



Taimien kehitys ojitetulla turve- maalla erilaisilla uudistamista- voilla

Tuomas Korhonen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2023

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

KORHONEN, TUOMAS:

Taimien kehitys ojitetulla turvemaalla erilaisilla uudistamistavoilla

Opinnäytetyö 93 sivua, joista liitteitä 19 sivua
Toukokuu 2023

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan metsänuudistamisen menetelmien vaikutuksia uudistusalan taimettumiseen sekä taimien kehitykseen ojitetun turvemaan kohteella. Opinnäytetyössä tarkasteltu aineisto on kerätty vuonna 2019 Pohjois-Pohjanmaalle Pyhännälle vuonna 2006 perustetulta koealueelta. Koe oli aikanaan osa Suometsien uudistaminen -projektia, kokeessa tutkittiin suometsien viljelemällä uudistamisen menetelmiä. Olennaisena osana aineiston käsittelyä oli tutkimuksen kannalta merkittävien tilastollisten tunnuslukujen määrittäminen ja esittäminen havainnollisesti. Opinnäytetyön tilastollisissa analyyseissä hyödynnettiin pääasiallisena menetelmänä varianssianalyysiä käyttäen SPSS-ohjelmistoa.

Aineiston tunnuslukujen ja niiden tilastollisen analyysin pohjalta tehtiin johtopäätöksiä koeasettelun vaikutuksista tutkittuihin, selitettäviin, muuttujiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin aineiston perusteella koeasettelun vaikutuksia kokonaistaimettumiseen sekä kasvatuskelpoisten taimien kehitykseen. Kokonaistaimettumisen näkökulmasta analysoituja tunnuksia olivat puulajikohtaiset taimien runkoluvut ja pituudet. Kasvatuskelpoisista taimista analysoitiin pituustunnuksia sekä taimien koealakohtaisia lukumääriä. Lisäksi tilastollisen analyysin keinoin tarkasteltiin maaperän turvekerroksen paksuuden vaikutuksia edellä mainittuihin tunnuksiin.

Analyysien perusteella kokeessa maanmuokkaus- tai viljelytavoista ei muodostunut tilastollisesti merkittävää vaikutusta suureen osaan tutkituista tunnuksista. Kokonaistaimettumiseen liittyvistä analysoiduista tunnuksista tilastollisesti merkittäviä vaikutuksia havaittiin hieskoivun taimien pituuksiin, pajujen ja muiden lehtipuiden taimien runkolukuihin sekä kuusen taimien runkolukuihin. Kasvatuskelpoisten taimien tunnuksiin ei kokeessa tutkituilla selittäville muuttujilla, eli maanmuokkaus- ja viljelytavoilla, havaittu olevan tilastollisesti merkittävää vaikutusta. Eräinä jatkotutkimuksien tai -tarkasteluiden aiheina voisivat olla esim. vesitalouden vaikutusten tai koeasettelun kylvö- ja istutustaimien keskenään eroavaisten keski-ikäisten muodostamien haasteiden selvittäminen.

Asiasanat: uudistaminen, kääntömätästys, naveromätästys, istutus, kylvö

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

KORHONEN, TUOMAS:

Development of Saplings at Drained Peatland Using Different Regeneration Methods

Bachelor's thesis 93 pages, appendices 19 pages
May 2023

The purpose of this thesis was to examine the impacts of reforestation methods on development and regeneration of saplings on drained peatland. The data and material examined in the thesis was collected in the year 2019 from a field test site located in Pyhäntä in Northern Ostrobothnia region, Finland. The test site was established in the year 2006. The experiment was part of The Finnish Forest Research Institute's project that studied forest regeneration methods on peatlands. Presentation and illustration of statistical indicators that are relevant to the study were an integral part of the thesis. The main method of statistical analysis that was carried out in the thesis was analysis of variance. Software used for the statistical analyses was SPSS.

It was possible to draw conclusions on the effects of test layout on the different measured variables based on the data and results of the analyses. In the course of the study, the possible effects of soil preparation and cultivation on different variables were examined. Statistically significant effects of independent variables on overall sprout emergence and on indicators related to viable saplings were the main focus of the study. To be precise, dependent variables that were analysed consisted of tree species-specific numbers and lengths of seedling stems and lengths and average counts of viable saplings. Effects of the thickness of the peat layer on the aforementioned variables were also analysed.

Based on the statistical analyses, there was no statistically significant interaction between the independent variables (i.e., soil modification and cultivation methods) on most of the dependent variables. Statistically significant interactions were observed on the lengths of downy birches, on the stem numbers of willows and other broad-leaved tree seedlings, and on the stem numbers of spruce seedlings. No statistically significant effects between independent variables on the dependent variables related to viable saplings were observed. Possible subjects of further research in relation to the thesis could be the effects of hydrology on variables or how to solve the challenges posed by the different average ages of sown and planted saplings.

Key words: regeneration, mounding, ditch mounding, planting, sowing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TAUSTA JA VIITEKEHYS	8
	2.1 Metsien käsittelyn ja metsänuudistamisen tausta	8
	2.2 Maanmuokkaus ja metsänviljely yleisesti	10
	2.2.1 Kokeen maanmuokkausmenetelmistä	11
	2.2.2 Kokeen metsänviljelymenetelmistä	14
	2.3 Aiheen tutkimustaustaa ja haasteita	16
3	TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA AINEISTO	19
	3.1 Tutkimuksesta	19
	3.1.1 Koealueen tausta ja valmistelu kokeeseen	19
	3.1.2 Maanmuokkaus ja viljely koealueella	20
	3.2 Tutkimuksen aineistot	22
	3.3 Tutkimus- ja analysointimenetelmistä	23
4	AINEISTON ANALYYSI	26
	4.1 Tunnuslukujen laskenta	26
	4.2 Aineistojen tilastollinen testaaminen	36
	4.2.1 Tilastollisen testaamisen edellytyksistä	37
	4.2.2 Pintamaan vaikutus tutkittaviin muuttujiin	38
	4.2.3 Maanmuokkaus- ja viljelytapojen vaikutukset	40
5	TULOSTEN TARKASTELU	42
	5.1 Kokonaistaimimääriin liittyvien tunnusten analysointi	42
	5.1.1 Taimien lukumäärät puolajeyttain	43
	5.1.2 Muut taimien kokonaismääriin liittyvät tarkastelut	49
	5.2 Kasvatuskelpoisiin taimiin liittyvien tunnusten analysointi	56
	5.2.1 Kasvatuskelpoisten taimien pituudet	58
	5.2.2 Käsittelykaistojen viiden pisimmän taimen pituudet	61
	5.2.3 Kasvatuskelpoisten taimien koealakohtaiset lukumäärät	65
6	POHDINTA	67
	6.1 Työn tuloksista	67
	6.2 Mahdollisista jatkotutkimuksista	70
	6.3 Opinnäytetyöprosessista	71
	LÄHTEET	72
	LIITTEET	75
	Liite 1. Koejärjestely ja viljelykaavio	75
	Liite 2. Kokeen aineiston keruun lomakemalli	76
	Liite 3. Tarkasteltavien muuttujien normaalijakautuneisuuden liitteet	77

Liite 4. T-testit naveromättäiden pintamaan vaikutuksesta kasvatuskelpoisten taimien lukumääriin	80
Liite 5. T-testit naveromättäiden pintamaan vaikutuksesta muihin tunnuksiin.....	82
Liite 6. Taimien runkolukujen analyysien liitetaulukot.....	84
Liite 7. Hieskoivun taimien pituuksien analyysien liitetaulukot	88
Liite 8. Kasvatuskelpoisten taimien analyysien liitetaulukot	90

LYHENTEET JA TERMIT

VMI	Valtakunnan metsien inventointi
ANOVA	Analysis of variance (varianssianalyysi)
ANCOVA	Analysis of covariance (kovarianssianalyysi)
Sig	Significance (tilastollinen merkitsevyys)

1 JOHDANTO

Kokonaisuutena opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa raportti, jonka aiheena on otsikon mukaisesti: ”Taimien kehitys rämeakohteella erilaisilla uudistamistavoilla”. Aihe työhön on saatu Luonnonvarakeskuksesta, Hannu Hökältä. Tarkastelussa oleva koe on virallisesti ”Suometsän uudistaminen, intensiivikoe II, hanke 38701: Navero- ja kääntömätästyksen sekä männyn istutuksen ja kylvön vertailu eri turvepaksuuksilla” (Issakainen, 2007). Opinnäytetyössä käsitellään kyseiseltä kokeelta vuonna 2019 kerättyä aineistoa kvantitatiivisen analyysin keinoin ja pyritään muodostamaan tulosten pohjalta johtopäätöksiä.

Rakenteeltaan opinnäytetyöraportti on luotu TAMKin kirjallisen dokumentoinnin ohjeistuksen mukaisesti sisältäen muotoseikat, kuten tiivistelmät, sisälly-, lähde- ja liiteluettelot jne. Sisältö on jaettu lukuihin, joista, tämän, ensimmäisen tarkoituksena johdatella lukija työn aiheeseen ja taustoihin yleisellä tasolla. Johdannon jälkeisissä varsinaisissa sisältöluvuissa tuodaan esille opinnäytetyön sisältö, johon kuuluvat taustoituksen ja viitekehityksen, tutkimuksen ja aineiston sekä tulosten ja johtopäätösten ”pääteemat” kukin omissa luvuissaan. Viitekehitys ja aiheen kannalta relevantteja taustatietoja ja tutkimuksia käsitellään ensiksi luvussa 2. Siinä käydään läpi lyhyesti metsien uudistamisen, siis viljelyn ja maanmuokkauksen, vaihteita sekä esitellään hieman aiheesta aikaisemmin julkaistua aineistoa, painottaen opinnäytetyön teemaan liittyen ojitettujen turvemaiden näkökulmaa. Taustoituksen jälkeen 3. luvussa esitellään itse työhön liittyvää koetta aineistoi- neen sekä tuodaan ilmi työhön liittyviä tutkimusmenetelmiä. Tämän jälkeen 4. ja 5. luvuissa käsitellään, mitä tuloksia aineistosta työn kannalta on saatu ja, minkälaisia havaintoja niistä voidaan tehdä. Dokumentin viimeisessä, eli 6. sisältölu- vussa muodostetaan johtopäätöksiä ja esitetään pohdintaa siitä, mitä opinnäyte- työn kannalta voidaan päätellä ja mahdollisesti, minkälaisia lisää tutkimusta edel- lyttäviä näkökulmia aiheeseen edelleen liittyy. Samassa yhteydessä on refleктоitu opinnäytetyötä kokonaisuutena, ottaen huomioon prosessin aikana kirjoittajan te- kemät ja kokemat seikat.

2 TAUSTA JA VIITEKEHYS

2.1 Metsien käsittelyn ja metsänuudistamisen tausta

Suomessa maanmuokkauksen ja viljelytapojen, eli metsänhoidon toimien, vaikutuksia metsänuudistamisen ketjuissa on tutkittu jo vuosikymmenten ajan Luonnonvarakeskuksen (Luken) ja sen edeltäjän Metsäntutkimuslaitoksen (Metlan) toimesta. Aiheista onkin julkaistu monia tiedoksiantoja, tutkimusraportteja ja oppaita. Metsänuudistamisessa toteutetaan edelleen useita jo vuosikymmeniä vanhoja perusteemoja ja käytäntöjä. Esimerkkinä tässä työssäkin eräänä lähteenä on käytetty vuonna 2007 julkaistua Metsämaan muokkausopasta (Luoranen et al. 2007). Edellä mainitun oppaan anti taas koostuu useiden jopa vuosikymmeniä vanhojen tutkimusten tuloksista muodostetuista johtopäätöksistä.

Tarkastelemalla vaikkapa Suomesta kerättyjä metsätilastoja, on mahdollista saada käsitystä, miksi metsien uudistamisen aiheen tutkiminen on relevanttia. Kaiken kaikkiaan Luken metsätilastojen mukaan (Vaahtera et al. 2021) vuonna 2020 Suomessa metsää viljeltiin yhteensä noin 95 000 hehtaaria, josta 72 000 ha oli istutettua ja 23 000 ha kylvettyä. Viljelytavoittain valtaosa (n. 98,5 %) istutuksista suoritettiin manuaalisesti, kun taas kylvöistä suurin osa (n. 80,2 %) suoritettiin koneellisesti. Tilastojen mukaan maanmuokkausta tehtiin noin 89 700 hehtaarille viljelyaloista, ja mätästyksen menetelmät (laikku-, kääntö-, navero- ja ojitusmätästys) kokonaisuutena olivat merkittävin maanmuokkaustapa, 64 700 hehtaarilla. (Vaahtera et al. 2021) Metsänhoitoa voidaan pitää siis varauksetta maanlaajuisesti erittäin merkittävänä kokonaisuutena. Se kytkeytyy useilla eri tavoilla esim. ympäristöllisten, taloudellisten ja monien muiden vaikutusten kautta huomattavaan osaan kotimaisesta toimintaympäristöstä. Myöskään metsänhoidon aiheuttamia välillisiä ja välittömiä globaaleja vaikutuksia ei voida väheksyä.

Miksi tutkimuksen ja siihen liittyvän opinnäytetyön aihe on ajankohtainen ja merkittävä, on esillä esimerkiksi Luken, Ilmatieteen laitoksen ja Helsingin yliopiston tutkijoiden artikkelissa (Nieminen et al. 2018). Artikkelissa mainitaan jopa 25

%, eli 4,7 miljoonan hehtaarin osuuden Suomen metsätalousmaista sijaitsevan ojitetuilla turvemaiilla. Vaikka kyseinen artikkeli ja useat muut uudemmat suometsiin ja ojitettuihin turvemaihin liittyvät tutkimukset käsittelevätkin jatkuva-
peitteisen kasvatuksen mahdollisuuksia, pätevät perustavaa laatua olevat faktat myös työhön liittyvässä viljelykokeessa. Esimerkiksi VMI12:ssa (2014–2017) mitatusta puuston kasvusta noin 20–25 % sijaitsi turvemaiilla, kokonaispuuston määrän kyseisillä alueilla oli noin 600 miljoonaa m³. Vuosien 2017–2019 puutavaran keskimääräisten kantohintojen perusteella kyseisen turvemaiden puuston laskennallinen rahallinen arvo oli yli 13 mrd. € (Saarinen et al. 2020). Voidaan todeta, että ojitettujen turvemaiden käsittely ja tutkimus ovat pelkästään kansantalouden näkökulmasta relevantteja teemoja.

Ojitusalueiden puustojen keski-ikä on noin 50 vuotta, ojitusalueista vanhimpien ollessa jo 80–90-vuotiaita (Ojanen et al. 2020). Niiden hakkuumahdollisuudet, erityisesti harvennushakkuiden mahdollisuudet, ovat voimakkaassa kasvussa. Tulevaisuudessa ojitettujen turvemaiden metsänuudistaminen painottuu etenkin mäntyvaltaisiin varpu- ja puolukkaturvekankaiden kohteisiin, joita on noin kolme miljoonaa hehtaaria. (Ojanen et al. 2020; Saarinen et al. 2020). VMI11 edeltäneenä 10-vuotiskaudella uudistushakkuista turvemaiden kohteilla hakkuista suoritettiin 207 000 hehtaarilla, mikä vastasi 14 % kaikista kyseisen ajankohdan uudistushakkuista (Saarinen et al. 2020). Vaikka kaikilla turvemaiden uudistuskohdeilla uuden puusukupolven uudistaminen viljelemällä ei ole taloudellisesti kannattavaa (Saarinen et al. 2020), turvekankaiden männylle soveltuvilla uudistamiskohteilla metsänviljelyn menetelmät tulevat tietyissä tilanteissa kysymykseen. Esimerkiksi silloin, kun kohteet ovat heikosti taimettuvia, esim. vahvaa varpukasvillisuutta sekä seinäsammaleita ym. kasvilajeja sisältäviä (Saarinen et al. 2020). Kaikkiaan noin 80 % turvemaiden kohteista uudistetaan avohakkuun ja maanmuokkauksen kautta. (Schneider & Päivinen 2020) Lisäksi, koska uudistusketjun alkupään toimenpiteet vaikuttavat myös turvemaiden kohteissa vuosikymmenten ajan, pyrkimys eri mekanismien vaikutusten ymmärtämiseen tutkimusten ja kokeiden kautta on huomattavan tärkeää.

2.2 Maanmuokkaus ja metsänviljely yleisesti

Tässä alaluvussa esitellään koejärjestelyssä käytetyt maanmuokkaus- ja metsänviljelytavat: kääntö- ja naveromätästys sekä kylvö ja istutus. Yleisesti metsänuudistamisen ketjuun luetaan kuuluvaksi myös taimikonhoidon toimenpiteet, kuten heinätorjunta, taimikoiden perkaukset ja harvennukset, eikä niiden vaikutusta metsän kasvuun voida väheksyä. Kokeessa tutkittiin eri maanmuokkaus- ja viljelytapojen vaikutuksia taimettumiseen, joten viljelyn jälkeiset toimenpiteet jätetään käsittelemättä.

