



Suorakylvön vaikutus maan ominaisuuk- siin

Regeneratiivinen menetelmä

Esa Hakala

Opinnäytetyö, AMK

Toukokuu 2022

Agrologi (AMK)

Maaseutuelinkeinojen tutkinto-ohjelma (AMK)

Hakala, Esa

Suorakylvön vaikutus maan ominaisuuksiin. Regeneratiivinen menetelmä

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. toukokuu 2022 , 85 sivua.

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, opinnäytetyö AMK

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Suorakylvömenetelmän merkityksen kasvu maatalouden tuotantopanosten hintojen kasvun ja päästöjen hillitsemisen myötä nostaa pinnalle uusia teknologisia parannuksia sekä menetelmäketoja.

Luonnonmukaisen viljelyn menetelmissä keinot vähentää viljelymaan häiriintymistä ja lisätä biologisen aktiivisuuden määrää ovat jo korkealla tasolla, mutta oheiskasvien hallinta tarvitsee lisää tekniikoita keinovalikoimaan kynnon lisäksi. Euroopan Komission 25% luomuviljelytavoite EU-viljelysmaasta, sekä tavoitteet glyfosaatin kieltämiseksi vuoden 2022 loppuun mennessä asettavat myös omat haasteensa tavanomaiselle viljelylle.

Opinnäytetyö oli osa SoilDiver Agro-hankkeen minimikylvömuokkauskoejärjestelyä joka on kestoltaan yhden kasvukauden mittainen. Tutkimuksen havainnot kerättiin vuoden 2020 huhti-elokuussa Tyynelän tilalla Joutsenossa hankkeeseen kuuluvalla lohkolta. Lohkolla kahta eri muokkausmenetelmää, suorakylvöä leikkaavan litistinjyrän avulla välikasvuston läpi ja kyntöä verrataan toisiinsa parivertailuna. Tutkimuksen tarkoituksena on numeraalisesti ilmaista eroja näiden kahden muokkausmenetelmän välillä.

Tutkimuksen tulokset kuvasivat muokkausmenetelmän vaikutusta maan kasvukuntoon ja satoon. Tuloksista käy ilmi, että muokkaustapa vaikuttaa maassa veden liikkeisiin ja sitä kautta maan lämpötilaan ja sitä kautta taas suoraan kasvin kykyyn muodostaa biomassaa ja sitä kautta satoa. Veden liike korostui vuoden 2020 haastavissa sääoloissa, joissa roudan ja pakkasen puute talvehtimiskaudella sai seuraajakseen vielä erittäin kuivan ja kuumen kesän.

Tutkimustuloksista käy ilmi, että kylvömenetelmällä on mahdollista vaikuttaa maan kykyyn sitoa vettä itseensä, sekä siihen mihin syvyyteen satanut vesi lopulta sijoittuu.

Avainsanat (asiasanat)

Viljelymenetelmät, suorakylvö, maanmuokkauskoneet, viherlannoitus, esikasvit, kylvömuokkaus biologinen aktiivisuus,

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Hakala, Esa

The Effects of direct drilling to soil properties. Regenerative method

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, June 2022, 85 pages.

Agricultural and Rural industries, Bachelors thesis

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Importance of direct drilling method is increasing because of higher prices for common agricultural inputs. Also emission reductions resurface new needs to technological improvements and farming practices. In the field of organic farming the methods for reduced soil disturbance and increasing biological activity are vastly available, but the control of weeds and protection of seeded crop demand more techniques in addition for ploughing. The European Comissions demand for 25 % organically farmed land area from all EU-farmland and banning glyphosate in end of 2022 challenges also conventional farming practices.

Bachelor's thesis is a part of SoildiverAgro project's minimal soil disturbance farming test setup and covers a timeframe of one growth season. The results of thesis collected in 2020 from april to august in Tyynelä farm in Joutseno from a field that has a comparing study for two different cultivation methods ploughing and direct drilling. The purpose of the study is to point out numerical differences between these two methods.

Results of the study describe different effects that a drilling method can have on soil growth condition and harvest potential. Results point out that cultivation method effects the movement of water in soil and trough that the temperature of soil which has effect on plants capacity to form biomass and harvest. Movement of water had a increased significance for a year 2020's challenging weather conditions when warm winter without below freezing temperatures and frost was followed by hot and low raining summer.

Study results indicate that cultivation method can have effect on soil waterholding capacity and it also effects depth of where the rained water eventually end up.

Keywords/tags (subjects)

farming methods, direct sowing, soil management equipment, green manuring, preceding crops, preparation of seedbeds, biological activity

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1	Johdanto	7
2	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimus-/kehittämistehtävät	9
2.1	Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset	9
2.2	Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu	10
3	Tietoperusta	10
3.1	SoildiverAgro hanke	10
3.2	Tyynelän tila	11
3.3	Regeneratiivinen menetelmä (Crimper Roller+suorakylvö)	11
3.4	Koelohkon ominaisuudet	14
3.5	Koelohkon viljelyhistoria	15
3.6	Kokeen toteuttamiskauden sääolosuhteet	17
4	Menetelmät ja aineisto	18
4.1	Määrällinen menetelmä	18
4.2	Muokkaustavat/kylvötekniikka	18
4.3	Tutkimuksen perustaminen	19
5	Tutkimusmenetelmät	26
5.1	Soilscout maaperä-anturi	26
5.2	Tomst analysaattori	26
5.3	Maaperä-antureiden asennus	26
5.4	Orastuvuus	29
5.5	Oraitten kasvipeitteisyysanalyysi (Canopeo sovellus)	29
5.6	Penetrometrimittaus	30
5.7	Hivenaine-analyysi (leaf sap analysis)	31
5.8	Kuoppatesti (MARA: Maan Rakenteen Aistinvarainen Analyysi)	31
5.9	Veden pidätyskyvyn mittaus	32
5.10	Maa-aineksen hiilidioksidi respiraatio Ns. Woonsendin menetelmä	34
5.11	Karikkeen määrä maan pinnassa	36
5.12	Maan veden läpäisykyky	36
5.13	Biomassan määrän ja sadon laadunselvittäminen	37
6	Tutkimustulokset	41
6.1	Soilscout	41
6.2	Tomst-analysaattori	42
6.3	Orastuvuus ja kasvipeitteisyysprosentti Canopeo sovelluksella 8.5.2020	43

6.4	Penetrometrimittaus 15.5.2020.....	47
6.5	Hivenaine-analyysi (leaf sap analysis) 25.5.2020 ja 22.6.2020	50
6.6	Kuoppatesti (MARA) 17.6.2020.....	50
6.7	Veden pidätyskyvyn mittaus 17.6.2020	53
6.8	Maa-aineksen hiilidioksidi respiraatio Ns. Woonsendin menetelmä 17.6.2020	54
6.9	Soilscout ja Tomst tulokset 17.6.2020	55
6.10	Karikkeen määrä maan pinnassa 18.6.2020	58
6.11	Biomassan määrän selvittäminen 22.6.2020	61
6.12	Maan veden läpäisykyky (kattilatesti) 29.6.2020	64
6.13	Tähkien määrä 22.7.2020.....	67
6.14	Sadon määrätiedot: sadonkorjuupäivä 16.8.2020.....	71
6.15	Sadon laatutiedot 16.8.2020.....	71
6.16	Satokauden silmämääräinen havainnointi.....	75
7	Johtopäätökset.....	77
8	Pohdinta.....	79
8.1	Työn tulokset.....	79
8.2	Jatkotutkimuskysymykset	80
	Lähteet	81
	Liitteet	83
	Liite 1. Tomst anturi	83
	Liite 2. MARA-Kortti	84
	Liite 3.Video Jeff Moyer puhuu välikasvuston lopettamismenetelmistä	85
	Liite 4.Video Suorakylvöä tyynelässä Syksyllä 2020.....	85
	Liite 5 Soilscout.....	85
	Kuviot	
	Kuvio 1. Suorakylvövako jyvä kylvösyvyydessä.....	8
	Kuvio 2. Regeneratiivisen viljelyn koneketju	12
	Kuvio 3. Leikkaava litistinjyrä Roller Crimper.....	13
	Kuvio 4. Viljavuustutkimus lohkolta.....	15
	Kuvio 5. Pöttinger Synkro 3003 varustettuna koneen perässä näkyvällä piikkipakkerilla.	16
	Kuvio 6. Väderstad nz Agressive 600:n s-piikkiäkeen piikki, jossa leikkaava hanhenjalkaterä ..	17
	Kuvio 7. Vuoden 2020 säädiagrammi Lappeenrannan Lepolan sääasemalta kerättynä.....	18
	Kuvio 8. Koealojen sijainnit.....	19

Kuvio 9. koealojen sijainnit maastakäsin katsottuna.....	21
Kuvio 12. Lemken rubin Lautasmuokkain 3 metrin työleveydellä (Tyynelän tila n.d.).....	24
Kuvio 13. Kolmisiipinen Kverneland sarka-aura.....	24
Kuvio 14. Joskin Komfort 12 lietevaunu kiekkomultaimella.....	25
Kuvio 15. Maaperä-analysointireiden sijainnit muokkausalueella.....	27
Kuvio 16. Valkoinen tikku joka näyttää soilscoutin sijainnin, vierellään Tomst-anturi.	28
Kuvio 17. Oraiten laskenta metrin matkalta kylvöriä.	29
Kuvio 18. Vasemmalla alkuperäinen kuva, oikealla Canopeo-sovelluksen mittausta varten muokkaama vastavalo kuva.....	30
Kuvio 19. Penetrometri.....	31
Kuvio 20. Maanäytteen otto salaojaputken pätkällä.....	32
Kuvio 21. Maanäytekiekon punnitus ennen 16 tunnin kuivatusta 120 °C uunissa.	33
Kuvio 22. Murustettujen hiilidioksidi hengityskiekkojen tuuletus.	35
Kuvio 23. Kattilatestin välineistö: pohjaton kattila, ja viisi litraa vettä.	37
Kuvio 24. Kylvöriä biomassanäytteenoton korjuun jälkeen.	38
Kuvio 25. Biomassanäytteen punnitus.....	39
Kuvio 26. Tähtien laskennassa lasketaan tähdät yhden metrin matkalta kylvöriä.	40
Kuvio 27. Muokkaustapakohtainen kosteus 10 cm syvyydessä soilscoutien mittaamana, koko havaintojakson aikana.	41
Kuvio 28. Muokkaustapakohtainen lämpötila 10 cm syvyydessä soilscoutin mittaamana, koko havaintojakson aikana.	42
Kuvio 29. Muokkaustapakohtaiset lämpötilat ja kosteudet maan pinnan tuntumassa, Tomstien mittaamana koko havaintojakson ajalta.....	43
Kuvio 30. Oraiten lukumäärä keskimäärin koealalla muokkaustapakohtaisesti.....	44
Kuvio 31. Muokkaustapakohtainen kasvipeitteisyys.....	44
Kuvio 32. Kosteus muokkaustapakohtaisesti 8.5.2020, 10 cm syvyydessä.	45
Kuvio 33. Lämpötila muokkaustapakohtaisesti 8.5.2020, 10 cm syvyydessä.....	45
Kuvio 34. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla, Tomst... 46	
Kuvio 35. Maan kosteus ja lämpötila maanpinnan tuntumassa 8.5.2020 suorakylvetyllä koealalla, Tomst.	46
Kuvio 36. Penetrometrin mittaustulos kynnetyllä koealalla.....	47
Kuvio 37. Penetrometrin mittaustulos suorakylvetyllä koealalla.	47
Kuvio 38. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti 15.5.2020 penetrometrimittauksen tekohetkellä.	48
Kuvio 39. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti penetrometrimittauksen tekohetkellä... 48	

Kuvio 40. Maan kosteus ja lämpötila kynnetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa penetrometrimittauksen tekohetkellä.	49
Kuvio 41. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa penetrometrimittauksen tekohetkellä.	50
Kuvio 42. Maanäyte suorakylvetyltä koealalta. Kuvassa näkyy kynnettyä parempi mururakenne ja yhtenäisempi koostumus koko näytteen syvyydeltä.....	51
Kuvio 43. Maanäyte kynnetyllä koealalta. Näyte jakautuu selviin kerroksiin ja on koostumukseltaan karkea.....	52
Kuvio 44. Vedenpidätyskyky kynnetyllä koealalla keskimäärin.....	54
Kuvio 45. Vedenpidätyskyky suorakylvetyllä koealalla keskimäärin.	54
Kuvio 46. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti 17.6.2020.	56
Kuvio 47. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 17.6.2020.....	56
Kuvio 48. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla 17.6.2020.	57
Kuvio 49. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa 17.6.2020.	57
Kuvio 50. Karikkeen määrän ero muokkausmenetelmäkohtaisesti laskettuna.	58
Kuvio 51. Maan kosteus 10 cm syvyydessä muokkaustapakohtaisesti karikkeiden laskemishetkellä.	59
Kuvio 52. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä karikkeiden laskemishetkellä.....	59
Kuvio 53. Maan kosteus ja lämpötila karikkeiden laskemishetkellä kynnetyn koealan maan pinnan tuntumassa, kosteuskäyrä osoittaa päivälle osuneen ukkosmyrskyn tuoman sateen.	60
Kuvio 54. Maan lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa karikkeiden laskemishetkellä, kosteuskäyrän muutos ei ole ukkoskuuron myötä niin jyrkkä koska maa oli alun perin jo kosteampi.	60
Kuvio 55. Biomassanäytteiden paino yhdellä neliömetrillä muokkaustapakohtaisesti.	61
Kuvio 56. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti biomassanäytteiden keruuhetkellä.	62
Kuvio 57. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti biomassanäytteiden keruuhetkellä.....	62
Kuvio 58. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumasta kynnetyllä koealalla biomassanäytteiden keruuhetkellä.	63
Kuvio 59. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumasta suorakylvetyltä koealalta biomassanäytteiden tekohetkellä.....	64
Kuvio 60. Kattilatestin tulokset.	65
Kuvio 61. Maan kosteus 10 cm syvyydessä kattilatestin tekohetkellä koealakohtaisesti.....	65
Kuvio 62. Maan lämpötila 10 cm syvyydessä kattilatestin tekohetkellä koealakohtaisesti.	66
Kuvio 63. Maan kosteus ja lämpötila kynnetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa kattilatestissä.	66

Kuvio 64. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla pinnan tuntumassa kattilatestissä.	67
Kuvio 65. Oraiten ja tähkien määrän muutos muokkaustapakohtaisesti koealoilla.....	68
Kuvio 66. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä tähkien laskuhetkellä.	69
Kuvio 67. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä tähkien laskuhetkellä.	69
Kuvio 68. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla tähkien laskuhetkellä.	70
Kuvio 69. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa suorakylvetyllä koealalla tähkien laskuhetkellä.	70
Kuvio 70. Satonäytteiden kosteus muokkaustapakohtaisesti.	71
Kuvio 71. Satonäytteiden hehtolitrainot muokkaustapakohtaisesti.	72
Kuvio 72. Satonäytteiden valkuaisprosentit muokkaustapakohtaisesti.	72
Kuvio 73. Satonäytteiden sakoluvut muokkaustapakohtaisesti.	73
Kuvio 74. Maan kosteus puintipäivänä 10 cm syvyydestä muokkaustapakohtaisesti.	73
Kuvio 75. Maan lämpötila puintipäivänä muokkaustapakohtaisesti.....	74
Kuvio 76. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla puintipäivänä..	74
Kuvio 77. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa suorakylvetyllä koealalla puintipäivänä.	75
Kuvio 78. Salaojien kohdalla menestyvä syväjuurinen voikukka.	76
Kuvio 79. Muokkaustavan vaikutus siemenlevinnäisten rikkakasvien määrään, oikealla kynnetty, vasemmalla suorakylvetty.	77

Taulukot

Taulukko 1 Kokeen toteuttamislohkon viljelyhistoria.	15
Taulukko 2. Viiden vuoden sadannat, keskilämpötilat ja tehoiset lämpösummat Lappeenrannan Lepolan sääasemalla sekä viiden vuoden keskiarvot edellä mainituista.....	17
Taulukko 3. Maan rakenteen analysoinnin tulokset.....	53
Taulukko 4 Maan biologisen analyysin hiilidioksidin ja typen vapautuminen muokkauskohtaisesti.	55

Liitteet

Liite 1. Tomst anturi	83
Liite 2. MARA-Kortti	84
Liite 3.Video Jeff Moyer puhuu välikasvuston lopettamismenetelmistä.....	83
Liite 4.Video Suorakylvöä tyynelässä Syksyllä 2020.....	83
Liite 5. Soilscout.....	85

1 Johdanto

Opinnäytetyö, joka on nimeltään Suorakylvön vaikutus maan ominaisuuksiin, regeneratiivinen menetelmä, vertailee suorakylvön, minimimuokkauksen ja välikasvuston kykyä vaikuttaa maan sekä sadon ominaisuuksiin vertailussa alueella tavanomaisempaan kyntö, lautasmuokkaus, joustopiikkiäes, kiekkovannaskylvöketjuun. Suorakylvöalaa Kaakkois-Suomen ELY keskuksen alueella viljelymaasta oli vuonna 2019 39 % (Luonnonvarakeskus 2022).

Opinnäytetyössä tutkittavat luomusyysvehnäkasvustot havainnoidaan parina, jossa toisella puolella kylvömuokkauksesta vastaavat koneet ja toisella yhteyttävien kasvien juuristo sekä niiden symbioottisesti luoma biologinen aktiivisuus. Näiden koealojen vertailu tutkii maan rakenteen muutoksia, veden liikettä maassa sekä kasvuston ja sadon ominaisuuksia yhden kasvukauden ajalta.

Regeneratiivinen menetelmä, jossa kylvön yhteydessä maan pintaan jyräämällä muodostettu katekerros suojaa maanpintaa ja hidastaa rikkojen kasvua oletettavasti antaa suorakylvetylle vehnälle paremman kilpailuedun orasvaiheessa tavanomaisempaan nähden (Yochao. Lang. Benson. Smith. 2020). Perinteisemmällä kylvöketjulla perustettu kylvöpohja antaa kylvetylle siemenelle paremman suojan, koska maa on kylvövaiheessa muokkauksen myötä paremmin juoksevassa muodossa ja peittää kylvövaon, suorakylvetyyn jäädessä avoimeksi (ks. Kuvio 1).



Kuvio 1. Suorakylvövako jyvä kylvösyvydessä.

Menetelmät vaikuttavat veden ja ravinteiden liikkeisiin sekä niiden poistumaan tavoilla jotka ovat mitattavissa biologisesta aktiivisuudesta, satotasoista sekä maan rakenneominaisuuksista.

Toimeksiantajana opinnäytetyöllä toimii SoilDiver Agro. Opinnäytetyön tulokset selvittävät sitä, miten uuden syysviljakasvuston perustaminen mahdollisimman pienellä määrällä mekaanista muokkausta ja ajokertoja vaikuttaa maan ravinteiden, veden ja rakenteen ominaisuuksiin. Kysymykset korostuvat jatkuvien tuotantopanosten hinnankorotusten ja saatavuusrajoitusten takia. Päästöjen minimoimiseksi kannattavinta on vähentää suoraa mekaanista muokkaustyötä ja antaa maan luontaisille reaktiolle ja mekanismeille enemmän tilaa hoitaa esimerkiksi kasvinsuojelutoimenpiteitä, kuten luonnon omaa kilpailua ja monimuotoisuutta kopioiva välikasvusto tekee.

Työn aihe osuu erittäin tärkeään hetkeen maataloustuotannon kamppaillessa nousevien kulujen ja kiristyvien hallinnollisten vaatimusten näkökulmasta. Euroopan Komission suunnitelma 25% luomuviljelyalasta maatalousmaallaan vuoteen 2030 (Euroopan Komissio 2022), tavoitetta ei saavuteta, mikäli uusia tekniikoita ei aktiivisesti etsitä.

2 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimus-/kehittämistehtävät

2.1 Opinnäytetyön tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö pyrkii mittaamaan eroja kylvömenetelmien vaikutuksista maan laatuun, syysvehnän sadon ominaisuuksiin ja biomassaan. Suorakylvön ongelmana pidetään siemenlevinnäisten rikkakasvien vapaampaa itämistä kyntöön nähden koska niiden siemeniä ei piiloteta maan alle syvyyteen, jossa itäminen ei onnistu. Kyntö perusmuokkauksena taasen häiritsee maan mikrobiologista aktiivisuutta ja kynnetty kylvöpohja on mekaanisesti muokattava, jotta siihen kylvetty siemen saa kunnollisen maakosketuksen.

Tutkimuskysymykset:

- 1 . Kylvömenetelmän vaikutus maan kasvukuntoon
- 2 . Kylvömenetelmän vaikutus sadon laatuun ja määrään

2.2 Opinnäytetyön rajaus ja rajauksen perustelu

Opinnäytetyö tutkii maaperän ja sadon ominaisuuksien eroja kahden kylvömenetelmän välillä. Yhden kasvukauden ajalta, menetelmät ovat suorakylvö, johon kuuluu satokasvia edeltävä välikasvusto ja kyntöä perusmuokkauksena käytävä lautasmuokkauksen kautta joustopiikkiäkeellä kylvömuokattu lautasvannaskylvö. Molemmille koealoille kylvetään piensiemienjyräkylvökoneella aluskasvusto talvehtimisen jälkeen. Opinnäytetyö ei sisällä laskelmaa ajallisuudesta, eikä taloudellisista kustannuksista. SoilDiver Agro hanke, johon opinnäytetyö kuuluu, keskittyy mittaamaan maan biologisia ominaisuuksia eikä täten taloudellisia tunnusmerkkejä mitattu tutkimuksen teon aikana, myöskään koelohkon rakenteelliset ominaisuudet eivät olleet lähtökohtaisesti sillä tasolla, että ekonomisen tarkastelu olisi luontevaa.

3 Tietoperusta

3.1 SoildiverAgro hanke

SoildiverAgro on hanke joka pyrkii ottamaan käyttöön maan geneettistä, toiminnallista ja biologista monimuotoisuutta ylläpitäviä viljelymenetelmiä ja käytäntöjä vähentäen ulkoisten panosten käyttöä kasvintuotannossa. Hankkeessa pyritään samalla ottamaan huomioon maataloustuotannon vakaus ja kasvintuotannon lisääminen kestävästi. SoildiverAgro hankkeen tutkimukset kattavat yhdeksän eri maaperä ja ilmastoaluetta joiden kattavuus on 86 % Euroopan Unionin maapinta-alasta. (Projektin tiivistelmä n.d.)

Hankkeessa olevissa tuotoksissa huomioidaan yhdeksää asetettua tavoitetta jotka ovat luetteloitu seuraavasti (projektin tavoitteet 2020).

1. Maaperän biologisen monimuotoisuuden lisääminen
2. Tuholaisten/tautien esiintyvyyden vähentäminen
3. Kasvien kasvun ja kehityksen parantaminen
4. Sadon määrien ja laadun parantaminen
5. Tuotantopanosten (lannoitteiden, torjunta-aineiden, kastelun, polttoaineiden) vähentäminen
6. Maan viljavuuden lisääminen
7. Maaperän pilaantumisen vähentäminen
8. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja
9. Maaperän hiilensitomiskyvyn parantaminen

3.2 Tyynelän tila

Tilalla maanviljely on perustunut luomutuotantoon ja ekologisiin viljelymenetelmiin vuodesta 2011 lähtien ja koko tila on ollut luomutuotannossa vuodesta 2014. Tilalla viljellään monipuolista viljelykiertoa käyttäen, ravinteita kierrättäen ja kasvustot pyritään pitämään seoskasvustoina. Lannoituksessa käytössä ovat metsäteollisuuden sivutuotteet sekä luonnollisesti typensitojakasvit ja mahdollinen karjanlanta. Päätuotteena siemenviljan, valkuaiskasvien ja nurmisiementen lisäksi on tuottaa tietoa uusista viljelymenetelmistä ja jakaa sitä tutkimus ja koetoiminnan kautta. Kun tilan isäntä Juuso Joonas puhuu maan_viljelystä, tarkoittaa hän maaperän biologisen aktiivisuuden kasvattamista kompostien ja maanparannuskuitujen avulla. (Tilan esittely n.d.)

