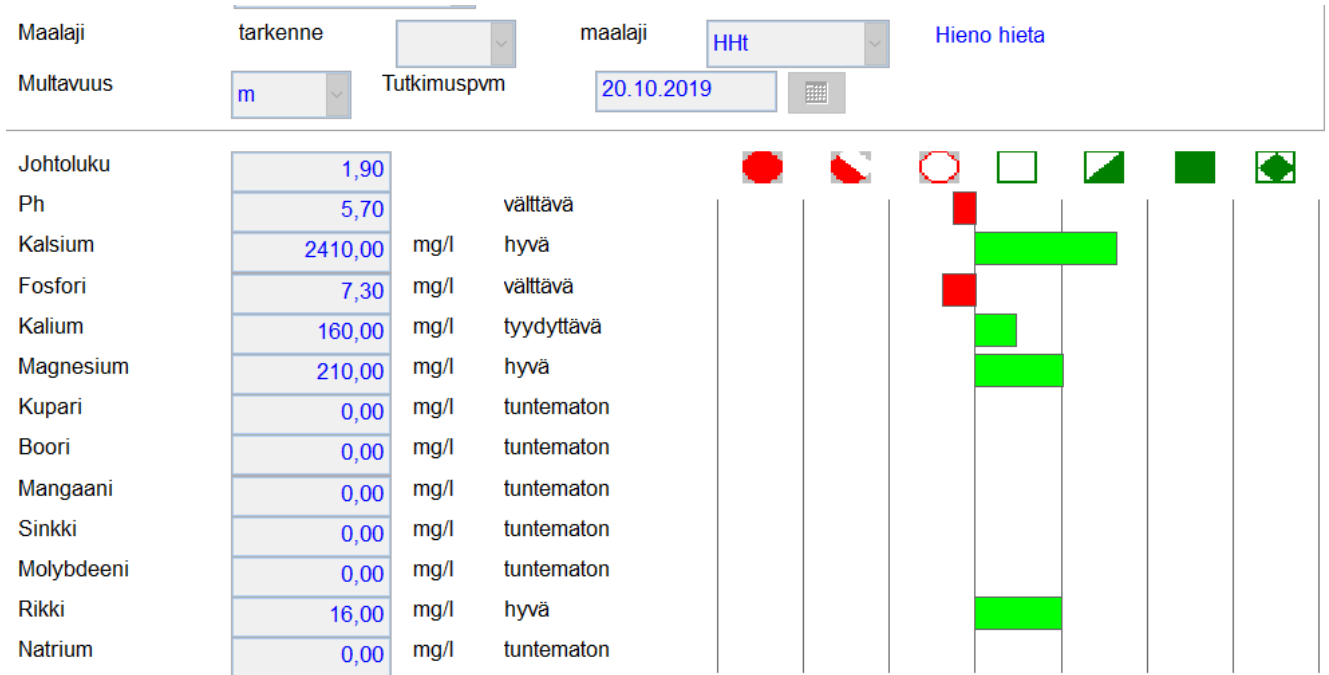
## 6 TUTKIMUSASETELMA

Opinnäytetyössä tutkittiin kahden peltolohkon ja niiden erilaisen viljelykierron merkitystä maanrakenteeseen. Tarkasteltavat peltolohkot olivat Koppinen 4,6 hehtaaria ja Ladontausta 6,13 hehtaaria. Lohkoilla on viljelty ohraa jo ennen vuotta 2020. Ladontaustassa on viljelykiertona ollut 2020–2023 kaura, rypsi, ohra ja- kaura ja Koppisessa ohra, ohra, ohra ja ohra.

### 6.1 Peltolohkojen kuvaus

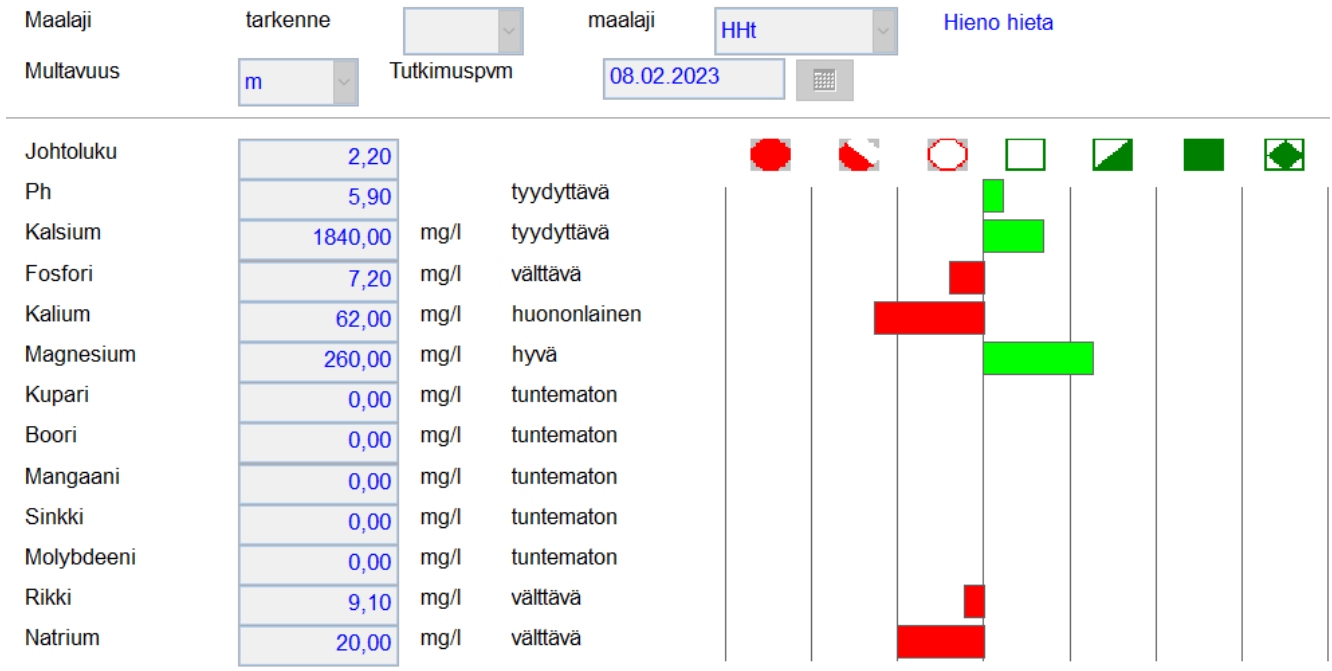
Lohkot sijaitsevat tilan läheisyydessä. Koppinen on hyvin poudanarka lohko, mikä johtuu heikosta multavuudesta. Se kuorettuu helposti sateiden jälkeen. Pellon etelä päässä on oja hie-  
man tukossa ja vaatisi kaivuuta. Tämä heijastuu märkyytenä oikein sateisena keväänä. Ladontausta on multavampaa ja kestää sään vaihteluita paremmin eikä liety tai kuoretu sateel-  
lakaan. Siinä on maalajin vaihtelua, pohjoispäässä on hieman savisempaa ja kovempaa kuin etelä päässä on sitten multavampaa maata. Ero ei kuitenkaan ole suuri eikä näy kasvustois-  
sakaan kasvu eroina.