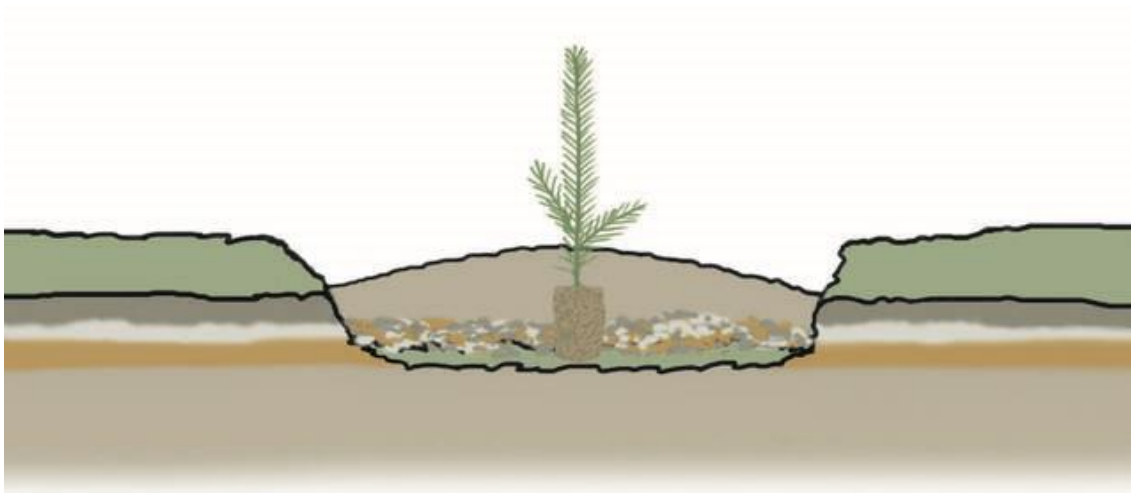
Tässä koejärjestelyssä ja opinnäytetyössä tutkitaan vain edellä mainittujen metsänviljelymenetelmien tuloksia. Esimerkiksi melko uudessa hankeraportissa (Helenius et al. 2023), on käsitelty, minkälaisia vain metsänviljelylle ominaisia mahdollisuuksia on löydettävissä ja hyödynnettävissä. Metsänviljelyllä voidaan saavuttaa monia etuja, kuten puulajivalikoiman monipuolistamista sekä metsänkasvatuksen kannattavuuden paranemista ja suurempia ilmastohyötyjä. Viljelyn yhteydessä voidaan hyödyntää metsänjalostuksen saavutuksia, joiden kautta voidaan vaikuttaa esim. taimettumisvarmuuteen ja puuston alkukehitykseen. (Huuskonen et al. 2014). Viljelyillä taimilla etenkin alkukehityksen nopeus ja varmuus ovat suurempia kuin luontaisilla taimilla, koska ylispuusto ei rajoita valon, veden ja ravinteiden saantia. Lisäksi uudistamistulos ei riipu aiemman puuston siemensadosta ja laadusta. (Nygren 2011) Toisaalta viljelyllä on myös mahdollista vaihtaa tuhoriskikohteessa (esim. juurikäävän tapauksessa) kokonaan pääpuulajia, mikäli puulajin kasvatuksen edellytykset täyttyvät. Yleisesti turvemailla uudistamisen tulokseen vaikuttavat erityisesti maaperän vesitalous ja ravinnetasapaino. (Schneider & Päivinen 2020)

Metsänhoidollisesti maanmuokkauksen tavoitteena on parantaa viljeltävien siementen tai taimien elossa selviytymisen todennäköisyyttä ja kilpailuasetelmaa ympäröivään kasvustoon verrattuna (Luoranen et al. 2007). Muokattuun maahan viljellyt taimet pääsevät parempaan ja varmempaan kasvuun verrattuna muokkaamattomaan maahan. Yleistettynä maanmuokkauksen jälkeen taimien juuret kykenevät hyödyntämään muokkauksessa syntyvää ravinteikkaamman muokausjäljen osaa (ts. mättään sisäosaa), samalla pintakasvillisuudesta vapaa ja

sopivasti ympäristöä korkeammalla sijaitseva, muokkauspinta ehkäisee tuhotekijöitä. Tuhotekijöitä, joita maanmuokkauksella pyritään välttämään ovat esimerkiksi tukkimiehentäit ja halla. Uudistushakkuussa poistetaan vettä haihduttavaa puustoa, minkä vuoksi pohjaveden pinta nousee ja pintamaan kosteus lisääntyy. Maanmuokkauksella taas voidaan vaikuttaa taimien vesitalouteen siten, että niiden juuristot ovat sopivassa kosteudessa, eli eivät liian kuivassa tai märässä. Edellä kuvattu on etenkin ojitettujen turvemaiden kohteissa oleellista taimettumisen ja taimien alkukehityksen kannalta (Saarinen 2013). Yleisesti voidaan todeta, että oikea maanmuokkausmenetelmä tulee valita kohteen viljavuuden, maalajin ja sen kerroksellisuuden sekä vesitalouden ja uudistusmenetelmän mukaan.

2.2.1 Kokeen maanmuokkausmenetelmistä

Opinnäytetyöhön liittyvässä koejärjestelyssä käytettiin kahta maanmuokkausmenetelmää: kääntömätästystä ja naveromätästystä. Kääntömätästystä voidaan hyödyntää kaikille uudistettaville valtapuulajeille. Se sopii keskikarkeille kangasmaiden kohteille, mutta turvemaiden tapauksessa sellaisille, joissa vesitalous on kunnossa. (Metsänhoidon suositukset 2023) Tyypillisesti kääntömätästyksessä maanmuokkaus suoritetaan mätästykseen varta vasten tarkoitettulla kaivinkoneen kauhalla. Lyhyesti, kääntömätästyksessä kaivinkoneen kauhalla otetaan maata, ja pudotetaan se kääntäen samaan kuoppaan, josta se on otettu. Turveilla pintaturve käännetään ylösalaisin kuoppaansa niin, että elävä sammal- ja pintakasvusto sekä kangashumus jäävät kuopan pohjalle ja muokkausjäljen, eli mättään, pintaan jää syvemmällä ollutta osin maatunutta turvetta. (Luoranen et al. 2007) Menetelmässä muodostettavien mättäiden ohjeellinen tavoitekoko on leveydeltä noin 50–60 cm ja pituudelta 60–80 cm, tekohetkellä mättäiden korkeus ympäröivästä maanpinnasta tulisi olla noin 5 cm, ajan kuluessa ne tyypillisesti madaltuvat (Metsänhoitotieto 2023). Kuvassa 1 havainnollistettuna kääntömätään periaate metsänhoidon suosituksista (Metsänhoidon suositukset 2023).



KUVA 1. Kääntömättään rakenne. (Varhi 2023)

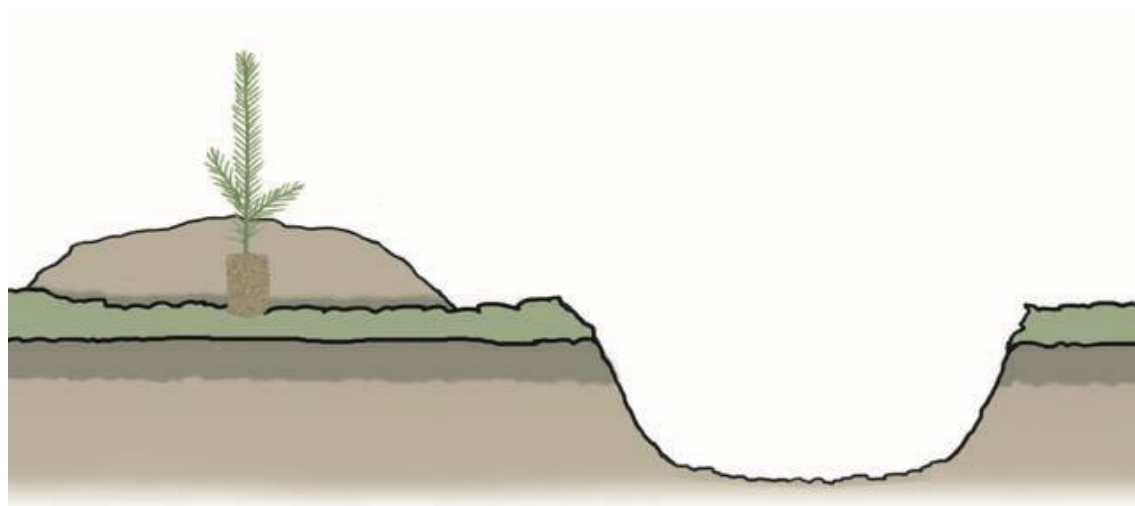
Kuvasta 1 on nähtävissä, miten – kuvan tapauksessa istutettu – taimi asettuu mättääseen. Kuvasta havainnollistuu myös, millainen kääntömättään korkeus suhteessa ympäristöön on ja kuinka mättään käännetty pintamaa jää muokkauksen pohjalle. Periaate on sama kivennäis- ja turvemaiden maanmuokkauksessa.

Yleisesti Suomalaisessa metsänhoidossa käytetyn (Luoranen et al. 2007; Metsänhoidon suositukset 2023) maanmuokkaustapojen karkean jaottelun mukaisesti kääntömätästys kuuluu nk. kohoumia muodostaviin maanmuokkaustapoihin. Kohoumia muodostavien maanmuokkaustapojen päätavoitteita ovat parantaa taimien kasvuolosuhteiden parantaminen ja pintakasvillisuuden kilpailun vähentäminen. Verrattuna toiseen pääryhmään, eli maanpintaa paljastaviin maanmuokkaustapoihin, kääntömätästyksessä muokataan vain viljeltäville taimille tarpeellinen mätäspinta. Tällöin maasto säilyy helppokulkuisempana koska, menetelmässä ei myöskään synny kuoppia mättäiden viereen, toisin kuin esim. laikkumätästyksessä, lisäksi raivattavan vesakon määrä pysyy vähäisempänä (Luonnonvarakeskus 2023).

Toinen kokeessa tutkituista metsänuudistamisen maanmuokkaustapa oli taas naveromätästys. Tyypillisimmin naveromätästystä hyödynnetään turvemaiden, viljavimmilla kohteilla, esim. sellaisilla, joilla turve on eriasteisesti maatunutta puu- ja saraturvetta, ja joiden vesitalous on kunnossa, toisin sanoen ojitusmätästyskuivattavaa vaikutusta ei tarvita. Molemmissa, sekä navero- että ojitusmätästysmenetelmissä, muodostettavia mättäitä kutsutaan joskus ojamättäiksi, eli

on tärkeää tiedostaa kyseisten menetelmien erot. (Luoranen et al. 2007) Naveromätästystä muokkaustapana on mahdollista käyttää myös kivennäismaiden viljavilla, mutta kivisillä kohteilla, joilla laikkumätästys ei onnistu. Myös naveromätästys luetaan kohoumia muodostavaksi maanmuokkausmenetelmäksi.

Kuten käntömätästys, ja valtaosa muistakin kotimaisessa metsätaloudessa toteutettavista maanmuokkauksen menetelmistä, myös naveromätästys suoritetaan kaivinkoneella. Naveromätästyksessä uudistusosalalle tehdään matalia noin 20–30 cm syviä naveroita, eli ojanpätkiä, joilla ei johdeta vettä pois uudistusosalta. Naveromätästyksessä maanmuokkaukseen yhdistyvät paikalliset vesitalouden järjestelyt, eli navero-ojia muodostamalla pyritään vaikuttamaan viljelypisteiden vesitalouteen, kuivattamatta koko uudistusalaa. (Luoranen et al. 2007) Viljelymätättäät (ojamättäät) muodostetaan naveroista nostettavasta maa-aineksesta (tasaisin) välein uudistusalan muokkaamattomalle osalle. Naveromättäiden ohjeellinen tavoitekoko on noin 60–80 cm (leveys/pituus) ja korkeus 5–25 cm niin, että hienojakoisemmilla maapohjilla mättäät ovat matalampia. (Metsänhoitotieto 2023) Kuvassa 2 on esitetty kuvaa 1 vastaava kaavamainen havainnollistus navero- tai ojamättäystä Tapion metsänhoidon suosituksista (2023).



KUVA 2. Naveromättään rakenne (Varhi 2023)

Kuva 2 esittää – myös kuvan 1 tavoin – istutustaimen tapauksessa, miten naveromätästys periaatteessa toteutetaan. Kuvassa oikealla puolella esitetystä navero-ojasta nostettu maa muodostaa siis viljelyyn käytetyn muokkausjäljen.

Molemmilla tarkasteltavilla maanmuokkaustavoilla tavoitteena on muodostaa uudistusalueelle tavoiteltavan viljelytiheyden (ts. istutustiheyden) verran mättäitä, männyllä vähintään noin 2000 kpl/ha. Periaatteessa uudistusalan viljelytapa ei vaikuta edellä kuvailtujen maanmuokkaustapojen toteutukseen, eli kylvön tai istutuksen yhteydessä muokkaustavat toteutetaan keskenään vastaavanlaisina.

2.2.2 Kokeen metsänviljelymenetelmistä

Kylvö on metsänviljelymenetelmistä ehkä perinteisin, sitä on eri muodoissaan harjoitettu jopa 1400-luvulta alkaen Saksassa (Nygren 2011). Perusperiaatteeltaan sillä onkin yhtäläisyyksiä maanviljelyksessä käytettyihin ruoka- ym. kasvien kylvömenetelmiin. Kylvössä yksinkertaistettuna siemenviljelyksiltä peräisin olevia jalostettuja siemeniä levitetään maanmuokkauksessa muodostetuille viljelypinnoille (mättäisiin, vakoihin jne.). Siementen itävyyden parantamiseksi ne on hyvä peittää muutaman millimetrin paksuisella pintaturve- maakerroksella. (Metsänhoitotieto 2023). Lähtökohtaisesti männyn kylvö viljelymenetelmänä on käytössä puulajille soveltuvilla kohteilla, jolla pintakasvillisuuskilpailu on vähäisempää. Turvemaiden tapauksessa näitä edustavat etenkin varpu- ja puolukkaturvekankaiden kohteet, joilla hieskoivualikasvosten ja muun pintakasvillisuuden aiheuttama kilpailu on vähäistä (Huuskonen et al. 2014). Turvemailla kylvön hyödyntäminen edellyttää käytännössä aina maanmuokkausta, mieluiten mätästystä. (Huuskonen et al. 2014)

Kylvö on pääasiassa männyn viljelymenetelmä, ja sen eräät merkittävimmät edut liittyvät kasvatettavan puun laatutekijöihin. K. Kinnusen artikkelissa metsätieteen aikakauskirjassa vuodelta 2002 mainitaankin: ”Kylvön tärkeimpänä etuna istutukseen nähden on mahdollisuus lisätä kasvatustiheyttä edullisesti niin suureksi, että sillä pystytään parantamaan sahapuun laatua.” (Kinnunen 2002) Myös kylvön helpompi koneellistaminen mainittiin jo tuolloin, ja esimerkiksi vuonna 2020 kylvöistä suuri osa suoritettiin jo koneellisesti. (Vaahtera et al. 2021) Käsin tehtävä kylvö painottuu nykyaikana etenkin yksityismaiden kohteille, konekylvöä suoritetaan varsinkin yhtiöiden ja valtion metsissä. (Nygren 2011) Koneellisessa kylvössä siemenet viljellään maanmuokkauksen yhteydessä, käsinkylvössä vil-

jely tapahtuu annostelemalla siemenet viljelypisteisiin esim. pienestä muovipullostasta. Opinnäytetyössä tarkastellun kokeen kylvön toteutus vastaa käsin kylvämällä tehtyä.

Metsänistutuksessa metsän uudistaminen suoritetaan istuttamalla maanmuokkauksen yhteydessä muodostetuille valituille paikoille, eli maanmuokkausjälkiin, taimitarhoilla kasvatettuja, jalostettuja taimia. Erona kylvöön on siis se, että viljeltävät puut ovat siementen asemesta jo itäneitä ja kasvuun lähteneitä pieniä taimia. Yli 99 %, eli valtaosa nykyään istutettavista taimista – puulajista riippumatta, ovat ns. paakutaimia, joissa taimien juuriston ympärillä on pieni turvepaakku, joka on alkujaan taimien kasvualustana taimitarhoilla (Rikala 2012). Aiemmin laajalti Suomessakin hyödynnetystä paljasjuuritaimien istutuksen menetelmästä on luovuttu käytännössä kokonaan. Paakku suojaa juuristoa ja toimii vesi- ja ravinnevarastona taimelle, jolloin sopiva istutusajankohta on aikaisemmin käytettyjä paljasjuuritaimia laajempi (Rikala 2012). Taimitarhoilla aikaisempina vuosina kasvatetut taimet varastoidaan pakkasessa talven yli, esimerkiksi männyllä hyödynnetään yleensä yhden tai kahden kasvukauden kasvaneita ja pakastettuja taimia, eli istutettavat taimet ovat vastaavasti yhden tai kasvukauden ikäisiä.

Kokonaisuutena Suomen mittakaavassa istuttaminen on metsänviljelymenetelmistä yleisin, kuten vuoden 2020 metsätilastoista ilmenee. (Vaahtera et al. 2021) Istutuksista valtaosa suoritetaan manuaalisesti eli käytännössä istutusputkella taimi kerrallaan istuttaen. Koneellisen istutus yhdistää maanmuokkauksen ja viljelyn tehtäväksi samalla kertaa, ja on hyödyntämiskelpoinen menetelmä valituilla, oikeanlaisilla kohteilla (Metsänhoitotieto 2023), työn näkökulmasta tällaisia eivät ole kuitenkaan juuri turvemaiden kohteet, joten koneellista istutusta ei laajemmin käsitellä. Manuaalisessa istutuksessa taimet istutetaan muokkausjälkien keskelle siten, että taimipaakku asettuu noin 2–3 cm syvyyteen – paakun yläreunasta mitattuna – niin, että paakku ylettyy mättään alla olevaan humuskerrokseen (Metsänhoidon suositukset 2023). Mainittu havainnollistuu esim. edellä esitetyistä kuvista 1 ja 2, joissa paakutaimen istutustapa eri muokkausjälkiin.

2.3 Aiheen tutkimustaustaa ja haasteita

Metsänuudistaminen turvemaidella, on ollut Suomessa metsätalouden arkipäivää jo vuosikymmenten ajan. Näin ollen myös useita yleisesti suometsiin liittyviä tutkimuksia on suoritettu ja niihin liittyviä julkaisuja on olemassa. Kojolan väitöskirjassa vuodelta todetaankin, että suometsien hoito ja tutkimus ovat käyneet aina ”käsi kädessä”, eli tutkimus on ollut hyvin käytännönläheistä (Kojola 2009). Periaatteessa erilaisia tutkimustuloksia on olemassa sotia edeltävältä ajalta tähän aina päivään 2020-luvulle saakka. Opinnäytetyöhön liittyvä koe oli osa Metlassa tuolloin käynnissä ollutta Suometsien uudistaminen -projektia, jonka tavoitteena oli kenttäkokein selvittää suometsien uudistamisen menetelmien (sekä viljelyettä luontaisten-) vaikutuksia (Hökkä 2023). Lisäksi Lukessa oli vielä vuonna 2022 käynnissä myös Turvemaiden uudistaminen -projekti (TUUDI), jossa koottiin yhteen eri suometsien uudistamiskokeiden tuloksia. Toisena esimerkkinä melko uudesta, aihetta kokonaisvaltaisesti käsittelevästä julkaisujen sarjasta oli Tapion Metsäpolitiikkafoorumi vuodelta 2019. Se kokosi tutkijoita ja käytännön toimijoita eri paneeleihin, joissa rakennettiin kokonaisanalyysia suometsistä. Em. kokonaisuus osaltaan havainnollistaa suometsien aihekokonaisuuden valtakunnallista merkityksellisyyttä. Haasteina suometsätalouteen liittyen on tutkijajapaneeleiden raporteissa nostettu esim. kasvihuonekaasujen ja vesistönsuojelun teemat (Schneider & Päivinen 2020).