3.3 Regeneratiivinen menetelmä (Crimper Roller+suorakylvö)

Regeneratiivisessa eli uudistavan viljelytavan menetelmässä huomiota annetaan tavallista enemmän niille viljelykierron ajanjaksoille, kun kasvussa ei ole niin sanottu satokasvi. Regeneratiivisessa menetelmässä pyritään havainnoimaan ja kopioimaan luonnon omia prosesseja, joista tärkeimpänä on kasvien välinen kilpailu. Kaikki kasvit kilpailevat keskenään elintilasta (Drege, Holma, Hulkko, Koikkalainen, Koskimies, Kottila, Leinonen, Mynttinen, Piirainen, Rajala, Schepel, Suokas, Terhemaa 2006). Kilpailu sadontuottoon jalostetulla kasvulla sellaista kasvia vastaan, jonka strate-

giaan kuuluu säilyä mahdollisimman kauan hengissä ja siirtää geneettinen aines eteenpäin mahdollisimman pienillä resursseilla on epäedullista ja vaatii yleensä joko kemiallista kasvinsuojelua tai kasvuston mekaanista terminointia. Kun edellä mainitut kilpailun realiteetit tiedostetaan, voidaan niiden pohjalta tehdä valintoja satokasvia edeltävän välikasvuston perustamisessa: kasvien tulee olla elintilansa valloittavia, kilpailijansa varjostaen tukahduttavia. välikasvuston kasvien tulee muodostaa mahdollisimman paljon niin, maanpäällistä kuin maanalaistakin biomassaa, ollen kuitenkin talvehtimiskyvyttömiä ja vain siemenlevittäisiä. Nämä edellä mainitut ominaisuudet kulkevat myös käsi kädessä tehokkaan typen sekä hiilidioksidin sitomisen kanssa, koska tämäntyyppisten kasvien strategiana on maksimoida biomassaa (Sare outreach 2014, Lötjönen 2020, Joonas 2020).



Kuvio 2. Regeneratiivisen viljelyn koneketju, John Deere 6610:n etunostolaitteeseen kytketty Ceres Technik Green cutter eli litistävä murskainpakkeri ja hinattava suorakylvökone Great plains V300F. (Tyynelän Tila n.d)



Kuvio 3. Leikkaava litistinjyrä Roller Crimper, ajonopeuden on oltava riittävän korkea (n. 10-12kmh) jotta kasvin pinta saadaan rikki muttei kuitenkaan liian kova (yli 15kmh) jottei litistetty kasvusto murskaudu.

Välikasvustoon valittavien kasvien on oltava yksivuotisia ja siemenlevitteisiä jotta ne voidaan lopettaa käyttäen leikkaavaa litistinjyrää (

Kuvio 2.), jyrä ei katkaise eikä murskaa kasvia mutta painaa sen maan pintaan aiheuttaen sen pintasolukkoon kymmenen sentin välein vaurioita siten, että kasvi ei lähde kasvattamaan uutta versoja vaan kuluttaa juuristossaan olevat voimavaransa yrittäessään korjata vaurioitunutta vartta (ks.Kuvio 3Kuvio 3.). Maan pintaan poljettu kasvimassa sekä sen juuristo suojaavat ja sitovat maata estäen eroosiota, maan pinnassa tapahtuvat aerobiset hajoamisprosessit vapauttavat ravin-

Kuvio 4. Viljavuustutkimus lohkolta. (Joona n.d.).

3.5 Koelohkon viljelyhistoria

Viljelyhistoria lohkolla vuodesta 2013 eteenpäin (ks.Taulukko 1) on viherlannoitusnurmi, joka on lopetettu kyntämällä pohja rukiin kylvölle syyskesällä 2014, kasvukauden 2015 rukiin jälkeen lohkolle on ollut hernettä vuonna 2016 ja kauraa vuonna 2017. Vuoden 2018 kovan kuivuuden takia kauran alle kylvetyn viherlannoitusnurmen epäonnistuminen johti siihen, että maa jäi avokesanolle. Vuoden 2019 keväällä avokesannon seurauksena, lohkolle leviämään päässeiden oheiskasvien (pääasiassa ohdake ja voikukka) liian voimakas mekaaninen torjunta kerran kultivoimalla (ks.Kuvio 5) ja kolmesti äestämällä (ks.Kuvio 6) johti siihen, että maa pääsi muokkautumaan liian hienojakoiseksi tiivistyksen pinnasta. (Joona N.d.)

Taulukko 1 Kokeen toteuttamislohkon viljelyhistoria. (Joona n.d.).

Koealan viljelyhistoria		
vuosi	viljelykasvi	muokkaustapa
2020	Syysvehnä	
2019	yksivuotinen monilajinen välikasvusto	
2018	viherlannoitusnurmi	lopetettu kultivoimalla ja äestämällä
2017	kaura	
2016	herne	kevytmuokkaus
2015	ruis	kevytmuokkaus
2014	viherlannoitusnurmi	lopetettu kyntämällä
2013	viherlannoitusnurmi	



Kuvio 5. Pöttinger Synkro 3003 varustettuna koneen perässä näkyvällä piikkipakkerilla. (Tyynelän tila n.d)



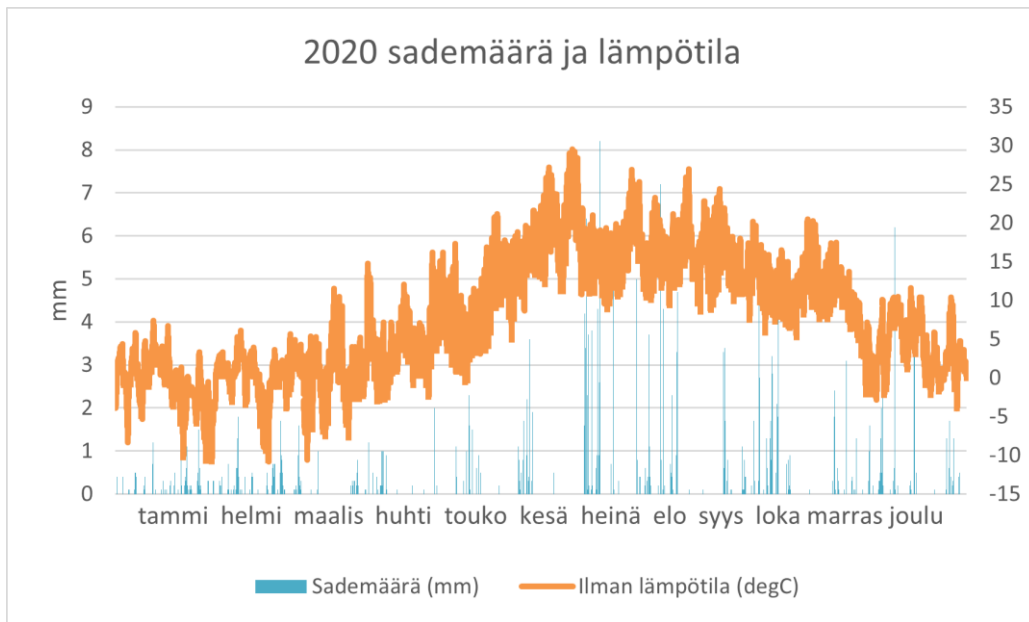
Kuvio 6. Väderstad nz Agressive 600:n s-piikkiäkeen piikki, jossa leikkaava hanhenjalkaterä (Tyynelän tila n.d.)

3.6 Kokeen toteuttamiskauden sääolosuhteet

Vuoden 2020 sääolosuhteet olivat haastavat (ks.Kuvio 7), lumetonta lauhaa talvea seurasi kuiva ja kuuma kesä. Nopea lämpötilan nousu toukokuussa yhdistettynä pitkään yli kesäkuun jatkuneeseen kuivuuteen aiheutti poutimista ja hankaloitti talven rousteesta kärsineen kasvuston kykyä hyödyntää ravinteita. Vuoden aikana kokeen toteuttamisalueella satoi suomen keskimääräistä vuosittaista sademäärää (500-600 mm) vähemmän (Ruokatieto. N.d.), sademäärä jäi 492,4 millimetriin. Vuoden keskilämpötila oli pitkän ajan keskiarvoon verrattuna huomattavan korkealla tasolla: 4,8 celsiusastetta. Mittaustulokset Lappeenrannan Lepolan koeasemalta viiden vuoden ajalta ovat keskimäärin 341,63 mm sadetta vuosittain ja keskimäärin 5,66 °C lämpöä (ks.Taulukko 2). Asema sijaitsee 28,03 km päässä kokeen toteuttamispaikasta mutta se on lähin sääasema, jolta löytyvät sademäärätiedot. Vuoden 2020 tehoisa lämpösumma oli yli 1493 astetta ja vehnälle siitä kertyi huhtikuulta elokuun puoliväliin 1062 astetta. (Ilmatieteen Laitos 2022.)

Taulukko 2. Viiden vuoden sadannat, keskilämpötilat ja tehoiset lämpösummat Lappeenrannan Lepolan sääasemalla sekä viiden vuoden keskiarvot edellä mainituista. (Ilmatieteenlaitos 2022.).

vuosi	sademäärä		keskilämpötila		tehoisa lämpösumma	
2014	423,3	mm	5,92	°C	1493	°C
2015	278,8	mm	6,39	°C	1321	°C
2016	388,2	mm	5,15	°C	1471	°C
2017	366,7	mm	5,03	°C	1090	°C
2018	242	mm	5,77	°C	1746	°C
2019	350,8	mm	5,68	°C	1389	°C
keskiarvo	341,63	mm	5,66	°C	1418,333	°C



Kuvio 7. Vuoden 2020 säädiagrammi Lappeenrannan Lepolan sääasemalta kerättyä. (Ilmatieteenlaitos 2022.).

4 Menetelmät ja aineisto

4.1 Määrällinen menetelmä

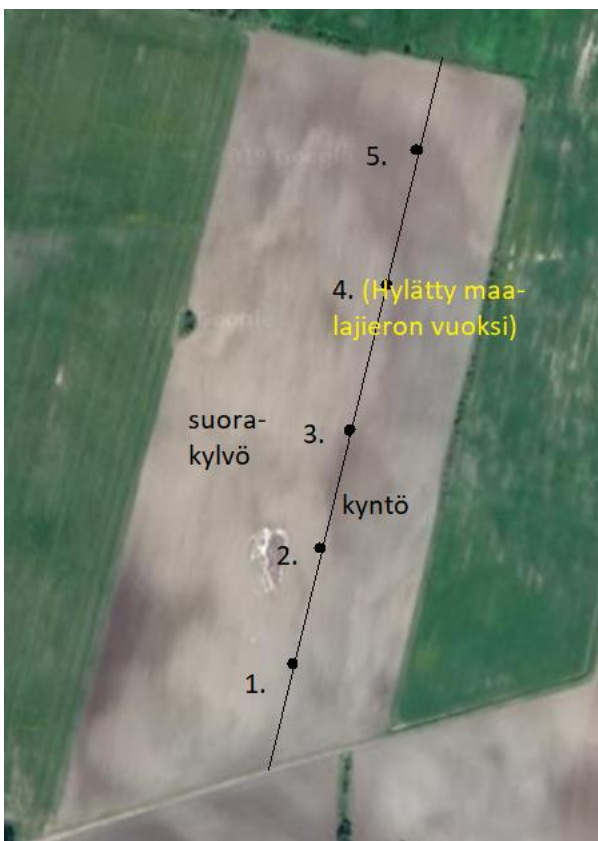
Tutkimusmenetelmä joka on käytössä opinnäytetyössä on kvantitatiivinen eli määrällinen. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa käytettävät aineistot voivat olla itse kerättyä tai muiden muodostamia. Opinnäytetyön tutkimus on pääasiassa havainnointitutkimusta jossa tiedot on kerätty havainnoimalla tutkimuskohdetta. Osa taulukoista on kerätty ulkoisista lähteistä (Heikkilä 2014).

4.2 Muokkaustavat/kylvötekniikka

Kylvömenetelmien valinnan perusteena on tilalla vuonna 2018 perustetun epäonnistuneen viherrannoitusnurmen lopettaminen, jossa samalla avautuu mahdollisuus hyödyntää uudenlaista uudistavan viljelyn menetelmäkettua. Murskainpakkeri (crimper roller)+suorakylvö (ks.Kuvio 3), sekä vertailla sitä toiseen tyypillisempään perusmuokkausketjuun; kyntö, lautasmuokkaus, kylvö (Ks.Kuvio 12,Kuvio 13 ja Kuvio 6.).

4.3 Tutkimuksen perustaminen

Lohkolta valitaan viisi koealaa hiesusavea, lohkon pituus suuntaisesti siten, että kylvömenetelmien rajalta viisi metriä poispäin kumpaankin suuntaan jää tutkimaton alue, reunavaikutuksen minimoimiseksi (Ks.Kuvio 8). Näiltä valituilta koealoilta valitaan sattuman varaisesti viisi kappaletta koeruutuja, kultakin puolelta havainnointikokeita varten. Yksi koealoista hylätään tutkimuksen alkuvaiheessa, koska siinä on muihin koealoihin verrattuna liian korkea multavuus.

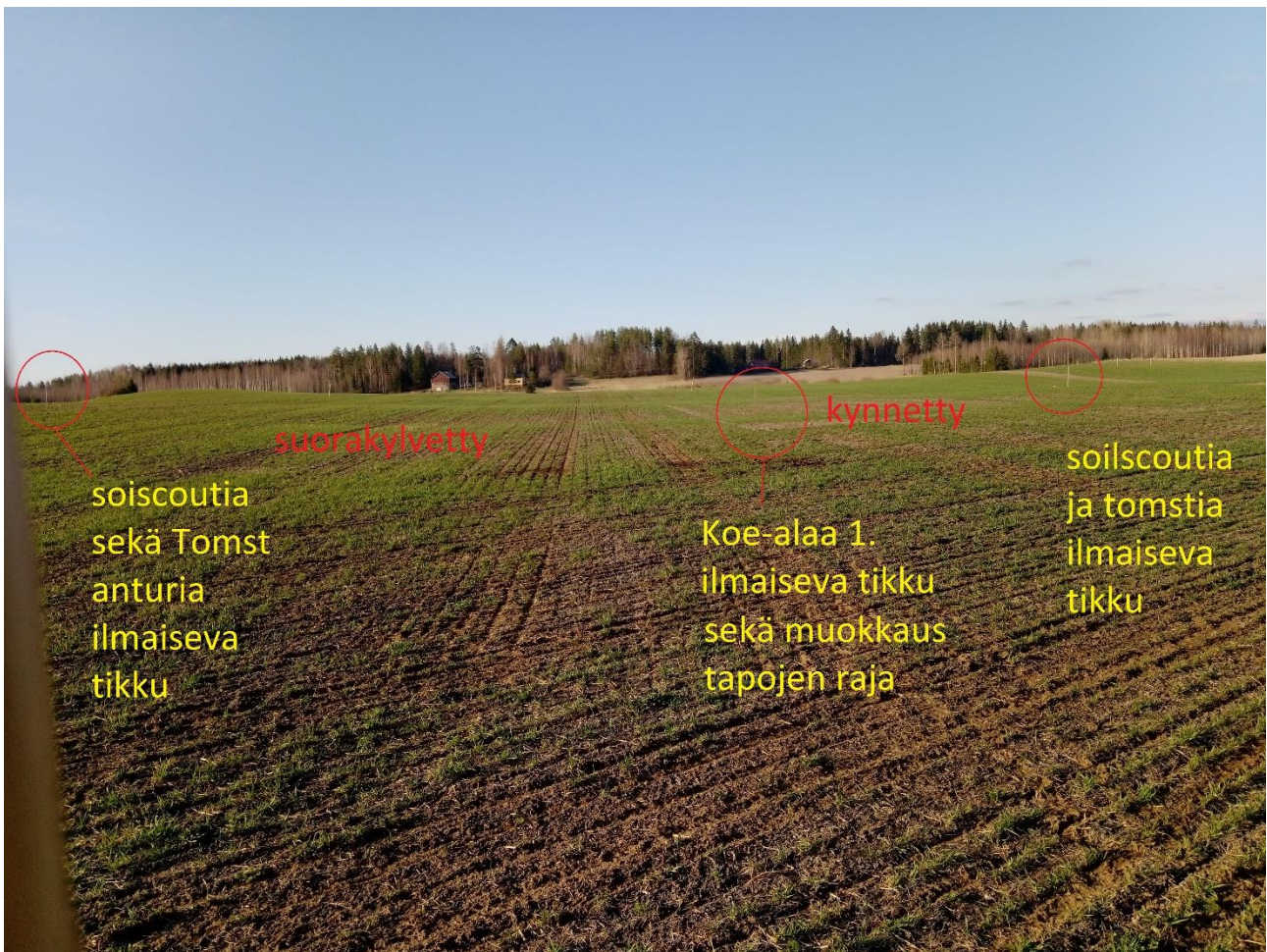


Kuvio 8. Koealojen sijainnit. (maanmittauslaitos 2021.).

Koealat sijaitsevat alkaen noin 30 metrin päästä pellon reunasta 25 metrin jaolla ja kahdelle ensimmäiselle koealalle sijoitetaan kummallekin puolelle kaksi Soilscout maaperä-anturia joiden tehtävänä on havainnoida maaperän ominaisuuksia kokeen aikana Soilscout antureiden lisäksi asennetaan 23.4.2020, neljä Tomst kosteus/lämpö analysaattoria soilscouttien välittömään läheisyyteen. Tomstit mittaavat maan pintalämpötilaa (Ks.

Kuvio 15 ja Kuvio 16). Lohkolla on ennen koekylvöä ollut vuonna 2018 perustettu viherlannoitusnurmi. Nurmi ei perustamisvuotensa hankalista olosuhteista johtuen täyttänyt siltä odotettua säilörehunurmen tasoista tiheyttä, jonka johdosta uudistaminen syysviljan kautta tulee toimenpiteeksi.

Koko lohkoa muokataan touko-kesäkuussa äkeellä yhteensä neljä kertaa ja 23.6.2019 kultivoimalla, tälle alalle kylvetään monilajinen sementinsekoittajalla sekoitettu välikasvustosienseos johon tulee härkäpapua, tattaria, auringonkukkaa, hunajakukkaa, pellavaa, hamppua sekä öljyretikkaa. Vetovannaskylvökoneella (ks.Kuvio 11) kylvetään ensin seoksen raskaammat siemenet: härkäpapu 100 kg ja auringonkukka 2 kg riviin muutaman senttimetrin syvyteen. Tämä kylvös tiivistetään saman tien cambridge jyrän ja piensiemenkylvökoneen yhdistelmällä (ks.Kuvio 10) joka kylvää samalla seoksen pienemmät siemenet: tattarin10 kg, pellavan 3 kg, öljyhampun 5kg, kuituhampun 3kg ja hunajakukan 3 kg hajakylvöksenä pintaan.



Kuvio 9. koealojen sijainnit maastakäsin katsottuna. Lohkolle on kuvassa juuri levitetty lietalantaa.

Kynnettävän koealan nurmi (3ha) lopetetaan kyntämällä 10.9.2019 sekä lautasmuokkaamalla kylvön yhteydessä 10.9.2019 jolloin Urho -syysvehnää kylvetään siemenmäärällä 250kg/ha 8cm syvyyteen käyttäen molemmilla koealoilla samaa Great Plains v300f suorakylvölaitetta 3 metrin kylvöleveydellä ja 15,8 cm rivivälillä (Ks.Kuvio 2).

Talvehtimisen jälkeen 23.4.2020 tehdään havainnoinnit talvikauden vaikutuksista kasvustoon sekä kylvetään vehnän aluskasvusto käyttäen cambridge -jyrän ja pneumaattisen piensiemenkylvölaitteen (Ks.Kuvio 10) yhdistelmää jolle valmistetaan sementinsekoittajaa käyttäen 8 kg:n siemenseos: timotei 4kg, puna-apila 2kg, alsike-apila 1 kg, keltamaite 0,5 kg ja hunajakukka 0,5 kg. Aluskasvin kylvön yhteydessä maan pintaa tasataan jyrään kuuluvan etuladan avulla jotta talven aikana syntyneet roustevauriot ja halkeamat eivät aiheuta epätasaista maakosketusta vehnälle tai kylvetyille piensiemensille. Vappuna 1.5.2020 levitetään lypsylehmän lietelannan ja vinassin seos kiekkomultaimella varustetulla lietevaunulla (ks.Kuvio 14).



Kuvio 10. Piensiemenkylvölaite: Väderstad Rollex cambridge jyrä 6 metrin työleveydellä yhdistettynä pneumaattiseen Hatzenbichler piensiemenkylvökoneeseen (Tyynelän tila n.d.)



Kuvio 11. Horsch CO4 vetovannaskylvökone 4 metrin työleveydellä (Tyynelän tila n.d.)



Kuvio 12. Lemken rubin Lautasmuokkain 3 metrin työleveydellä (Tyynelän tila n.d.).



Kuvio 13. Kolmisiipinen Kverneland sarka-aura, jolla pyritään kyntämään alle 20 cm syvyyteen (Tyynelän tila n.d.)



Kuvio 14. Joskin Komfort 12 lietevaunu kiekkomultaimella. Matala rengaspaine ehkäisee tiivistymää pellolla.

5 Tutkimusmenetelmät

5.1 Soilscout maaperä-anturi

Maaperäanturi asennetaan noin 10 senttimetrin syvyyteen antamaan tietoa langattomalla verkko-yhteydellä maan lämpötilasta sen kosteudesta, johtoluvusta, nuutumispisteestä ja vesitasapainosta (ks.

Kuvio 15 ja Kuvio 16). Näiden anturien aineisto tallentuu reaaliajassa [Soilscouts-serverille](#) (soilscout n.d.), josta aineistoa voi tarkastella internetyhteydellä sekä aineistoa voi ladata Excel muotoon käsittelyä varten. Aineiston käsittely keskittyy maaperän lämpöön ja kosteustietoon.

5.2 Tomst analysaattori

Tomst analysaattori kerää tietoa kylvöalustan kosteus, lämpötila ja sähkönjohtokyvyn ominaisuuksista. Analysaattori kerää tietoa kymmenen sentin syvyyteen maanpinnan alapuolelta sekä maanpinnan lämpötilatietoa 10 senttimetriä maanpinnasta ylöspäin. Analysaattori kerää tutkimuksen tiedot viidentoista minuutin sykleissä ollessaan aktiivisena maahan asennettuna ja tallentaa sen laitteen omaan sisäänrakennettuun muistiinsa. Antureiden aineisto luetaan analysaattorin muistista yhteensopivalla lukulaitteella, joka siirtää tiedon tietokoneelle. Tomst aineisto vaatii käsittelyä varten Windows ohjelmiston, joka ladataan palveluntarjoajan [sivustolta](#) (Tomst 2022). Tomstin tulokset esitetään kuten alla oleva kuva (Ks.

Kuvio 15) osoittaa, tuloksissa olevissa celsius lämpötiloissa käyrän väri kertoo mikä anturi kulloinkin on kyseessä. Punainen, kosteutta ilmaiseva käyrä kertoo maan relatiivisen kosteuden siten että kuinka monta grammaa vettä on yhdessä painokilossa maata.

5.3 Maaperä-antureiden asennus

Yhteensä kahdeksan anturia: 4 soilscoutia ja 4 Tomst anturia, kummallekin koealalle kaksi molempia, koko tarkastelujakson: 23.4-16.8.2020 ajan (Ks.

Kuvio 15). Anturiparit (Soilscout+Tomst) ovat koealalla alla olevan kuvion mukaan siten, että ne sijaitsevat tutkimusalueiden rajalta viiden metrin etäisyydellä toisistaan saman verran reunavaikutuksen minimoinniksi. Tomstin lämpötila-anturi mittaa lämpötilaa maan pinnan yläpuolelta kymmenen senttimetrin korkeudelta.



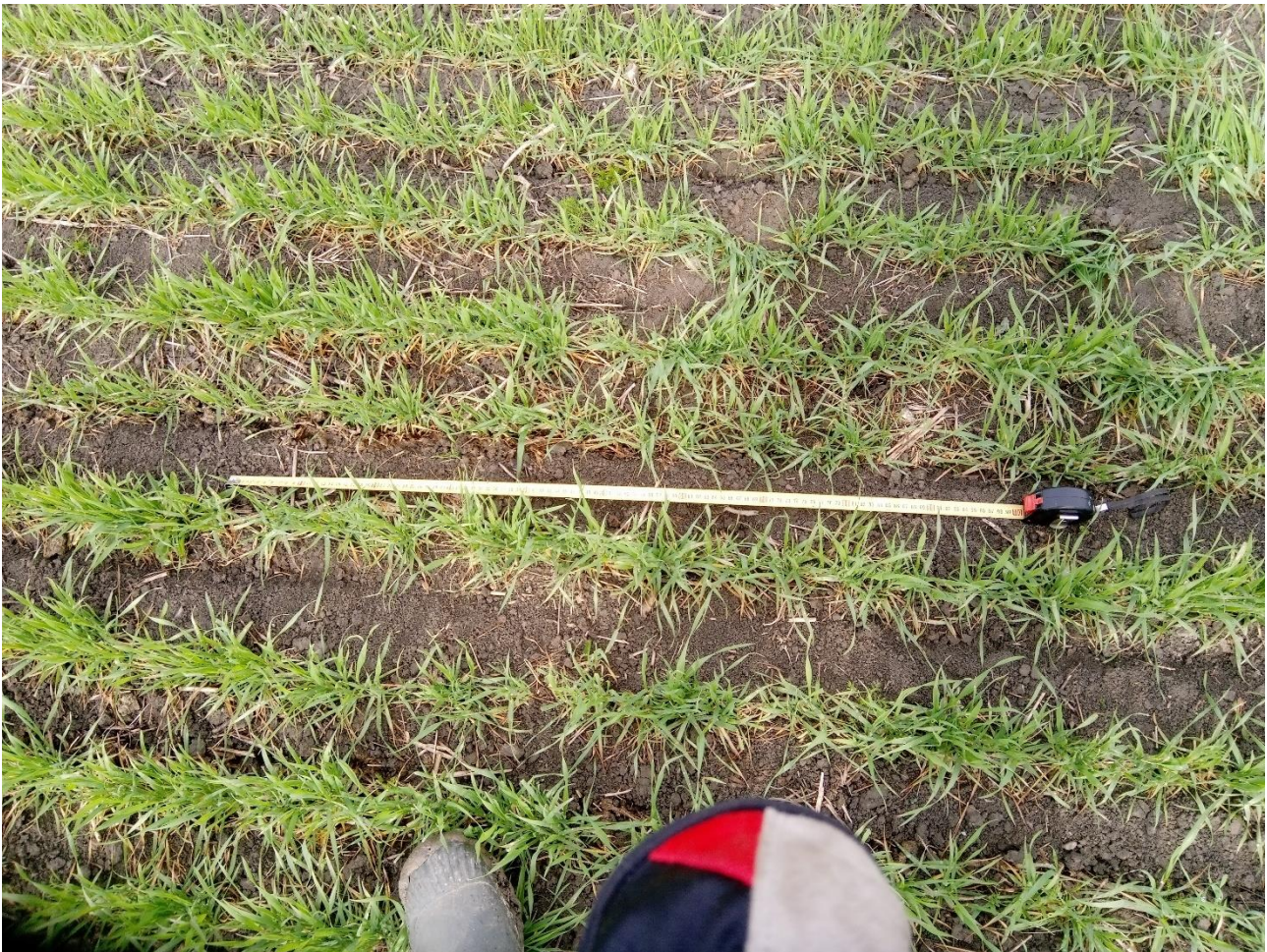
Kuvio 15. Maaperä-analysointoreiden sijainnit muokkausalueella, Värikoodatut anturit kertovat mittauskohdan punainen tarkoittaa maan relatiivista kosteutta grammaa vettä/kg, sininen lämpötilaa noin 10 cm syvyydessä, oranssi kertoo lämpötilan maan pinnassa ja vihreä 10 cm maan päältä. (Google Maps 2020) (Tomst n.d.).