Ladontaustan viljavuustutkimuksesta tullee analyysistä voidaan arvioida pellon ravinne-  
tilannetta (Kuvio 1.). Pellon pH on 5,7, joka alkaa pudota lähelle happaman luokan arvoa. Tämä alkaa vaikeuttaa joidenkin ravinteiden saantia ja toisaalta nostaa raskasmetallien pi-  
toisuuksia maassa. Tällä arvolla parhaiten liukenevia ravinteita ovat rauta (Fe), mangaani (Mn) ja sinkki (Zn). Kalsium-magnesium -suhde on  $2410/210 = 11,4$ . Suhde-tavoite olisi  
noin luokkaa 8. Tämä saavutettaisiin kalkitseamalla magnesiumia sisältävällä kalkilla. Maa-  
lajina on hienohieta (HHT) ja multavuus multava. Hiedassa on hienoja lajitteita mistä syystä  
sen ravinnevarat ovat melko hyvät. Hietamaat ovat yleensä kevyitä muokattavia. Yleensä  
muokkauskerroksen alla on savinen jankko ja pohjamaa, joka lisää maan ravinnevaroja.  
Seuraavalla viljavuustutkimus kerralla otetaan myös hivenravinne analyysi, että saadaan  
tarkempaa tietoa lisäravinne ruiskutuksia varten.



Kuvio 1. Ladontausta viljavuusanalyysi. (Peltola, 2023).

Koppisen viljavuustutkimuksesta nähdään pellon ravinnetilannetta (Kuvio 2.). Pellon pH on 5,9, joka on vielä käytännössä lähellä hyvää arvoa, eikä vielä paljoa vaikuta muiden ravinteiden saantiin. Tällä pH -arvolla parhaiten liukenevia ravinteita kasvinkäyttöön ovat typpi (N), rauta (Fe), mangaani (Mn), boori (B) ja sinkki (Zn). Kalsium -magnesium -suhde on  $1840/260 = 7,0$ . Kalsiumia tulisi kalkituksella lisätä, että päästäisiin tavoite arvoon 8. Maalajina on hienohieta (HHT) ja multavuus multava. Hienossa hiedassa on hienoja lajitteita mikä selittää sen sen ravinteikkaan koostumuksen. Tällaiset maat ovat yleensä helposti muokattavia. Hietamaissa on yleensä muokkauskerroksen alla savinen jankko ja pohjamaa, joka lisää maan ravinnevaroja.



Kuvio 2. Koppinen viljavuusanalyysi. (Peltola, 2023).

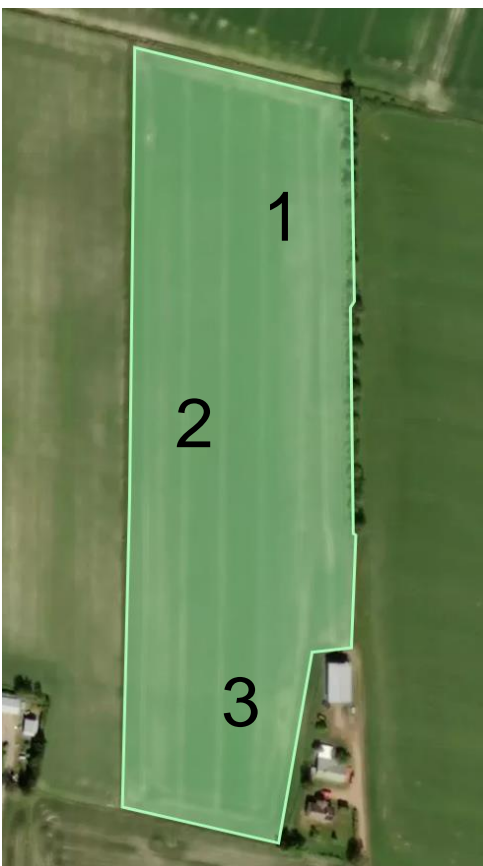
## 6.2 Mittaukset

Pellon kasvukunnon yleiseen määrittämiseen käytettiin Ruokaviraston peltomaan laatutestin itsearviointi lomaketta (Liite 2). Taulukossa käytetään arvostelu asteikkoa 1–5 jossa 1 on huolestuttava tilanne ja 5 on erittäin hyvä tilanne. Arviointi tehtiin syksyllä 2023.

Maan rakennetta ja kasvukuntoa arvioitiin MARA-testillä sadonkorjuun jälkeen. MARA-testin asteikko on yhdestä viiteen. Tuloksena tulisi saada kolmesta parempi luokka, jolloin maanrakenne on vielä hyväksyttävä (Liite 3). Tutkimusta varten tehtiin lapion kokoa leveämmät ja noin 25 cm syvät kuopat molempien peltöjen kaikilla kolmella havaintopisteillä (Kuvat 2 ja 3).



Kuva 2. Näytteenottopaikat numeroituna Ladontausta -lohkolla. (Atfarm, 2023)



Kuva 3. Näytteenottopaikat Koppinen -peltolohkolla. (Atfarm, 2023)

Hörppy-testissä kaadettiin vettä 0,5 litraa maahan ja otettiin aikaa, kauanko kestää veden imeytyminen. Hyvä aika olisi alle 30 sekuntia kämmenen kokoiselle alueelle (Mattila & Rajala, 2019, s.3).