Kuten Tapion tutkijajapaneeleiden raporteissa (2020) mainitaan, on eräs ojitettujen soiden viljelyn haasteista käytännön toteutuksen tasolla kylvön ja istutuksen valintaan vaikuttavien tekijöiden hankala ohjeistus. Tämä tarkoittaa, että vaikka metsänhoidon suosituksia eri tilanteisiin on olemassa, ei niitä voida välttämättä käsittää absoluuttisina totuuksina. Esimerkiksi useissa kokeissa männyn kylvöt ovat onnistuneet varsin hyvin, mutta toisaalta niiden tulokset ovat myös olleet vaihtelevaisia kylvövuoden riippuen sääolosuhteista kaikilla muokkauspinnoilla (Saarinen et al. 2020).

2020-luvulla turvemaiden metsänuudistamisen erääksi näkökulmaksi voidaan lukea myös metsäpoliittisen ohjauksen suoraan tai välillisesti ”tuottamat” teemat. Turvemaiden metsänviljely voi tulla kyseeseen erilaisilla metsityskohteilla,

eli esimerkiksi – entisten – turvetuotantoalueiden ja joutomaiden kohteilla. Kyseisen kaltaisia kohteiden metsittämistä on tuettu taloudellisesti vuodesta 2021 alkaen. Toiminta on metsäkeskuksen metsitystuen nojalla tuettua (Metsitystuki 2023, MMM 2021), joten on oletettavaa, että mainitun kaltaisia kohteita tulevaisuudessa edelleen ilmenee, vaikka pyrkimyksiä myös jatkuvan kasvatuksen ja luontaiseen uudistamisen keinoihin on. Väitöskirjassaan Helsingin yliopistosta vuodelta 2007 Päivi Picken kirjoittaakin, että jopa noin 60 % turvemaista olisi metsityskelpoisia. (Picken 2007) Ko. teosta käytetään edelleen lähteenä nykyisten Tapion metsänhoitosuosituksen turvemaiden käsittelyn osiossa. Onkin hyvä tiedostaa, että osa em. turvemaakohteista on myös muille kuin männyille paremmin soveltuvia kasvupaikkoja, ja osa entisistä turvetuotantoalueista saattaa olla suunniteltu myös muihin käyttötarkoituksiin, esim. riista- tai ennallistamistarkoituksiin. (Metsänhoidon suositukset 2023) Edellisestä huolimatta kuitenkin männyn viljely näytellee merkittävää roolia suomalaisessa turvemaiden metsänhoidossa, joten myös sen tutkimukselle on perustaa.

Täysin opinnäytetyön puitteissa tarkasteltua koeasettelua vastaavaa ei ole ainaakaan kotimaisissa tutkimuksissa toteutettu, vastaavasti myöskään pelkästään suometsien viljelykokeisiin liittyviä julkaisuja ei ole kovin monia. Useissa julkaisuissa painotus on esimerkiksi luontaisen uudistumisen tai jatkuvan kasvatuksen teemoissa. Kuitenkin joitakin yleisluontoisia päätelmiä on aihetta sivuavista tutkimusjulkaisuista tehdä. Jo vuonna 1975 julkaistussa artikkelissa ojitusalueiden uudistamisesta mätästämällä oli saatu lupaavia tuloksia (Mannerkoski 1975). Kyseisen artikkelin mukaan mätästetyillä koealoilla saavutettiin huomattavasti parempi taimettumisen onnistuminen, vaikka mittaukset olivat tehty jo neljän vuoden päästä viljelystä. Myös luonnontaimien taimettuminen – reunametsien siemennykseen liittyen – oli tuolloin huomioitu, mutta samalla oli todettu, että etenkin pinta-alaltaan suurien aukkojen metsittymistä tuskin voidaan jättää pelkästään reunametsien varaan (Mannerkoski 1975). Esimerkkinä uudemmissa tutkimusjulkaisuista, vuodelta 2020, Hytösen, Hökän ja Saarisen männyn kylvöä ja istutusta ojitetuilla turvemaakohteella vertaileessa tutkimuksessa todettiin yhtä lailla maanmuokkauksen suuri merkitys (Hytönen et al. 2020). Varsinkin kääntömätästyksen havaittiin olevan kyseisen tutkimuksen kohteissa viljelytaimien selviytymisen kannalta edullinen. Toisessa – samojen tutki-

joiden – julkaisussa (Hökkä, Hytönen, Saarinen 2015) havaittiin myös maanmuokkauksen suuri merkitys, vaikka varsinaisesti tutkittiinkin äestystä siemenpuuhakkuiden yhteydessä. Muokkaamattomilla ohutturpeisilla kohteilla luontainen uudistuminen oli heikkoa. Muokkausmenetelmä lisäsi kuitenkin uudistumisen onnistumisvarmuuden lisäksi merkittävästi hieskoivuntaimien määrää ja myös toisaalta kasvatti riskiä liiallisen kosteuden aiheuttamiin taimituhoihin (Hökkä et al. 2015).

Yhteenvetona tutkimuksissa esiintyneistä teemoista turvemaiden metsänviljelylle voidaan nostaa oikean maanmuokkaustavan valinta ja sää- sekä vesiolosuhteiden aiheuttamat haasteet taimien alkukehitykselle. Muokkaustavan valinta on tyypillisesti kompromissi, jossa pyritään ottamaan huomioon ns. suorat ja epäsuorat ympäristölliset ja taloudelliset tekijät. Esimerkiksi maanmuokkauksen takia syntyvä voimakas lehtipuuvesakko voi aiheuttaa haasteita vasta vuosien päästä viljelystä (Hökkä et al. 2015). Maanmuokkauksen oikeellisella toteutuksella voidaan vaikuttaa merkittävästi taimettumiseen ja vesakoitumiseen (Saarinen et al. 2009). Maanmuokkauksen merkityksen lisäksi turvemaiden uudistamiskohteiden herkkyyys vesitalouteen liittyen on nostettu esiin useissa julkaisuissa tutkimustuloksista. Pohjaveden korkeus vaikuttaa suoraan maanpinnan kasvillisuustiheyteen ja toisaalta, etenkin mättäillä turpeen kuivumisherkyys johtuen sääoloista aiheuttaa haasteita taimettumiselle (Saarinen 2013). Vesiolosuhteet tuottavat haasteita viljelytaimista etenkin kylvetyille (Saarinen et al. 2013).

3 TUTKIMUKSEN MENETELMÄT JA AINEISTO

3.1 Tutkimuksesta

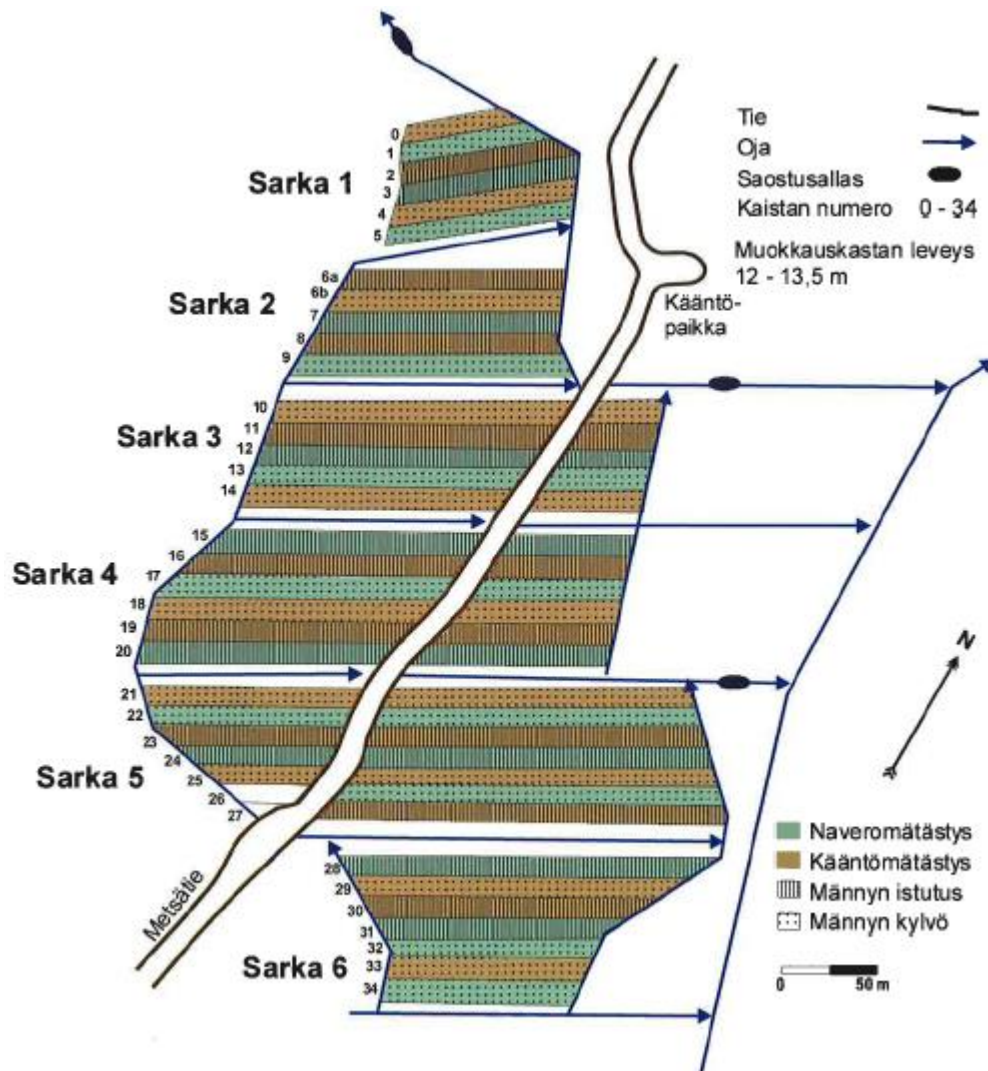
3.1.1 Koealueen tausta ja valmistelu kokeeseen

Kokeen toteutusta on kuvailtu koeselosteessa, jonka on kirjoittanut Jorma Issakainen vuonna 2007 ja sitä on käytetty lähteenä myös opinnäytetyössä soveltuvin osin. Koealue, kokonaispinta-alaltaan 8,8 ha, sijaitsee Metsähallituksen hallinnassa olevalla valtion maalla Pyhännällä, ja se on ollut aikaisemman Metlan Muhoksen yksikön koejärjestely, yhteistyössä Haapajärven metsätiimin kanssa (Issakainen 2007). Koekenttä on siis ojitetun turvemaan kohde, jossa ojitus on tehty 1930-luvulla, mutta joka on jo osittain alkanut jälleen soistua. Alkuperäinen suotyyppi on ollut todennäköisesti räme, joka on ollut ”suursaratasoa, paikoin ruohoinen” (Issakainen 2007), ojituksen jälkeen kyseessä on taas ollut mustikka/puolukka -turvekankaan alue. Turpeen paksuus alueen pohjoisreunassa oli alle 10 cm ja eteläpäässä yli 100 cm. (Issakainen 2007) Turvepaksuuden muutos alueella on kokeen kannalta olennainen, koska kokeessa haluttiin selvittää, miten turpeen paksuus ja kivennäismaasekoitus tai sen puute viljelymätäissä vaikuttaa taimettumiseen ja taimikon kehittymiseen. Samalla kokeessa verrattiin eri mätästystapojen vaikutusta taimikon uudistumistulokseen eri viljelymenetelmillä. (Hökkä 2023) Turvekerroksen paksuuden vaihtelua koealueella on havainnollistettuna luvun 4 kuviossa 10.

Koealueelta puusto on hakattu talvella 2005, aikavälillä 11.-15.2.2005. Hakattu puusto oli luontaisesti syntynyttä uudistamiskypsää mäntyvaltaista puustoa, jonka alikasvoksena oli epätasaista 0,5–10 m pituisia kuusia ja vesasyntyisiä koivuja. Alueella viimeisin kasvatushakkuu oli tehty tietävästi 1970-luvulla (Issakainen 2007). Päätehakkuussa puutavaraa tuli alueelta hakkuukonemittauksessa yhteensä 968 m³, josta mäntytukkia 252 m³, mäntypikkutukkia 30 m³, mäntykuitua 506 m³, kuusitukkia 13 m³, kuusikuitua 42 m³, koivutukkia 1 m³ ja koivukuitua 123 m³, siis keskimäärin 110 m³/ha (Issakainen 2007). Alueelta ei kerätty hakkuutähteitä. Uudistusalan raivaus suoritettiin kevään 2005 aikana.

3.1.2 Maanmuokkaus ja viljely koalueella

Koalueen maanmuokkaus suoritettiin kaivinkoneella saman vuoden syksynä, alkaen 28.10.2005. Uudistamisalan tutkittavan taimikon varsinainen perustaminen ja siihen liittyvät tutkimukset aloitettiin hakkuiden jälkeen (Issakainen 2007). Kuvassa 3 on esitettyä koeselostuksesta peräisin oleva kaavio, josta ilmenee alkuperäinen koekentän rakenne.



KUVA 3. Vesikkosuon koekentän alkuperäinen koejärjestely (Issakainen 2007)

Kuvasta 3 ilmenee, miten eri muokkaus- ja viljelytapojen alueet on jaoteltu koalueelle. Kuten kuvasta voidaan nähdä, koe sisälsi keskenään neljää erilaista variaatiota käsittelylle: naveromätätystykselle suoritetun kylvön ja istutuksen sekä vastaavasti kääntömätätystykselle suoritetun kylvön ja istutuksen. Koalueen käsittelykaistojen järjestykset on arvottu.

Kääntömätästetyillä kaistaleilla kaivinkoneen kauhalla otettiin ”täysi kauhaisu” n. 50 cm syvyydestä ja käännettiin se ylösalaisin takaisin kuoppiinsa, kaikissa tapauksissa kääntö ei täysin onnistunut, vaan maata päätyi kuopan reunoille (Issakainen 2007). Naveromätästetyillä kaistaleilla naveroiden pintamaat (30 cm syvyyteen asti) mätästettiin tien itäpuolella (kuvassa 3) naveroiden pohjoispuolelle ja pohjamaat (30 cm:stä 60 cm syvyyteen asti) vastaavasti eteläpuolelle. Kunttaisimmat pintamaat jätettiin naveroiden reunoille pohjoispuolelle ja pohjimmainen maa-aines kauimmaksi naveroista eteläpuolella. Vastaavasti tien länsipuolella meneteltiin päinvastaisesti, mutta mättäitä ei jaoteltu vyöhykkeittäin. Kaikkiaan naveromätästyksessä pyrittiin tekemään sattumanvaraisesti korkeudeltaan vaihtelevia mättäitä (10–50 cm). Naveromätästyksen yhteydessä entiset sarkaojat perattiin auki ja alalle kaivettiin tarpeen mukaan uusia niska- ja laskuojia, koeselosteen mukaan vesitalous saatiin ”hyvään kuntoon” (Issakainen 2007). Koealueella ennen käsittelyä sijainneiden tuulenskaatopuiden jäljelle jääneet juurakot painettiin koneella alas, jotta niiden mahdolliset taimiin kohdistamat vaikutukset – esimerkiksi paikallinen varjostus – saatiin minimoitua.

Mättäiden viljelyssä käytettiin samaa alkuperää olevia viljelytaimia ja siemeniä. Istutuksessa käytettiin 1-vuotiaita paakkutaimia. Viljelyt suoritettiin mättäiden päälle. Kylvön yhteydessä mättäitä tasoitettiin niin, että niihin saatiin sovitettua 50x50 cm:n kehikot (mittausta varten), joiden sisään ripoteltiin tasaisesti, etukäteen lasketut, 50 kpl männyn siementä. Myös istutuksen yhteydessä mättäitä tasoitettiin hieman, istutus suoritettiin istutusputkella siten että paakun päälle jäi 2–3 cm maata. (Issakainen 2007) Viljely toteutettiin 19.5-7.6.2006, kylvö suoritettiin vaiheittain niin, että vuosina 2006–2008 kunakin vuonna viljeltiin 1/3 siemenistä. Kylvö eri vuosina toteutettiin, jotta yhden vuoden epäonnistuminen esim. sääolojen vuoksi ei antaisi viljelystä menetelmänä vääränlaista kuvaa (Hökkä 2023). Joka toisen kylvömättään yhteyteen sijoitettiin pohjaveden mittausta varten 100 cm pituinen muoviputki. Tutkimuspisteiden ulkopuolelle jäävät alueet viljeltiin maanomistajan toimesta samaan 19.5.-24.5.2006 (Issakainen 2007). Näin ollen koko uudistusalueelle muodostui viljelytaimikko.

Liitteessä 1 on ote koeselostuksesta, jossa on kaaviomaisesti selitetty kokeen toteutus, viljely- ja muokkaustapojen ryhmittely. Koeasettelussa molempien

muokkaustapojen viljelypaikat ryhmiteltiin maanpinnan koostumuksen mukaan kolmeen eri ryhmään, naveromätästetyistä viljelypisteistä eriteltiin edelleen pinta- ja pohjamaan mättäät. Viljelypisteet merkittiin maastoon vuonna 2006. Kaikkiaan viljelypisteitä kokeessa oli siis alun perin 1828 kappaletta. (Issakainen 2007) Lopullisessa aineistossa käsiteltäviä yksiköitä (koealoja) on vähemmän. Tämä siksi, koska useita vuosia jatkuvassa kokeessa kaikki ei mennyt aivan alkuperäisen suunnitelman mukaisesti, mutta poikkeamat ovat pieniä, ja niistä on Lukessa huomautukset. Taimien mittauksia on tehty myös aiemmin, mutta niiden yhtäaikainen hyödyntäminen ei tuo tarkasteluun lisäarvoa nyt tutkitun asiakokonaisuuden näkökulmasta (Hökkä 2022).

3.2 Tutkimuksen aineistot

Kokeesta saatu mittausdata on koostettu Excel-taulukkoon. Mittausdata sisältää koejärjestelyn selostuksen mukaisesti toteutetuista mittauksista (pl. kirjatut muutokset) saadut tulokset. Käytännössä opinnäytetyössä käsitelty mittausdata on siis Excel-tiedostona, josta ilmenevät mittauksissa kirjatut tiedot. Alueen koealojen taimista on mitattu/määritetty laaja skaala erilaisia suureita, joista kaikki eivät ole suoraan tämän tarkastelun kannalta relevantteja. Suureista merkittävimpiä ovat osakoealojen viljelytavat, maanmuokkaustavat, turvepaksuudet, mättäiden (pintamaiden) koostumukset ja kokonaistaimimääriin (kokonaistaimettumiseen) sekä kasvatuskelpoiseen liittyvät tiedot.