Kuvio 16. Valkoinen tikku joka näyttää soilscoutin sijainnin, vierellään Tomst-anturi.

5.4 Orastuvuus

Jokaiselta koealalta otetaan satunnaisotantana olan yli keppiä heittämällä viisi koeruutua, joista tarkastellaan metrin mittaista pätkää kylvöriviltä (Ks.Kuvio 17). Metrin mittaiselta pätkältä kylvöriiviä lasketaan elinkelpoiset oraat ja tämä saatu luku kerrotaan 6,3:lla, jolloin saadaan kasvuyksilöiden määrä yhtä neliometriä kohden. Näiden koeruutujen tulosten keskiarvo kertoo muokkaustapojen eron. Tulosta vertaillaan kasvukauden aikana tehtävään tähkien lukumäärän laskentaan.

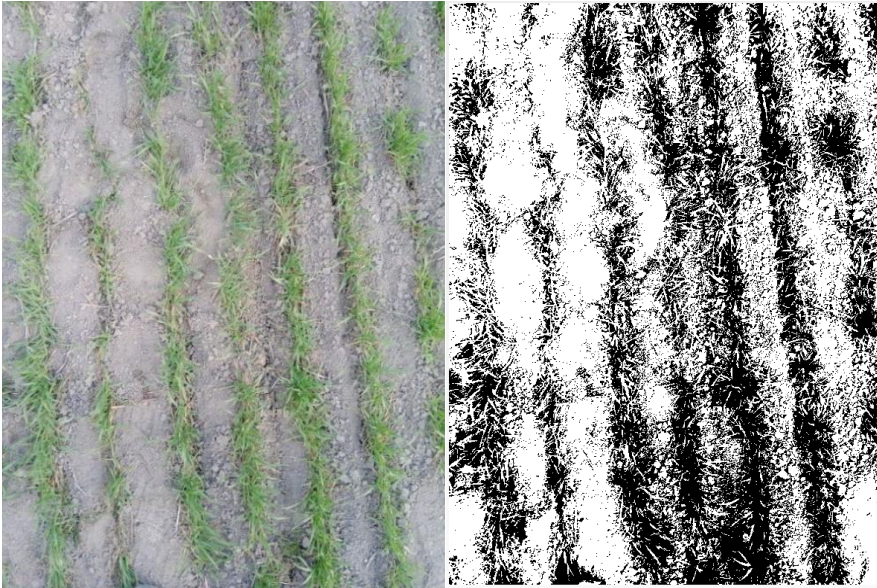


Kuvio 17. Oraitten laskenta metrin matkalta kylvöriviä.

5.5 Oraitten kasvipeitteisyysanalyysi (Canopeo sovellus)

Jokaiselta oraslaskennan koeruudulta otetaan valokuva käyttäen Canopeo sovellusta (Canopeo 2015). Sovellus muuttaa värivalokuvan vastavärivalokuvaksi (Ks.Kuvio 18), josta se mittaa kasvien vihreän massan määrää maan pintaa vasten ja antaa kasvin biomassan määrän prosenttilukuna.

Valokuva otetaan rinnankorkeudelta (1,3m), ja tällöin otetun valokuvan pinta-ala vastaa yhtä neliometriä eli koeruutua.



Kuvio 18. Vasemmalla alkuperäinen kuva, oikealla Canopeo-sovelluksen mittausta varten muokkama vastavalokuva (Canopeo 2015).

5.6 Penetrometrimittaus

Penetrometrimittauksessa mitataan maaperän tiivistymäkerroksia siihen tarkoitettulla penetrometri mittalaitteella (Ks.Kuvio 19), jonka nestepaineeseen perustuva anturi ilmoittaa kilopascaleina (kPa) mittarin kärkeen kohdistuvan paineen neliösenttimetriä kohden maahan työnnettäessä. Koska mittalaite näyttää tuloksen vain suoraan analogisesti on sen tulos merkittävä ylös syvyyden mukaan ja näistä kahdesta tiedosta exceliin muodostetaan pistekaavio, joka ilmaisee vastuksen kussakin syvyydessä. Penetrometri mittaukset toteutettiin koealalla seuraavasti: kaksi mittausta jokaiselta koealalta kummaltakin parivertailun puolelta eli 8 mittausta per puoli. Ylöskirjatut tulokset syötetään Exceeliin, jossa luvuista muodostuu pistekaavio.



Kuvio 19. Penetrometri.

5.7 Hivenaine-analyysi (leaf sap analysis)

Laboratoriossa tehtävän hivenaineanalyysin aineistoksi kerätään jokaiselta koealalta, 40 nuorinta ja 40 vanhinta lehteä, kun kasvusto on lippulehtiasteella. Näytteet kerätään aamulla ennen klo 9:00, jotta näytteen nestetilavuus on korkeimmillaan. (Mattila 2017.)

5.8 Kuoppatesti (MARA: Maan Rakenteen Aistinvarainen Analyysi)

Kuoppatestissä maan rakennetta mitataan aistinvaraisesti: koskemalla, haistamalla ja katsomalla. Jokaiselle koealalle kaivetaan kolme kuoppaa, joiden sijainti valitaan jokaisella neljällä koealalla sattumanvaraisesti. Näyte otetaan lapiolla kolmella pistolla siten, että yksi näytteen reunoista ei häiriinny ja tiivisty lapiion mekaanisesta vaikutuksesta. Maan laatua mitataan (Liite 2. MARA-Kortti) antaman arvosteluasteikon ja mittausohjeen mukaisesti. (Rajala Mattila Mynttinen 2019.)

5.9 Vedenpidätyskyvyn mittaus

Jokaiselta koealojen koeruudulta kerätään erityisellä tutkimusta varten valmistetulla 70 millimetrin halkaisijalla olevalla salaojaputken pätkällä 50 millimetrin syvyyteen maan pinnasta ulottuvia kiekkoja, yksi per koeala kummankin muokkaustavan puolelta eli yhteensä 8 kiekkoa. Kiekot punnitaan ja pannaan uuniin 120 celsiusasteeseen 16 tunnin ajaksi. Kuivatuksen jälkeen kiekot punnitaan uudestaan ja painoeron vähennys kertoo maa-aineksesta poistuneen veden eli maa-aineksen sitoman veden määrän.



Kuvio 20. Maanäytteen otto salaojaputken pätkällä, putki on halkaistu ja kiristetty letkukiristimellä joka löystytetään kiekon irroittamisen helpottamiseksi.



Kuvio 21. Maanäyttekiekon punnitus ennen 16 tunnin kuivatusta 120 °C uunissa.

5.10 Maa-aineksen hiilidioksidi respiraatio Ns. Woonsendin menetelmä

Jokaiselta koealalta kummankin muokkaustavan puolelta kerättiin 70 millimetrin halkaisijalla olevalla salaojaputkella (ks.

Kuvio 20) maan pinnasta 50 millimetrin syvyydeltä yksi kiekko, joka murskataan ja sekoitetaan ämpärissä ja tämä maa-aines ”tuuletetaan” (ks.Kuvio 22) neljän tunnin ajan. Tuuletuksen jälkeen niistä seulotaan 2 millimetrin silmäkoolla olevalla seulalla näytteet, joista muodostetaan näyteerät. Näyte-erien tutkimuksesta saatavat tulokset kertovat erot koealojen maa-aineksien hiilidioksidin, sekä typen vapautumisen määrässä. Tutkimusnäytteet lähetetään Tuomas Mattilalle, joka muodostaa niistä vertailukelpoiset tulokset käyttäen woonsendin menetelmää. Tulokset arvioidaan solvitan luokitusta käyttäen (solvita 2022.).



Kuvio 22. Murustettujen hiilidioksidi hengityskiekkojen tuuletus.

5.11 Karikkeen määrä maan pinnassa

Karikkeen määrä mitataan käyttäen mittalaitteena kolmen metrin keppiä. Keppi asetetaan satunnaisesti jokaiselta koealalta valitulle neljälle koeruudulle siten, että se ei ole kokonaan niin poikittain kuin linjassakaan kylvöriiviin nähden maan pinnassa, jolloin otanta olisi mahdollisimman realistinen. Tältä kolmelta metriltä lasketaan kaikki kasvintähteiden kappaleet, jotka osuvat kepin linjalle ja ovat kooltaan kymmenen senttimetrin sisään mahtuvia, tästä ylimenevät ja alle 4 cm kappaleet hylätään.

5.12 Maan vedenläpäisykyky

Maan vedenläpäisykyky mitataan käyttäen kattilaa, jonka pohja on leikattu pois. Pohjaton kattila painetaan maahan, jolloin maa muodostaa ikään kuin pohjan, josta kattilaan kaadettu viisi litraa vettä imeytyy läpi (Kuvio 23). Aika jonka veden imeytyminen vie otetaan ylös vertailua varten. Tuloksia vertaillaan koeruutujen kesken. Jokaisella koealalla tehdään yksi mittaus kummaltakin muokkaustavalta.



Kuvio 23. Kattilatestin välineistö: pohjaton kattila, ja viisi litraa vettä.

5.13 Biomassan määrän ja sadon laadunselvittäminen

Koealojen biomassa määritetään keräämällä kummankin muokkaustavan neljältä koealalta satunnaisesti valituilta koeruuduilta kasvustonäyte. Kasvustonäyte sisältää koko maanpäällisen biomassan kylvöriviltä 1 metrin matkalta. Kasvustonäytteiden taarattujen punnitustulosten 6.3 kerrottu keskiarvo, kertoo koealan biomassan määrän yhdellä neliömetrillä.



Kuvio 24. Kylvörivi biomassanäytteenoton korjuun jälkeen.



Kuvio 25. Biomassanäytteen punnitus.

Tähkien määrä lasketaan valitsemalla kummankin muokkaustavan neljältä koealalta viisi satunnaista koeruutua, joiden sijainti valitaan käyttämällä olan yli heitettyä keppiä, jonka putoamiskohdasta valitaan metrin matka kylvöriviä. Tältä kylvöriviltä lasketaan elinvoimaisten kasvien tähkät.

Näistä luvuista kerrottuna 6.3 saadaan yhden neliömetrin tähkien lukumäärä. Näiden lukujen keskiarvo kertoo kasvien tähkien määräeron viljelymenetelmien välillä, sekä sen kuinka moni oras lopulta selvisi keväältä tuottamaan satoa.



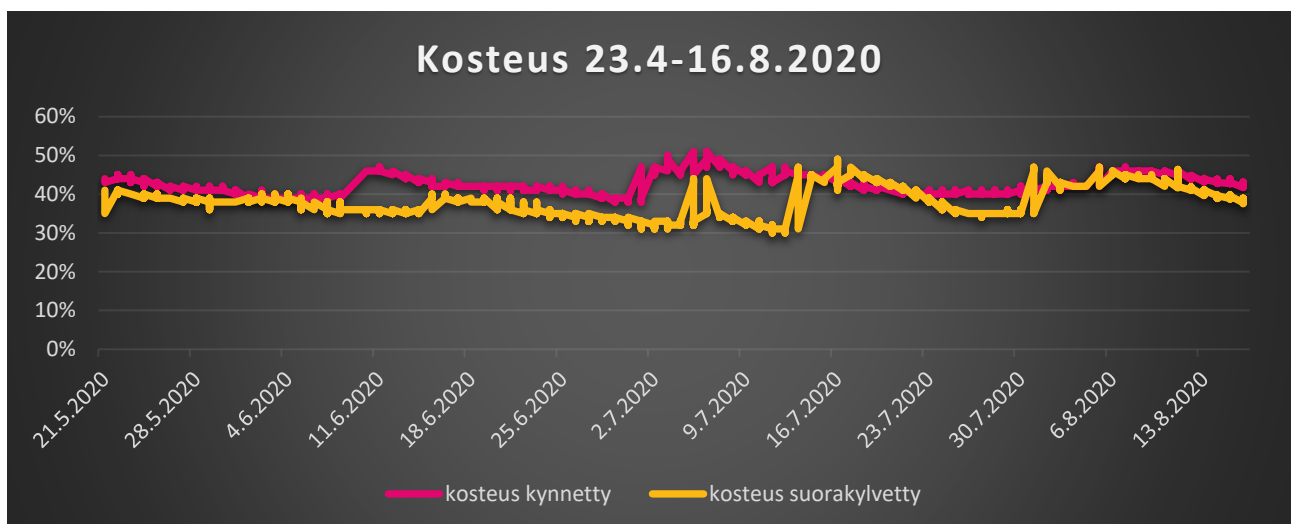
Kuvio 26. Tähkien laskennassa lasketaan tähkät yhden metrin matkalta kylvöriviltä.

Sadon määrätieto kerätään käyttäen puimurin jyväleivaattoriin asennettua GPS ohjattua satokartoituslaitteistoa (Trimble 2022). Sadon laadun määrittämisessä koealakohtaisesti käytetään Suomen Viljavan laatuanalyysiä, johon kuuluu kosteusprosentin lisäksi hehtolitrapaino, valkuaisprosentti sekä sakoluku (Suomen Viljava Oy n.d). Kasvuston ominaisuuksia pyritään seuraamaan ja tallentamaan havainnointijakson aikana. Tarkkaa laskentaa oheiskasvien määrästä ei kerätä mutta havainnot osoitetaan kuvina.

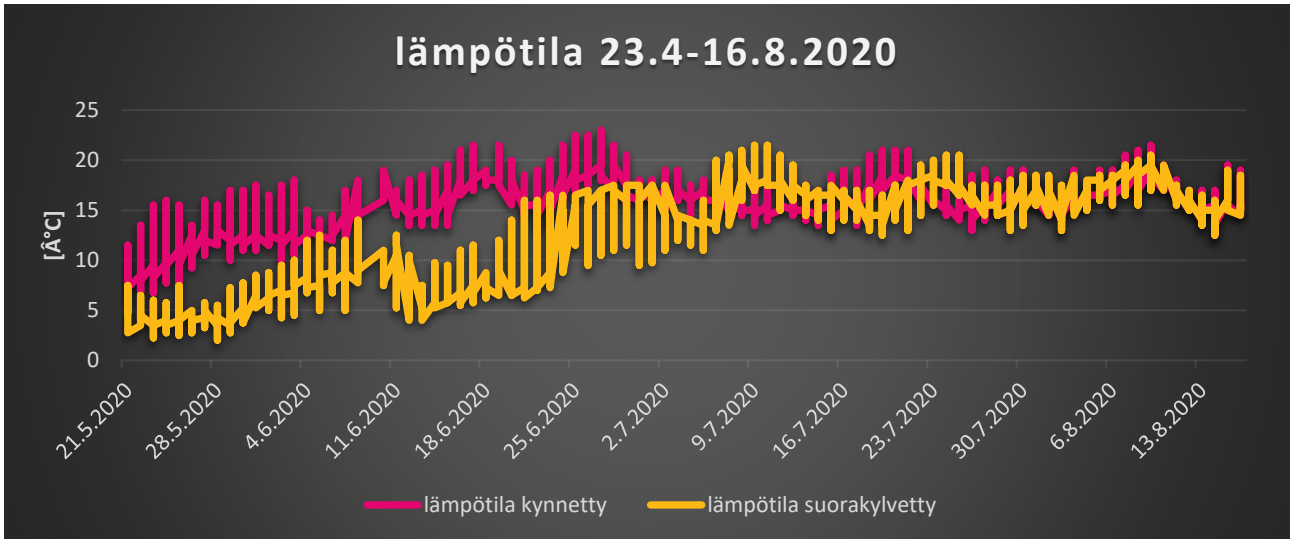
6 Tutkimustulokset

6.1 Soilscout

Soilscoutin analyysituloksista suodatetut lämpötilaa ja maaperän kosteutta ilmaisevat vertailukäyriä esitetään alla olevien tutkimustulosten yhteydessä niiden tekopäivämäärien mukaan, jolloin tutkimustulokset kertovat myös ympäristön sääolosuhteista koealoilla (ks. Kuvio 28 ja Kuvio 28). Kokonaisuudessaan anturien tulos osoittaa sen, että kynnetyn koealan maaperä on 22-30 cm syvyydessä keskimäärin noin 4 % kosteampi: keskimäärin 42,93 % keskihajonnalla 2,32 %, suorakylvetyn kosteus oli keskimäärin 38,09 % keskihajonnalla 3,97 %. Kynnetyn alan lämpötila on keskimäärin yhden celsiusasteen verran lämpimämpi suorakylvettyyn koealaan nähden, jonka lämpötila on 12,8 °C otantajaksolla 23.4-16.8.2020.



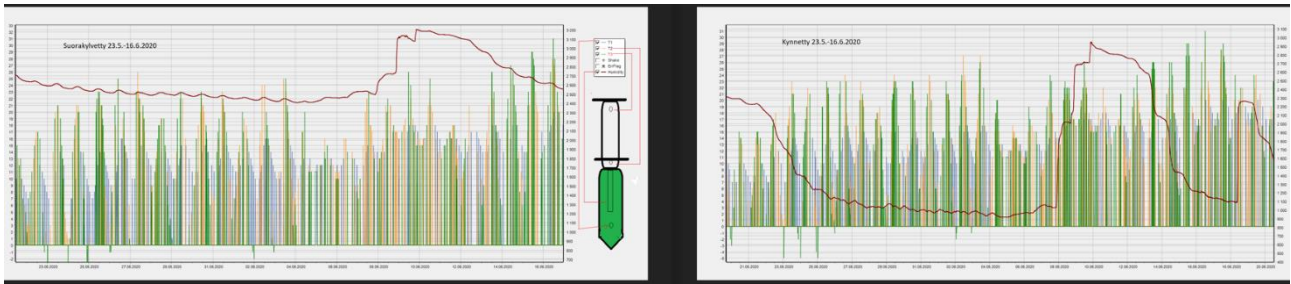
Kuvio 27. Muokkaustapakohtainen kosteus 10 cm syvyydessä soilscoutien mittaamana, koko havaintojakson aikana.



Kuvio 28. Muokkaustapakohtainen lämpötila 10 cm syvyydessä soilscoutin mittaamana, koko havaintojakson aikana.

6.2 Tomst-analysaattori

Kuten soilscoutienkin niin Tomstien tulokset esitetään alla olevien tutkimusten tulosten yhteydessä kaaviona niiden tekopäivämäärän mukaan. Tällöin ne antavat kuvan otantajakson sääolosuhteista. Tulokset ovat alla olevien tutkimusten tekopäivämäärien mukaan antaen niiden tekohetken lämpö ja kosteustiedot. Otantajaksolla 23.5.-16.8.2020 Tomst-anturien lukemat antavat tuloksen, jossa kynnetyn koealan kosteuskokema anturin mittausalueella maan pinnan tuntumassa (Kuvio 15) on huomattavasti matalampi suorakylvettyyn verrokkiinsa nähden. Tämä kosteusero on Soilscoutien tuloksen kanssa siltä osin samassa linjassa, että mikäli suorakylvetyn koealan maankosteus on 10 senttimetrin syvyydessä kynnettyä matalampi on siitä kerroksesta puuttuva vesi imeytyneenä kylvökerrokseen maan pinnassa, tulos toistuu molemmilla antureilla.

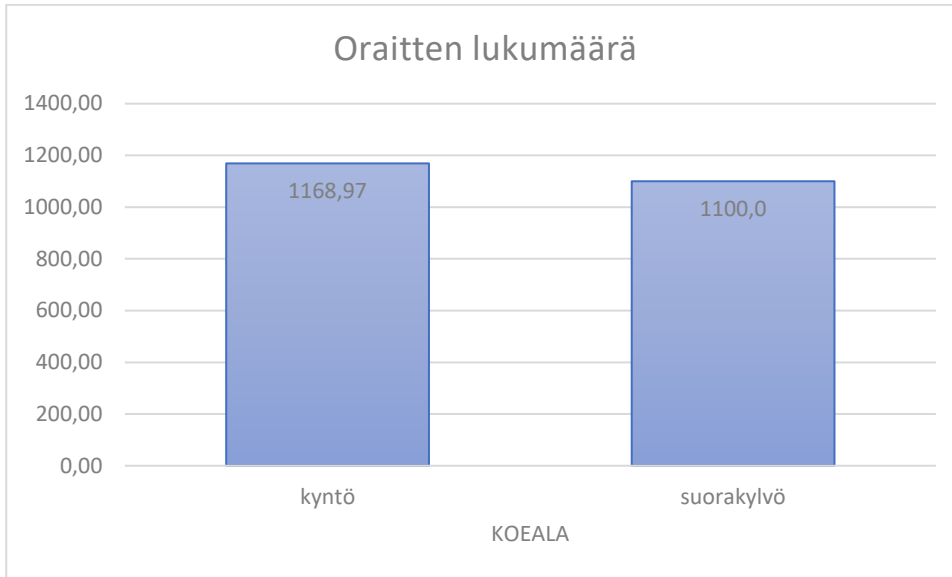


Kuvio 29. Muokkaustapakohtaiset lämpötilat ja kosteudet maan pinnan tuntumassa, Tomstien mitaamana koko havaintojakson ajalta.

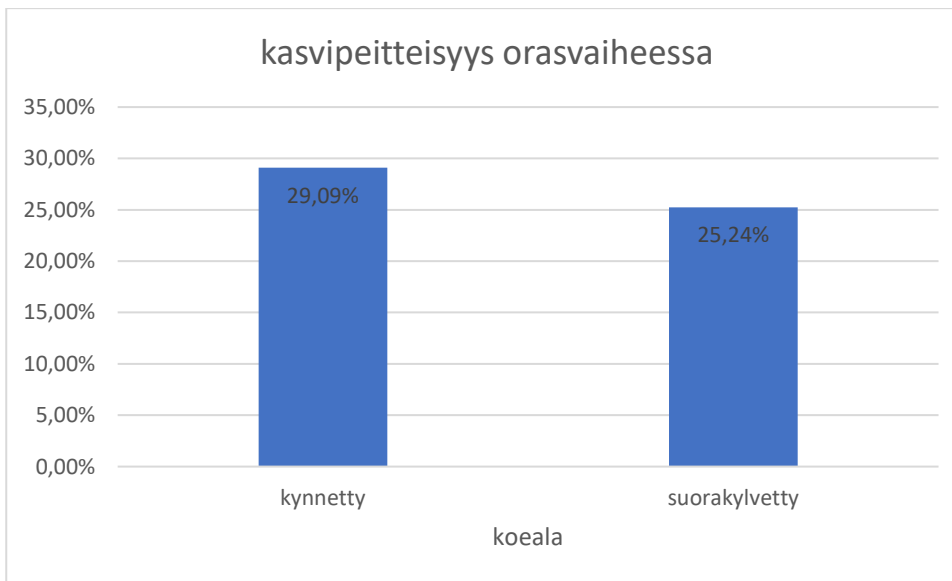
6.3 Orastuvuus ja kasvipeitteisyysprosentti Canopeo sovelluksella 8.5.2020

Kun kyseessä on syysviljan oraiden selviäminen vaikean lumettoman rouseisen talven jälkeen, on oraitten lukumäärä hyvä mittari kertomaan muokkaustavan vaikutuksesta talvenkestävyyteen. Tulokset osoittavat sen, että perusmuokkaustavalla perustetuilla orailla on parempi maakosketus suorakylvettyihin nähden. Tulokset muokkaustapakohtaisesti olivat kynnetyllä 1168 kappaletta oraita neliometriä kohden, kun taas vastaava luku oli suorakylvetylle 1100 orasta neliometrillä (ks.Kuvio 30).