Tutkimuksessa käytettiin myös kationinvaihtokapasiteetti-laskuria, joka kuvaa maan luontaista viljavuutta ja ravinteiden pidätyskykyä. Se laskee samalla myös kalkitusmäärä ehdotukset. KVK tulisi olla laskurin mukaan yli 10. Luku 15 on jo riittävän hyvä ja yleensä silloin ravinteetkin ovat vihreällä.

## 7 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

### 7.1 Koelohkojen satotiedot ja kasvukausien sää

**Ladontausta** -lohkolla viljeltiin 2020 vuonna Avenue kauraa, jolla katkaistiin osaksi tautipainetta ohrasta. Satotaso silloin oli noin 5500 kg /ha ja hehtolitraino 60 kg myllylaatuna (Taulukko 3). Pelto jäi talvipeitteiseksi sängelle ja kynnettiin keväällä 2021. Vuonna 2021 on viljelty rypsiä. Sen satotaso oli noin 1800 kg/ha. Pelto jätettiin kyntämättä ja pelkästään äestettiin seuraavana keväänä 2022 kylvökuntoon, koska rypsi oli tehnyt hyvän alku muokkauksen hyvän juuristonsa avulla ja maa oli löyhää. Vuonna 2022 oli ohraa ja sen satotaso oli noin 5000 kg/ha ja hehtolitraino 70 kg. Maa kynnettiin syksyllä. Vuonna 2023 oli Avenue -kauraa satotasolla 5000 kg/ha ja hehtolitraino 58 kg myllylaatuna (Taulukko 2.). Maata ei kynnetä tänä syksynä 2023.

Taulukko 3. Eri kasvien satojen määrä (kg/ha) ja hehtolitraino (kg/100 litraa) 2020–2023 Ladontausta-lohkolla

Vuosi	Kasvi	Sato. kg/ha	Hehtolitraino. kg/hl	Kg/m <sup>3</sup>
2020	Kaura	5500	60	600
2021	Rypsi	1800	70	700
2022	Ohra	5000	70	700
2023	Kaura	5000	58	580

**Koppinen** -lohkolla on viljelty ohraa 2020–23. Satotaso vuonna 2020 oli noin 4000 kg/ha ja hehtolitraino 70 kg (Taulukko 4). Pelto kynnettiin syksyllä. Vuonna 2021 oli ohraa ja satotaso oli noin 3500 kg/ha ja hehtolitraino noin 70 kg. Pelto kynnettiin syksyllä. Vuonna 2022



kylvettiin ohraa. Sato jäi jälleen huonoksi 3500 kg/ha ja hehtolitraino oli 68 kg. Kyntö tehtiin syksyllä. Vuonna 2023 oli ohraa ja sen sato jäi noin 3800 kg/ha ja hehtolitraino 63 kg. Lohko kynnetään syksyllä 2023.

Taulukko 4. Eri kasvien satojen määrä (kg/ha) ja hehtolitraino (kg/hl) 2020–2023 Koppinen- loh- kolla

<b>Vuosi</b>	<b>Kasvi</b>	<b>Sato kg/ha</b>	<b>Hehtolitra- paino. kg/hl</b>	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>
2020	Ohra	4000	70	700
2021	Ohra	3500	70	700
2022	Ohra	3500	68	680
2023	Ohra	3800	63	630

Ilmatieteen laitoksen sivuilta löytyy vanhaa aineistoa ladattavassa muodossa menneiden vuosien säätiedoista (Taulukko 5). Tehoisan lämpösumman kertymän data löytyi Farmit -si- vulta.

Taulukko 5. Sademäärä ja tehoisalämpösumma kasvukausilta

<b>Vuosi</b>	<b>Kasvukauden sademäärä (mm) ajalta 1.5–31.10</b>	<b>Kasvukauden tehoisa läm- pösumma</b>
2020	392	1269
2021	335	1370
2022	416	1276

2023	475	1386
------	-----	------

## 7.2 Perusparannusten itsearviointi

Peltolohkojen perusparannustoimia arvioitiin Ruokaviraston peltomaan -laatutesti lomakkeella. Ojitus molemmissa lohkoissa on hyvällä tasolla (Taulukko 6). Ojien pientareet murskataan joka syksy. Ylläpito kalkitusta tulisi harkita arvojen optimoimiseksi molemmissa lohkoissa. Lohkoja on kalkittu viimeksi kymmenen vuotta sitten.

Taulukko 6. Peltomaan laatutestin arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontaustaa ja kirjain B tarkoittaa Koppista.

	1	1	2	3	4	5	5
<b>Ojitus</b>	tarvittavia täydennys- ja uusintaojituksia ei tehdä eikä ojien toimivuutta tarkisteta					<b>A, B</b>	pelto on ojitettu riittävän tehokkaasti, ojien toimivuus tarkistetaan vuosittain ja tarvittavat huoltotyöt tehdään
<b>Kalkitus</b>	maata ei ole kalkittu riittävästi, viljavuusanalyysin tulos ”punaisella”				<b>A</b>	<b>B</b>	pH pidetään sopivana, viljavuusanalyysin tulos ”vihreällä”

### 7.3 Maan ominaisuuksien itsearviointi

Ladontausta **A**: lohko kuivuu tasaisesti eikä vesitaloudessa ole ongelmia sään ääriolosuhteis- sakaan. Se ei liety kovin helposti ja on ensimmäisten lohkojen joukossa kylvöillä keväällä.

Maa muokkautuu helposti kylvökuntoon, jopa yhdellä äestyskerralla. Koppinen **B**: Lohkolla on ongelmia kuivumisen suhteen etenkin kovilla sateilla. Maa lietty helposti, koska seassa on myös hiesua. Poudalla se kuivuu liiankin nopeasti oikein kovaksi ja kuorettuu. Kylvöajankohta ei ole aivan ensimmäisten joukossa, mutta ennen pitkiä poutia se on saatava kylvöön riittä- vän kosteuden takaamiseksi (Taulukko 7).

Taulukko 7. Maanominaisuuksien arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontaustaa ja kirjain B tarkoittaa Koppista.