Liitteen 2 kuvassa 1 on havainnollistukseksi ote muokatusta koeselosteesta, josta ilmenee, minkälainen maastossa käytetty lomake peruseriaatteiltaan on. Kyseinen kuva edustaa Excelissä käytettyä lomaketta, jossa tiedot ovat koottu riveittäin siten, että jokainen rivi edustaa yhtä osakoeala. Lomakkeen sarakkeilla on taas luettavissa koealakohtaiset mitatut tunnuksat. Lisähuomautukset ovat kirjanneet J. Pasanen ja H. Vesala vuoden 2019 mittausten yhteydessä.

Kokonaistaimettumisen tietoihin kuuluvat ympyräkoealoilta mitatut taimien lukumäärät sekä keskipituudet (puulajeittain hies- ja rauduskoivut, männyt, kuuset ja pajut/muut lehtipuut). Kokonaistaimettumisen taimitietojen käsittelyn yhteydessä on paikoin käytetty kuvaavaa termiä ”pienet taimet”. Kasvatuskelpoisten taimien

analysoinnin kannalta merkittävimmät tiedot taas ovat niiden mitatut pituudet. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärä voidaan päätellä kasvatuskelpoisten taimien havaintojen lukumäärästä – eli rivien lukumäärästä – käsittelysarkaa tai koealaa kohti.

3.3 Tutkimus- ja analysointimenetelmistä

Jotta kokeelta kerätystä aineistosta voidaan saada relevanttia informaatiota, on aineistoa tarkasteltava kvantitatiivisen analyysin menetelmin. Käytännössä tämä tarkoittaa tilastollisen analyysin toimenpiteitä, eli tilastollisten muuttujien ja tunnuslukujen laskentaa ja tarkastelua. Kuten alaluvusta 3.1.1 ilmenee, kokeessa mittaukset suoritettiin kaistoittain siten, että erilaisia maanmuokkaus- ja viljelytapojen kombinaatioita oli neljä (a, b, c ja d) ja jokaiselta kaistalta mitattiin 5–15 kappaletta koealoja.

Toistoja kombinaatioilla, siis kaistoja, joissa muokkaus- ja viljelytavat olivat keskenään samanlaiset, oli 6 kappaletta. Hökältä (2023) saadun ehdotuksen perusteella jokaiselle kaistalle laskettiin koealojen keskiarvot kokonaistaimimäärille ja kasvatuskelpoisten taimien lukumäärille ja pituuksille. Lisäksi vertailua varten laskettiin kultakin käsittelykaistalta viiden pisimmän puun keskipituudet. Tämän jälkeen laskettuja käsittelykaistakohtaisten keskiarvojen eroja testattiin puolajieittain kokonaistaimimäärissä, kasvatuskelpoisten taimien lukumäärissä ja kasvatuskelpoisten taimien pituuksissa varianssianalyysin menetelmällä.

Tutkimusmenetelmistä varianssianalyysi on sellainen, jota on aiheen kokonaiskuvan selventämisen takia taustoitettava hieman. Koska kyseessä on AMK-tasoinen opinnäytetyö, jonka pääfokuksena ei ole tilastotiede, ei varsinaisesti ole tarkoituksenmukaista esittää kyseisen menetelmän johtamista pitkällisesti. Menetelmän perusteiden kuvauksen lähteenä on käytetty Tampereen yliopiston Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirjan varianssianalyysin osuutta (Varianssianalyysi 2023) sekä J. Nummenmaan teosta Käyttätymistieteiden tilastolliset menetelmät (Nummenmaa 2009).

Varianssianalyysi (ANOVA) on eräs tilastollisen analyysin perusmenetelmistä ja tyypillinen menetelmä myös kokeellisessa analyysissä. Näin ollen se on käyttökelpoinen myös opinnäytetyön puitteissa, mikäli reunaehdot täyttyvät. Varianssianalyysia käytetään tutkittaessa, eroavatko kahden tai useamman ryhmän keskiarvot tilastollisesti merkittävästi toisistaan. (Nummenmaa 2009; Varianssianalyysi 2023) Varianssianalyysin hyödyntäminen edellyttää, että selitettävä muuttuja on sellainen, josta voidaan laskea aritmeettinen keskiarvo. Aritmeettinen keskiarvo on ehkä tyypillisin keskiluvuista, arkikielessä keskiarvosta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä juuri aritmeettista keskiarvoa. Se voidaan laskea yksinkertaisesti:

$$\text{aritmeettinen keskiarvo} = \frac{\text{muuttujien summa}}{\text{muuttujien lukumäärä}}$$

Lisäksi, koska varianssianalyysillä tarkasteltava muuttuja kuvaa havaintoyksikköjen jakautumista eri luokkiin, on mittaustason (mitta-asteikon) oltava luokittelu- tai järjestysasteikko (Varianssianalyysi 2023). Näin tietysti onkin, koska tutkittavat tai selitettävät muuttujat ovat numeerisia (välimatka-asteikollisia) eli koealoilta mitattuja tunnuksia, jotka on luokiteltu selittävien muuttujien (maanmuokkaus- ja viljelytapojen) mukaan. Menetelmän hyödyntämiseen sisältyy olettamus selitettävien muuttujien normaalijakautuneisuudesta sekä homoskedastisuudesta (varianssien yhtäsuuruudesta luokittain) (Varianssianalyysi 2023). Nämä olettamukset voidaan todeta esimerkiksi erilaisten testien kautta.

Varianssianalyysin hyödyntäminen perustuu tilastollisen hypoteesin testaamiseen, mutta usein niitä ei tuoda eksplisiittisesti esille, vaan ne ovat ikään kuin sisäänrakennettuja menetelmien käyttöön (Hypoteesien testaus 2023). Hypoteesilla tarkoitetaan yleisesti kokeeseen liittyvää ”alkuperäistä” olettamusta. Analyysin kannalta olennainen nollahypoteesi on alkuperäiselle vastakkainen, ja tilastollisen aineiston analyysin kautta pyritäänkin selvittämään, voidaanko tämä nollahypoteesi kumota. Mikäli näin tapahtuu, hyväksytään vaihtoehtoinen hypoteesi. (Hypoteesien testaus 2023) On tiedostettava, että nollahypoteesia ei varsinaisesti todisteta tilastollisen analyysin menetelmissä.

Varianssianalyysi perustuu siihen, että selitettävän muuttujan varianssi jaetaan kahteen osaan, joista toinen mittaa luokkien sisäistä hajontaa ja toinen luokkakeskiarvojen välistä hajontaa (Varianssianalyysi 2023). Varianssi on tilastotieteessä käytettävä satunnaismuuttujan hajonnan tunnusluku, joka kuvaa, kuinka paljon muuttujan arvot keskimäärin vaihtelevat odotusarvosta. Mikäli varianssit eivät eroa toisistaan tilastollisesti riittävästi, on todennäköistä, että luokkien keskiarvot ovat peräisin samankaltaisesta jakaumasta (Nummenmaa 2009; Varianssianalyysi 2023). Tästä seuraa, että niiden välillä ei ole tilastollisesti merkittävää eroa. Mikäli tarkasteltavat taas eroavat riittävästi, voidaan aiemmin mainittu nol-lahypoteesi hylätä. Varianssianalyysissa tilastollisena testinä käytetään F-testiä, josta saadaan todennäköisyys, sille (p-arvo), voidaanko nollahypoteesi ryhmäkeskiarvojen yhtäläisyydestä hylätä. (Varianssianalyysi 2023) Vakiintuneen käytännön mukaisesti p-arvon raja-arvo on 0,05, eli mikäli p-arvo alittaa kyseisen lukuarvon, voidaan nollahypoteesi ryhmäkeskiarvojen samansuuruisuudesta hylätä, eli selitettävän muuttujan keskiarvojen välillä on eroja eri luokissa (Hypoteesien valinta 2023). Käytännössä tämä voidaan tulkita siten, että tällöin on tilastollisesti todennäköistä, että mittaustulosten välillä on eroja tai että tulos on 95 %:n todennäköisyydellä pätevä. Yleistettynä em. tarkoittaa siis – toki asetelmasta riip-puen – että on tilastollisesti todennäköistä, että erot selitettävän muuttujan ryhmäkeskiarvossa aiheutuvat koeasettelun mukaisesti selittävästä muuttujista.

Varianssianalyysin yhteydessä opinnäytetyön analyyseissa on tutkittu myös kovarianssianalyysin (ANCOVA) avulla selittävien muuttujien vaikutuksia selitettäviin muuttujiin. Kovarianssianalyysi eroaa ”vastaavasta” varianssianalyysistä siten, että siinä lisätään vaikutuksien tarkasteluun muuttuja eli kovariaatti, joka on selittävästä muuttujista poiketen myös välimatka- tai suhteellisuusasteikollinen (Varianssianalyysi 2023). Käytännössä analyyseissa kovariaattina käytetään opinnäytetyössä turvegradienttia. Kovarianssianalyysin avulla pyritään osoittamaan, vaikuttavatko selittävät muuttujat tilastollisesti merkittävästi selitettävään muuttujaan, kun kovariaatti otetaan huomioon.

4 AINEISTON ANALYYSI

4.1 Tunnuslukujen laskenta

Kokeelta kerätyn datan pohjalta on mahdollista laskea havainnollistavia tunnuslukuja ja tässä alaluvussa on esitetty niitä myös graafisessa muodossa. Osa muuttujista on sellaisia, joita on hyödynnetty myöhemmin varsinaisessa tilastollisen analyysin osuudessa. Kyseisen analyysin kannalta tärkeimmät muuttujat liittyivät puulajikohtaisiin taimilukumääriin ja kasvatuskelpoisten taimien pituuksiin sekä niiden lukumääriin. Osa kokeessa tarkastelluista kaistaleista sisälsi keskenään eri määrän koealoja, koska osa kaistaleista sijaitsi sekä tien itä- että länsipuolella, kun osa vain sen toisella puolella. Tämän takia kasvatuskelpoisten taimien lukumääriin liittyvän analyysin kohdalla on tarkasteltava nimenomaan koealakohtaisia keskiarvoja, jotta eri kaistaleet ovat keskenään vertailukelpoisia.

Aineiston käsittelyssä on hyödynnetty edellisessä luvussa esiteltyä aineiston luokittelua, mikä tarkoittaa, että vertailut on tehty eri käsittelyvariaatioiden välillä, joita on merkitty alkuperäisen koeselostuksen mukaisesti symboleilla A, B, C ja D. Jokainen käsittelykombinaatio sisälsi datassa yhtä monta käsittelykaistaletta, jotka taas sisälsivät keskenään paikoin eri määrät koealoja, joilta mittaukset on tehty. Taulukossa 1 on havainnollistettu, miten käsittelykaistat on luokiteltu.

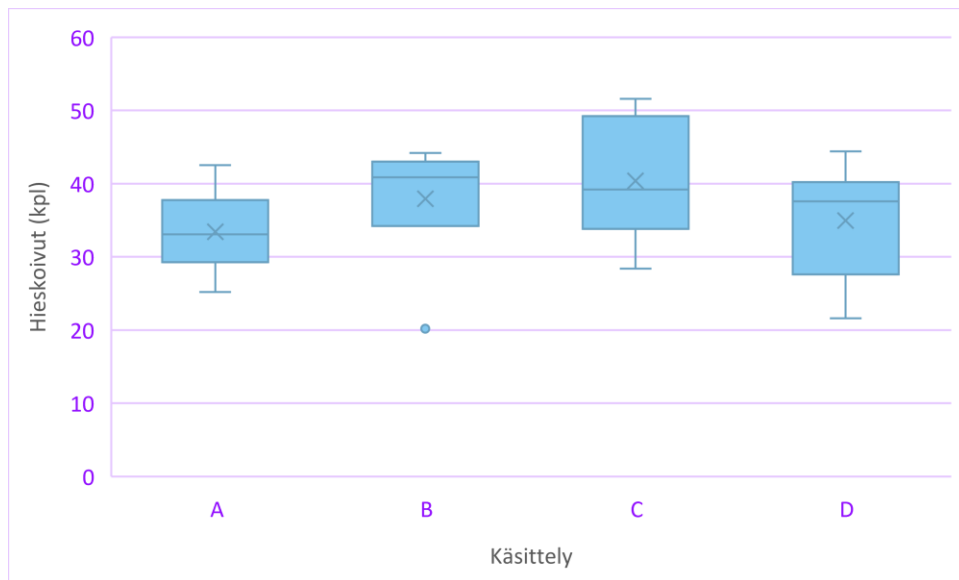
TAULUKKO 1. Kokeessa kuhunkin käsittelyyn kuuluvat sarkanumerot

A (Naveromätästys + istutus)	B (naveromätästys + kylvö)	C (Kääntömätästys + istutus)	D (kääntömätästys + kylvö)
3	1	2	4
7	9	8	6
12	13	11	10
20	17	19	18
24	22	23	25
31	32	30	29

Taulukosta 1 nähdään, että kuhunkin käsittelyiden kombinaatioon kuuluu kaikkiaan kuusi eri kaistaletta (toistoa). Näiltä kaistoilta laskettuja taimikohtaisia ja koealakohtaisia tunnuksia on käytetty analyysin ja graafisten esitysten keskiarvojen laskennassa. Tunnuksien graafisten esitysten on tarkoitus toimia pääasiassa aineiston käsittelyä havainnollistavana työkaluna, varsinaisen arviointi tilastollisten menetelmien avulla on suoritettu seuraavassa sisältöluvussa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että ”kokeen tulokset” eivät ole pääteltävissä/tulkittavissa pelkien keskiarvotietojen perusteella. Tilastollisen analyysin työkaluilla on mahdollista tutkia, mitkä vaikutukset tarkasteltaviin muuttujiin ovat tilastollisesti päteviä.

Aineistossa esitetyt tunnuksia on laskettu koealueella käsittelykaistaleilla sijainneilta ympyrän muotoisilta osakoealoilta. Vuoden 2019 mittausten yhteydessä tehtyjen huomautusten mukaisesti (Pasanen & Vesala 2019) osakoealojen halkaisijat olivat 252 cm, eli niiden pinta-ala oli noin 20 m². Kokonaistaimimäärien mittaustuloksissa luettiin havupuista yli 10 cm pituiset taimet, lehtipuista yli 30 cm taimet. Kasvatuskelpoisiksi taimiksi tulkittiin ensisijaisesti männyntaimet, puuttuvien taimien tapauksessa mukaan laskettiin hyvälaatuisia kehityskelpoisia koivuja. Kasvatuskelpoisiksi taimiksi oli luettu valtataimia taimikon tilajärjestys huomioiden siten, että taimia kullekin osakoealalle hyväksyttiin enintään neljä kappaletta (Pasanen & Vesala 2019; Hökkä 2023). Edellä mainittu vastaa keskimääräistä runkolukua 2000 kpl/ha.

Tunnuksien graafisissa esityksissä on käytetty runkolukujen havainnollistamisessa ruutu- ja janakaavioita (boxplot), muissa pylväskaavioita. Kaaviolla on esitetty kuhunkin käsittelykombinaatioon - tai myöhemmin lyhyemmin käsittelyyn - (A, B, C ja D) kuuluvien sarkojen tarkasteltavien tunnuksien keskiarvot. Kuviossa 1 on siis esitetty hieskoivun taimien lukumäärien keskiarvot käsittelyittäin. Kyseessä ovat siis kokonaistaimettumiseen liittyvät taimimäärät (runkoluvut), jotka kuvaavat kyseisen puulajin ”pienien taimien” lukumäärää koealoilla.

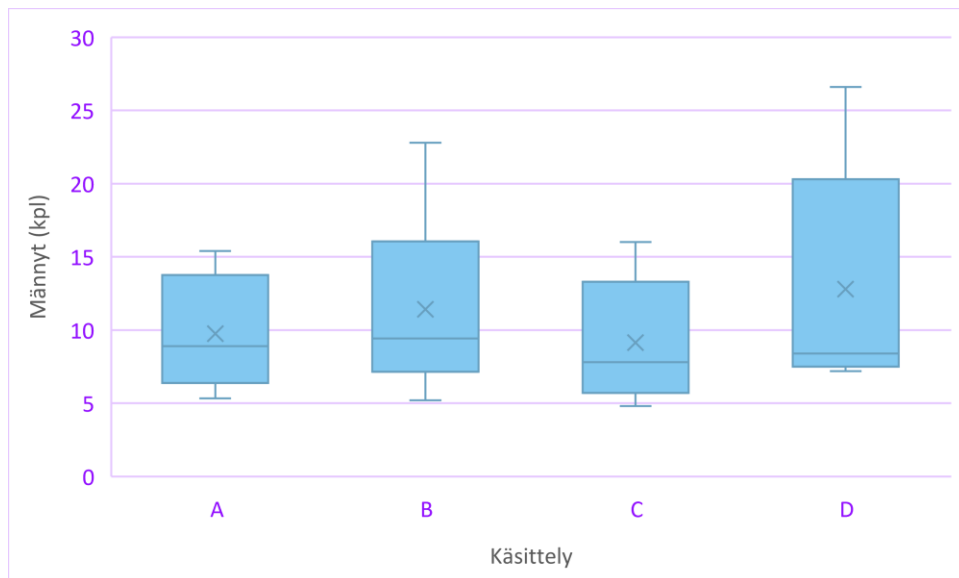


KUVIO 1. Hieskoivujen lukumäärien keskiarvot eri käsittelytavoilla

Ruutu- ja janakaaviota tulkitaan siten, että ruudun ylä- ja alareunat vastaavat muuttujien ylä- ja alaneljänneksiä, ruudun sisällä oleva viiva mediaania ja rasti keskiarvoa. Kaavion janojen päät edustavat taas pienintä ja suurinta arvoa, yli 1,5:n laatikon korkeuden etäisyydellä olevat arvot poikkeavia arvoja, jotka on esitetty pisteillä. Kuvion 1 hieskoivujen lukumääristä muodostetun kaaviosta voidaan havaita arvojen ohella kaikki edellä luetellut havainnollistukset. Kuvioista on nähtävissä myös, että keskimäärin eniten hieskoivuja on käsittelyllä C, eli kääntömätästetyllä ja istutetulla, vähiten naveromätästetyillä ja istutetulla käsittelyllä A.

Mittausdatassa oli erikseen rauduskoivujen sarake, mutta koko aineisto sisälsi ainoastaan yhden yksittäisen rauduskoivun, kaistaleella 20. Koska yksinäinen puu olisi tilastollisen, puulajikohtaisen, analyysin kannalta ongelmallinen ja tuottanut ylimääräistä monimutkaisuutta, se laskettiin kyseisen koealan hieskoivuksi. Näin ollen rauduskoivujen tunnuslukujen laskentaa eikä tilastollisia analyysejä ei ole suoritettu.