Canopeo -sovelluksen antamat luvut noudattavat samaa, sillä suorakylvetyn koealan tulos oli keskimäärin 25,2 % kasvipeitteisyydellä. Kynnetyn koealan ollessa noin neljä prosenttiyksikköä parempi 29 %:n kasvipeitteisyydellä.

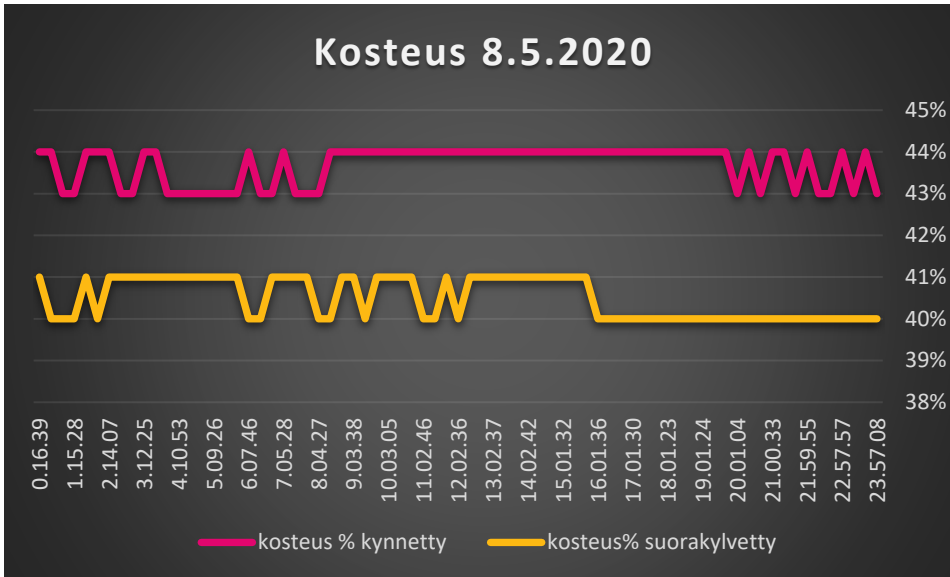


Kuvio 30. Oraitten lukumäärä keskimäärin koelalla muokkaustapakohtaisesti.

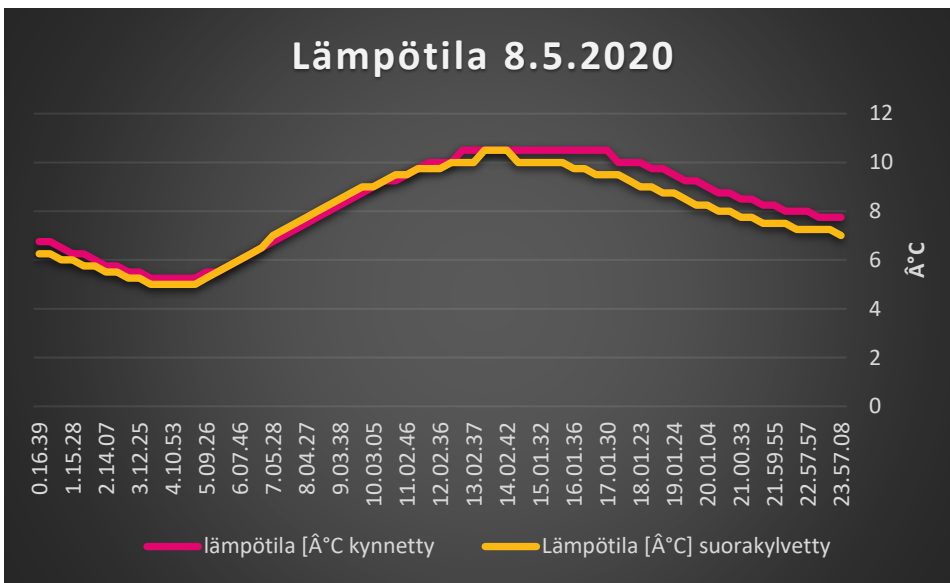


Kuvio 31. Muokkaustapakohtainen kasvipeitteisyys kasvuston orasvaiheessa Canopeo sovelluksella mitattuna.

Soilscout osoittaa tutkimustekopäivälle (8.5.2020) kynnetylle koelalle keskimäärin 44 % kosteutta ja 8,23 Celsius asteen lämpötilaa keskimäärin suorakylvetyn koelalan lukemien ollessa keskimäärin 40 % kosteutta ja 7,88 celsiusastetta (Ks. Kuvio 33 ja Kuvio 33).

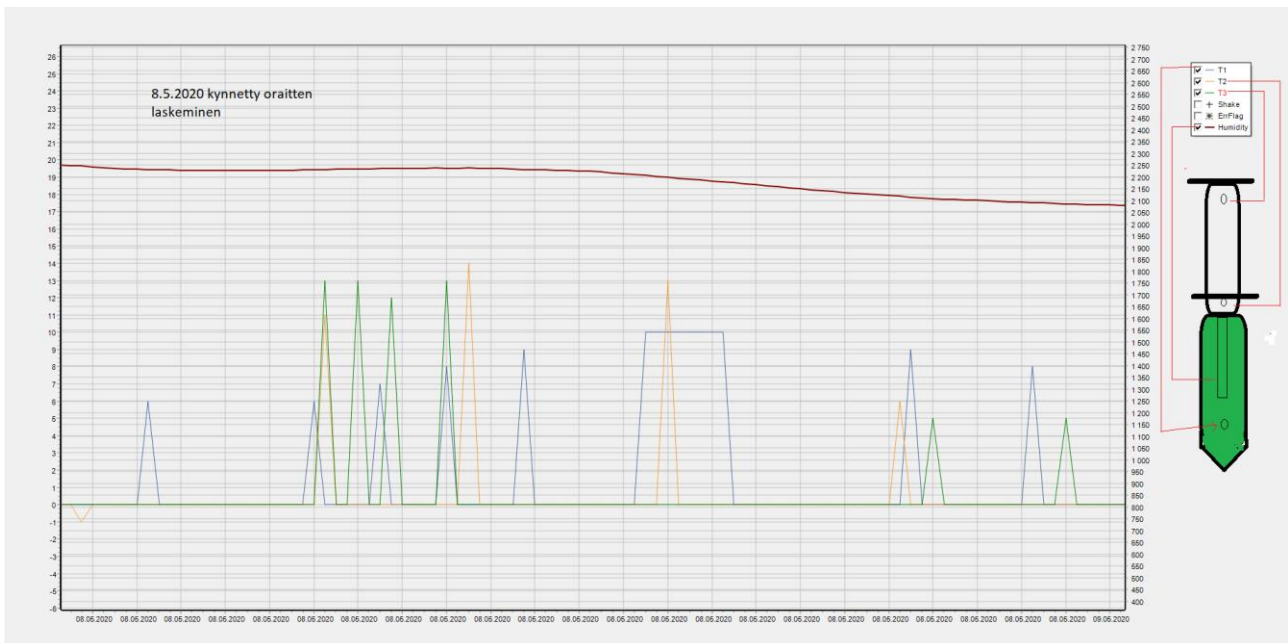


Kuvio 32. Kosteus muokkaustapakohtaisesti 8.5.2020, 10 cm syvyydessä.

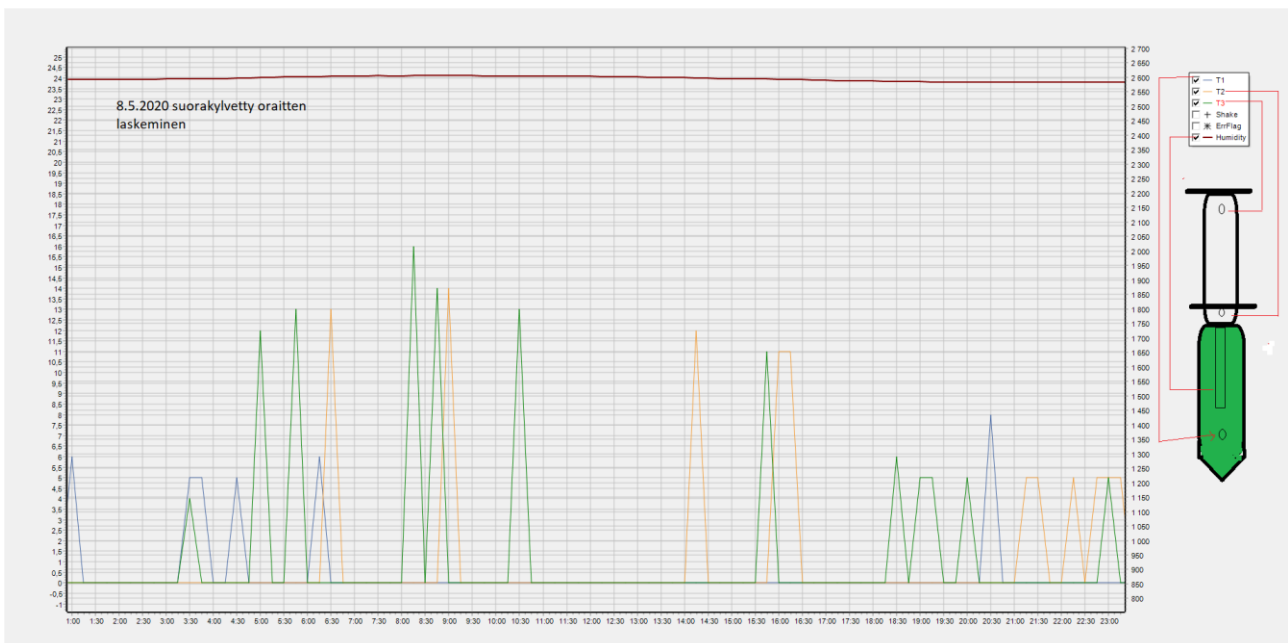


Kuvio 33. Lämpötila muokkaustapakohtaisesti 8.5.2020, 10 cm syvyydessä.

Tomst analysaattorien tulos samalta päivältä osoittaa saman kuin soilscoutkin eli maan kosteus kynnetyllä on korkeampi kyntösyvyudessa (ks. Kuvio 35 ja Kuvio 35).



Kuvio 34. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumassa kynnetyllä koelalla, Tomst.

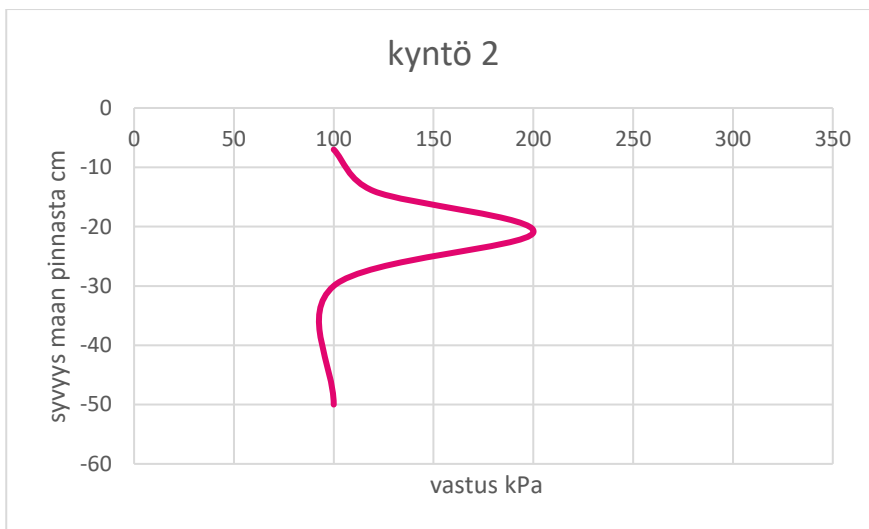


Kuvio 35. Maan kosteus ja lämpötila maanpinnan tuntumassa 8.5.2020 suorakylvetyllä koelalla, Tomst.

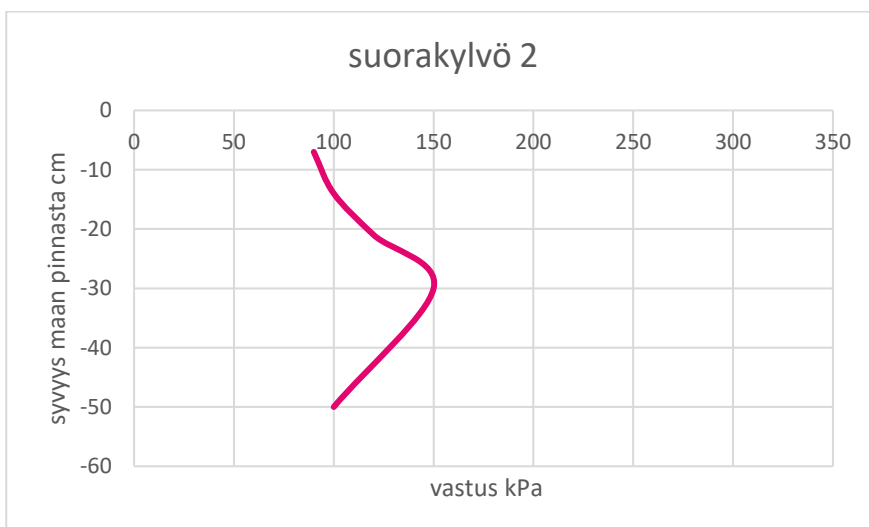
6.4 Penetrometrimittaus 15.5.2020

Koealojen tulokset eroavat maan tiivistymäkerroksen syvyyden osalta siten, että kynnetyn koealan tapauksessa (Ks.Kuvio 36) tiivistymäkerros ilmaantuu noin 20 senttimetrin syvyydessä, kun suorakylvön tapauksessa (Ks.Kuvio 37) se löytyy vasta kolmenkymmenen senttimetrin syvyydestä.

Oheisten kuvioitten osoittamalla tavalla Kynnetyn koealan tiivistymäkerros on kuitenkin huomattavasti tiiviimpi kuin suorakylvetyn ja vaatii 50kPa enemmän voimaa läpäisyyn. Tiivistymäkerros on muodoltaan paksumpi suorakylvetyllä.

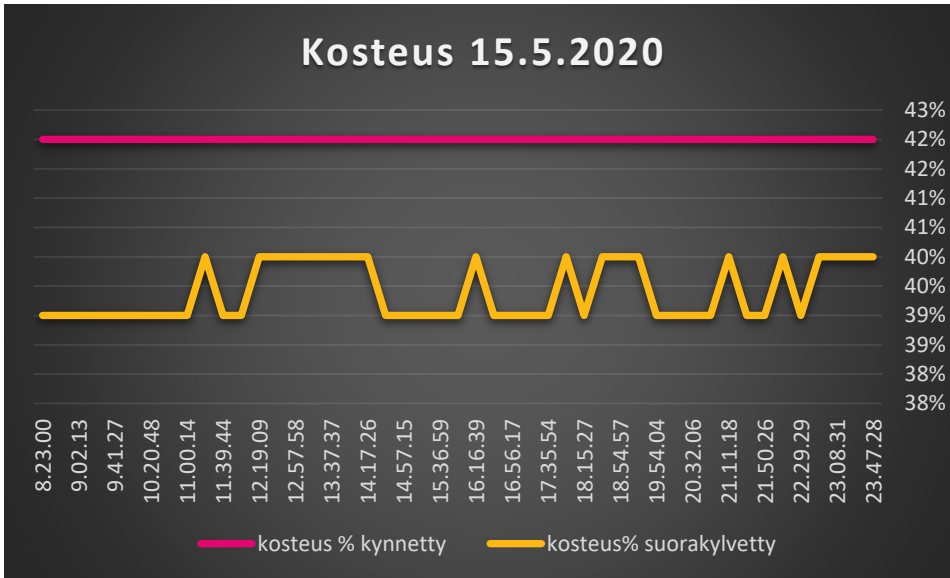


Kuvio 36. Penetrometrin mittaustulos kynnetyllä koealalla.

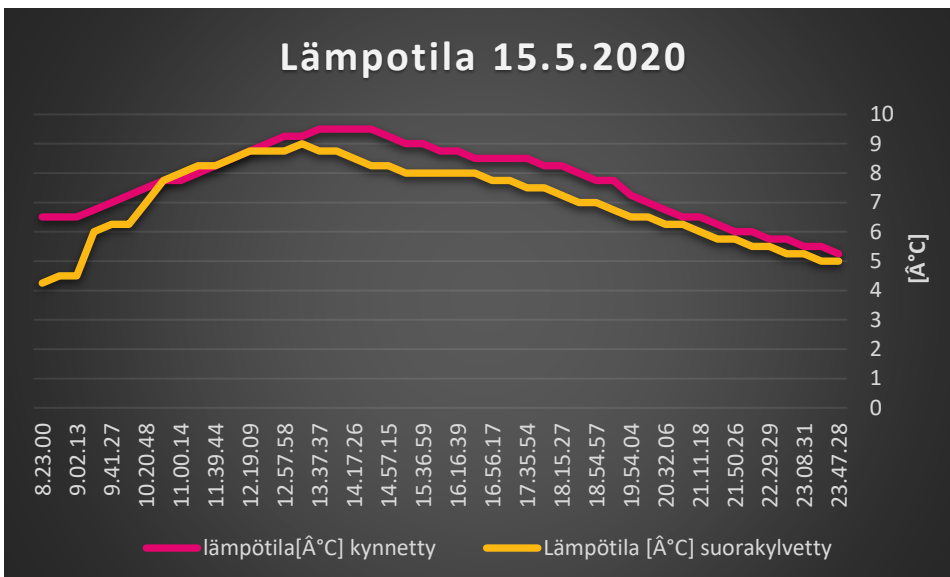


Kuvio 37. Penetrometrin mittaustulos suorakylvetyllä koealalla.

Soilscout tulokset penetrometrimittauksen tekopäivänä 15.5.2020 osoittavat kynnetylle koelalle keskimäärin 42 % kosteutta sekä 6,7 celsiusasteen lämpötilaa suorakylvetyn koelan keskimääräisten kosteuden ja lämpötilan ollessa 39 % sekä 7,03 celsiusastta (ks. Kuvio 39 ja Kuvio 39).

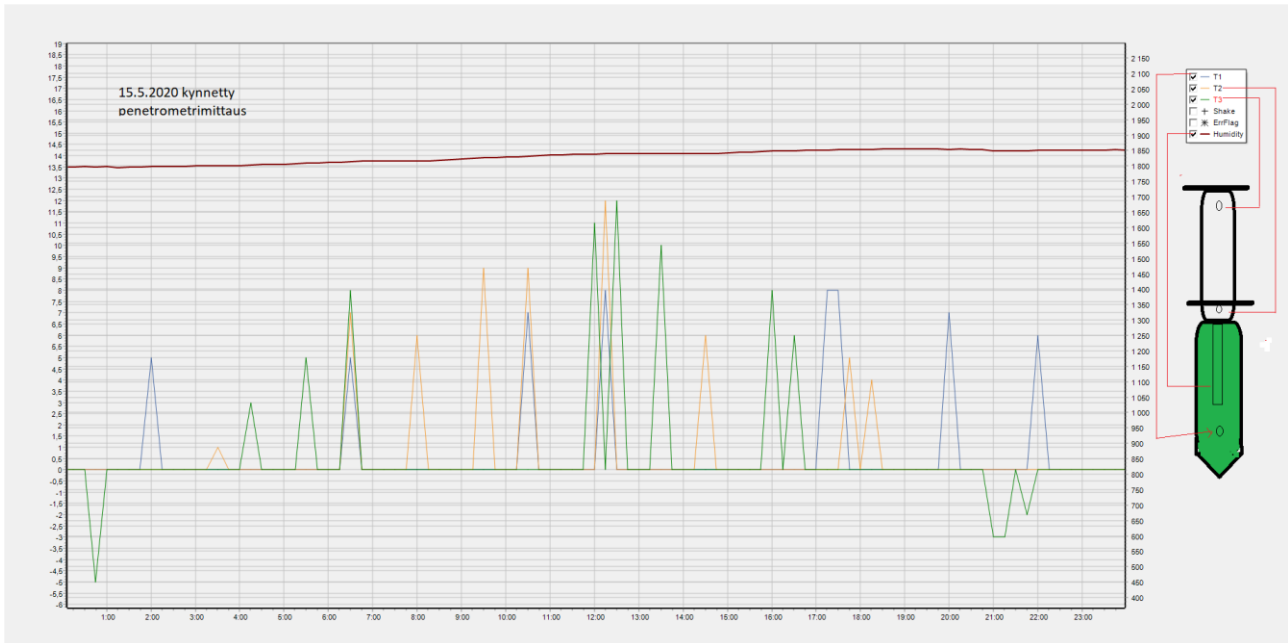


Kuvio 38. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti 15.5.2020 penetrometrimittauksen tekohetkellä.

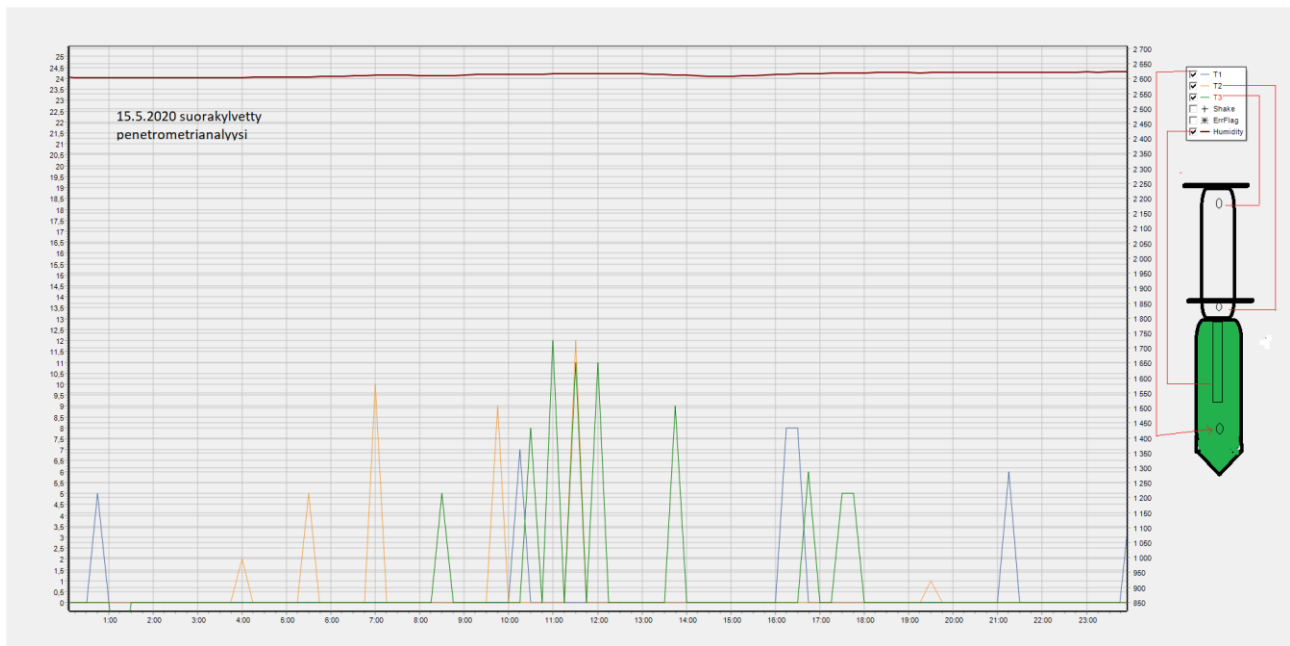


Kuvio 39. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti penetrometrimittauksen tekohetkellä.

Tomst tulokset 15.5.2020 osoittavat kosteuden olevan korkeampi maan pinnan läheisyydessä kuin kyntökerroksessa sekä lämpötilan olevan matalampi maan pinnan läheisyydessä suorakylvetyllä koealalla kynnettyyn koealaan verrattuna (Ks. Kuvio 41)



Kuvio 40. Maan kosteus ja lämpötila kynnetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa penetrometrimittauksen tekohetkellä.



Kuvio 41. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa penetrometrimittauksen tekohetkellä.

6.5 Hivenaine-analyysi (leaf sap analysis) 25.5.2020 ja 22.6.2020

Koaloilta kerätyt näytteet lähetettiin Alankomaihin tutkimuksen toteuttamista varten mutta, valitettavasti todennäköisesti tutkimuksen aikana vallitseva maailmantilanne vaikutti toimitusketjuihin sillä tavoin, ettei tuloksia koskaan saatu käsittelyä varten.

6.6 Kuoppatesti (MARA) 17.6.2020

Kuoppatestin tutkimusten havainnointi (Liite 2. MARA-Kortti) liitteen mukaan jokaiselle koealalle kaivetuille kolmelle kuoppatestille kertoo tuloksen liikkuvan koaloilla siten, että kynnetyn koalojen keskiarvoluokkatulokseksi tuli 2,43 ja vastaava luokkatulos oli suorakylvetyllä hieman parempi 2,55. Kuten tulostaulukosta (Taulukko 3) näkee, on rakenteessa havaittavissa molemmilla muokausketjuilla selkeät rakenne-erot eri syvyyksissä. Suorakylvetyn maan rakenne on hieman kokonaisrakenteeltaan parempaa ja yhdenmukaisempaa kynnettyyn verrattuna.