	1	1	2	3	4	5	5
<b>Pellon kui- vuminen</b>	routa sulaa ja maa kuivuu muokkauskuntoon hitaasti tai epätasaisesti			<b>B</b>		<b>A</b>	routa sulaa ja maa kuivuu tasaisesti muokkauskuntoon
<b>Muokkau- tuvuus</b>	maan muokkaus vaikeaa, tarvi- taan paljon vetovoimaa ja useita muokkauskertoja		<b>B</b>			<b>A</b>	maa muokkautuu helposti
<b>Veden imeytymi- nen</b>	sateen tai kastelun jälkeen ojien väleissä lätäköitä yli 2 vuorokautta				<b>B</b>	<b>A</b>	sade- tai kasteluvesi imeytyy maahan alle 2 vuorokaudessa
<b>Murura- kenteen kestävyys</b>	maan pinta lietty sateella ja kuorettuu kuivuessaan		<b>B</b>			<b>A</b>	maan pintarakenne kestävää, ei liety ko- villakaan sateilla

<b>Poutivuus</b>	maa yleensä liian kuivaa, vaatisi usein kastelua		<b>B</b>			<b>A</b>	kasvit saavat yleensä riittävästi vettä
------------------	--	--	----------	--	--	----------	---

#### 7.4 Kasvuston ja maaperäeliöstön itsearviointi

Ladontausta **A**: Kasvusto on ollut hyvää ja tasaista. Ravinteista ei ole ollut suuria puutoksia kuivemmallakaan kasvukaudella. Kasvitauteja ei ilmennyt kasvukaudella 2023 eikä kasvustoon tehty tautiruiskutusta hyvän kierron ansiosta. Maasta löytyy hyvin peltolieroja ja kaste-matoja. Koppinen **B**: Kasvusto on kärsinyt usein kuivuudesta tai helposti tukehtunut märkyyteen kuorettumalla etenkin, jos on tullut kova sade kylvöjen jälkeen. Kasvustoon on tehty tautiruiskutukset aina, koska viljelykiertoa ei ole. Maasta löytyy jonkin verran peltolieroja (Taulukko 8).

Taulukko 8. Kasvuston ja maaperäeliöstön arvioinnin tulokset. Kirjain A tarkoittaa Ladontaustaa ja kirjain B tarkoittaa Koppista.

	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Kasvuston kunto</b>	kasvusto epätasainen, tuleentuminen epätasaista, kellastumia			<b>B</b>		<b>A</b>	kasvusto tasainen ja kasvaa hyvin äärikasvuoloissakin
<b>Ravinteiden puutos</b>	kasvustossa ravinteiden puutosoireita			<b>B</b>		<b>A</b>	kasvustossa ei tunnistettavia ravinteiden puutosoireita

<b>Kasvitaudit</b>	maalevinteiset kasvitaudit haittaavat kasvuston normaalia kehitystä		<b>B</b>			<b>A</b>	maalevinteisistä kasvitaudeista ei ole haittaa
<b>Maan biologinen aktiivisuus</b>	maassa ei juurikaan lieroja eikä lintuja etsimässä syötävää		<b>B</b>			<b>A</b>	Maassa runsaasti lieroja, tai pellon yllä paljon lintuja etsimässä syötävää

## 7.5 Maankasvukunto Ladontausta (monipuolinen viljelykierto)

Pellon kasvukunto näytti vuonna 2020 tyydyttävältä, koska maassa oli hieman olkijätettä ja vähäinen lierokanta (Kuva 4). Ensimmäisellä havaintopisteellä huomattiin, että lapio ei painunut maahan kovin helposti. Näytettä tutkiessa huomattiin ensimmäisenä mullan seassa vanhat oljet, jotka eivät olleet maatuneet kunnolla (Kuva 5). Maanäytteessä havaittiin kastelieroja 2 kpl ja peltolieroja 4 kpl. Kastelierot olisivat tehokkaampia kasvijätteen syöjiä, kuin peltolierot eli niille tulisi saada paremmat elinolosuhteet maassa, että ne lisääntyisivät ja olkijäte maatuksi nopeammin. Maa murustui käsillä helposti eli oli luokassa **4 tiivistymätön**. Kokkareissa oli runsaasti pitkiä hiusjuuria ja ne olivat hyvin huokosia. Maassa oli 15 cm syvyydessä hyvää pinta maata luokka 4 ja siitä 10 cm syvemmällä vähän kovempaa maata **luokka 3**. Tällöin kerrostuneen näytteen **luokitus**:  $(4 \cdot 15) / 25 + (3 \cdot 10) / 25 = 3,6$ . Tämä on vielä hyvä luokitus. Hörppy-testin tulos oli 15 sekuntia, joka jää reilusti alle huonon rajan, joka on 30 sekuntia.



Kuva 4. Kaivanto vuodelta 2020 lohkolta Ladontausta. (Peltola,2023)



Kuva 5. Näyte 1 Ladontausta. (Peltola, 2023)

Toisella havaintopisteellä huomattiin, että lapio painui maahan erittäin kevyesti (Kuva 6). Maa oli erittäin murustuvaa ja siinä oli hyvin huokoisia. Maassa ei ollut olkijätettä lainkaan. Kaste-  
 lieroja oli 5 kpl ja onkilieroja 4 kpl. Tämä on hyvä määrä matoja. Maan luokitus on **5 mure-  
 neva**. Maa oli erittäin huokoista ja juuria kasvoi kauttaaltaan tasaisesti. Veden läpäisy tapah-  
 tui 12 sekunnissa. Maassa oli 15 cm murenevaa maata luokka 5 ja siitä 10 cm syvemmällä-  
 kin oli hyvää maata **luokka 4**. Kerrostuneen näytteen **luokitus**:  $(5 \cdot 15) / 25 + (4 \cdot 10) / 25 = 4,6$ .  
 Tulos on erittäin hyvä maanrakenteen kannalta.