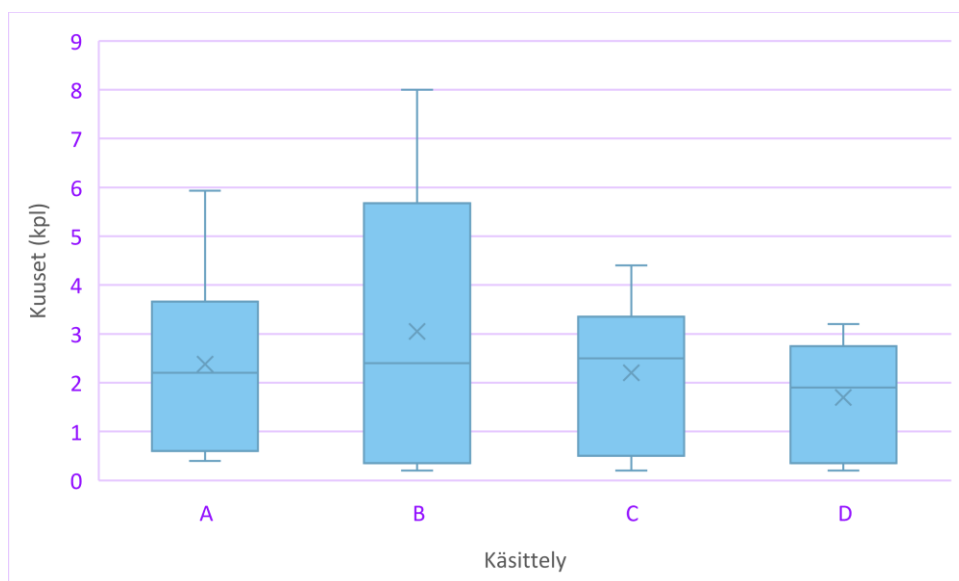
Seuraavana on tarkasteltu männynntaimien keskimääräisiä lukumääriä kaistaleilla käsittelytavoittain. Kyseessä ovat kokonaistaimettumiseen liittyvät taimimäärät. Männylle nämä ovat esitetty graafisesti kuviossa 2.



KUVIO 2. Männyntaimien lukumäärien keskiarvot eri käsittelytavoilla

Kuvion 2 ruutu- ja janakaavion tulkinta on vastaava kuin hieskoivujen kaavion. Voidaan havaita, että poikkeavia arvoja ei löydy miltään käsittelytavalta. Keskimäärin eniten (pieniä) männyntaimia on käsittelyllä D (kääntömätästys ja kylvä) kun taas vähiten käsittelyllä C (kääntömätästys ja istutus).

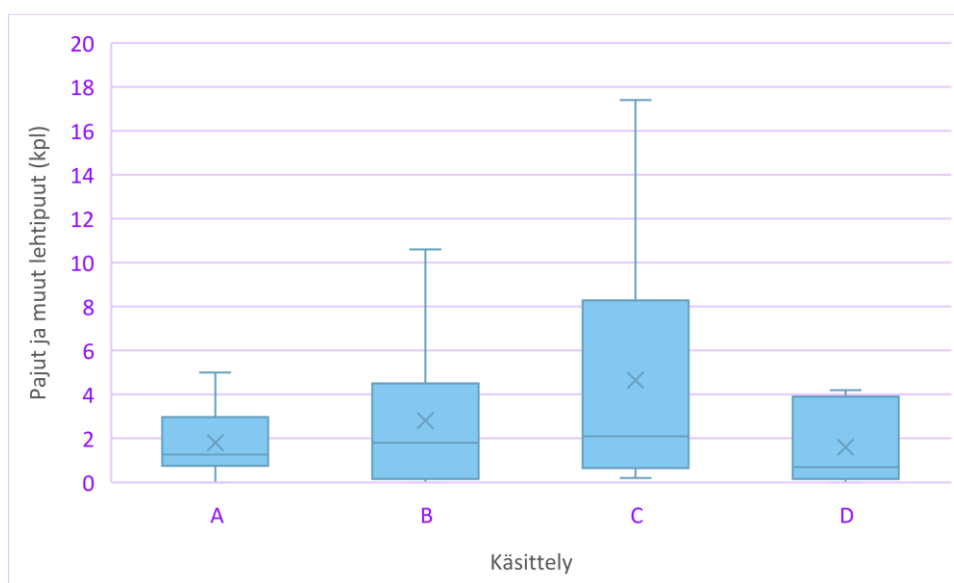
Männyn taimien lukumäärien esityksen jälkeen seuraavaksi vuorossa on vastaava tarkastelu kuusen taimien lukumäärille. Myös kuusen taimimäärät edustavat kokonaistaimettumisen mittausten yhteydessä määritettyjä tuloksia. Graafinen esitys mittaustuloksista on esitetty kuviossa 3.



KUVIO 3. Kuusentaimien lukumäärien keskiarvot eri käsittelytavoilla

Kuviosta 4 ilmenee, että verrattuna hieskoivujen ja mäntyjen lukumääriin kuusentaimien lukumäärät ovat kautta linjan alhaisempia. Tämä on toisaalta oletettava havainto, koska koealalla kuuset eivät ole viljeltyjä. Poikkeavia arvoja ei kuusten yhteydessä ole. Eniten kuusia vaikuttaisi olevan käsittelyllä B (naveromätästetyllä ja kylvetyllä), vähiten taas käsittelyllä D (kääntömätästetyllä ja kylvetyllä).

Viimeisenä taimien kokonaistaimettumiseen liittyvänä muuttujana on tarkasteltu pajujen ja muiden lehtipuiden taimien lukumääriä eri käsittelytavoilla. Näiden keskiarvot ovat esitettyinä graafisesti kuviossa 4.



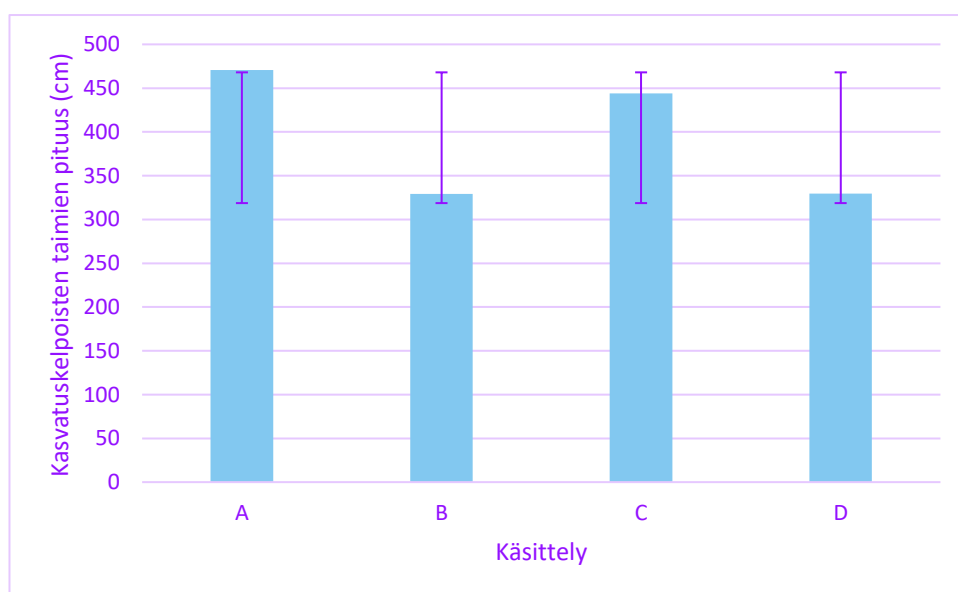
KUVIO 4. Pajujen ja muiden lehtipuiden lukumäärien keskiarvot eri käsittelytavoilla

Kuviosta 4 voidaan todeta pajujen ja muiden lehtipuiden keskimääräiset lukumäärät eri käsittelyiden kaistaleilla. Excelin esitystavasta johtuen janoilla muuttujien pienimpiä arvoja ilmaisevat päät jäävät 0-akselin taakse. Nämä arvot ovat suuruudeltaan nolliä. Kuviosta 4 havaitaan, että keskimäärin eniten pajuja ja muita lehtipuita on käsittelyllä C (kääntömätästys ja istutus), vähiten taas käsittelyllä D (kääntömätästys ja kylvö). Myös pajujen ja muiden lehtipuiden kokonaismäärät ovat merkittävästi alhaisempia kuin pienten mäntyjen ja etenkin hieskoivujen lukumäärät.

Mittausdatassa on kultakin koealalta kasvatuskelpoisiksi tulkittujen taimien pituudet. Pituustietojen lukumäärien perusteella on mahdollista laskea keskiarvot kunkin kaistaleen kaikkien kasvatuskelpoisten taimien lukumäärille koealaa kohti. Lisäksi kasvatuskelpoisista taimista laskettiin Hökän (2023) ohjeistuksen perusteella kunkin kaistaleen viiden pisimmän taimen keskipituudet.

Taimien pituuksia tarkasteltaessa on kiinnitettävä huomiota, että pituuksien vertailu istutettujen ja kylvettyjen taimien välillä ei ole täysin suoraviivaista, koska mittaushetkellä eri viljelytapojen taimet ovat koejärjestelyn takia keskenään eri ikäisiä. Koeselostuksen (Issakainen 2007) mukaisesti istutetut männyntaimet olivat viljelyhetkellä 1-vuotiaita ja kylvötaimet taas luonnollisesti "0-vuotiaita", lisäksi kylvö suoritettiin osissa kolmena eri vuonna. Näin ollen mittaushetkellä vuonna 2019 kylvetyt taimet olivat siis iältään keskimäärin 2 vuotta istutettuja taimia nuorempia. Eri vuosina kylvettyjä taimia ei ole myöskään eroteltu, koska koeasettelussa eri vuosina kylvettyjä taimia käsiteltiin kokonaisuutena, jonka perusteella muodostettiin keskimääräinen kuva viljelytavasta. Kasvatuskelpoisille taimille on pituus- ja ikätietojen avulla laskettu myös vuotuiset keskikasvut.

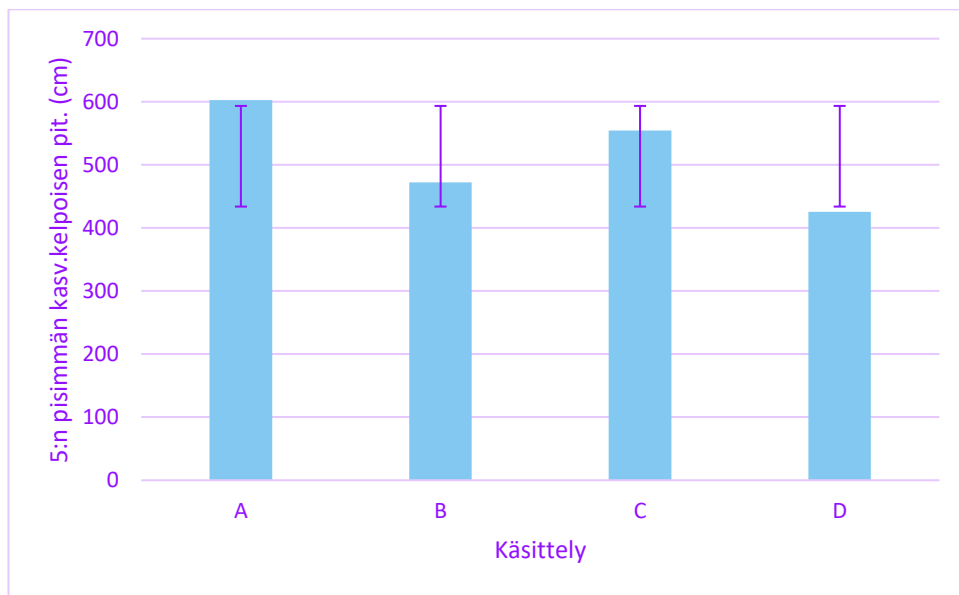
Kasvatuskelpoisten taimien pituustunnukset ovat esitetty palkkikaaviona, joihin on lisätty keskihajontaa (1σ) ilmaisevat janat, muuten tulkinta on suoraviivainen. Kuviossa 5 kasvatuskelpoisten taimien keskipituudet esitettynä käsittelyittäin.



KUVIO 5. Kasvatuskelpoisten pituuksien keskiarvot eri käsittelytavoilla

Kuviosta 5 on suoraan havaittavissa, että käsittelyillä A ja C kasvatuskelpoisten taimien keskipituudet ovat merkittävästi suurempia verrattuna käsittelyihin B ja C. Edelliset käsittelyt ovatkin molemmat istuttamalla uudistettuja. Eli merkittävä syy eroavaisuuksiin onkin todennäköisesti aiemmin mainittu koeasettelusta syntyvä viljelytapojen välinen taimien keski-ikäero. Käsittelyistä suurimmat keskipituudet ovat A:lla, pienimmät B:llä ja D:llä, joilla keskipituudet ovat lähes samat.

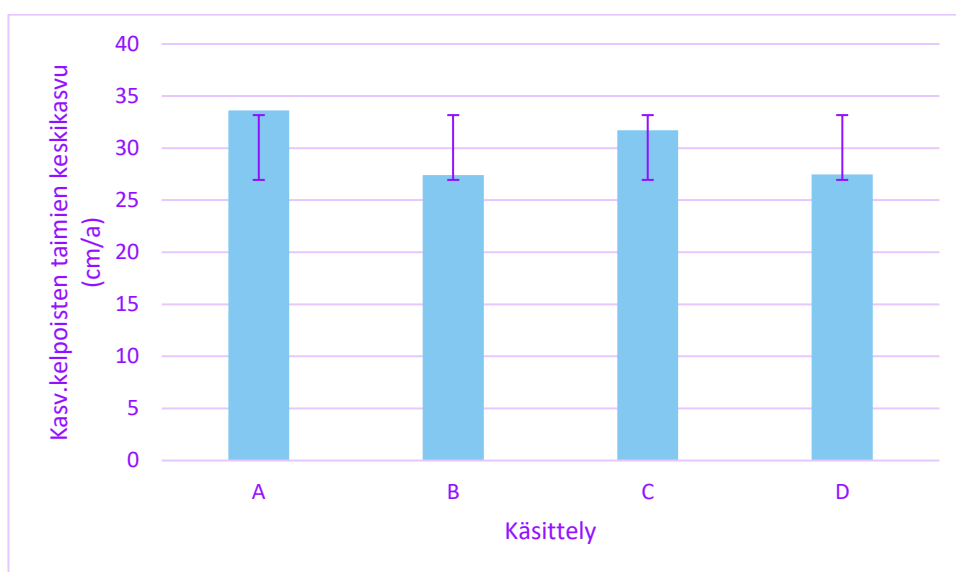
Kunkin käsittelykaistaleen viiden pisimmän kehityskelpoisen taimen pituuden keskiarvo kertoo taimien pituuskehityksestä olennaisempaa tietoa kuin kaikkien taimien pituuksien keskiarvot. Tunnusluvussa yksittäisten poikkeavan pituisten taimien vaikutus keskiarvoon pienenee. Kuitenkin myös tähän tunnukseseen vaikuttaa mainittu taimien ikäero. Viiden pisimmän kehityskelpoisen taimen pituudet käsittelytavoittain on esitettyä kuviossa 6, vastaavasti kuin keskipituudet.



KUVIO 6. Kaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen taimen keskipituudet eri käsittelytavoilla

Myös kuviosta 6 voidaan havaita kuviota 5 vastaava trendi. Eli istutettujen kaistaleiden A ja C pisimpien taimien keskipituudet ovat yhtä lailla suurempia kuin kylvettyjen kaistaleiden B ja D pisimpien taimien keskipituudet. Kuitenkin viiden pisimmän taimen pituuksia tarkasteltaessa myös käsittelyiden B ja D välillä on havaittavissa ero, käsittelyllä D pisimpien taimien keskipituudet ovat pienimmät.

Aiemmin mainitun mukaisesti kasvatuskelpoisille taimille on laskettu myös käsittelykaistoittain keskimääräiset vuosikasvut. Käytännössä tämä suoritettiin yksinkertaisesti jakamalla kunkin kasvatuskelpoisen taimen pituus sen keskimääräisellä iällä mittaushetkellä, vuonna 2019. Kylvötaimille keskimääräisenä iänä käytettiin 12 vuotta ja istutustaimille 14 vuotta, kun kylvötaimille ”keskimääräiseksi syntymävuodeksi” oletettiin koeselostuksen (Issakainen 2007) mukaisesti vuosi 2007 ja vastaavasti istutustaimille vuosi 2005. Em. yksinkertaistus olettaa kaikki taimien kokemat vuodet kasvultaan identtisiksi, mikä käytännössä ei pidä paikkaansa, mutta laskennan avulla voidaan hieman havainnollistaa taimien kasvuja. Nämä tulokset ovat esitettynä kuviossa 7.

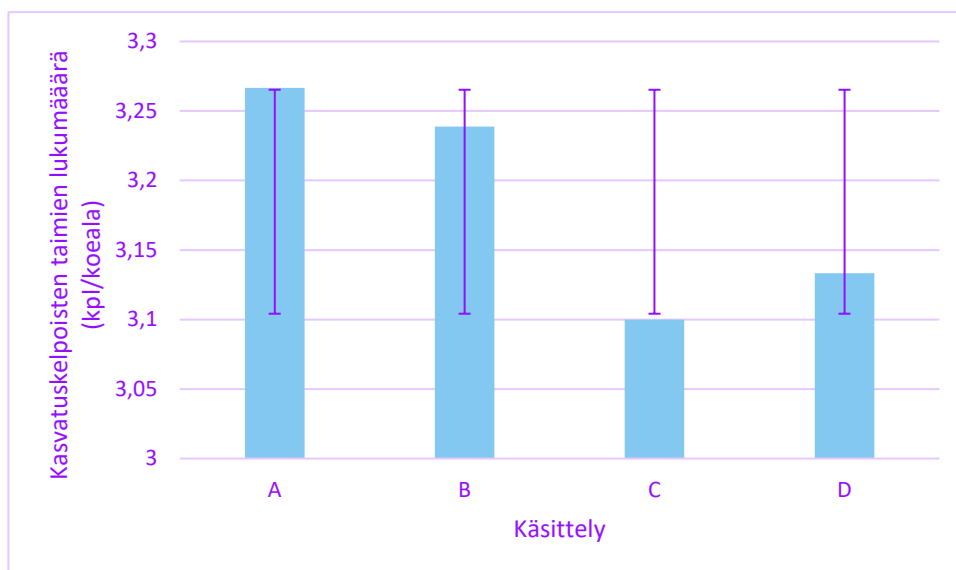


KUVIO 7. Kasvatuskelpoisten taimien keskimääräiset kasvut eri käsittelytavoilla

Kuviosta 7 on nähtävissä, että vuotuisten keskimääräisten kasvujen suuruusjärjestys noudattaa kuvion 5 mukaista. Tämä on toisaalta ilmeistä, koska pohjimmiltaan keskimääräiset kasvut ovat vakioilla (nyt iällä) skaalattu esitys keskipituuksista.