Kuvio 42. Maanäyte suorakylvetyltä koealalta. Kuvassa näkyy kynnettyä parempi mururakenne ja yhtenäisempi koostumus koko näytteen syvyydeltä.



Kuvio 43. Maanäyte kynnetyltä koealalta. Näyte jakautuu selviin kerroksiin ja on koostumukseltaan karkea

Taulukko 3. Maan rakenteen analysoinnin tulokset.

KYNTÖ			LUOKKA	SUORAKYLVÖ			
KOEALA	ARVOT			KOEALA	LUOKKA		
1	1-10	2	2,67	1	1-10	2	2,5
	10-19	2			10-20	3	
	19-20	4					
2	1-13	2	2,1	2	0-12	2	2,25
	13-20	3			12-20	2,5	
	19-20						
3	0-12	2	2,2	3	0-10	2	2,25
	12-20	3			10-20	2,5	
	19-20						
4	1-10	2	2,67	4	0-8	2	2,75
	10-19	3			8-20	3,5	
	19-20	3					
5	1-5	2	2,5	5	0-10	2	3
	5-12	2,5			10-15	3	
	12-20	3			15-20	4	
kes- kiarvo			2,43				2,55

6.7 Veden pidätyskyvyn mittaus 17.6.2020

Tutkimusta varten kerättyjen, ennen ja jälkeen kuivatuksen punnittujen kiekkojen painotulosten havainnoinnin jälkeen tulokseksi jäi se, että suorakylvetyn koealan maa pystyy keskimäärin sitomaan 2 % enemmän vettä 1 % keskihajonnalla kuin kynnetty koeala 2 % keskihajonnalla. Kiekko, joka otettiin kynnettyltä koealalta, painoi ennen kuivatusta 182,8 grammaa ja kuivatessa siitä poistui 28,6 grammaa, tällöin poistuneen veden määrä kiekon painosta oli 16 % (Ks.Kuvio 44Kuvio 44). Suorakylvetyltä koealalta otettu kiekko painoi ennen uunia keskimäärin 178 grammaa ja kuivatuksessa kiekosta poistui 32,2 grammaa vettä, jolloin poistuneen veden paino oli 18 % kuivaamattoman keskivertokiekon painosta (Ks.Kuvio 45). Tällöin tämä 2 % ero kerrottuna hehtaarin alalle tarkoittaisi 935,9 litran eroa kasvien käytettävissä olevan veden määrässä suorakylvömenetelmän eduksi.



Kuvio 44. Vedenpidätyskyky kynnetyllä koealalla keskimäärin.



Kuvio 45. Vedenpidätyskyky suorakylvetyllä koealalla keskimäärin.

6.8 Maa-aineksen hiilidioksidi respiraatio Ns. Woonsendin menetelmä 17.6.2020

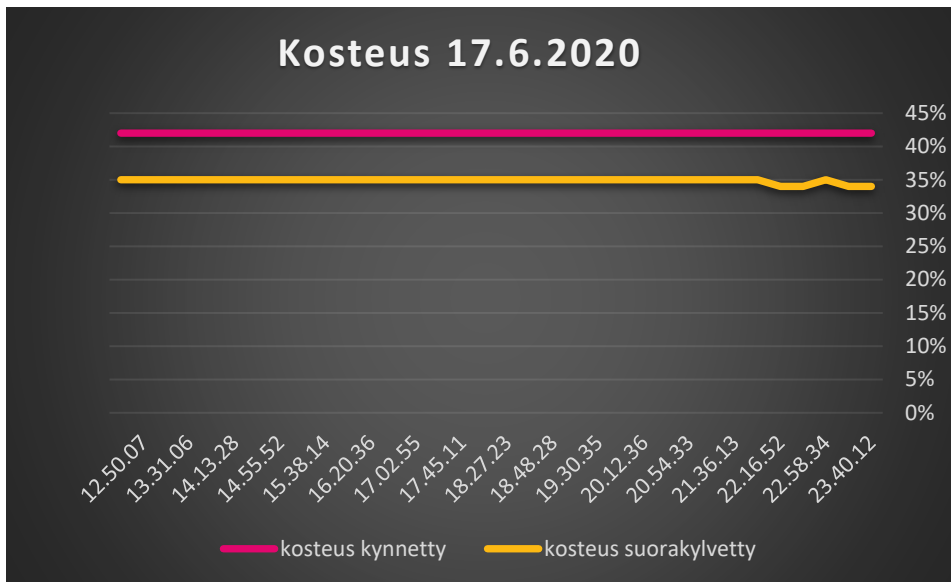
Tulokset maan hiilidioksidirespiraation (hengityksen) saatiin kylvömenetelmäkohtaisesti ja niiden tulokset ilmaistaan tässä hiilidioksidin ja typen osalta alla olevassa taulukossa (Taulukko 4). Tulos oli solvitan (Solvita 2022.) luokituksella kohtalainen biologinen aktiivisuus.

Taulukko 4 Maan biologisen analyysin hiilidioksidin ja typen vapautuminen muokkauskohtaisesti.

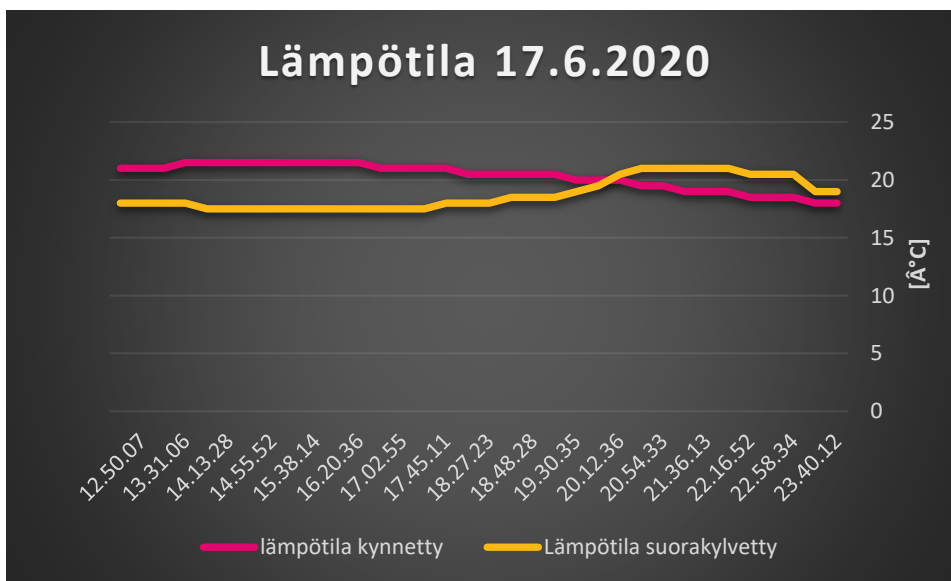
Hiilidioksidihengitys		
suorakylvö	kyntö	
73	66	CO ₂ -C/I
Typen vapautuminen		
59	54	kg N/ha

6.9 Soilscout ja Tomst tulokset 17.6.2020

Soilscout anturien kosteus ja lämpötiladata osoittaa seuraavien tutkimusten tekopäivän (17.6.2020) MARA, maan veden pidätyskyky ja hiilidioksidi hengitys, osalta kynnetyllä koealalla keskimäärin 42 % kosteutta ja 19 celsiusasteen lämpötilaa, keskimääräisten lukujen ollessa suorakylvetyllä koealalla 35 % ja 18,8 celsiusastetta (Ks.Kuvio 47 ja Kuvio 47). Huomioitavaa tuloksesta, jostakin teknisestä syystä maassa olevat anturit ovat lähettäneet dataa vain puolenpäivän jälkeen.

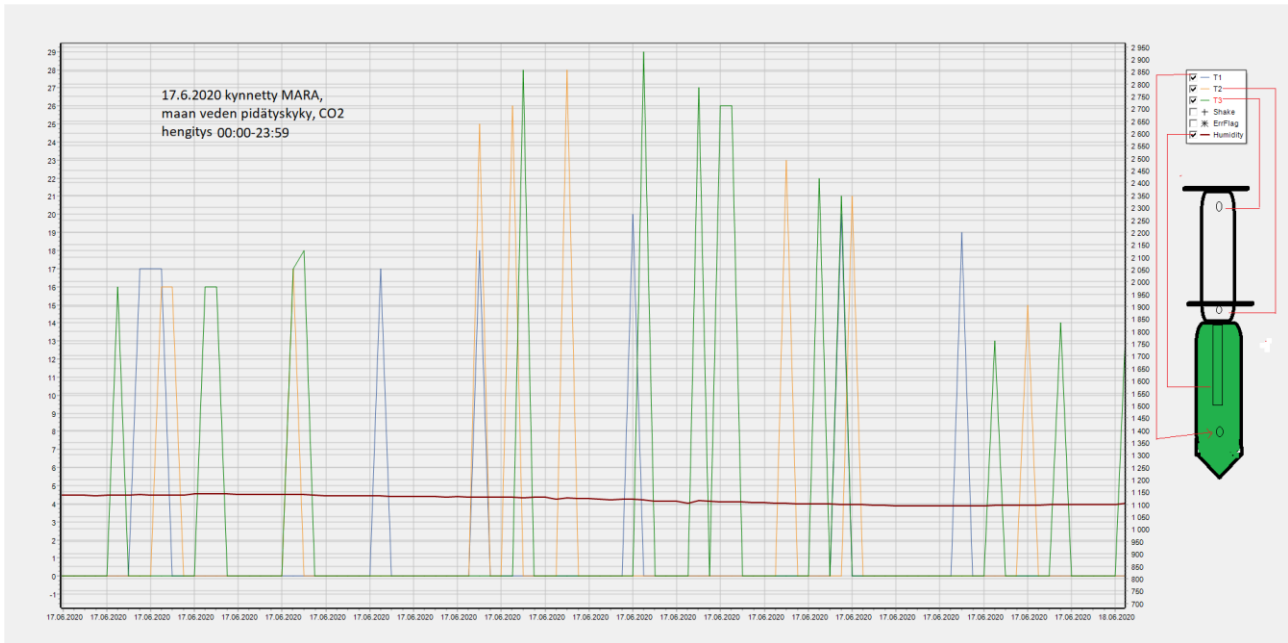


Kuvio 46. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti 17.6.2020.

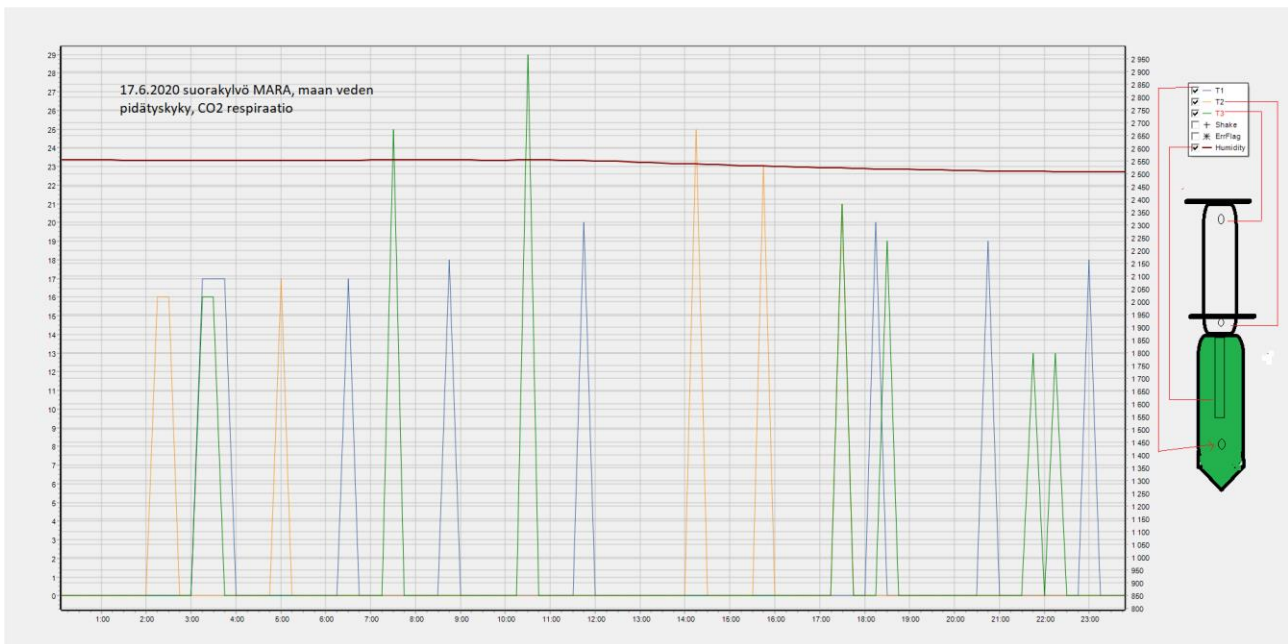


Kuvio 47. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 17.6.2020.

Tomst anturidata antaa 17.6.2020 koko vuorokaudelta tuloksia, jotka osoittavat maan olevan kynnetyllä kuivempaa kylvösyvydessä kun taas suorakylvetyyn kosteus on korkeampi kyntösyvydessä ja suorakylvetty on maan pinnassa viileämpi kynnettyyn nähden (Ks. Kuvio 49 ja Kuvio 49).



Kuvio 48. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla 17.6.2020.



Kuvio 49. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa 17.6.2020.

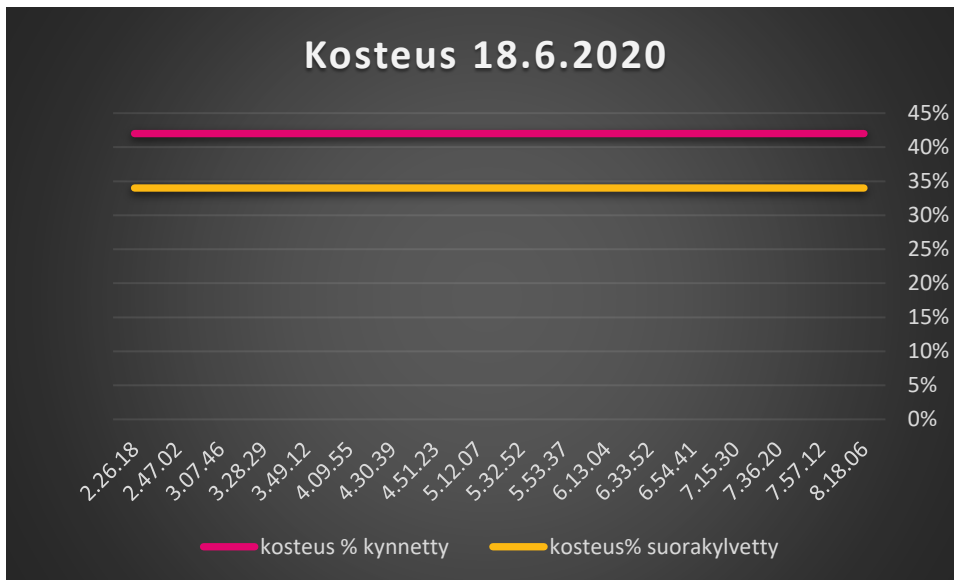
6.10 Karikkeen määrä maan pinnassa 18.6.2020

Koska muokkaustapojen ja kylvömenetelmän selvä ero on se, että vehnää edeltävän kasvuston tähteet hautautuvat kynnon yhteydessä maan alle on selvää, että suorakylvetyllä koealalla on karikkekappaleiden lukumäärä kolminkertainen kynnettyyn nähden (Ks.Kuvio 50).

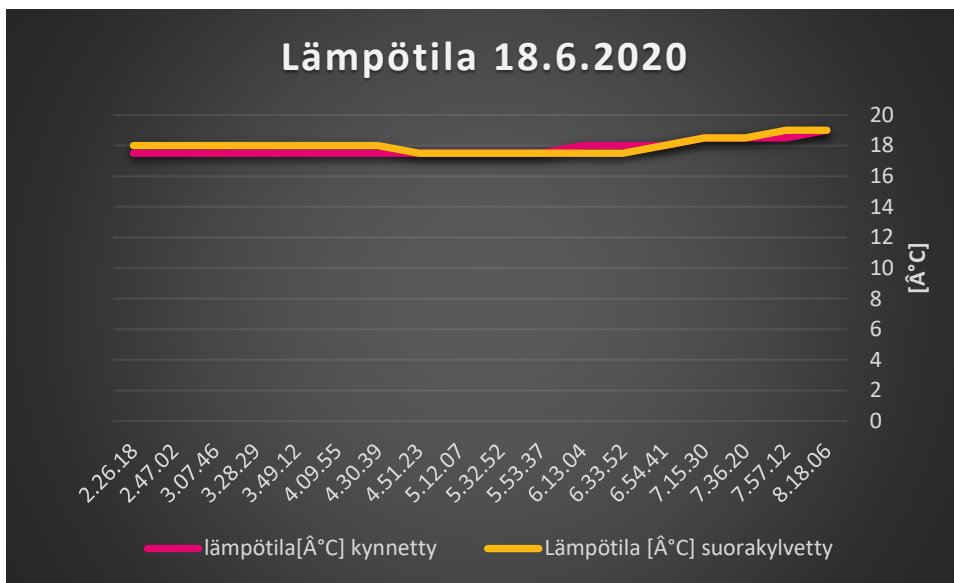


Kuvio 50. Karikkeen määrän ero muokkausmenetelmäkohtaisesti laskettuna.

Soilscout tulokset 18.6.2020 osoittavat kynnetyn koealan kosteudeksi keskimäärin 42 % ja keskilämpötilaksi 17,8 celsiusastetta, vastaavien lukujen ollessa suorakylvetyllä koealalla 34 % ja 18 celsiusastetta (ks. Kuvio 52 ja Kuvio 52)

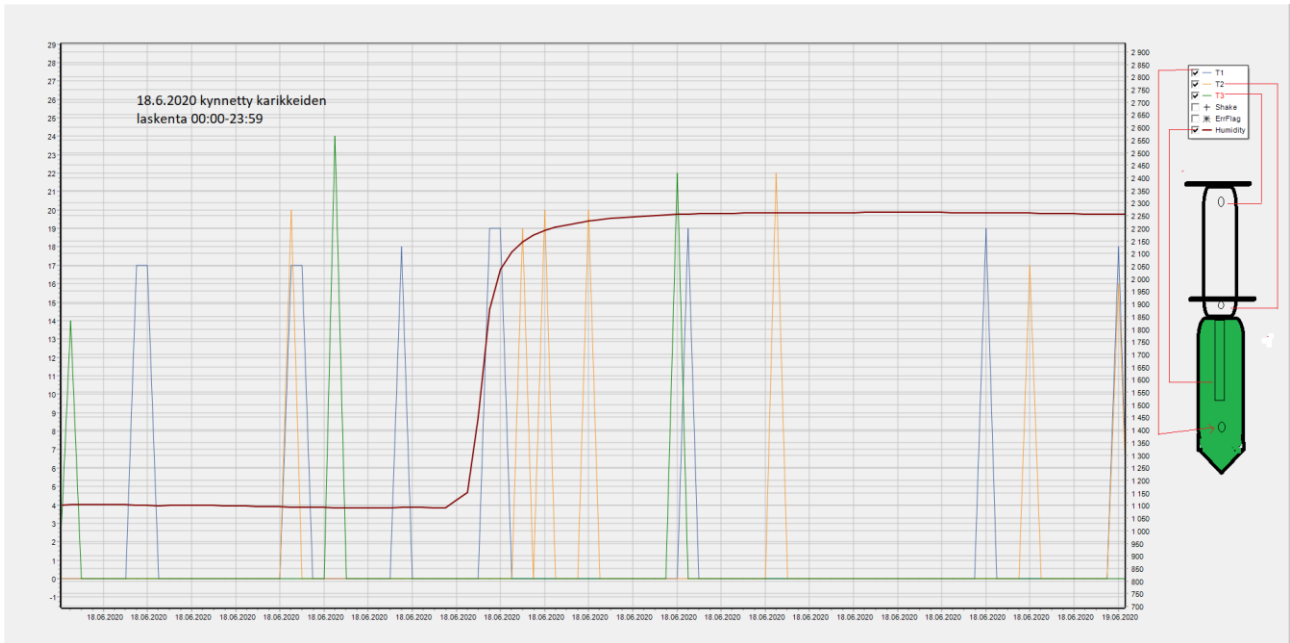


Kuvio 51. Maan kosteus 10 cm syvyydessä muokkaustapakohtaisesti karikkeiden laskemishetkellä.

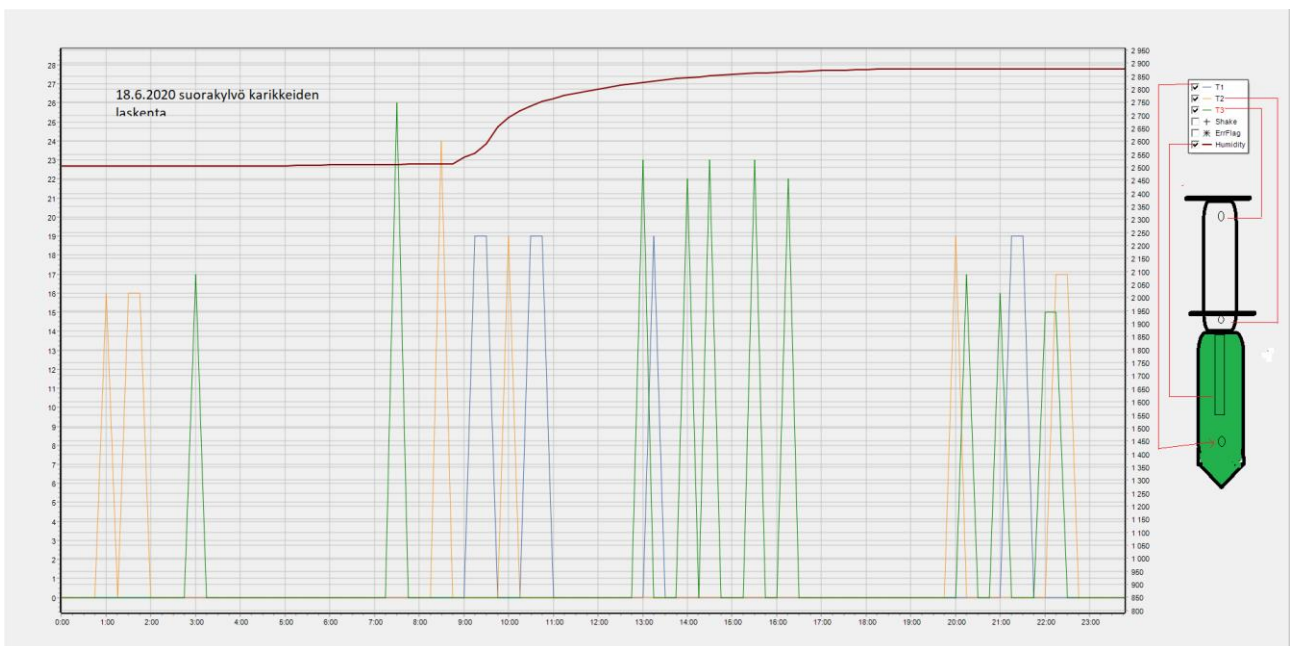


Kuvio 52. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä karikkeiden laskemishetkellä.

Tomst tulokset (ks. Kuvio 54 ja Kuvio 54) samoilta koealoilta osoittavat 18.6.2020 kylvökerroksessa ylipäättään kosteuden olevan korkeampi suorakylvetyllä koealalla, sekä kyseiselle päivälle osuneen ukkoskuuron vaikutuksen, joka on havaittavissa kosteuden nousuna molemmissa anturikaavioissa. Soilscoutin kaaviossa tätä vaikutusta ei ole havaittavissa, koska ukkonen on häirinnyt tiedonkeruuta.