Kuva 6. Näyte 2 Ladontausta. (Peltola, 2023)

Kolmannella havaintopisteellä havaittiin, että maa oli huomattavasti kovempaa (Kuva 7). Maanäyte nousi yhden muotoisena maaklönttinä, eikä hajonnut kovin helposti. Maa oli väriltään harmaampaa kuin kaivannossa 2. Kastelieroja löydettiin 1 kpl ja peltolieroja 4 kpl. Tämä kertoo, että juuristo ei ole kovin runsasta ja monipuolista, eikä maassa ole riittävää happipitoisuutta. Veden läpäisyyn kului 18 sekuntia. Maan luokitus 15 cm tarkastelu syvyydeltä oli **3 kiinteä** ja sen alapuolelta 10 cm syvyydestä myös **luokka 3**. Siinä oli tiiviitä ja kulmikkaita kokkareita, ja ne murustuivat kohtalaisen helposti kädellä. Huokosia kokkareissa oli niukasti. Veden läpäisyssä meni aikaa 19 sekuntia. Eli maa on kohtalaisen tiivistä. Kerrostuneen näytteen **luokitus**:  $(3 \cdot 15) / 25 + (3 \cdot 10) / 25 = 3$ . Tulos kertoo, että kyseinen alue lohkosta tarvitsi lisää tutkimusta ja korjaavia toimenpiteitä, ettei tilanne heikkene.



Kuva 7. Näyte 3 Ladontausta. (Peltola, 2023)

Taulukosta 9 nähdään kerrostuneen maanäytteen luokituksen keskiarvo, joka on **3,7**. Luokitus on raja-arvoa 3 suurempi, jolloin maanrakenne on vielä kunnossa. Hörppy -testin tulos on 15,3 sekuntia, joka on noin puolet raja-arvosta 30. Vesi imeytyy hyvin kovemmillaakin sateilla.

Taulukko 9. MARA-testin ja hörppyttestin tulokset Ladontausta -lohkolla.

Havaintopiste	Kerrostuneen näytteen luokitus (25 cm)	Hörppyttesti (sekuntia)
1	3,6	15
2	4,6	12
3	3	19
<b>Keskiarvo</b>	<b>3,7</b>	<b>15,3</b>



## 7.6 Maan kasvukunto Koppinen (yksipuolinen viljelykierto)

Pellon kasvukunto näytti vuonna 2020 tiivistyneeltä (Kuva 8). Ensimmäisellä havaintopisteellä huomattiin, että maa oli kokkareista (Kuva 9). Kokkareet hajosivat käsillä kohtalaisen helposti. Juuria ja huokosia oli erittäin niukasti, mikä viittaa siihen, että maan happipitoisuus ei ole hyvällä tasolla. Peltolieroja löytyi 5 kpl näytteestä. Veden läpäisyyn kului aikaa 16 sekuntia. Tulos oli yllättävä, mutta vesi levisi laajasti eikä tunkeutunut syvemmälle, mikä selittää liettymisen ongelman. Maan luokitus 15 cm tarkastelu syvyydeltä on **3 kiinteä** ja sen alapuolelta 10 cm syvyydestä **luokka 3**. Kokkareet olivat tiiviitä ja niukka juurisia. Kerrostuneen näytteen **luokitus**:  $(3 \cdot 15) / 25 + (3 \cdot 10) / 25 = 3$ . Tuloksen perusteella parantavia toimenpiteitä tulisi aloittaa tulevalla kasvukaudella.



Kuva 8. Kaivanto vuodelta 2020 Koppinen lohkolta. (Peltola, 2023)



Kuva 9. Kaivanto 1 Koppinen. (Peltola, 2023)

Toisella havaintopisteellä maa oli lähes samankaltaista kuin ensimmäisessäkin. Erotuksena ensimmäiseen oli kuitenkin se, että sieltä löydettiin olkijätettä (Kuva 10). Näytteessä havaittiin peltolieroja 3 kpl ja kastelieroja 3 kpl. Hörppyttestin tuloksena saatiin 22 sekuntia, mikä osoitti veden imeytymisen olevan heikkoa. Maan luokitus 15 cm tarkastelu syvyydeltä oli **3 kiinteä** ja sen alapuolelta 10 cm syvyydestä **luokka 3 kiinteä**. Näytteessä oli tiiviitä ja kulmikkaita kokkareita, joissa oli jonkin verran juuria kasvanut läpi. Tulos oli siis sama kuin kohdassa yksi eli luokka **3**.



Kuva 10. Kaivanto 2 Koppinen. (Peltola, 2023)

Kolmannella havaintopisteellä huomio kiinnittyi heti, kun lapiolla kaivaminen vaati paljon voimaa. Tässä kohtaa oli havaittavissa eroja myös kasvustoissa. Juuristoa oli vain 3 cm syvyydessä. Näytteestä löydettiin vain 2 peltolieroja. Kokkareissa erottui selvästi lierojen reikiä



(Kuva 11). Vesi imeytyi huonosti maan kerroksiin ja pysyi pinnalla. Imeytymiseen kului 25 sekuntia. Maa halkeili ja oli erittäin kovaa, eikä sitä ollut helppo murtaa sormilla. Maan luokitus 15 cm syvyydestä **luokka 2 tiivis** ja sen alapuolelta 10 cm syvyydestä myös **luokka 2**. Maa oli yhtenäinen klöntti ja hajosi suuriin kulmikkaisiin kokkareisiin. Luokitus on  $(2 \cdot 15) / 25 + (2 \cdot 10) / 25 = 2$ . Tämä edellyttää jo erittäin kiireellisiä korjaavia toimenpiteitä murustuvuuden parantamiseksi.



Kuva 11. Kaivanto 3 Koppinen. (Peltola, 2023)

Taulukosta 10 nähdään kerrostuneen maanäytteen luokituksen keskiarvo, joka on **2,6**. Lohkolla on tehtävä korjaavia toimenpiteitä, että luokitus saadaan nousemaan vähintään luokka kolmeen. Hörppytestin tulos on keskiarvoltaan **21** sekuntia, joka on vielä alle raja-arvon, joka on 30 sekuntia.

Taulukko 10. MARA-testin ja hörppytestin tulokset Koppinen -lohkolla.