Tutkimuksen ja opinnäytetyön tehtävänasettelun kannalta myös kasvatuskelpoisten taimien lukumäärä oli sinällään kiinnostava tarkasteltava muuttuja. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärän kautta on mahdollista arvioida uudistamisen onnistumista. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien tarkastelu edellyttää muista muuttujista poikkeavaa esitystapaa, jotta keskenään erilaiset käsittelykombinaatiot olisivat vertailukelpoisia. Tämä johtuu siitä, että eri käsittelyillä on keskenään eriävät määrät koealoja ja käsittelykaistoja. Tässä yhteydessä onkin tarkasteltu

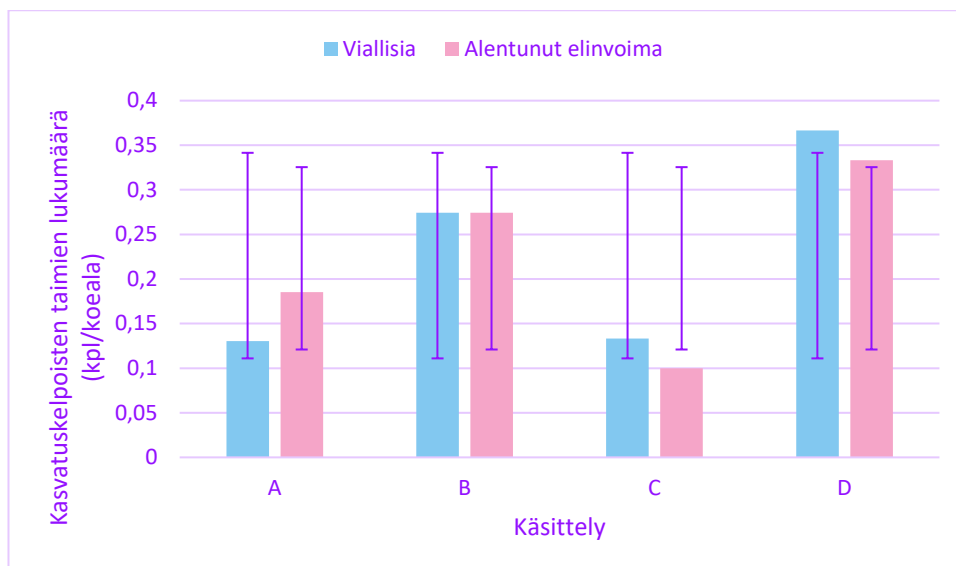
kunkin käsittelykaistaleen kullakin koealalla keskimäärin sijaitsevien kasvatuskelpoisten taimien lukumäärää. Nämä on ratkaistu kasvatuskelpoisten taimien pituustietojen lukumäärien avulla. Keskiarvot näistä ovat esitettyinä kuviossa 8.



KUVIO 8. Kasvatuskelpoisten taimien koealakohtaiset lukumäärät eri käsittelyta-voilla

Kuviosta 8 ilmenee kunkin käsittelytavan kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien keskiarvot koealoja kohti. Kuvaajia tulkittaessa on huomioitava muista kuvaajista poikkeava esitystapa, eli kyseessä ovat koealakohtaisten kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien keskiarvot käsittelyittäin, eivät kaikkien käsittelyillä olevien kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien keskiarvot. Lisäksi voidaan todeta, että kaikilla käsittelyillä kasvatuskelpoisten taimien lukumäärät koealoja kohti ovat oikeastaan samoja. Normaalien pyöristyssääntöjen mukaan kaikki pyöristyisivät samaan arvoon, ja käytännössä myös taimien lukumäärät ovat kokonaislukuja.

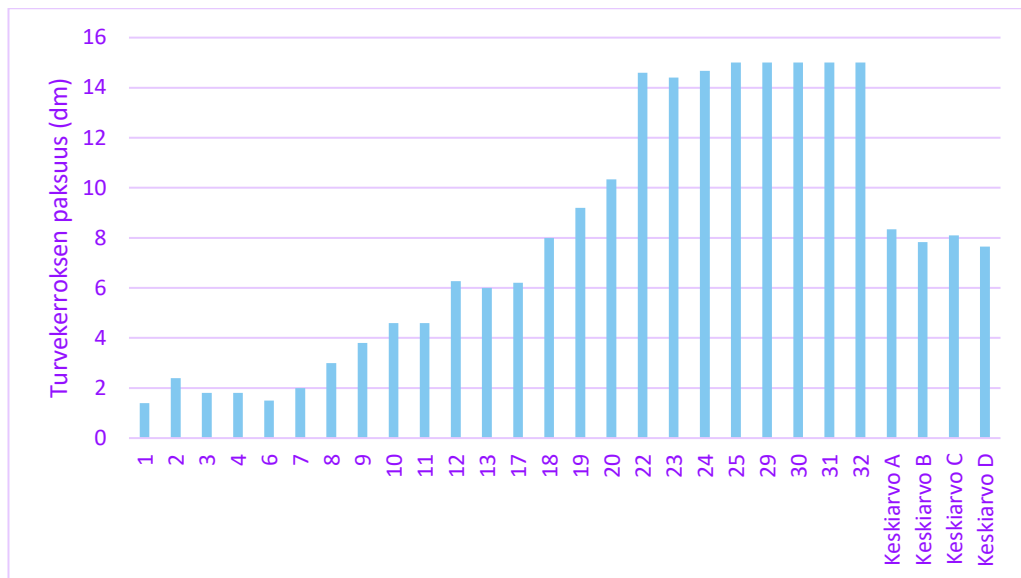
Mittausdataan oli kasvatuskelpoisten taimien mittauksen yhteydessä kirjattu kunkin taimen yhteyteen tiedot elinvoimasta ja mahdollisista tuhoista. Näitä tietoja ei ole työn puitteissa hyödynnetty tilastollisessa analyysissä, mutta ne on tässä yhteydessä tuotu esille kuviossa 9.



KUVIO 9. Viallisten ja elinvoimaltaan alentuneiden kasvatuskelpoisten taimien koealakohtaiset lukumäärät eri käsittelytavoilla.

Kuviosta 9 voidaan nähdä viallisten ja elinvoimaltaan alentuneiden taimien lukumäärät käsittelytavoittain. Kuvaajiin liittyen on huomioitava, että asteikko on kuvion 8 kanssa yhtäläinen, eli ne kuvaavat nimenomaan kasvatuskelpoisia taimia, joihin on kirjattu vika tai alentunut elinvoima. Edelleenkin kuvaajat esittävät käsittelykaistojen koealakohtaisia keskiarvoja. Vian ja elinvoiman käsitteisiin liittyen kuvaajilta voidaan havaita, että ne eivät ole toisilleen edellytyksiä tai vastaavasti poissulkevia, eli taimi voi olla joko viallinen, elinvoimaltaan alentunut tai molemmat – ja tietysti ei kumpikaan edellä mainituista. Kuviosta 9 on todettavissa, että viallisia/elinvoimaltaan alentuneita taimia vaikuttaa olevan enemmän käsittelyillä B ja D, eli kylvetyillä.

Taimien mittausten yhteydessä myös koekentällä vaikuttava turpeen paksuus määritettiin, ja se on kirjattu aineistoon omaan sarakkeeseensa. Koealueella pohjois-etelä -suunnassa muuttuvaa turvekerroksen paksuutta on havainnollistettu muodostamalla mittausdatasta käsittelykaistakohtaisista keskimääräisistä turvepaksuuksista kuvaaja, joka on esitetty kuviossa 10. Kuviossa käsittelykaistaleiden numerointi vastaa luvun 3 kuvassa 1 esitettyä alkuperäistä koeselostuksen järjestelyä, ja siinä ovat edustettuna aineiston puitteissa mitatut kaistaleet, jotka ovat mainittu taulukossa 1. Numerojärjestyksessä osa kaistaleista siis puuttuu.



KUVIO 10. Käsittelykaistaleittain mitatut korjatut turvepaksuudet

Kuviosta 10 voidaan nyt havaita, että turvekerroksen keskimääräinen paksuus kasvaa koealueella etelää kohti (suuremmat kaistalenumerot), alkaen alle 2 dm keskipaksuudesta päättyen yli 14 dm:iin. Alkuperäisessä mittausdatassa käsittelykaistaleilla 6 ja 7 oli kummallakin yksi yksittäinen poikkeava turpeenpaksuushavainto, joka oli suuruudeltaan yli 5-kertainen verrattuna muihin kyseisellä kaistaleella olleista havainnoista. Näin suuret erot arvoissa ovat käytännössä fyysisesti mahdottomia, eli ne ovat erittäin todennäköisesti virheitä, jotka ovat syntyneet dataan mittaus- tai kirjausvaiheissa. Nämä kyseiset arvot oikaistiin datassa korvaamalla ne ko. kaistaleen turvepaksuuden keskiarvoilla. Kuvio 10 esittääkin siis korjattujen turvepaksuuksien sarjaa. Kuvion oikeassa laidassa olevat keskiarvot kuvaavat kunkin käsittelyn keskimääräistä turvepaksuutta, yksittäisten kaistaleiden keskimääräiset turvepaksuudet on laskettu koealoilta määritettyjen turvepaksuuksien keskiarvoista. Turvepaksuuden keskimääräinen arvo oli 7,91 dm, eli periaatteessa määritelmällisesti alueen voidaan todeta keskimäärin edustavan paksumurpeista kohdetta (Laine et al. 2019).

4.2 Aineistojen tilastollinen testaaminen

Mittausdatan muodostaman aineiston tilastollinen tarkastelu ja testaaminen suoritettiin vaiheittain. Prosessi alkoi muuttujien ”varianssianalyysikelpoisuuden” selvittämisestä, jatkuen selittävien muuttujien tarkastelun kautta varsinaisiin, työn

tulosten kannalta merkityksellisiin ja kertoviin varianssi- ja kovarianssianalyyseihin.

Aineistojen tilastollisessa tarkastelussa on hyödynnetty tilastotieteellisen analyysin ohjelmistoa SPSS:ää. Kyseisen ohjelmiston avulla oli mahdollista suorittaa varianssianalyysin kannalta olennaiset normaalijakautuneisuuden testit sekä varianssi- ja kovarianssianalyysit. Myös naveromätäskaistaleiden keskinäinen vertailu t-testillä, oli mahdollista suorittaa kyseisen ohjelmiston työkaluilla.

4.2.1 Tilastollisen testaamisen edellytyksistä

Normaalijakautuneella muuttujalla tarkoitetaan yleisesti sellaista, jonka aineisto on jakautunut Gaussin kellokäyrän mukaisesti. Se on yleisimmin käytetty jakaumatyyppi (Nummenmaa 2009) ja näin ollen valtaosa tilastollisen analyysin menetelmistä perustuu sen hyödyntämiseen, mikä taas tarkoittaa, että tarkasteltavien aineistojen tulisi olla kyseisen jakauman mukaisia.

Muuttujien normaalijakautuneisuuden selvittämiseen on useita keinoja, kuten testejä ja tunnuslukujen tarkasteluita. Lähtökohtana tarkastelussa oli käyttää Kolmogorv-Smirnov-testiä, mutta testin tietynlaisen konservatiivisuuden takia on mahdollista, että se hylkää normaalijakautuneisuusoletuksen (Nummenmaa 2009). Aineistolle oli siis tarpeen suorittaa lisätarkastelu, jotta normaalijakautuneisuus saatiin todennettua. Tässä yhteydessä on hyödynnetty analyysiin liittyvissä lähdemateriaaleissa (Nummenmaa 2009) ja (Kim 2013) esitettyjä keinoja, jotka perustuvat jakauman tunnuslukujen, vinouden (skewness) ja huipukkuuden (kurtosis) tarkasteluun. Aineisto voidaan siis olettaa tarkastelun kannalta likimain normaalijakautuneeksi, mikäli: huipukkuuden ja vinouden itseisarvot ovat molemmat suuruudeltaan alle 1 (Nummenmaa 2009); tai vinouden ja huipukkuuden sekä niitä vastaavien keskivirheiden itseisarvojen osamäärät ovat alle 1,96, kun otoskoko $n > 50$ tai 3,29 kun $50 < n < 300$ (Kim 2013). Suuremmilla otoskoon arvoilla voidaan tulkita suoraan huipukkuuden ja vinouden itseisarvoja tai histogrammikuvaajia (Kim 2013).

Molemmat em. jakaumia kuvailevat tunnusluvut on mahdollista selvittää muuttujittain SPSS:n Descriptive Statisticsin Descriptives- ja Explore-toiminnoilla, joiden perusteella tarkistuslaskelmat itsearvoille ovat edelleen yksinkertaisesti suoritettavissa. Muuttujien normaalijakautuneisuuden tarkastelun tuloksia onkin esitetty liitteen 3 taulukoissa. Osa tarkasteltavista selitettävistä muuttujista oli sellaisia, että vaadittiin erilaisia muunnoksia, jotta ne saatiin em. tarkasteluiden perusteella ”riittävän” normaalijakautuneiksi (ts. kelpoisiksi varianssianalyysille). Selitettävistä muuttujista kasvatuskelpoisten taimien pituudet ja niistä johdetut tunnuksset (kasvatuskelpoisten lukumäärät, niiden keskimääräinen kasvu sekä 5:n pisimmän keskipituudet) sekä hieskoivujen pituudet olivat suoraan normaalijakauman mukaisia. SPSS:llä testatut tulokset em. muuttujiin liittyen ovat liitteen 3 taulukoissa 1–4, joista ensimmäisessä kahdessa ovat tulokset kasvatuskelpoisten taimien pituuksille ja kasvuille, kolmannessa kasvatuskelpoisten taimien lukumäärille ja neljännessä viiden pisimmän keskipituuksille. Hieskoivujen pituuksiin liittyvät tulokset taas ovat taulukon 5 alimmalla rivillä.

Loput selitettävistä muuttujista, eli puulajikohtaiset taimien tunnuksset kokonaisuutenaan liittyen, olivat jakaumiltaan kaikki oikealle vinoutuneita, jolloin niiden yhteydessä hyödynnettiin erilaisia muunnoksia. On muistettava, että muuttujia ei vertailla keskenään, vaan ainoastaan varianssianalyysissä luokittelumuuttujien välillä, jolloin eri muuttujille voidaan käyttää eri muunnoksia. Muuttujista hieskoivujen ja mäntyjen lukumäärät olivat lievästi oikealle vinoja, joten niihin hyödynnettiin neliöjuurimuunnosta (Nummenmaa 2009). Kuusien ja lehtipuiden lukumäärät olivat taas voimakkaammin oikealle vinoja, jolloin kyseeseen tuli logaritmimuunnos – hyödyntäen luonnollista logaritmia (Nummenmaa 2009). Muunnettujen muuttujien tunnusluvut ovat esitetty Liitteen 3 taulukossa 5. Ko. taulukon taimien tunnuksia kuvaavat muuttujat olivat muunnosten jälkeen edellä kuvattujen huipukkuuden ja vinouden arvoille asetettujen ehtojen nojalla riittävän normaalijakautuneita.

4.2.2 Pintamaan vaikutus tutkittaviin muuttujiin

Alkuperäisessä koejärjestelyssä ja mittausdatassa naveromätästetyillä kaistaleilla, käsittelyillä A ja B, oli eroteltu kyseisen muokkaustavan määttää pintamaan

mukaan. Mittausten yhteydessä oli siis kirjattu, koostuiko mättään viljelypinta pääasiassa turve- vai kivennäismaasta, ja näin ollen datan perusteella oli relevanttia tarkastella, oliko pintamaalla vaikutusta mitattuihin tunnuksiin. Mikäli näin on, tulee mätäspinta huomioida omana luokittelumuuttujanaan, ts. naveromätätettyjen koealojen eri pintamaiden osakoealat käsitellään omina kokonaisuuksinaan. Toisaalta, mikäli taas eroa ei ole, analyysin kannalta eri pintamaan omaavat naveromätäskoealat käsitellään keskenään samanlaisina.

Vertailu naveromättäiden pintamaiden vaikutuksista eri tunnuksiin suoritettiin riippumattomien otosten t-testillä. Kyseinen menetelmä on käyttökelpoinen, kun tarkastellaan, poikkeavatko kaksi ryhmää toisesta jonkin ominaisuuden suhteen (Nummenmaa 2009). Myös T-testi vertailee ryhmien keskiarvojen eroja. Testin avulla testattiin siis kokeen kannalta merkityksellisten tunnusten eroavaisuuksia vertaillen keskenään viljelytavoittain kivennäis- ja turvepintaisilta mitattuja arvoja. Kääntömätätetyillä koealoilla kaikki mättäät olivat keskenään pintamaan suhteen vastaavanlaisia, joten ne voitiin jättää tämän tarkastelun ulkopuolelle. T-testit mätäspintojen vaikutuksista muuttujiin suoritettiin SPSS:n Independent-Samples T Test -toiminnon avulla. Kyseisellä toiminnolla on myös mahdollista tarkastella nk. Levenen testin avulla tarkasteltavien muuttujien varianssien yhtäsuuruuksia. Selitettävistä muuttujista testattiin siis hieskoivujen, mäntyjen, kuusien ja muiden lehtipuiden taimimäärät sekä kasvatuskelpoisten taimien lukumäärät ja niiden pituudet.

T-testien tulokset SPSS:tä ovat koostettu liitteiden 4 ja 5 taulukoissa. Liitteessä 4 on erillisissä taulukoissa t-testien tulokset kasvatuskelpoisten puiden lukumäärien koealakohtaisille keskiarvoille. Testien muuttujien ryhmätunnukset ovat koostusti ennen testejä. Vastaavasti liitteen 5 taulukoissa 1 ja 2 on muiden pintamaan tarkastelun yhteydessä testattujen tunnusten t-testien ryhmätilastot, ja taulukoissa 3 ja 4 testitulokset.

Ryhmätilastojen taulukoissa pintamaan tunnuksat 2 ja 3 viittaavat alkuperäisen mittausdatan pintamaan jaotteluun (2 = kivennäispinta, 3 = turvepinta). Kuten aiemmin mainittu, tilastollisen testaamisessa testitulosten eräs merkittävän tärkeä tunnusluku on p-arvo (tulosteissa sig). T-testin yhteydessä p-arvo ilmaisee

todennäköisyyden, jolla tarkasteltavien muuttujien ryhmien keskiarvojen ero syntyy otantavirheistä, eli voidaanko ero tulkita tilastollisesti merkittäväksi. (Nummenmaa 2009) Raja-arvona on myös tässä tapauksessa p:n arvo 0,05. Tätä pienemmillä p:n arvoilla erojen ryhmien keskiarvojen välillä voidaan todeta olevan tilastollisesti merkittäviä.