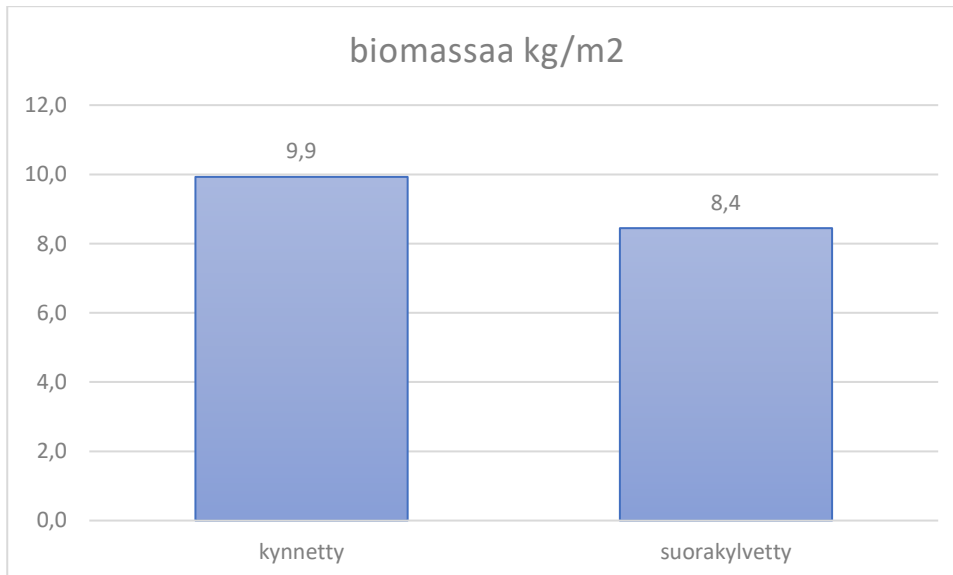
Kuvio 53. Maan kosteus ja lämpötila karikkeiden laskemishetkellä kynnetyn koealan maan pinnan tuntumassa, kosteuskäyrä osoittaa päivälle osuneen ukkosmyrskyn tuoman sateen.



Kuvio 54. Maan lämpötila suorakylvetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa karikkeiden laskemishetkellä, kosteuskäyrän muutos ei ole ukkoskuuron myötä niin jyrkkä koska maa oli alun perin jo kosteampi.

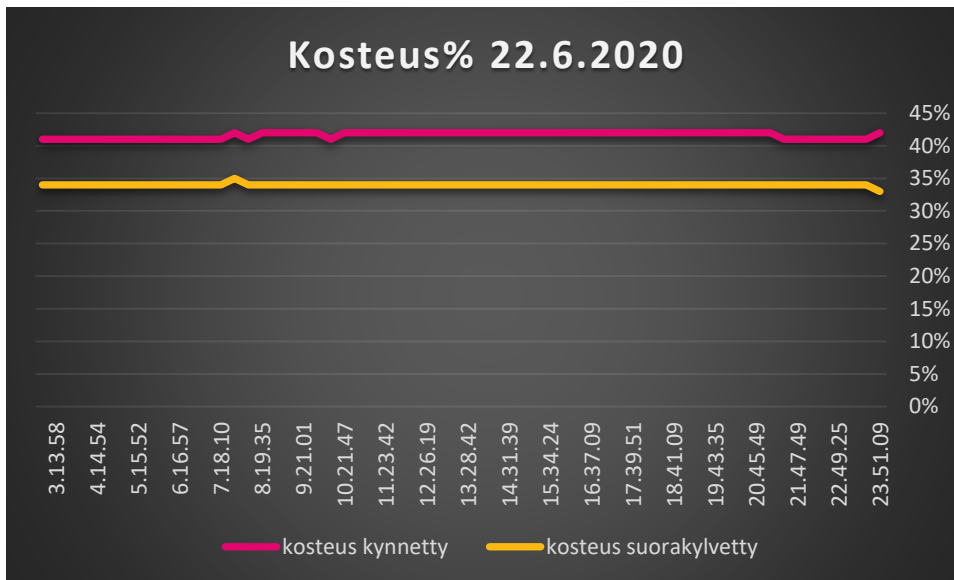
6.11 Biomassan määrän selvittäminen 22.6.2020

Koeloilla sijaitsevien satunnaisesti valittujen koeruutujen biomassan punnitusten keskimääräisten tulosten tulokset (ks. Kuvio 55) olivat yhtä neliometriä kohden kynnetyllä koealalla 9,9 kilogrammaa ja suorakylvetyllä koealalla 8,4 kilogrammaa biomassaa yhtä neliometriä kohden.

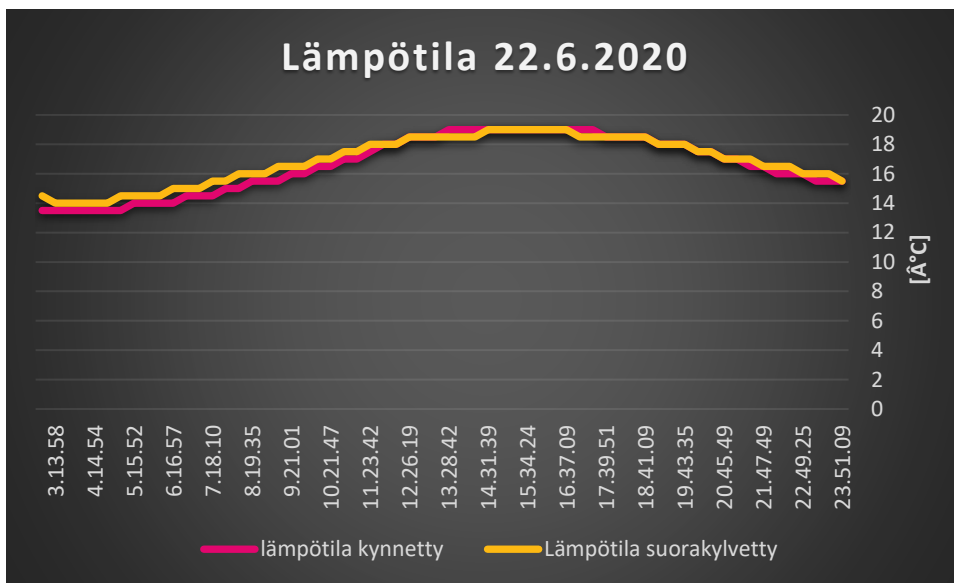


Kuvio 55. Biomassanäytteiden paino yhdellä neliometrillä muokkaustapakohtaisesti.

Soilscoutin tulokset (ks. Kuvio 57 ja Kuvio 57) 22.6.2020 osoittavat maan kosteuden pysyvän edelleen kyntösyvytydessä kynnetyllä koealalla keskimäärin, 8 % suorakylvettyä kosteampana, lukeman ollessa 42 % ja vastaava luku suorakylvetyllä on 34 %. Lämpötilassa ero sen sijaan on kaventunut yhden celsiusasteen alapuolelle kynnetyn koealan lämpötilan ollessa 16,3°C ja suorakylvetyyn 16,9°C keskimäärin koealalla.

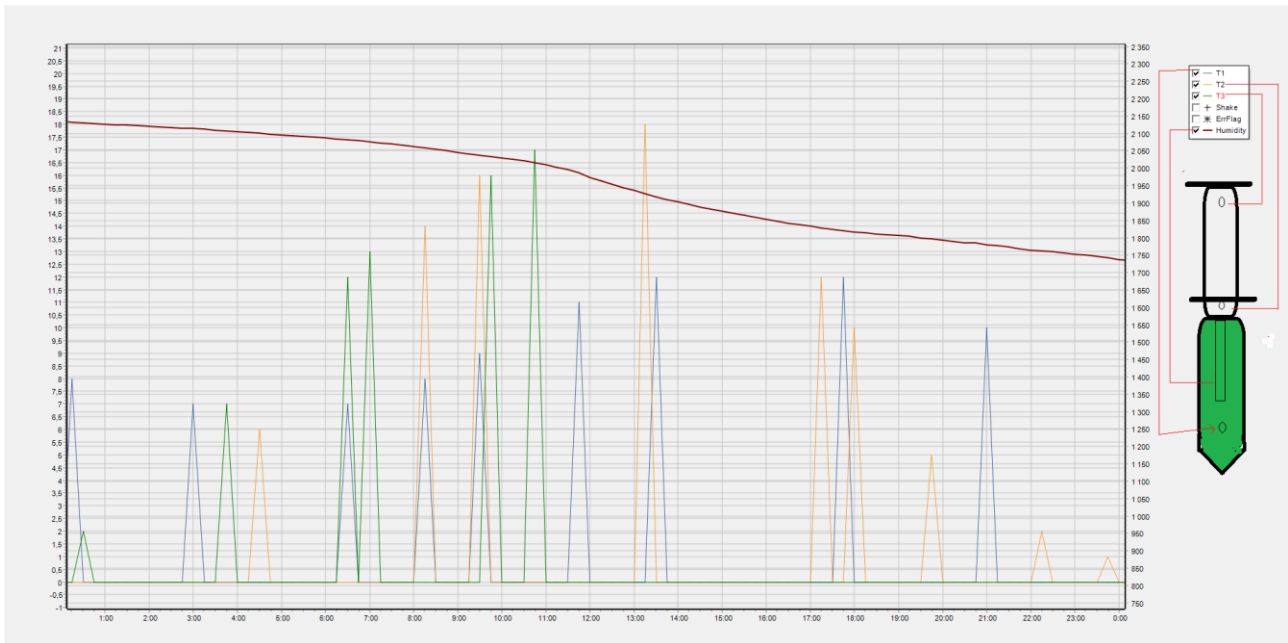


Kuvio 56. Maan kosteus muokkaustapakohtaisesti biomassanäytteiden keruuhetkellä.

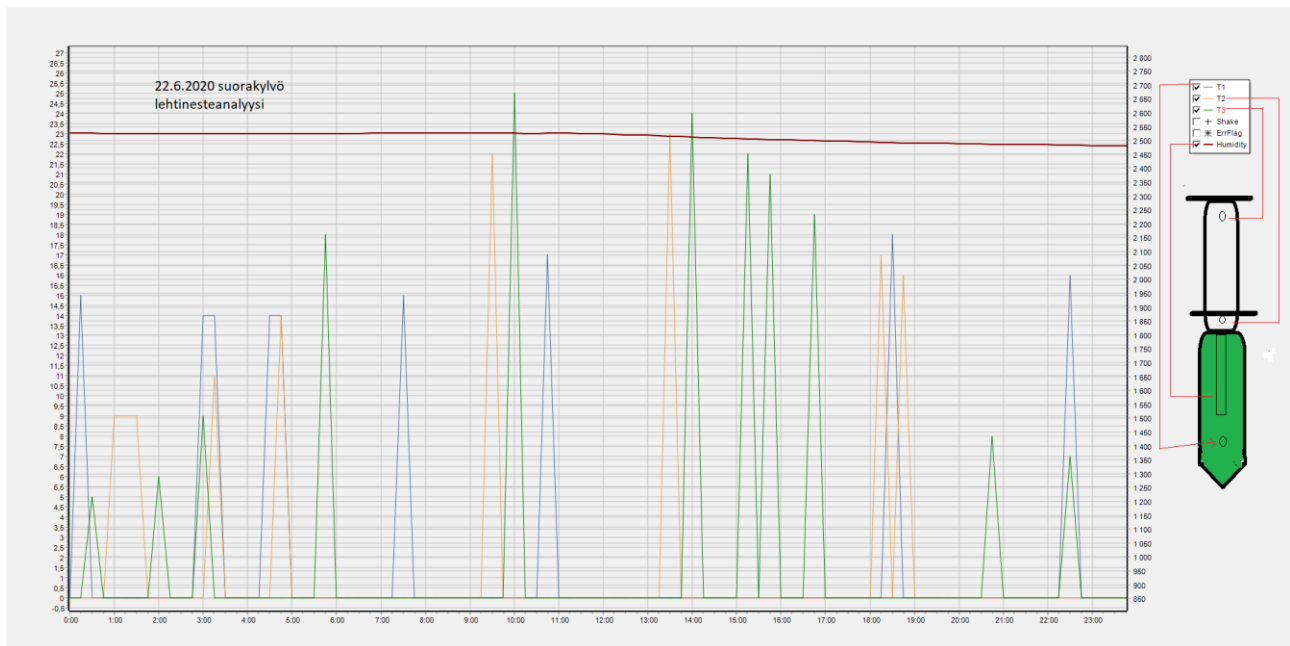


Kuvio 57. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti biomassanäytteiden korjuuhetkellä.

Tomst antureiden tulokset (ks. Kuvio 59 ja Kuvio 59) vuorokaudelta 22.6.2020 osoittavat kynnetyt koelan kosteuden osalta kuivumista ja veden imeytymistä kylvökerrosta syvempiin maakerrokseen. Lämpötila pysyy suorakylvetyllä koelalla kylvökerroksessa korkeammalla tasolla



Kuvio 58. Maan kosteus ja lämpötila maan pinnan tuntumasta kynnetyllä koelalla biomassanäytteiden korjuuhetkellä.



Kuvio 59. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumasta suorakylvetyltä koealalta biomassanäytteiden tekohetkellä.

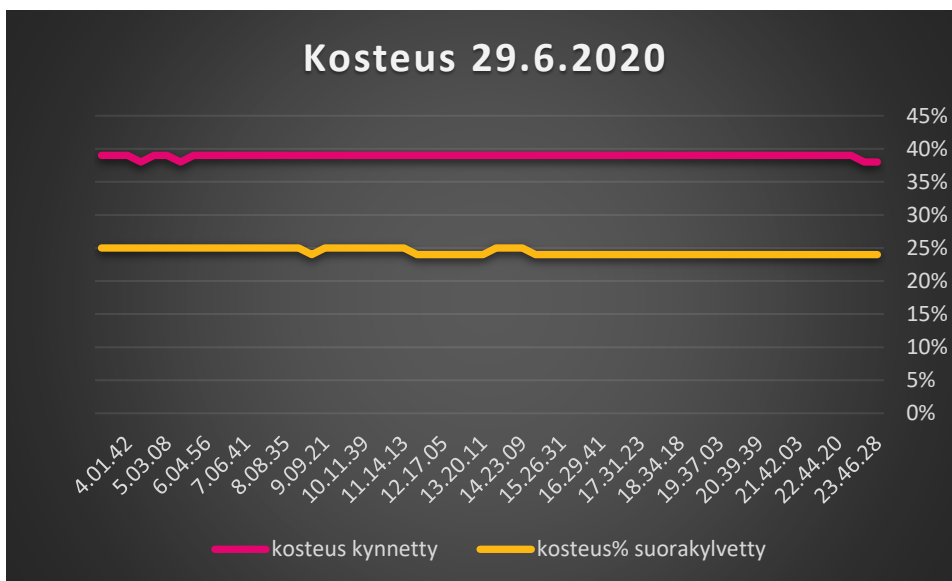
6.12 Maan veden läpäisykyky (kattilatesti) 29.6.2020

Maan veden läpäisykykyä mitattaessa suorakylvetty maa päästi läpi viiden litran vesiannoksen läpi keskimäärin 40 sekuntia nopeammin kynnettyyn verrokkiinsa nähden. Maan ollessa heinäkuussa koetta tehdessä varsin kuiva, suuntautui veden liike melko suoraan kattilan pohjan suuntaisesti alaspäin kastellen maa-ainesta vain heikosti kuitenkin siten, että maasta voitiin havaita siihen kaadettua viisi litraa vettä (ks.Kuvio 60).

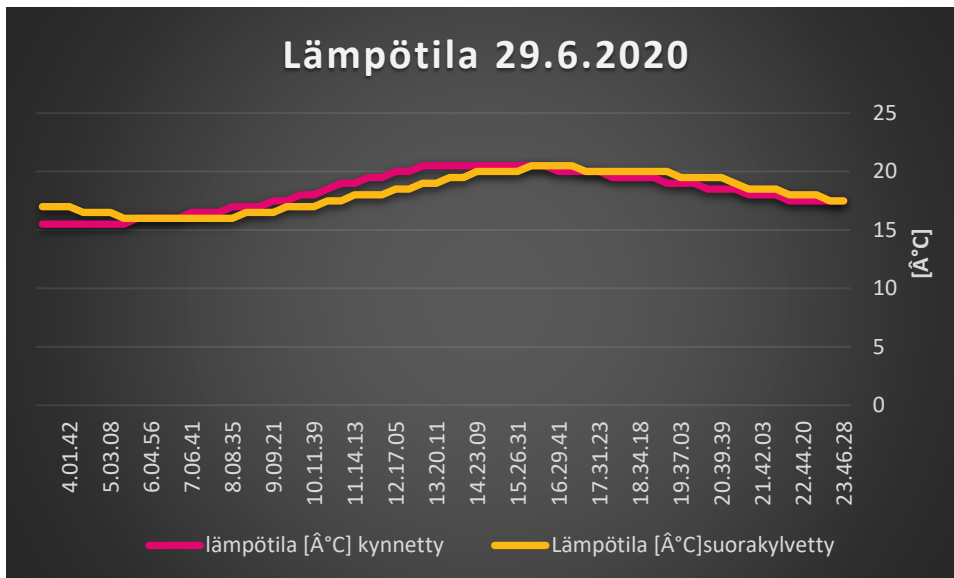


Kuvio 60. Kattilatestin tulokset.

Soilscout data (ks. Kuvio 62 ja Kuvio 62) kattilatestin tekopäivältä osoittaa, maan kosteuseron olevan hyvin korkea koealoilla kynnetyn koealan eduksi. Koealan kosteus on keskimäärin 39 % tutkimuksen tekopäivänä, kun suorakylvetyn kosteus on keskimäärin 24 % samaan aikaan. Lämpötila koealojen kesken on kuitenkin hyvin samalla tasolla. Ero alojen kesken on vain kaksi celsiusasteen kymmenesosaa siten, että keskilämpötila kynnetyllä koealalla on 18°C ja suorakylvetyllä 18,2°C.

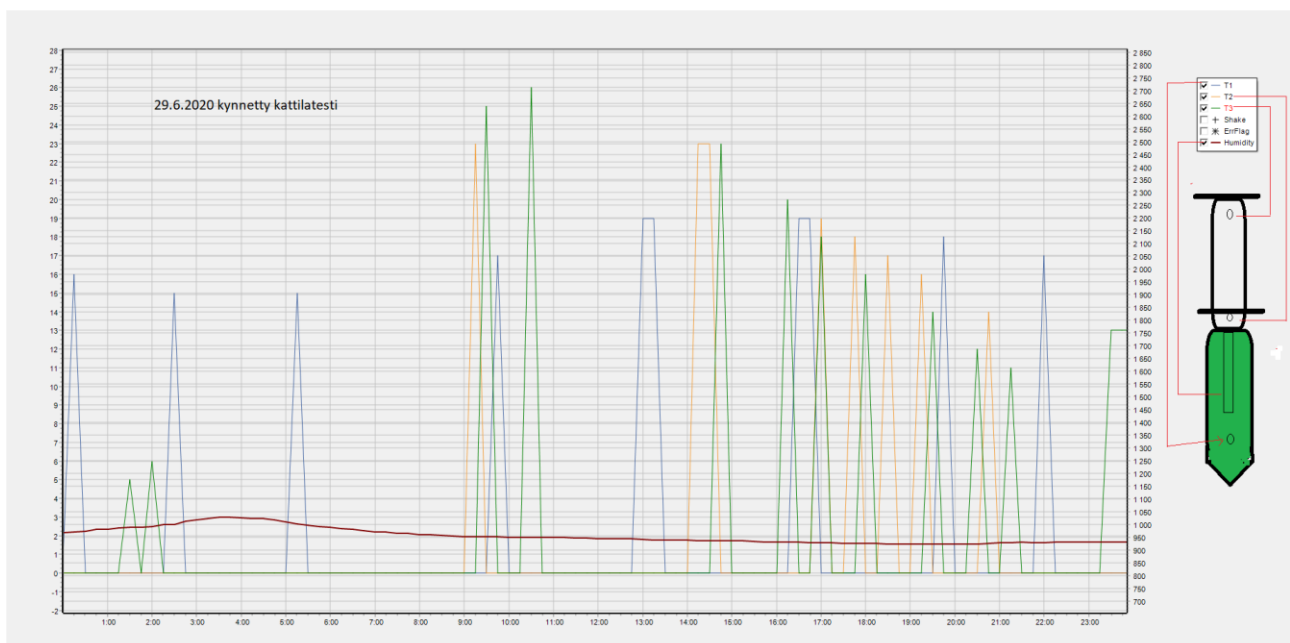


Kuvio 61. Maan kosteus 10 cm syvyydessä kattilatestin tekohetkellä koealakohtaisesti.

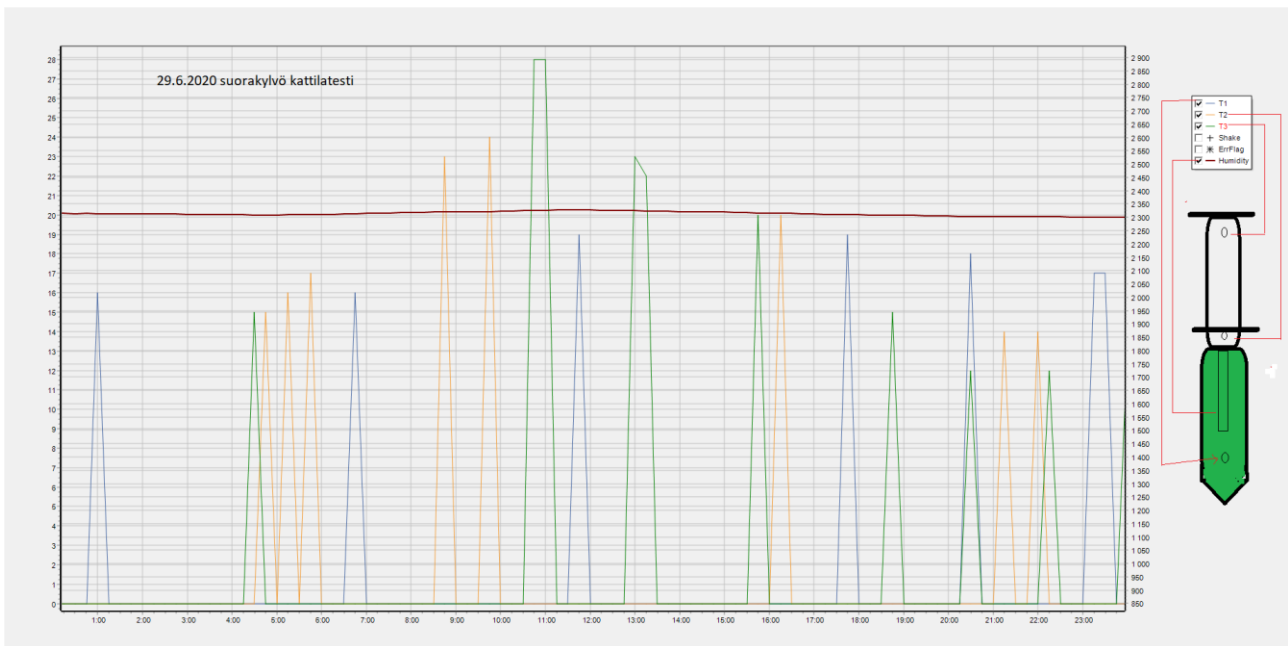


Kuvio 62. Maan lämpötila 10 cm syvyydessä kattilatestin tekohetkellä koelakohtaisesti.

Tomst tulokset (ks. Kuvio 64 ja Kuvio 64) osoittavat maan olevan kokonaisuudessaan varsin lämmin, kuten kattilatestin tekopäivästä 29.6.2020 voidaan olettaa. Maa on kylvökerroksesta tuhat yksikköä kuivempi kynnetyllä koealalla verrattuna suorakylvettyyn koealaan.



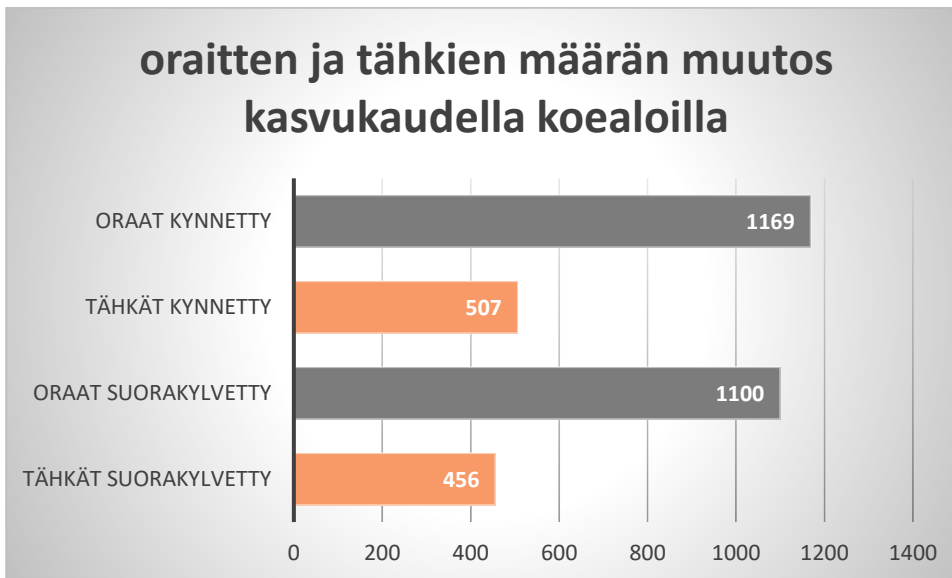
Kuvio 63. Maan kosteus ja lämpötila kynnetyllä koealalla maan pinnan tuntumassa kattilatestissä.



Kuvio 64. Maan kosteus ja lämpötila suorakylvetyllä koealalla pinnan tuntumassa kattilatestissä.