Havaintopiste	Kerrostuneen näytteen luokitus (25 cm)	Hörppytesti (sekuntia)
1	3	16
2	3	22

3	2	25
<b>Keskiarvo</b>	<b>2,6</b>	<b>21</b>

## 7.7 Kationinvaihtokapasiteetti

Käytin KVK- laskuria selvittääkseni helposti maan kationinvaihtokapasiteetin ja Kalsium - magnesium -suhteen (Kuva 12). Tavoite arvo Ca:n Mg:n -suhteessa on laskurin mukaan 6–12. Molemmilla lohkoilla tulos jää tämän tavoitteen välille. Koppisessa magnesium on hieman koholla ja tämä vaikuttaa juurikin murukestävyyteen, mikä lohkoilla on ongelmana käytännössäkin. Ladontaustassa kalsium on koholla, joka taas huonontaa muiden ravinteiden saatavuutta. Sinisellä pohjalla näkyvä KVK- on molemmissa tasoa hyvä (lukema tulee olla yli 10), eli ravinteita pystyy pidättymään kationinvaihto -pinnoille. Kaliumia voitaisiin molemmilla lohkoilla parantaa levittämällä biotiittiä. Ca: Mg suhdetta voitaisiin Koppisessa parantaa kalkitsemalla kalsiittia 2,0 tn/ha. Ladontaustassa Ca: Mg suhdetta voitaisiin parantaa kalkitsemalla dolomiittiä 2,0 tn/ha.

Kationien tasapainon ja emäskyllästysasteen laskenta															
Tila															
Pvmäärä															
Analyysitulokset			mg/l						meq/dl		% KVKsta				
Näyte	Maalaji	Multavu	pH	Ca	Mg	K	Na	Ca:Mg	KVK	Ca	Mg	K	Na	Yht.	
Koppinen	HHt	m	5,9	1840	260	62	60	7	15	60 %	14 %	1 %	2 %	76 %	
Ladontausta	HHt	m	5,7	2410	210	160	60	11	21	58 %	8 %	2 %	1 %	70 %	
Tavoite								6-12		68 %	12 %	4 %	1 %	85%	
										60-70	10-20	2-5	0,5-3		

Kuva 12. Kationinvaihtokapasiteetti laskurin tulos.

## 7.8 Maan rakenteen ja multavuuden parantaminen lohkoilla

Koppisen multavuus on heikolla tasolla ja maanrakenne on huono. Ladontaustan viljavuus-analyysin mukaan sama multavuus ja maanrakenne on vielä pysynyt hyvänä. Toimenpiteenä

Koppiseen on hyvä kylvää ensi kasvukautena viherkesanto, levitettäisiin mädätysjäännöstä ja jankkuroitaisiin lohko myöhemmin kesällä, että juuret pääsisivät helpommin syvälle ja tulisi enemmän vesitilaa. Viherlannoitus seos sisältäisi sinimailasta, valkoapilaa, ruokonataa ja timoteita. Viherkesanto saisi olla kaksi vuotta ja seuraavaksi kylvettäisiin syysrypsi. Tällä päästäisiin kohentamaan multavuustilannetta ja jos haluttaisiin vielä nopeuttaa multavuuden nostoa, laitettaisiin maanparannuskuitua viherkesannon perustamisen yhteydessä. Ladontausta lohkon otettaisiin kiertoon härkäpapu ja jokin syyskasvi tulevina vuosina, että maa pysyisi pitkään tuottavana.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn avulla päästiin selvyyteen kahden lohkon maanrakenteen muutoksista viljelykierron näkökulmasta. Maan rakenne paranee, kun kierrossa on syväjuurisia kasveja. Tällöin maan mikrobisto- ja liero -kanta pysyy parempana, kun maahan tulee kasvien mukana erilaisia bakteereja. Myös sadot ovat silloin suurempia ja maan humuspitoisuus pysyy parempana, eikä negatiivista kierrettä synny. Tautipaine pysyisi myös kurissa hyvällä viljelykierrolla, ja kasvit kasvattavat juuria silloin paremmin.

Taloudellinen puolikin kohentuisi hyvien satojen ansiosta. Tällöin voidaan entistä enemmän parantaa erilaisilla panostuksilla esimerkiksi kalkituksella lohkoja. Myös hyvällä kierrolla saadaan tasattua työhuippuja kuivaus aikana.

Työssä kävi ilmi, että huonolla viljelykierrolla negatiivinen kierre jatkuu ja kasvustot ja maanrakenne heikkenevät vuosi vuodelta, koska orgaanista ainesta ei kerry riittävästi.

## LÄHTEET

Ajosenpää, T., Anttila, L., Ekholm, P., Heikkinen, J., Jaakkola, S., Kaseva, A., Kämäri M., Kääriä, J., Luodeslampi, P., Malmilehto, S., Muurinen, S., Rasa, K., Soinne, H., Talola, S., Uusi-Kämppe, J. & Uusitalo, R. (2021). *Kipsi, kuitu ja rakennekalkki*. Proagria. Hankejulkaisut 10.

Alakukku, L., Hakala, K., Heikkinen, J., Hiltunen, S., Huusela-Veistola, E., Hyvönen, T., Härjämäki, K., Jalli, H., Jalli, M., Jauhiainen, L., Joona, J., Kalponen, H., Kari, M., Keskitalo, M., Knaapi, J., Koppelmäki, K., Kotimäki, J., Känkänen, H., Laine, A., . . . Matikainen, L. (2015). *Viljelykierron monipuolistaminen*. Tietotuottamaan 141.

Alakukku, L., Heikkinen, J., Jauhiainen, L., Joona, J., Kaila, E., Kari, M., Keskitalo, M., Känkänen, H., Mattila, T., Mustonen, A., Myllys, M., Myyrä, S., Nuutinen, V., Palojärvi, A., Peltonen, S., Peltonen-Sainio, P., Salo, T., Soinne, H., Tiusanen, J., . . . Äijö, H. (2017). *Peltojen kunnostus*. Tieto tuottamaan 143.

Alakukku, L., Jaakkola, A., Kari, M., Kleemola, J., Mäntylähti, V., Partanen, E., Peltonen, J., Puustinen, M., Savela, P., Sipiläinen, T., Tauriainen, S., Yli-Halla, M., (2009). *Ravinteet kasvintuotannossa*. Tietotuottamaan 127.