Liitteen 4 taulukoista 1 ja 2 sekä liitteen 5 taulukoista 3 ja 4 voidaan havaita, että Levenen testit kullekin muuttujalle antavat p:n arvoja, jotka ovat suuruudeltaan yli 0,05:n, mikä merkitsee tarkasteltavien muuttujien varianssien yhtäsuuruuksia. Merkitsevät arvot ovat lihavoitu ko. taulukoista tulkinnan helpottamiseksi. Samoista taulukoista kutakin Levenen testiä vastaavilta riveiltä luettaessa myös t-testien p:n arvot (two-sided) ovat suurempia kuin 0,05 kaikilla testillä tutkittavilla muuttujilla, kummallakin viljelytavalla (a = istutus, b = kylvö).

Näin ollen voidaan todeta, että naveromätästetyillä koealoilla pintamaa ei vaikuta tilastollisesti merkittävästi tuloksiin, joten kyseisen muokkaustavan määttäitä voidaan käsitellä analyyseissa yhtenä kokonaisuutena. Naveromättään pintamaa ei näytä vaikuttavan hieskoivun-, männyn-, kuusen- tai lehtipuuntaimien lukumääriin, hieskoivujen pituuksiin, eikä myöskään kasvatuskelpoisten taimien pituuksiin tai niiden lukumääriin. Toisin sanoen, naveromättäiden pintamaata ei oteta huomioon omana erillisenä luokittelumuuttujanaan muissa tarkasteluissa.

4.2.3 Maanmuokkaus- ja viljelytapojen vaikutukset

Edellä esitettyjen tarkasteluiden perusteella on mahdollista suorittaa koko opinäytetyön kannalta olennainen tilastollinen analyysi maanmuokkauksen ja viljelytapojen vaikutuksista kokeen aineiston pohjalta. Analyyseissa hyödynnettiin aiempia graafisesti havainnollistettuja (selitettäviä) muuttujia, joiden keskiarvoja vertailtiin selittävien muuttujien (maanmuokkaus- ja viljelytapojen) suhteen.

Pääasiallisena menetelmänä koeasetelman luokittelumuuttujien vaikutuksien arviointiin käytettiin aiemmassa luvussa esiteltyä varianssianalyysia. Lisäksi kokeiltiin erikseen kovarianssianalyysin avulla mahdollista turpeen paksuuden vaihtelun vaikutusta vastaavissa tarkasteluissa.

Edellä mainitut analyysit suoritettiin hyödyntämällä SPSS:n General Linear Modelin (GLM:n) Univariate -proseduuria, jonka avulla on mahdollista suorittaa useita erilaisia monimuuttujatarkasteluita. Näihin kuuluvat myös varianssi- ja kovarianssianalyysit, joissa muuttujina käytettiin luvun 4.2.1 mukaisesti normaali-muotoon muunnettuja tunnuksia. Analyysit suoritettiin lähtökohtaisesti kaksisuuntaisina, eli tutkittiin selittävien muuttujien vaikutuksien lisäksi mahdollisia yhdysvaikutuksia. Varianssi- ja kovarianssianalyysien (ANOVA ja ANCOVA) tulokset, eli tulosteet SPSS:stä, on esitetty ja niitä on käsitelty seuraavassa, 5., sisäl-
töluvussa.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa on esitetty opinnäytetyön kannalta olennaiset aineiston analyysit. Tilastolliset analyysit suoritettiin pääosin SPSS:n eri työkalujen ja toimintojen avulla, lisäksi havainnollistavia kuvaajia/taulukoita tehtiin Excelillä. SPSS:n tilastollisten analyysien suorittamisessa hyödynnetty Univariate-proseduuri mahdollisti myös analyysien suorittamisen ehtona olevan varianssien yhtäsuuruusoletuksen tarkistamisen nk. Levenen testillä. Kyseisten testien tulostaulukot kullekin selitettävälle muuttujalle on esitettyä erikseen liitteissä 6–8. Taulukoissa huomioitavat lukuarvot on korostettu lihavoidulla tekstillä havainnollistamiseksi. Merkityksellisimpiä ovat käytännössä analyysien p-arvot ilmaisevat sarakkeet, eli SPSS:n tulosteissa Sig-arvoja sisältävät sarakkeet. Kuten aiemmin mainittu, sekä analyysien että niihin liittyvien Levenen testien p-arvojen raja-arvona pidetään edelleen arvoa 0,05.

Analyysit suoritettiin ”pienille” taimille, eli koealoilta vuonna 2019 mitatuille taimien tunnuksille liittyen taimien kokonaismääriin puulajeittain sekä mitatuille kasvatuskelpoisten taimien tunnuksille. Tämän luvun analyysitaulukoita tulkittaessa on muistettava, että osa muuttujista on muunnettu analyysia varten erilaisilla muunnoksilla. Suoria johtopäätöksiä/vertailua ei voi tehdä muunnoksilla käsiteltyjen muuttujien lukuarvoista, esimerkiksi analyysien tulosteissa näkyvistä ryhmäkeskiarvojen suuruuksista. Tunnusten ”suoraan” tulkittavia havainnollistuksia on esitetty edellisessä luvussa.

5.1 Kokonaistaimimääriin liittyvien tunnusten analysointi

Ns. ”pienten” taimien tunnusten analyysitulosten perusteella on mahdollista tehdä päätelmiä koeasettelun mukaisista maanmuokkaus- ja viljelytapojen vaikutuksista kokonaistaimettumiseen tai taimien kokonaismäärään. Pienten taimien tunnukset kuvaavat siis koealoilta mitattuja ei-kasvatuskelpoisiksi tulkittuja taimia, eli niiden runkolukuja ja pituuksia. Kokonaistaimettumisen tunnukset havainnollistavat esimerkiksi, minkälainen kehityspotentiaali on luonnontaimilla. Käytännössä

luonnontaimet kilpailevat uudistusalan viljelytaimien kanssa, kun kyseessä ei ole luontaisen uudistamisen ala.

Alaluvussa on esitetty puulajeittain varianssi- ja kovarianssianalyysit (kaksisuuntaisina) niin kutstutuista pienistä taimista mitatuille runkoluvuille. Analyyseissa selittävinä muuttujina ovat maanmuokkaustavat ja viljelytavat.

5.1.1 Taimien lukumäärät puulajeittain

Taimien kokonaislukumääriin liittyvien tunnuslukujen tarkastelu on aloitettu hieskoivujen runkolukujen analyyseista. Hieskoivujen lukumääriin on luettu aineistoon kirjattu yksittäinen rauduskoivu. Tarkastelussa hieskoivujen muunnettua lukumäärää edustaa (selitettävä) muuttuja *hiko_lkm*. Taulukossa 1 on esitetty varianssianalyysin tulokset edellä mainittuun muuttujaan liittyen.

TAULUKKO 1. Hieskoivujen lukumäärien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: hiko_lkm						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1,627 ^a	3	,542	1,032	,400	,134
Intercept	813,828	1	813,828	1547,989	<,001	,987
viljely	,004	1	,004	,008	,928	,000
maanmuok	,515	1	,515	,980	,334	,047
viljely * maanmuok	1,108	1	1,108	2,107	,162	,095
Error	10,515	20	,526			
Total	825,971	24				
Corrected Total	12,142	23				

a. R Squared = ,134 (Adjusted R Squared = ,004)

Taulukosta 1 havaitaan, että p:n arvo on molempien selitettävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Liitteen 6 taulukosta 1 taas nähdään, että kyseisen varianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Edellä

mainittu kokonaisuutena ilmaisee sitä, että kokeen aineiston perusteella viljelytavalla, maanmuokkaustavalla tai niiden yhdysvaikutuksella ei ole tilastollista vaikutusta hieskoivun taimien lukumääriin.

Seuraavassa taulukossa 2 on esitetty vastaavasti hieskoivujen runkolukujen kaksisuuntaisen kovarianssianalyysin tulokset. Analyysissä on käytetty kovariaattina koekentällä vaikuttavan turvekerroksen keskimääräistä paksuutta. Taulukon muuttujien nimeäminen on edellistä varianssianalyysia vastaava.

TAULUKKO 2. Hieskoivujen lukumäärien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hiko_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2,979 ^a	4	,745	1,544	,230	,245
Intercept	222,119	1	222,119	460,551	<,001	,960
turvep_k	1,351	1	1,351	2,801	,111	,128
viljely	,000	1	,000	,000	,984	,000
maanmuok	,549	1	,549	1,138	,299	,057
viljely * maanmuok	1,115	1	1,115	2,312	,145	,108
Error	9,164	19	,482			
Total	825,971	24				
Corrected Total	12,142	23				

a. R Squared = ,245 (Adjusted R Squared = ,086)

Taulukosta 2 havaitaan, että p:n arvo on molempien selitettävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Liitteen 6 taulukosta 1 nähdään edelleen, että kyseisen kovarianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Edellä mainittu tarkoittaa sitä, että kokeen aineiston perusteella viljelyllä, maanmuokkauksella tai niiden yhdysvaikutuksella, kun huomioidaan kovariaatti turpeen paksuus, ei ole tilastollista vaikutusta hieskoivuntaimien lukumääriin.

Seuraavana on tarkasteltu männyntaimien runkolukuja vastaavasti kuin koivun-
taimien tapauksessa. Taulukossa 3 on SPSS:n tuloste mäntyjen lukumäärien va-
rianssianalyysille. Mäntyjen muunnettua lukumäärää edustaa muuttuja *mä_lkm*.

TAULUKKO 3. Mäntyjen lukumäärien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mä_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1,206 ^a	3	,402	,569	,642	,079
Intercept	231,318	1	231,318	327,685	<,001	,942
viljely	,932	1	,932	1,321	,264	,062
maanmuok	,043	1	,043	,061	,807	,003
viljely * maan- muok	,230	1	,230	,326	,574	,016
Error	14,118	20	,706			
Total	246,642	24				
Corrected Total	15,324	23				

a. R Squared = ,079 (Adjusted R Squared = -,060)

Myös kuten hieskoivujen tapauksessa, taulukosta 3 havaitaan, että p:n arvo on molempien selitettävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Liitteen 6 taulukosta 2 taas nähdään, että kyseisen varianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Edellä mainittu kokonaisuutena ilmaisee sitä, että kokeen aineiston perusteella viljelyllä, maanmuokkauksella tai niiden yhdysvaikutuksella ei ole tilastollista vaikutusta männyntaimien lukumääriin.

Hieskoivujen analyysija vastaavasti varianssianalyysin jälkeen on esitetty kovarianssianalyysin tulokset. Myös tässä kovariaattina on käytetty turvepaksuuden keskiarvoa. Nämä tulokset ovat esitetty taulukossa 4, jossa muuttujien nimeäminen on yhtäläinen männyn lukumäärien varianssianalyysien kanssa.

TAULUKKO 4. Mäntyjen lukumäärien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: mä_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2,546 ^a	4	,637	,946	,459	,166
Intercept	88,787	1	88,787	132,018	<,001	,874
turvep_k	1,340	1	1,340	1,993	,174	,095
viljely	,833	1	,833	1,238	,280	,061
maanmuok	,034	1	,034	,051	,824	,003
viljely * maanmuok	,233	1	,233	,347	,563	,018
Error	12,778	19	,673			
Total	246,642	24				
Corrected Total	15,324	23				

a. R Squared = ,166 (Adjusted R Squared = -,009)

Taulukosta 4 nähdään, että p:n arvo on molempien selitettävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Liitteen 6 taulukosta 2 nähdään edelleen, että kyseisen kovarianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Edellä mainittu tarkoittaa, että kokeen aineiston perusteella viljelyllä, maanmuokkauksella, niiden yhdysvaikutuksella, eikä kovariaatilla, ole tilastollista vaikutusta mäennyntaimien lukumääriin.

Kuusien lukumäärät koealoilla ovat seuraava selitettävä muuttuja, jota on tarkasteltu tilastollisen analyysin keinoin. Taulukossa 5 on esitetty tähän liittyvän varianssianalyysin tulostaulukko. Tarkastelussa selitettävää muuttujaa kuusien lukumäärälle edustaa *ku_lkm* (muunnettu).

TAULUKKO 5. Kuusten lukumäärien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ku_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1,692 ^a	3	,564	2,185	,122	,247
Intercept	8,284	1	8,284	32,080	<,001	,616
viljely	,012	1	,012	,045	,835	,002
maanmuok	1,509	1	1,509	5,842	,025	,226
viljely * maanmuok	,172	1	,172	,667	,424	,032
Error	5,165	20	,258			
Total	15,142	24				
Corrected Total	6,857	23				

a. R Squared = ,247 (Adjusted R Squared = ,134)

Taulukon 5 varianssianalyysiin liittyvän Levenen testin tulokset ovat liitteen 6 taulukossa 3, josta voidaan lukea kyseisen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Taulukosta 5 havaitaan kuitenkin nyt, että maanmuokkauksella p-arvo on alle 0,05. Eli aineistosta tehdyn varianssianalyysin perusteella voidaan todeta, että selittävällä muuttujalla maanmuokkaus on tilastollisesti merkittävä vaikutus kuusten lukumäärään. $F(1,20) = 5,842$, $p = 0,25$. Liitteen 6 taulukossa 4 esitetyn kyseiseen analyysiin liittyvän parittaisen tarkastelun maanmuokkauksen taulukosta nähdään, että tilastollisesti merkittävä vaikutus koskee kylvöaloja (riveillä $p < 0,05$).

Liitteen 6 taulukon 3 kuusentaimien lukumäärien kovarianssianalyysin Levenen testin tulos osoittaa varianssien erisuuruuden, eli p:n arvo on alle 0,05. Tällöin käytännössä kovarianssianalyysin käytön edellytykset eivät täyty, mikä taas johtaisi vaatimukseen ei-parametristen testien käyttämisen vaatimukseen. Kuitenkaan tällaisia testejä ei opinnäytetyön puitteissa hyödynnetä, joten tämän muuttujan suhteen analyysi jätetään suorittamatta. Tämä osittain myös siksi, että koealoilta mitatut kuuset ovat luonnonkuusia, eikä niiden esiintyminen ei ole periaatteessa suoranaisesti koeasettelun tulosta. Mahdollisia ”kokeen ulkopuolisia” vaikuttimia kuusentaimien lukumääriin on tarkasteltu aineiston pohjalta alaluvussa 5.1.2.

Viimeisenä kokonaistaimettumiseen liittyvistä selitettävistä muuttujista on tarkasteltu pajujen ja muiden lehtipuiden runkolukuja. Tämän muuttujan varianssianalyysin tulokset ovat taulukossa 6. Taulukon mukaisessa analyysissä kyseinen muuttuja muunnetulle pajujen ja muiden lehtipuiden lukumäärille oli *lp_lkm*.

TAULUKKO 6. Pajujen ja muiden lehtipuiden lukumäärien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: lp_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	,941 ^a	3	,314	,461	,712	,065
Intercept	29,740	1	29,740	43,759	<,001	,686
viljely	,514	1	,514	,756	,395	,036
maanmuok	,079	1	,079	,117	,736	,006
viljely * maanmuok	,347	1	,347	,511	,483	,025
Error	13,593	20	,680			
Total	44,273	24				
Corrected Total	14,533	23				

a. R Squared = ,065 (Adjusted R Squared = -,076)

Kuten aiempien analyysien yhteydessä, taulukosta 6 havaitaan, että p:n arvo on molempien selittävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Liitteen 6 taulukosta 4 voidaan todeta, että kyseisen varianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Edellä mainittu tarkoittaa sitä, että kokeen aineiston perusteella viljelyllä, maanmuokkauksella tai niiden yhdysvaikutuksella ei ole tilastollista vaikutusta pajujen ja muiden lehtipuiden taimien lukumääriin.

Edelleen vastaavasti muiden taimien kokonaismäärien analyysien kanssa, tarkasteltiin turpeen paksuus mahdollista vaikutusta tähän selitettävään muuttujaan. Kovarianssianalyysin tulokset ovat taulukossa 7, muuttujien nimeäminen on varianssianalyysia vastaava.

TAULUKKO 7. Pajujen ja muiden lehtipuiden lukumäärien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: lp_lkm

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	3,902 ^a	4	,976	1,743	,182	,268
Intercept	19,925	1	19,925	35,610	<,001	,652
turvep_k	2,961	1	2,961	5,293	,033	,218
viljely	,629	1	,629	1,125	,302	,056
maanmuok	,100	1	,100	,179	,677	,009
viljely * maanmuok	,342	1	,342	,611	,444	,031
Error	10,631	19	,560			
Total	44,273	24				
Corrected Total	14,533	23				

a. R Squared = ,268 (Adjusted R Squared = ,114)

Nyt taulukosta 7 havaitaan, että p:n arvo on molempien selitettävien muuttujien, viljely- ja maanmuokkaustapojen, suhteen yli 0,05. Myöskään muuttujien yhdysvaikutus ei ole merkitsevä. Kuitenkin kovariaatin turvepaksuus vaikutus on merkitsevä, siis p:n arvo yli 0,05. Liitteen 6 taulukosta 4 nähdään, että kyseisen kovarianssianalyysin yhteydessä suoritettu Levenen testi antaa p:n arvoksi yli 0,05, mikä taas ilmaisee Levenen testin osoittavan varianssien yhtäsuuruuden. Taulukosta tehtävä mahdollinen johtopäätös on, että kokeen aineiston perusteella viljelyllä, maanmuokkauksella tai niiden yhdysvaikutuksella ei ole tilastollista vaikutusta pajujen ja muiden lehtipuiden lukumääriin. Kuitenkin turpeen paksuus voidaan tulkita tässä tapauksessa merkittäväksi selittävän muuttujan tavoin käyttäytyväksi.

5.1.2 Muut taimien kokonaismääriin liittyvät tarkastelut

Taimien runkolukujen ohella muutamiin muihin kokonaistaimettumiseen liittyviin tunnuksiin suoritettiin lisätarkasteluja. Taimien puulajikohtaisten lukumääriä vastaava tarkastelu suoritettiin hieskoivujen pituuksille, joille tehtiin runkolukutunnus-

ten tavoin kaksisuuntaiset varianssi- ja kovarianssianalyysit (kovariaattina koe-kentällä vaikuttava turvepaksuus). Lisäksi hieskoivun taimien pituuksia verrattiin männyntaimien vastaaviin. Lopuksi aineiston perusteella havainnollistettiin kuusen taimien lukumäärien sijoittumista koealoittain sekä kuusen, pajujen ja muiden lehtipuiden taimien sijoittumista käsittelysaroittain.