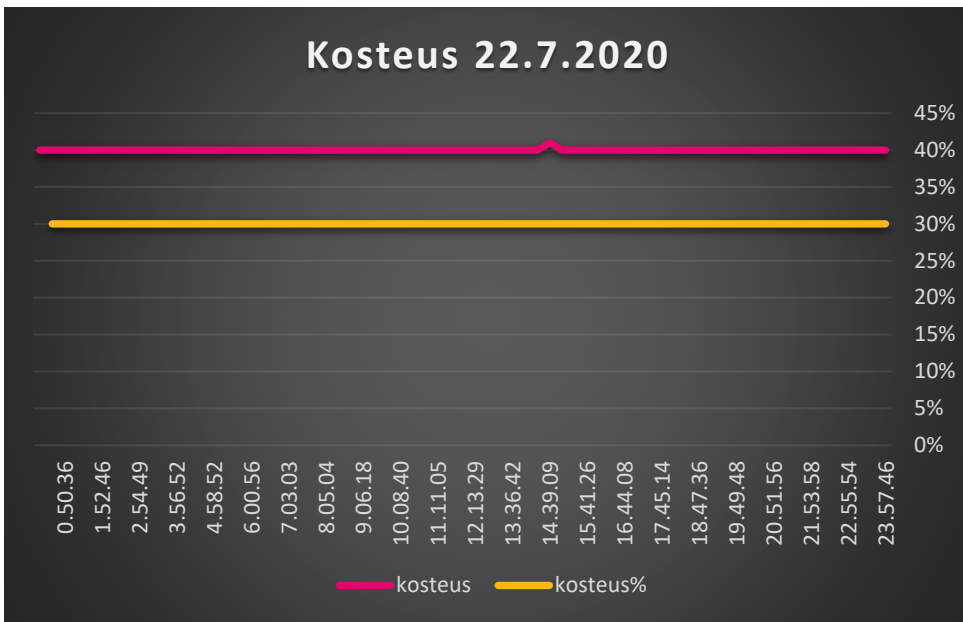
6.13 Tähkien määrä 22.7.2020

Tähkien lukumäärän tärkein vertailukohta (ks.Kuvio 65) on niiden määrän muutos keväällä lasketuihin versoihin nähden. Tähkien lukumäärällinen ero viljelymenetelmien kesken noudattaa samaa teemaa, jossa keskimäärin kynnetyn koealan oraitten lukumäärä oli korkeampi: 1168 kappaletta, kuin suorakylvetyyn koealan oraitten määrä, joka oli 1100 kappaletta neliometrillä. Myöskään suhteessa orasvaiheesta tähkiksi selvinneiden vehnäksilöiden määrässä suorakylvettyjen koealojen tulokset olivat 2% heikommät kuin vertailulla kynnetyllä koealalla siten, että 41 %:sta suorakylvettyjä oraita muodostui tähkiksi, kynnetyn luvun ollessa 43%. Lopulliset luvut ovat kynnetyllä tähkiä 507 kappaletta ja suorakylvetyllä 456 kappaletta.

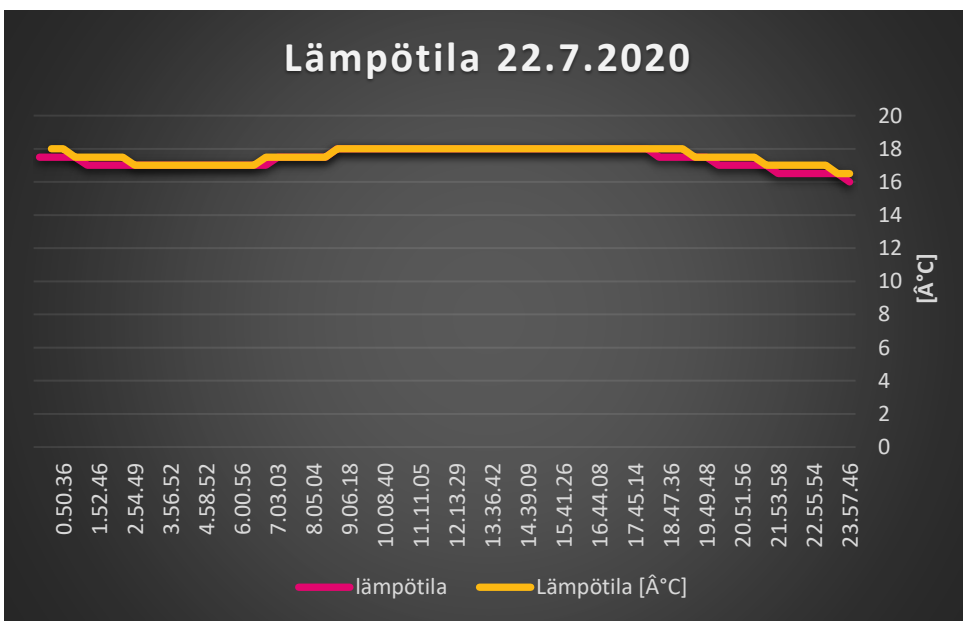


Kuvio 65. Oraitten ja tähkien määrän muutos muokkaustapakohtaisesti koealoilla.

Soilscoutien tiedot (ks. Kuvio 67 ja Kuvio 67) 22.7.2020 näyttävät kymmenen kosteusprosentin eron kynnetyn koealan eduksi siten, että kynnetyn koealan kosteusprosentti on keskimäärin 40 % kyntökerroksessa ja suorakylvetyn vastaava luku 30 %. Lämpötilan osalta voi tulkita maan olevan vuodenajastakin johtuen syvältäkin lämminnyt ja lämpötilavertailun tulokset eivät juuri eroa toisistaan koealoilla: kynnetty 17,4°C ja suorakylvetty 17,6°C. Lämpötilaero osoittaa seuraavan koko havaintojakson teemaa kosteamman kyntökerroksen matalammasta lämpötilasta, vaikka ero onkin varsin pieni.

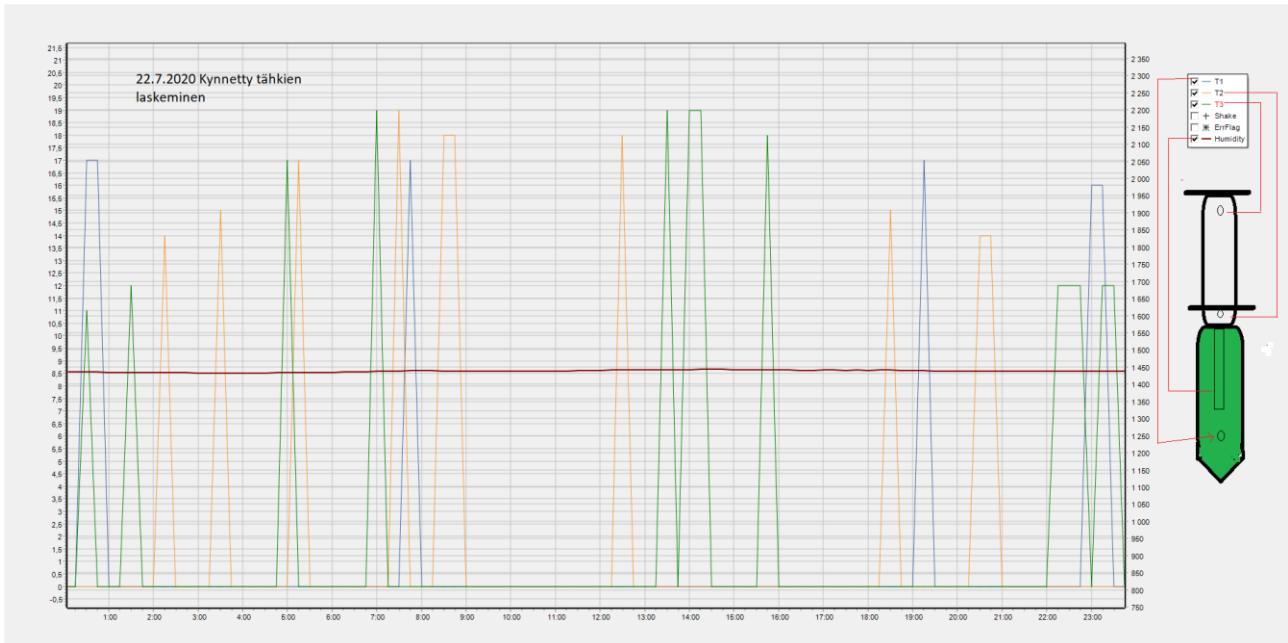


Kuvio 66. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä tähkien laskuhetkellä.



Kuvio 67. Maan lämpötila muokkaustapakohtaisesti 10 cm syvyydessä tähkien laskuhetkellä.

Tomst dataloggereiden data (ks. Kuvio 69 ja Kuvio 69) 22.7.2020 osoittaa että kylvökerroksessa on tuhannen yksikön ero suorakylvetyn koealan eduksi kosteudessa ja lämpötila pysyy kynnetyllä korkeammalla.



Kuvio 68. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla tähkien laskuhetkellä.



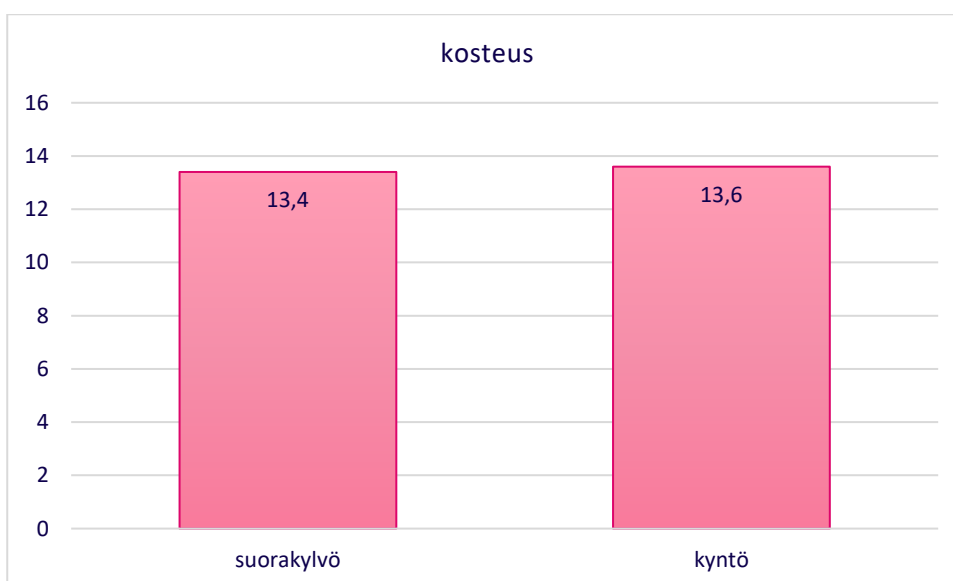
Kuvio 69. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa suorakylvetyllä koealalla tähkien laskuhetkellä.

6.14 Sadon määrätiedot: sadonkorjuupäivä 16.8.2020

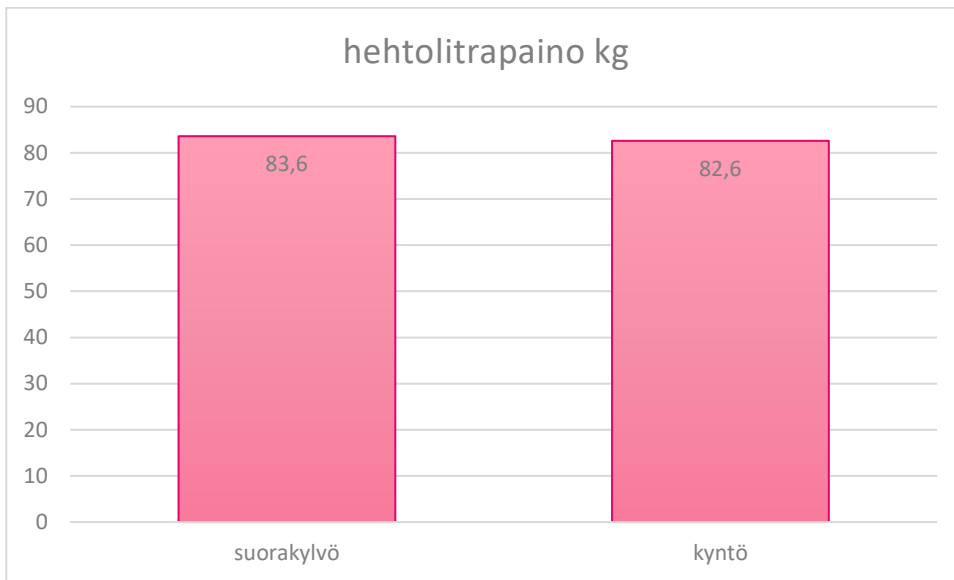
Sadon hehtaarikohtainen määrätieto on seuraava: Suorakylvetyllä alalla noin 3300kg/ha, ja kynnetyllä alalla hieman korkeampi syynä kuiva ja kuuma kesä (Kuvio 7), joka hankaloitti ravinteiden käyttöä kummallakin koealalla, kylvötekniikan vaikutus korostuu enemmän sadon laatuominaisuuksissa. Satomäärän havainnoin eron huomioimista hankaloitti satokartoituslaitteiston epätarkkuus, nämä erot ovat kuitenkin niin pieniä ettei niillä voida sanoa olevan sen suurempaa merkitystä ja niitä voi pitää laitteiston epätarkkuuden aiheuttamina.

6.15 Sadon laatutiedot 16.8.2020

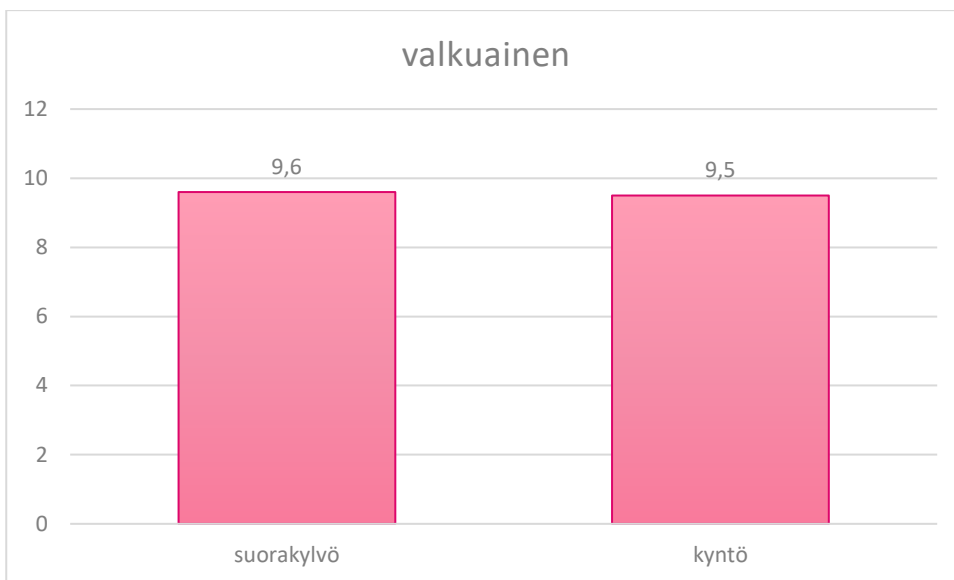
Satonäytteiden käsittelyn tulokset Suomen Viljavan laboratorion sisälsivät seuraavat tutkimustulokset: kosteus (ks.Kuvio 70), hehtolitrapaino (ks.Kuvio 71), valkuainen (ks.Kuvio 72) ja sakoluku (ks.Kuvio 73). Tulokset osoittavat sen, että koska suorakylvetyllä koealalla harvempi viljayksilö pääsi kantamaan satoa, jäljelle jääneiden yksilöiden laatuominaisuudet olivat hieman korkeammat kynnettyyn verrokkiinsa nähden. Suorakylvetyn koealan hehtolitrapaino on 83,6 kiloa kynnetyn vastaava tulos 82,6 kiloa eli kilon vähemmän. Myös valkuainen oli korkeampi suorakylvetyllä sen ollessa prosentoin kymmenesosan korkeampi kynnettyä 9,5 %:ttia. Sakoluku osoittaa korkeimman eron suorakylvetyn tuloksen ollessa 378 ja kynnetyn tuloksen ollessa 355 eli 23 pisteen ero sakoluvussa suorakylvetyn eduksi.



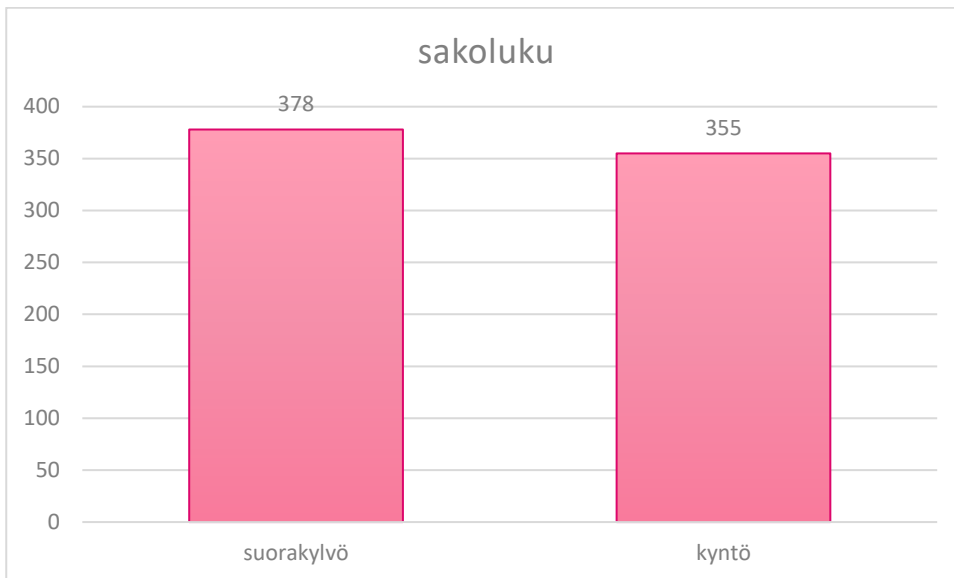
Kuvio 70. Satonäytteiden kosteus muokkaustapakohtaisesti.



Kuvio 71. Satonäytteiden hehtolitrainot muokkaustapaakohtaisesti.

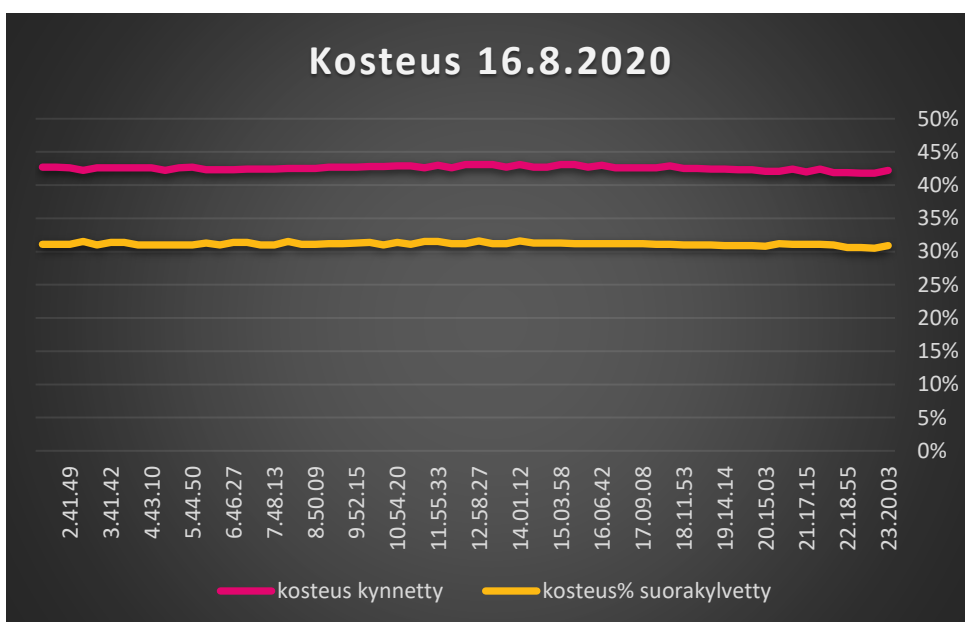


Kuvio 72. Satonäytteiden valkuaisprosentit muokkaustapaakohtaisesti.

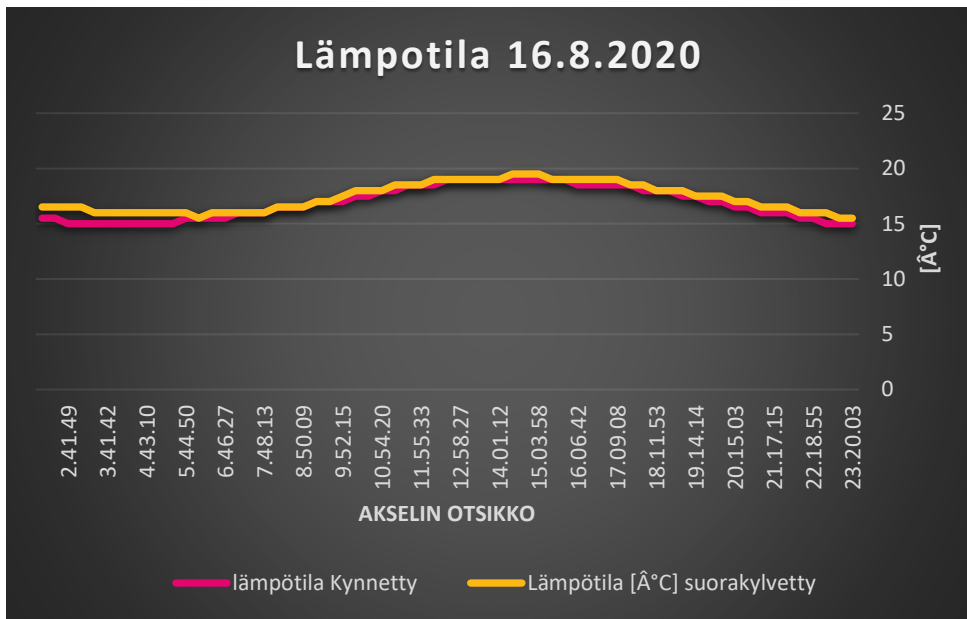


Kuvio 73. Satonäytteiden sakoluvut muokkaustapaakohtaisesti.

Puintipäivänä 16.8.2020 Soilscout anturit näyttävät kynnetyn koealan kosteudeksi keskimäärin 43 % ja lämpötila-anturin tulos on 16,8°C, kosteus on yli 12 % korkeampi kuin suorakylvetyllä, jonka kosteus on 31 % lämpötilan ollessa 17,3 %. Eli lämpötilaero on kasvanut keskikesän helteiden loppumisen jälkeen kuitenkin niin kuten muissakin havainnointijakson tuloksissa, että suorakylvetyn lämpötila on korkeampi 10 senttimetrin syvyydessä maan pinnasta (ks. Kuvio 75 ja Kuvio 75).

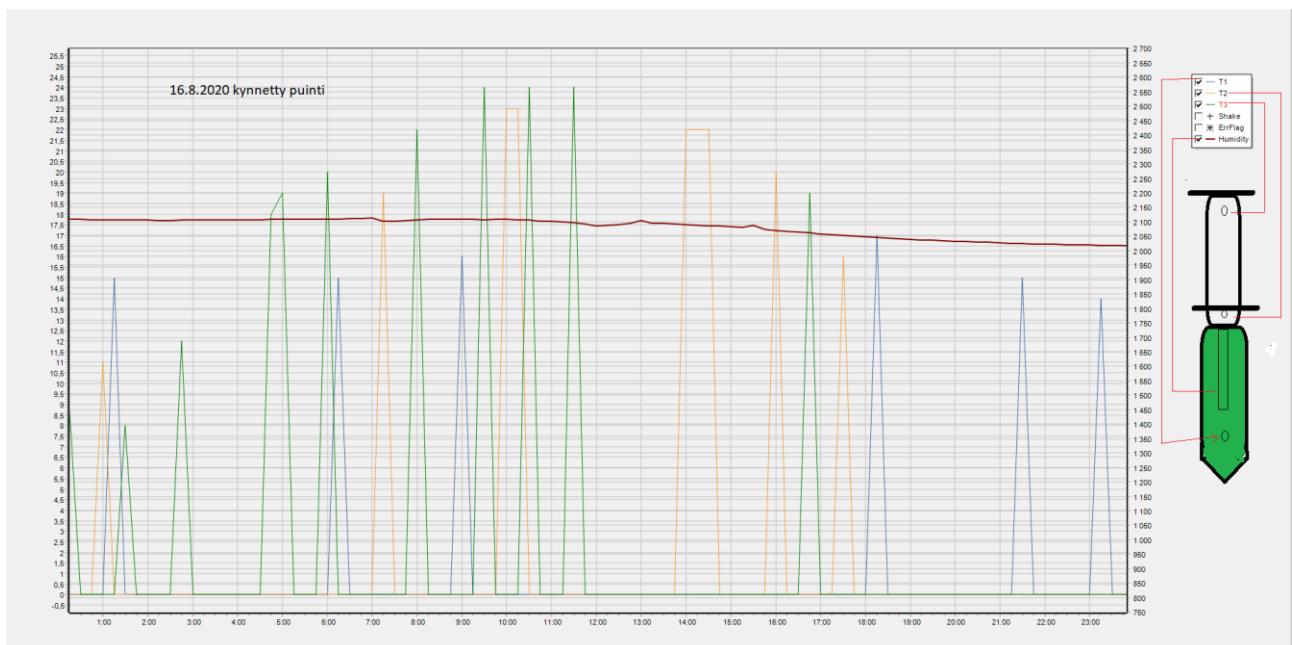


Kuvio 74. Maan kosteus puintipäivänä 10 cm syvyydestä muokkaustapaakohtaisesti.