Farmit (i.a.-a). Tehoisa lämpösumma. [Tehoisa lämpösumma | Farmit](#)

Humuspehtoori. (i.a.-a). *Maan kasvukunnon parantaminen*. <https://www.humuspehtoori.fi/ajankohtaista/maan-kasvukunnon-parantaminen>

Ilmatieteenlaitos (i.a.-a). Havaintojen lataus. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Issuu. (2022). *Kokeilussa aluskasviseokset syysrapsin viljelyssä*. Luomulehti 2022 (6), 42–43. [https://issuu.com/luomulehti/docs/luomulehti\\_6-2022-issuu?utm\\_medium=referral&utm\\_source=www.luomuliitto.fi](https://issuu.com/luomulehti/docs/luomulehti_6-2022-issuu?utm_medium=referral&utm_source=www.luomuliitto.fi)

Malin, E. (2021). Maan biologinen viljavuus. *Käytännön maamies*. <https://kaytannonmaamies.fi/maan-biologinen-viljavuus/>

- Mattila, T., & Rajala, J. (2019) Fysikaalisen viljavuuden arviointi ja seuranta. *Osmo*.  
<https://aoe.fi/api/v1/download/file/fysikaalisenviljavuudenarviointi2019-1610633954868.pdf>
- Myllys, M., Gustafsson, M., Koppelmäki, K., Känkänen, H., Palojärvi, A., Alakukku, L.,  
(2014) Juuristotietopaketti. *Juuret maan rakenteen parantajina*. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103454/ely%20juuristotieto\\_LR.PDF?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/103454/ely%20juuristotieto_LR.PDF?sequence=2)
- Palojärvi, A. (17.6.2022). Maaperän hyvinvointi. *Ruokavirasto*. <https://www.ruokavirasto.fi/tuet/maatalous/luonnon-monimuotoisuus-maatilalla/maatalousluonnon-monimuotoisuuden-oppaat/maaperan-hyvinvointi/maaperan-hyvinvointi/>
- RHS. (i.a.-a). Nutrient deficiencies. <https://www.rhs.org.uk/prevention-protection/nutrient-deficiencies>
- Viljojen kehityksen ja kasvun ABC. (2005). Maa- ja elintarviketalous 67. *MTT*.  
<http://www.mtt.fi/met/pdf/met67.pdf>





## LIITTEET

**Liite 1. Kationinvaihtokapasiteetti laskuri:** [https://www.helsinki.fi/assets/drupal/s3fs-public/from\\_d7/kationinvaihtokapasiteetti-laskuri\\_2018.2.xlsx](https://www.helsinki.fi/assets/drupal/s3fs-public/from_d7/kationinvaihtokapasiteetti-laskuri_2018.2.xlsx)

**Liite 2. Peltomaan laatutestilomake:** <https://www.kaseka.fi/wp-content/uploads/2017/07/4801.pdf>

**Liite 3. MARA-kortti:** <https://aoe.fi/api/v1/download/file/maramaanrakenteenaistinvarainenarviointi-1610631309326.pdf?interaction=load>

## Liite 1. Kationinvaihtokapasiteetti laskuri

Ks. ohjeet laskurin ensimmäisellä sivulla																							
Kationinvaihtokapasiteetti-laskuri																							
Tila										 										Ca	Mg	K	Ca
Pvmäärä										Ero tavoitetasoon										33,0%	8,0%	3,7%	26,0%
Analyysitulokset																				Kalkitussuositus			
Näyte	Maalaji	Multavuus	pH	Ca	Mg	K	Na	Ca:Mg	cmol/l	% KVKsta				kg/ha				Ca	Mg	K	Ca		
									KVK	Ca	Mg	K	Na	Muut	Ca	Mg	K	Na	Kalsiitti	Dolomiitti	Biotiitti	Kipsi	
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					
			4,0				35		1	0 %	0 %	0 %	16 %	84 %	265	28	19	-66					

Kationinvaihtokapasiteetti laskuri (Tuomas Mattila, 2018).



[illegible]

Peltomaan laatutestilomake (Ruokavirasto, 2017, s. 2).

## Liite 3. MARA-Kortti

## Maan rakenteen aistinvarainen arviointi (MARA)

Maan rakenne vaikuttaa juurten kasvuun, ravinteiden ja vedenottoon sekä maan kosteuteen ja kaasujenvaihtoon.

Maan rakennetta voidaan arvioida yksinkertaisesti tekemällä havaintoja lapiollisesta maasta.

Maan rakenne luokitellaan asteikolla 5–1, 5 = hyvä rakenne, 1 = huono rakenne.



### Välineet:

Tarvitset vain lapiion. Lisäksi hyödyksi ovat: vaalea alusta maanäytteelle, terävä työkalu (esim. puukko), kamera ja muistiinpanovälineet.

### Ajankohta:

Sulan maan aikaan, kun maa on muokkautuvaa eli kohtuullisen kosteaa (ei liian kuivaa eikä märkää) ja murustuu sormien välissä. Mieluiten aktiivisen kasvun aikaan tai heti sadonkorjuun jälkeen, jolloin voidaan havainnoida juuristoa.

### Paikka:

Useammasta kohdasta lohkoa (väh. 3-5, mieluiten yli 10 kuoppaa) saman maalajin ja viljelykasvin alueelta, tai tietyltä ongelma-alueelta.



Bruce Ball, SRUC (bruce.ball@sruc.ac.uk),  
Rachel Guimarães, University of Maringá, Brazil (rachellocks@gmail.com),  
Tom Batey, Independent Consultant (2033@tombatey.fs.com) and  
Lars Munkholm, University of Aarhus, Denmark (Lars.Munkholm@agrsci.dk)

Tekijöiden luvalla suomennettu ja  
Suomen oloihin toimitettu 2019



16 Oct 2012

### Arvioinnin suorittaminen:

#### Näytteenotto ja havainnointi

1. Näytteenotto	Löyhä maa	Hyvä rakenteeseen maahan lapiopainuu kevyesti painaen. Nosta lapiollinen maata noin 15 cm paksuudelta lähempään tarkasteluun.
	Tiivis maa	Kaiva lapiion kokoa leveämpi ja syvämpi kuoppa. Jätä kuopan yksi reuna koskematta. Leikkaa koskemattomalta reunalta lapiion levyinen ja syväinen noin 15 cm paksu maanäyte ja nosta se tarkasteltavaksi.
2. Havainnointi	Yhtenäinen rakenne	Poista häiritsevät kokkareet ja kasvinjätteet näytteen ympäriltä. Tarkastele sitten näytettä lähemmin.
	Kerroksellinen näyte	Arvioi näytteen maakerrosten paksuudet ja valmistaudu arvioimaan kerrosten rakenteita erikseen.

#### Näytteen tarkempi havainnointi





















3. Näytteen murentaminen (ota kuva, jos mahdollista)	Mittaa näytteen syvyys ja havainnoi kerroksellisuutta. Murena näytettä varovasti kaksin käsin ja tarkalle, murtuuko näytteestä suurempia paakkuja tai kerroksia. Mikäli mahdollista, erottele murustuvasta maasta isommat paakut ja kokkareet erilleen sekä pyöreät murut ja kokkareet erilleen terävistä.
4. Kokkareiden murentaminen	Murena isompia paakkuja ja kokkareita noin 1,5–2,0 cm:n kokoisiksi. Havainnoi niiden muotoa, huokoisuutta, juuria ja murtumisen helppoutta. Kulmikkaat ja tiiviit murut ja kokkareet ovat tiiviin maan merkki.

#### Näytteen luokittelu

5. Näytteen luokittelu	Luokittele näyte kerroksittain vertaamalla sitä kääntöpuolen kuviin.
6. Varmista luokitus:	Luokitusta laskevat tekijät:
	Näytteenotto
	Vaikea ottaa ja irrottaa näyte maasta.
	Muruja ja kokkareiden muoto ja koko
7. Laske kerrostuneen näytteen luokitus	Suurempia, kulmikkaampia ja tiiviimpiä muruja ja kokkareita.
	Juuret
	Juuristo harva, kasvaen epätasaisesti ja mutkitellen esim. halkeamien mukaan sekä paksuuntuen.
	Hapettomuus
7. Laske kerrostuneen näytteen luokitus	Murustuvuus
	Hapettomia, rikinhajuisia taskuja tai kerroksia. Väri siniharmaa tai ruosteinen.
7. Laske kerrostuneen näytteen luokitus	Murena kokkareita noin 1,5–2,0 cm:n kokoisiksi selvittääksesi niiden tyyppin.
	Kerro kunkin kerroksen luokitus sen paksuudella ja jaa tulos näytteen kokonaispaksuudella. Esim. 25 cm syvän näytteen, jossa on 10 cm:n kerros hyvä rakenteista maata (luokka 5) ja sen alla 15 cm:n kerros tiiviimpää maata (luokka 3), luokitus on $(5 \times 10)/25 + (3 \times 15)/25 =$ luokka 3,8.

**Luokitus:** Näyte voi asettua luokkien väliin eli siinä voi esiintyä kahden luokan ominaisuuksia. Luokat 5-3 ovat yleensä hyväksyttäviä, mutta luokat 2 ja 1 edellyttävät korjaavia toimenpiteitä ja muutoksia viljelykäytännöissä.



Rakenne-luokka	Muruja ja kokkareiden muoto ja koko	Huokoisuus ja juuret	Näyte murtamisen jälkeen: eri maita	Näyte murtamisen jälkeen: sama maa, eri muokkaus	Määrittävä, tunnistettava piirre	Luonnollisten murujen tai rikottujen kokkareiden (noin 1,5 cm) ulkomuoto
<b>Luokka 5 Mureneva</b>  Kokkareet hyvin helppo murustaa sormin	Pääosin < 6 mm murtamisen jälkeen	Erittäin huokoista  Juuria kasvaa tasaisesti kauttaaltaan.			 Muruja	 Maa murenee muruiksi näytettä käsiteltäessä. Suuremmat kokkareet koostuvat pienemmistä, huokoisista muruista ja pienistä kokkareista, joita juuret pitävät kasassa.
<b>Luokka 4 Tiivistymätön</b> Kokkareet on helppo murustaa yhdellä kädellä	Sekoitus huokoisia, pyöreitä muruja ja kokkareita, kooltaan 2 mm–7 cm. Ei tiiviitä kokkareita tai paakkuja.	Suurin osa kokkareista on huokoisia.  Juuria kasvaa tasaisesti kauttaaltaan.			 Kokkareet erittäin huokoisia	 Kokkareet ovat pyöreitä, murenevät helposti ja ovat pääosin huokoisia.
<b>Luokka 3 Kiinteä</b> Suurin osa kokkareista murtuu yhdellä kädellä	Sekoitus huokoisia muruja ja kokkareita, kooltaan 2 mm–10 cm; alle 30% kokkareista < 1 cm. Seassa voi olla tiiviitä ja kulmikkaita muruja ja kokkareita.	Isoja huokosia ja halkeamia.  Huokosia ja juuria myös kokkareiden sisällä.			 Kokkareissa niukasti huokosia	 Kokkareet on kohtalaisen helppo murentaa osiin. Muruissa on joitakin näkyviä huokosia ja ne ovat pyöreähköjä. Juuristoa kasvanut murujen ja kokkareiden läpi.
<b>Luokka 2 Tiivis</b> Kokkareita on vaikea murtaa yhdellä kädellä	Pääosin suuria paakkuja > 10 cm, kulmikkaita ja tiiviitä, mahdollisesti myös liuskemaisia, alle 30% kokkareista < 7 cm.	Vähän isoja huokosia ja halkeamia.  Juuria vain isoissa huokosissa/halkeamissa ja kokkareiden ympärillä.			 Selviä reikiä	 Kokkareet ovat murennettavissa, kun maa on kosteaa. Kokkareet hajoavat kulmikkaiksi ja teräväsärmäisiksi, ja niissä on halkeamia.
<b>Luokka 1 Erittäin tiivis</b> Maata on vaikea murtaa	Pääosin > 10 cm, jokunen < 7 cm, kulmikkaita ja tiiviitä kokkareita.	Mahdollisesti jokunen iso huokonen/halkeama. Hapettomuutta. Juuria vain halkeamissa, jos lainkaan.			 Siniharmaa väri	 Kokkareet ovat murennettavissa maan ollessa kosteaa, mutta se vaatii voimaa. Huokosia tai halkeamia ei yleensä ole havaittavissa.