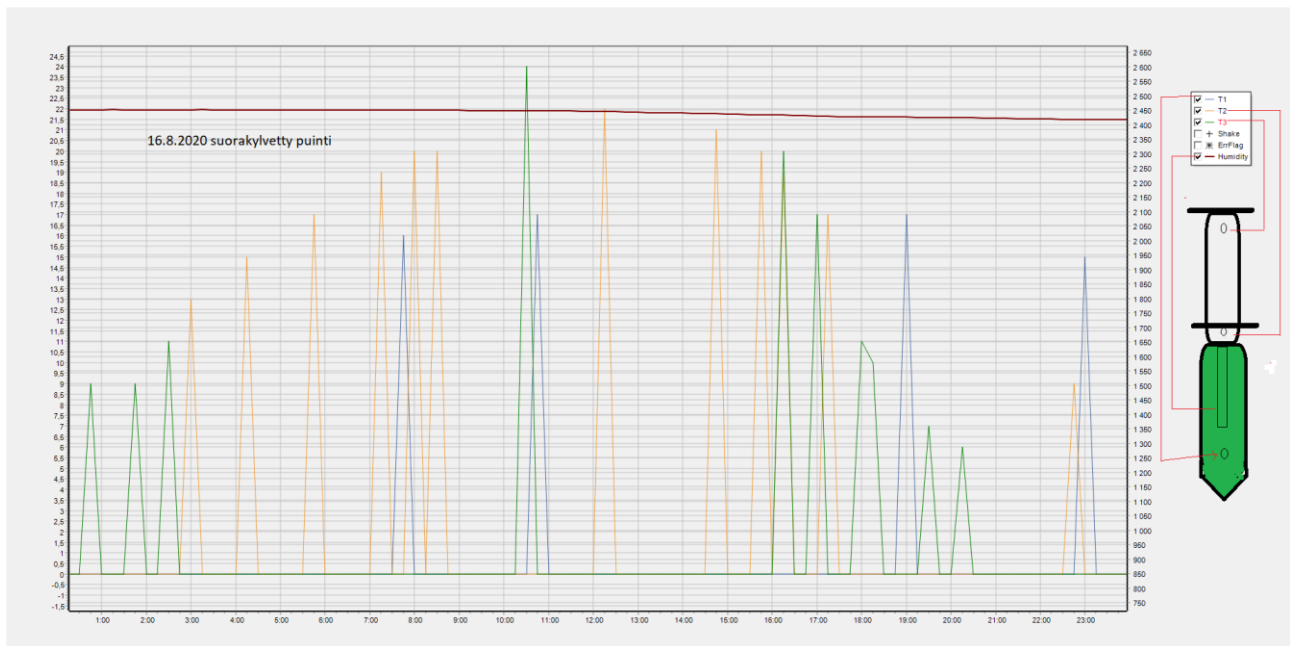


Kuvio 75. Maan lämpötila puintipäivänä muokkaustapakohtaisesti.

Puintipäivän 16.8.2020 Tomst havainnot (ks. Kuvio 77 ja Kuvio 77) osoittavat kosteuseron tasaantumista molempien koealojen välillä, koealojen ero on alle 400 yksikköä. Pintakerroksen kosteuden väheneminen näkyy pienenä laskusuuntana kosteuskäyrällä sadonkorjuun jälkeen.



Kuvio 76. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa kynnetyllä koealalla puintipäivänä.



Kuvio 77. Maan kosteus ja lämpötila pinnan tuntumassa suorakylvetyllä koealalla puintipäivänä.

6.16 Satokauden silmämääräinen havainnointi

Olettamus suorakylvön ja tavanomaisen muokkaustavan eroista realisoituu, kun havainnoi rikkakasvien ja varsinkin siemenlevinnäisten rikkakasvien eroja koealojen kesken. Kuvassa (ks. Kuvio 79) näkyy selkeästi, kuinka minimimuokkauksen alalla viihtyvä peltosaunio valtaa elintilaa. Veden sijainti korostuu kuvassa (ks. Kuvio 79), jossa näkyy salaojien kohdalla syvillä juurillaan vettä tavoittelevat voikukat. Suuri rikkapaine johtuu, että koetta edeltänyt nurmi, jonka avulla rikkoja torjutaan epäonnistui kesän 2018 kuivuuden takia, eikä pelkkä välikasvustoa edeltänyt muokkaus torjunut riittävästi syväjuurisia rikkasveja kuten voikukkaa.



Kuvio 78. Salaojien kohdalla menestyvä syväjuurinen voikukka.



Kuvio 79. Muokkaustavan vaikutus siemenlevinnäisten rikkakasvien määrään, oikealla kynnetty, vasemmalla suorakylvetty.

7 Johtopäätökset

Tavoitteena tutkimuksella oli verrata kahden viljelymenetelmän: murskainpakkeri (roller crimper) yhdistettynä suorakylvöön sekä tavanomaisemman kyntö+lautasmuokkaus koneketjun tuottamia eroja maan kasvukunnossa ja viljelykasvin sadon ominaisuuksissa. Erojen osoittaminen muokkausketjujen välillä vaihtelee hieman tutkimusmenetelmien mukaan, mutta pääsääntöisesti erot ovat samansuuntaisia kaikilla koealoilla.

Selkeintä ero oli viljelymenetelmien välillä veden sijoittumisessa maaperässä (ks. Kuvio 69 ja Kuvio 69). Ero on pääsääntöisesti se, että suorakylvetyllä loholla vesi sijaitsee lähempänä maan pintaa, kun kynnetyllä vesi on sitoutuneena syvemmälle.

Tämä veden sijaintiero näkyy myös maaperän lämpötilaeroissa (ks. Kuvio 47), kun kynnetyn koealan lämpiäminen aamulla auringon vaikutuksesta kestää hieman pidempään kuin suorakylvetyn, vaihtoehtoisesti kynnetty pitää illalla lämpötilansa hieman suorakylvettyä pidempään. Erot kuitenkin tasaantuvat havaintojakson aikana (ks. Kuvio 76, Kuvio 77 ja Kuvio 77), kun maa menettää kasvukaudelle osuneessa kovassa helteessä kosteutta.

Lumettoman talvehtimiskauden vaikutukset näkyvät kasvustossa parhaiten pieninä roustevaurioina, mutta kasvusto säilyi talven yli varsin hyvin oletettavasti korkeahkon kylvömäärän (250kg/ha) ja oikeaan aikaan suoritettun kylvön vuoksi, jonka johdosta oraat olivat ehtineet muodostaa juurillaan hyvän maakosketuksen jo syksyllä. Kasvipeitteisyys ja oraitten lukumäärä oli kynnetyllä hieman suorakylvettyä korkeampi (ks. Kuvio 31 ja Kuvio 31). Tämä on seurausta siitä, että kynnetyn koealan siemenet ovat olleet itämisvaiheessa hieman paremmin maa-aineksen suojaamana sateelta ja kylmyydeltä suorakylvettyihin verrokkeihinsa nähden. Kuitenkin eliminaatio oraista tähkiksi päässeissä yksilöissä on varsin kova molemmilla koealoilla (ks. Kuvio 65). Tämä johtuu siitä, että vaikka lannoitteeksi annettua lietelantaa ja vinassi lannoitetta annettiin riittävästi, sitä seurannut melkein kuukauden kestänyt kuivuusjakso vei kasvien ravinteenhyödyntämisolosuhteet niin kauas optimista, ettei versojen määrän ylläpidolle ollut maanesteessä riittävästi käytettävissä olevia ravinteita. Tähkien vähäisempi määrä suhteessa oraisiin näkyy kuitenkin positiivisesti sadon laadussa, kuten sakoluku (ks. Kuvio 73) osoittaa, varsinkin suorakylvetyltä koealalta korjatun sadon osalta.

Se miten muokkaustapojen erot näkyvät maan ominaisuuksissa näkyy selkeästi penetrometrimittaustuloksissa. Kuten tulokset (ks. Kuvio 37 ja Kuvio 37) osoittavat; kummallakin muokkaustavalla käsitellyllä koealalla näkyy tiivistymäkerros mutta suorakylvetyllä se on syvemmällä ja vaatii läpäisyynsä kynnetyn tiivistymäkerrosta vähemmän voimaa. Kynnetyllä tiivistymäkerros sijaitsee suorakylvettyä matalammassa. Kyntämällä perusmuokatun koealan tiivistymä on seurausta useammasta ajokerrasta (kyntö, lautasmuokkaus, äestys, kylvö, muokattu maa on pidempään paljaana) ja kuten kuviosta (ks. Kuvio 36) näkyy, on tiivistymä juuri kyntöauran muokkaussyvyyden kohdalla 20 senttimetrin syvyydessä. Suorakylvetyllä maan rakenne on kuohkeampi, pitää vettä paremmin sekä päästää sataneen veden nopeammin läpi kynnettyyn maahan verrattuna. Suorakylvetty koeala on myös biologisessa aktiivisuudessa ja hiilen sidonnassa edellä kynnettyä (Taulukko 4). Nämä

positiiviset ominaisuudet suorakylvetyllä koealalla ovat ennen kaikkea seurausta kylvöä edeltäneen välikasvuston juurien synnyttämistä kanavista ja orgaanisesta aineksesta, joka on jäänyt maan pintaan litistinjyräkäsittelyn (ks. Kuvio 2) jälkeen. Maassa on havaittavissa eri syvyyksissä selkeät rakenteelliset erot

Kuvio 43). Suorakylvöllä havaittavissa oleva pintakerroksen hiesusaven romahtanut rakenne on seurausta ennen välikasvuston kylvöä (touko-kesäkuu 2019) toteutetusta liian voimakkaasta joustopiikkiäkeellä ja kultivaattorilla tehdystä mekaanisesta rikantorjunnasta, jossa toistokertoja oli sääolosuhteisiin nähden liian monta. Maan huono rakenneluokka kokonaisuudessaan on kuitenkin seurausta aikaisempien vuosikymmenten monokulttuuriviljelystä, jota hankkeeseenkin kuuluvilla menetelmillä pyritään korjaamaan.

Maan hiilidioksidin ja typen vapautumisominaisuustulokset ovat varmasti seurausta siitä missä muodossa ja mihin kyseiset ravinteet ovat sitoutuneena. Maan biologinen aktiivisuus näillä mittareilla on tyydyttävällä tasolla (Solvita 2022). Voidaan olettaa, että suorakylvetyllä koealalla kasvaa enemmän varsinkin siemenlevitteisiä rikkakasveja mikä onkin havaittavissa kuviosta (ks. Kuvio 79).

8 Pohdinta

8.1 Työn tulokset

Maan muokkauksen tekniikoiden niin kutsuttu kehitys on viime aikoina pysähtynyt kiertämään kehää, jossa karkeasti sanottuna kolmella asialla on variaatiota: koneiden koon kasvu, vetokoneiden automaatio ja erilaisten muokkainterien kehittely tietoteknistä laskentatehoa hyödyntäen. Nämä kaikki ovat omina osa-alueinaan hienoja teknologisia saavutuksia, mutta onko sillä lopulta juuri merkitystä, jos konetta, jonka tehtävä on muokata maa paljaaksi, vetää hevonen tai itseohjautuva robotti? Perusidea maan muokkauksessa viljelykuntoon on ollut sama jo esihistoriallisista ajoista lähtien, maa mustaksi siemenet sisään ja toivotaan että sää on suotuisa. Koneiden pelkkä kasvu ei ole synonyymi kehitykselle, nykyaikaisen jousiäkeen piikki vastaa voimaltaan ja vetovastukseltaan 1970 ja 1980-luvun kultivaattorin piikkiä. Viljelyyn panosten upottaminen ei kannata jos maa on vaurioitunut eikä kykene liikuttamaan kasvuntekijöitä. Kun maan mikrobiologinen aktiivisuus, joka on tärkein ravinteiden liikuttaja, on heikentynyt raskaiden koneiden ja liian useiden muokkausten

takia. Tulisi etsiä tapoja tuottaa ihmiselle kelpavaa ravintoa siten, että pelto olisi aina kasvi-
peitteinen.

Nykyteknologia painottaa ja hakee absoluuttista kontrollia luonnosta, joka ihmisen tulisi saada toimimaan siten, että ihminen vain ohjailisi näitä luonnollisia prosesseja tuottamaan halutun lopputuloksen esimerkkeinä vaikka typensitojakasvit tai maata muokkaavat syväjuuriset kasvit. Prosessit kuten luontainen kilpailu toimivat, vaikka ihminen päättäisi mitkä kasvit kilpailevat jolloin se on ohjailua ei pakottamista. Juuri tällaisissa kysymyksissä välikasvuston käyttö toimii ihmisen kanssa yhteistyössä.

8.2 Jatkotutkimuskysymykset

Viljelijöiden keskuudessa on käsitys siitä, että suorakylvön sopivuus peltolohkoille riippuu siitä, kuinka pitkään kyseinen menetelmä on ollut lohkona käytössä. Voisi olla tärkeää selvittää, kuinka paljon minimimuokkauksen ja välikaston käyttö lyhentää tätä "siirtymäkautta".

Suorakylvömenetelmän käytön suurimpana etuna on yleisesti pidetty säästöjä polttoainekustannuksissa ja työajassa, nämä säästöt kuitenkin hupenevat kasvinsuojelukuluissa ja satotappioissa. Olisi hyvä suorittaa koko kasvuajan kestävä kannattavuuslaskelma, joka kattaisi myös tavanomaisen viljelyn kemialliset toimenpiteet.

Suomen lyhyen kasvukauden olosuhteissa kesän parhaan kasvujakson antaminen välikasville aiheuttaa haastetta. Voisi olla hyvä tutkia voisiko olla mahdollista tuottaa maata suojaava litistettävä kate esimerkiksi edellisvuoden pitkään sänkeen puidusta viljakasvustosta.

Välikasvuston kasvien ominaisuuksien soveltaminen Suomen lyhyeen kasvukauteen vaatisi sen tyyppisiä kasveja, joilla olisi kyky tuottaa paljon biomassaa ja peittoa mutta vain yksi kasvukausi. Välikasvi voitaisiin perustaa edeltävän vuoden satokasvin aluskasvina ja jättää talven yli, jonka jälkeen se jyrättäisiin katteeksi kevätkylvön yhteydessä. Tällaisten kasvien kartoittaminen uusia siemensekoituksia kehiteltäessä voisi tuoda tuloksia.

Lähteet

Ahvonen, J. 2019. Direct drilling with the crimper roller at the Tyynelä farm, Finland. Video. Työnäytetalenne. Youtube suoratoistopalvelussa 10.9.2019. viitattu 12.5.2022. https://www.youtube.com/watch?v=jZRvLmZk8Fw&ab_channel=JuusoAhvonen

Canopeo. 2015. Oklahoma State University. Sovellus. Google Play sovelluskauppa. Viitattu 6.5.2020. <https://play.google.com/store/apps/details?id=okstate.edu.canopeo&hl=fi&gl=US>

Heikkilä, T. (2014). Tilastollinen tutkimus (9. painos.). Edita Publishing Oy, 16-17

Drege, K. Holma, U. Hulkko, J. Koikkalainen, K. Koskimies, H. Kottila, M-R. Leinonen, P. Mynttinen, R. Piirainen, A. Rajala, J. Schepel, I. Suokas, B. Terhemaa, P. 2006. Luonnonmukainen maatalous. Yliopiston julkaisu. Helsingin Yliopisto. Helsingin yliopiston maaseuden tutkimus ja koulutuskeskus. Mikkeli. Teoprint Oy, s 26.

Eurofins. 2020. Viljavuustutkimuksen tulkinta. Käyttöohje. Teoprint Oy. Mikkeli. Viitattu 1.5.2020. https://cdnmedia.eurofins.com/european-east/media/2857469/eurofinsagro_viljavuustutkimusentulkinta_06022020_teroprint.pdf

Euroopan Komissio. 2022. Luomutuotannon tulevaisuus. verkkoartikkeli. viitattu 5.5.2022. https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/farming/organic-farming/future-organics_fi#actionplan

GoogleMaps. 2020. paikkatietoaineisto. Viitattu 5.4.2020. <https://www.google.fi/maps/@61.126183,28.7303074,694m/data=!3m1!1e3!4m2!11m1!3e2!5m1!1e4>

Ilmatieteenlaitos. 2022. ilmasto.Sää ja Meri. Havaintojen lataus. Lepolan havaintoasema. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>

Joona, J. 2020. Uudistavan viljelyn periaatteet ja käytännöt. luentomateriaali. ProAgria. Carbon Action. Viitattu 1.5.2022. https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/18.3.2020_regenerationiivinen_viljely_juuso_joona.pdf.

Joona, J. N.d. Viljelymuistiinpanot. viitattu 28.2.2022

Luonnonvarakeskus. 2022. Syyskylvöalat ja suorakylvön osuus kylvöalasta. Taulukko. Tilastotietokanta. viitattu 5.5.2022 https://tutkimus.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__02%20Maatalous__04%20Tuotanto__24%20Ennakollinen%20syyskylvoala/01_Ennakollinen_syyskylvoala.px/table/table-ViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0

Lötjönen, T. 2020. Regeneratiivinen viljely vaatii uudenlaista ajattelua. Blogiteksti. ProAgria Oulu. Tehoa pohjoiseen luomuun. Viitattu 1.5.2022. <https://www.proagriaoulu.fi/fi/regeneratiivinen-viljely-vaatii-uudenlaista-ajattelua/>.

maanmittauslaitos. 2021. asiointi. Karttapaikka. kartta-aineisto. Viitattu 1.3.2021. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>.

Mattila. T. 2017. Kasvinesteanalyysillä apua ravinteiden hallintaan. Lehtiartikkeli. Käytännön Maa-mies Viitattu 2.5.2022. <https://www2.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/mattila-t-kasvines-teanalyysista-apua-ravinteiden-hallintaan-km-2-2017.pdf>

Ruokatieto. N.d. Suomessa sataa kaikkina vuodenaikoina. ruokatieto.fi. Artikeli viitattu 5.4.2020. <https://www.ruokatieto.fi/sv/node/325>

Rajala, J. Mattila, T. Mynttinen, R. 2019.. Peltohavaintoja – aistinvarainen tarkastelu maan kasvu-kunnan mittarina. Raportti. Helsingin yliopisto. Ruralia instituutti Viitattu 2.5.2022. <https://www2.helsinki.fi/fi/ruralia-instituutti/koulutus/maan-kasvukunto/raportti-peltohavain-toja-aistinvarainen-tarkastelu-maan-kasvukunnan-mittarina>

Soilscout. N.d. The Most Advanced Wireless Soil Moisture Sensor. Verkkosivu. <https://soilscout.com/>. Viitattu 14.2.2022. <https://soilscout.com/solution/wireless-soil-moisture-sensor>.

Suomen Viljava Oy. N.d. Kotimaan viljapalvelut. Analyysipalvelut. Analyysitilaus. NIT-paketti. Vii-tattu 15.11.2020. <https://analyysitilaus.suomenviljava.fi/shop/order>

Solvita. 2022. Soil. fieldtest. Viitattu 1.5.2022. <https://solvita.com/fieldtest/>

Sare outreach. 2014. Terminating Cover Crops for Maximum Benefits - Jeff Moyer. Video Mis-sourin yliopiston tuotanto. Luento. Viitattu 12.5.2022. https://www.youtube.com/watch?v=FBt1OH6yIP4&ab_channel=SAREOutreach

Tavoitteet. N.d. <http://soildiveragro.eu/fi/> . viitattu 1.5.2022. <http://soildive-ragro.eu/fi/proyecto/obxectivos/>.

Tilan esittely. N.d. tyynelantila.fi. Viitattu 1.5.2022. <https://tyynelantila.fi/tilan-esittely/>.

Tomst. 2022. tomst.com. Verkkosivu. viitattu 1.5.2020. <https://tomst.com/web/en/sys-tems/tms/software/>

Trimble. 2022. Product. Yeld monitoring. viitattu 2.5.2022. <https://agriculture.trimble.com/pro-duct/yield-monitoring/>

Projektin tiivistelmä. N.d. <http://soildiveragro.eu/fi/> . Viitattu 1.5.2022. <http://soildive-ragro.eu/fi/proyecto/>.

Yochao. R. Lang. J. Benson. Smith. A. 2020. Organic farming helps farmers succeed. Tutkimusartik-keli. Rodale institute. viitattu 1.5.2022. <https://rodaleinstitute.org/science/articles/organic-no-till-helps-farmers-succeed/>

Liitteet

Liite 1. Tomst anturi



Liite 2. MARA-Kortti

Maan rakenteen aistinvarainen arviointi (MARA)

Maan rakenne vaikuttaa juurten kasvuun, ravinteiden ja veden ottoon 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 lapon. Lisäksi hyödyksi ovat: vaalea alusta maanäytteelle, terävä työkalu (esim. puukko), kamera ja muistinpanovälineet.

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.

Arvioinnin suorittaminen:

Näytteenotto ja havainnointi

1. Näytteenotto	Löyhä maa	Hyvä rakenteeseen maahan lapiolla painuu kevyesti painaan. Nosta lapiollinen maata noin 15 cm paksuudella lähempään tarkasteluun.
	Tiivis maa	Kaiva lapon kokoa leveämpi ja syvämpi kuoppa. Jätä kuopan yksi reuna koskemattomaksi. Leikkaa koskemattomalta reunalta lapon 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, murtauko näytteen suurempia paakkuja tai kerroksia. Mikäli mahdollista, erottele murustavasta 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 käntöpuolen kuviin.
6. Varmista luokitus:		Luokitusta laskevat tekijät:
	Näytteenotto	Vaikea ottaa ja irrottaa näyte maasta.
	Murujen ja kokkareiden muoto ja koko	Suurempia, kulmikkaampia ja tiiviimpiä muruja ja kokkareita.
	Juurit	Juuristo harva, kasvien epätasaisesti ja mutkitellen esim. halkeamien mukaan sekä paksuuntuen.
	Hapettomuus	Hapettomia, rikinhajuisia taskuja tai kerroksia. Väri siniharmaa tai ruosteinen.
	Murustuvuus	Murena kokkareita noin 1,5–2,0 cm:n kokoisiksi selvittääksesi niiden tyyppiin.
7. Laske kerrostuneen näytteen luokitus		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 viljelykäytännössä.



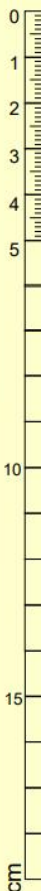
Bruce Ball, SRUC (bruce.ball@sruc.ac.uk)
Rachel Guimarães, University of Maringá, Brazil (rachellocks@gmail.com),
Tom Bailey, Independent Consultant (23333@tombailey.fs.com) and
Lars Munkholm, University of Aarhus, Denmark (Lars.Munkholm@agrsci.dk)

Tekijöiden luvalla suomennettu ja Suomen oloihin toimitettu 2019



15 Oct 2012

Rakenneluokka	Murujen 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
Luokka 5 Mureneva 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.
Luokka 4 Tiivistymätön 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, murenevaa helposti ja ovat pääosin huokoisia.
Luokka 3 Kiinteä 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 huokoisia ja halkeamia. Huokoisia ja juuria myös kokkareiden sisällä.			 Kokkareissa niukasti huokoisia	 Kokkareet on kohtalaisen helppo murentaa osiin. Muruissa on jotakin näkyviä huokoisia ja ne ovat pyöreähköjä. Juuristoa kasvanut murujen ja kokkareiden läpi.
Luokka 2 Tiivis Kokkareita on vaikea murtaa yhdellä kädellä	Pääosin suuria paakkuja > 10 cm, kulmikkaita ja tiiviitä, mahdollisesti myös liuskemaisia, alle 30% kokkareista < 7 cm.	Vähän isoja huokoisia ja halkeamia. Juuria vain isoissa huokoisissa/halkeamissa ja kokkareiden ympärillä.			 Selviä reikiä	 Kokkareet ovat murennettavissa, kun maa on kosteaa. Kokkareet hajoavat kulmikkaiksi ja teräväsärmäisiksi, ja niissä on halkeamia.
Luokka 1 Erittäin tiivis 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. Huokoisia tai halkeamia ei yleensä ole havaittavissa.



Liite 3.Video Jeff Moyer puhuu välikasvuston lopettamismenetelmistä (Sare outreach 2014)

https://www.youtube.com/watch?v=FBt1OH6yIP4&list=WL&index=1&ab_channel=SAREOutreach

Liite 4.Video Suorakylvöä tyynelässä Syksyllä 2020 (Ahvonen 2019)

https://www.youtube.com/watch?v=jZRvLmZk8Fw&ab_channel=JuusoAhvonen

Liite 5. Soilscout