Perusteena hieskoivujen pituuksien analysoinnille on se, että viitekehyksessäkin esitettyjen julkaisujen mukaan tyypillisesti nimenomaan hieskoivukasvusto muodostaa turvemailla kasvatettaville männylle haasteita kilpailuasetelman kautta. Tulokset hieskoivuntaimien pituuksien varianssianalyysille ovat esitetty taulukossa 8, analyysissa selitettävän muuttujana, kokonaistaimettumisen hieskoivujen pituuksille, oli *hiko_pit*.

TAULUKKO 8. Hieskoivujen pituuksien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hiko_pit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	25,288 ^a	3	8,429	1,660	,208	,199
Intercept	9700,260	1	9700,260	1909,761	<,001	,990
viljely	,184	1	,184	,036	,851	,002
maanmuok	7,594	1	7,594	1,495	,236	,070
viljely * maanmuok	17,510	1	17,510	3,447	,078	,147
Error	101,586	20	5,079			
Total	9827,134	24				
Corrected Total	126,874	23				

a. R Squared = ,199 (Adjusted R Squared = ,079)

Taulukosta 8 voidaan havaita, että hieskoivujen pituuteen ei ole viljelyllä, maanmuokkauksella tai edellä mainittujen yhdysvaikutuksella tilastollisesti merkittävää vaikutusta. Kyseiseen analyysiin liittyvän Levenen testin tulostaulukko on esitetty liitteessä 7, taulukossa 1, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavien varianssien yhtäsuuruus.

Taulukossa 9 taas on esitettyä hieskoivun taimien pituuden varianssianalyysin tulokset, missä kovariaattina on käytetty koealueen turvepaksuutta. Kovarianssianalyysiin liittyvän Levenen testin tulostaulukko on liitteen 7 taulukossa 1, josta voidaan havaita kyseisen testin osoittavan muuttujien varianssien yhtäsuuruuden tarkastelussa.

TAULUKKO 9 Hieskoivujen pituuksien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: hiko_pit

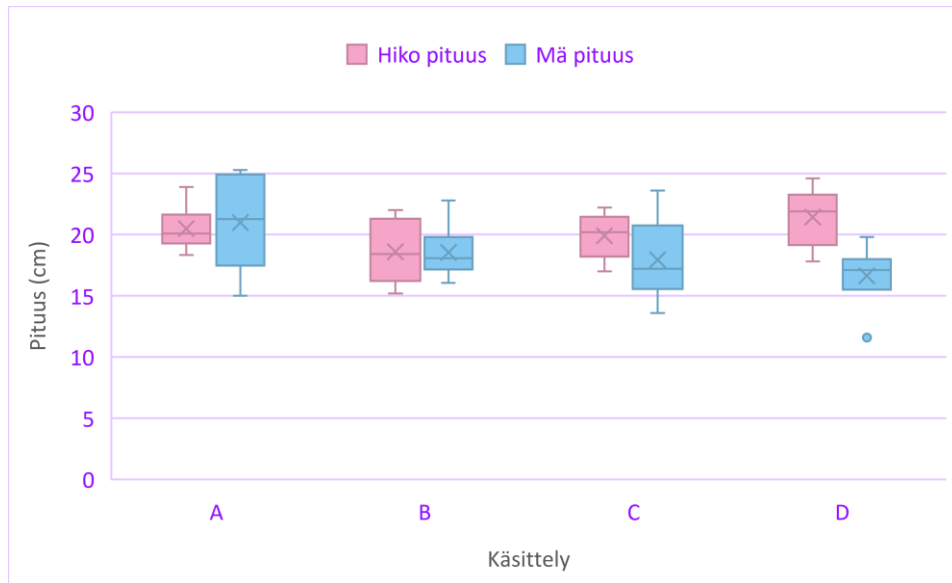
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	73,502 ^a	4	18,375	6,541	,002	,579
Intercept	2402,828	1	2402,828	855,382	<,001	,978
turvep_k	48,214	1	48,214	17,164	<,001	,475
viljely	,014	1	,014	,005	,945	,000
maanmuok	8,376	1	8,376	2,982	,100	,136
viljely * maanmuok	17,345	1	17,345	6,174	,022	,245
Error	53,372	19	2,809			
Total	9827,134	24				
Corrected Total	126,874	23				

a. R Squared = ,579 (Adjusted R Squared = ,491)

Taulukosta 9 voidaan lukea, hieskoivujen pituuteen tilastollisesti merkittävä vaikutus. Vaikutus on muuttujien viljelytapa ja maamuokkaustapa kaksisuuntainen yhdysvaikutus $F(1,19) = 6,174$, $p = 0,022$, kun otetaan huomioon turvepaksuus kovariaattina. Liitteen 7 taulukossa 2 on esitetty analyysiin liittyvien parittaisen tarkastelun tulokset, joista voidaan tehdä tarkempia johtopäätöksiä yhteisvaikutuksesta. Kyseisestä taulukosta nähdään, että selittävistä muuttujista vain kylvökohteiden maanmuokkaustavalla on tilastollisesti merkittävä vaikutus muuttajaan, eli $p < 0,05$.

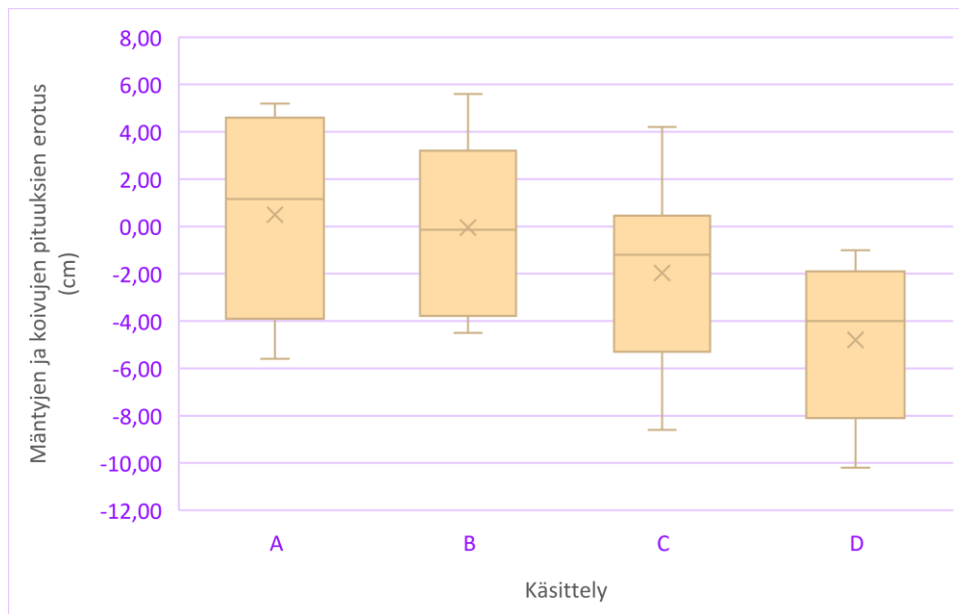
Keskenään samojen puusukupolvien hieskoivun ja männyn taimien välisen kilpailuasetelman merkityksellisyyden takia opinnäytetyön puitteissa nähtiin hyödylliseksi tarkastella myös tätä ilmiötä aineiston perusteella. Edellä suoritettujen kaltaiset tilastollisen analyysin menetelmät eivät ole suoraan sovellettavissa eri puulajeja edustaville muuttujille. Kuitenkin aineiston perusteella on yksinkertaisesti

mahdollista havainnollistaa käsittelyittäin hieskoivujen ja männyntaimien pituuk-
sia. Kuviossa 11 esitettynä ruutu- ja janakaavioina kokonaistaimettumiseen liitty-
vien hieskoivujen ja mäntyjen pituudet.



KUVIO 11. Männyn- ja hieskoivun taimien pituuksien vertailu käsittelyittäin

Kuviosta 11 voidaan havaita, että kääntömätästyksen yhteydessä hieskoivun tai-
met ovat keskimäärin pidempiä, kun taas naveromätätetyillä koealoilla mäntyjen
ja hieskoivujen keskipituudet ovat melkein samat. Viljelytapojen suhteen pituuk-
sia tulkittaessa taimien pituuseroille ei vaikuta muodostuvan yhtä selkeitä eroja,
pois lukien käsittely D, jossa männyn istutustaimet ovat selkeästi lyhyempiä. Ha-
vainnollisempaa esityksenä kuviossa 12 on yhdistettynä kuvion 11 muuttujien
erotukset.



Kuvio 12. Männyn ja hieskoivun taimien pituuksien erotukset.

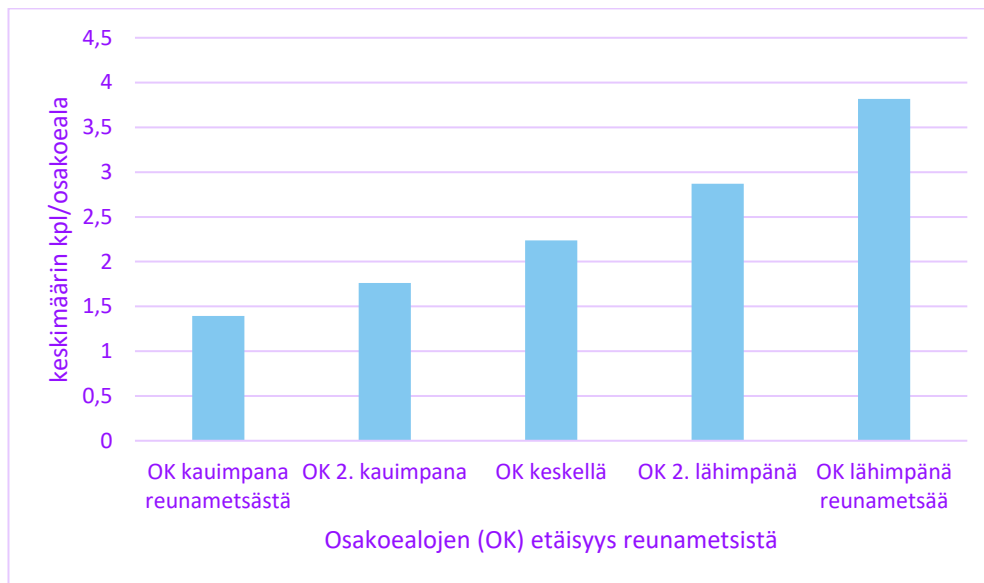
Kuviosta 12 on nähtävissä tarkemmin, minkälaiset männyn- ja koivuntaimien pituuksien erotukset eri käsittelyillä ovat. Kyseisessä kuviossa erotukset muodostuvat mäntyjen pituuksista, joista on vähennetty vastaavien koivujen pituudet. Muuttujat saavat positiivisia arvoja, kun mäntyjen pituudet ovat suurempia kuin koivujen ja vastaavasti päinvastoin. Näin ollen ainoastaan käsittelyllä A männyn- taimien keskipituudet ovat keskimäärin suurempia kuin koivuntaimien.

Kuusen taimien lukumääriin liittyvien tilastollisten analyysien tuloksien ohella todettiin mielekkääksi selvittää tarkemmin kyseisten taimien esiintymiseen mahdollisesti liittyviä muita tekijöitä. Kuitenkin tässä kokeessa kuuset ovat luonnon- taimia, eli niitä ei ole kokeen yhteydessä aikanaan viljelty tai uudistusalan rai- vauksessa suosittu. Lisätarkastelun avulla on mahdollista arvioida, onko kuusten esiintymiseen havaittavissa selittäviä tekijöitä koeasettelun ”ulkopuolelta”.

Todennäköinen vaikuttaja kuusten esiintymiselle syntyy koealan reunametsistä, joista levinneet kuusen siemenet ja niistä kasvaneet luonnontaimet ovat muodos- taneet osan koealoillakin esiintyvistä taimista. Tätä on mahdollista havainnollis- taa jaotteleamalla aineiston koealoja ja käsittelysarkoja sen mukaan, mikä on nii- den etäisyys reunametsästä. Koealojen numerointihan oli toteutettu siten, että pienimpien numeroiden koealat olivat koekentän läpi kulkevan tien läheisyy- dessä, eli kauempana reunametsistä ja vastaavasti suuremmat koealojen nume- rot lähempänä reunametsiä. Yli 5 kappaletta koealoja – tien molemmin puolin –

sisältävillä saroilla numeroinnit noudattivat edellä mainittua periaatetta, ja olivat viidellä jaollisia. Näin ollen kauimpana reunametsistä olivat siis koealanumerot 1,6 ja 11; vastaavasti lähimpinä taas 5,10 ja 15, muut koealanumerot sijoittuivat edellä mainittujen väleille.

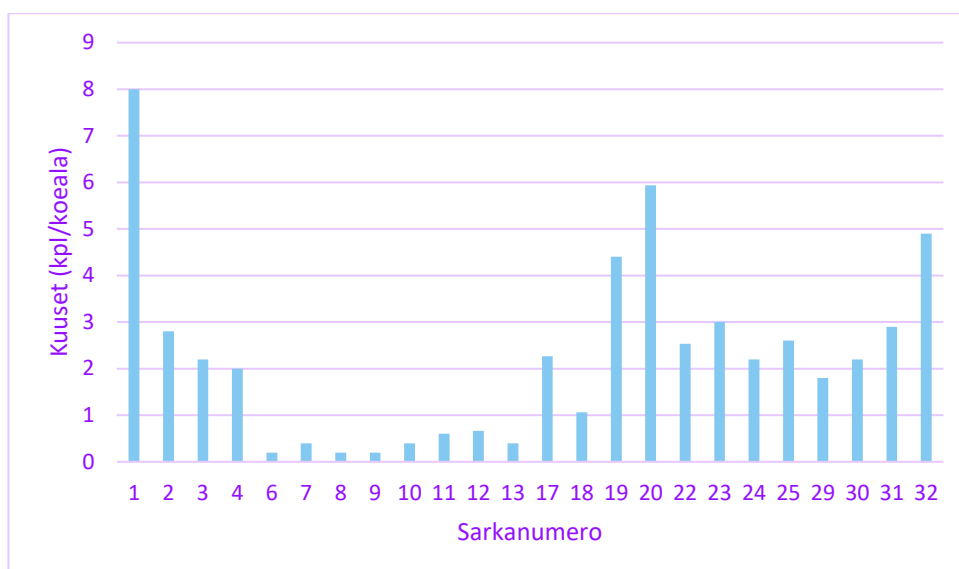
Lukumääriä tarkasteltaessa on käsitelty koealakohtaisia keskiarvoja taimimäärille. Näin keskenään eri määrät koealoja sisältävät sarat ovat vertailukelpoisia. Kuviossa 13 on havainnollistettu kuusentaimien lukumääriä osakoealoittain lounas-koillinen-suunnassa, eri etäisyyksillä reunametsistä.



KUVIO 13. Kuusen taimet osakoealoittain

Kuviosta voidaankin havaita, että lähimpänä reunametsiä olevilla koealoilla on keskimäärin yli kaksi kertaa enemmän taimia verrattuna kauimpina reunametsistä sijaitseviin koealoihin. Reunametsän vaikutus taimien lukumäärään vaikuttaa melko ilmeiseltä.

Myös taimien sijoittumista käsittelysaroittain (pohjois-etelä-suunnassa) on mahdollista tarkastella vastaavalla tavalla. Havainnollistava kuvaaja tähän liittyen on esitetty kuviossa 14. Kuvaajassa esitetty kuusen taimien keskimääräiset lukumäärät koealoittain eri käsittelykaistaleilla.

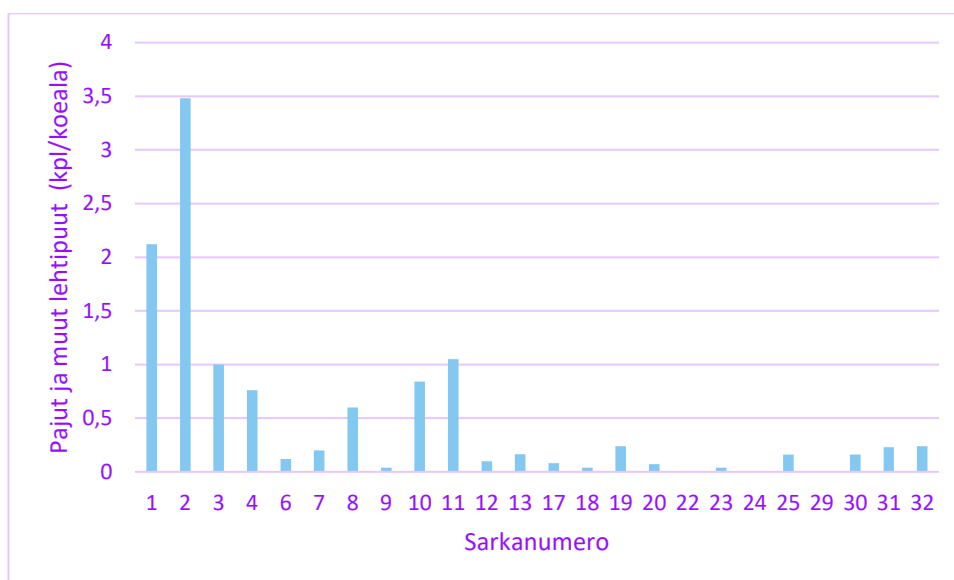


KUVIO 14. Kuusen taimet käsittelykaistaleittain

Myös kuviosta 14 voidaan havaita, että on taimien lukumäärät ovat korkeampia kaistaleilla, joilla reunametsien vaikutus on suurempi. Kuviossa sarat, joilla taimimäärät ovat selkeästi matalampia, ovat sellaisia, joihin reunametsän vaikutus on vain lounas-koillinen-suunnassa, eli koealueen "sivureunoista". Kun taas muilla reunametsien vaikutusta syntyy myös koealueen "päätyjen" reunametsistä. Lisäksi suurempien koealamäärien saroilla, joilla koealarivit ovat osittain vierekkäin, reunametsän vaikutus ikään kuin moninkertaistuu.

Kuvioiden 14 ja 15 perusteella voidaankin todeta, että erittäin todennäköistä, että aineiston kuusien lukumäärät saroittain selittyvät ensisijaisesti reunametsän vaikutuksilla. Tämä tarkoittaa sitä, että vaikka tilastollisesti merkittävää eroa kuusten lukumäärissä eri käsittelyiden välillä oli, ne eivät selittyisi männyn kasvatukseen liittyvällä koejärjestelyllä.

Pajujen ja muiden lehtipuiden analyysin yhteydessä havaittiin, että kovariaattina käytetty keskimääräinen turvepaksuus käyttäytyi osin selittävän muuttujan tavoin. Edellä mainittu vaikutus voidaan tulkita siten, että pelkästään turvepaksuus vaikuttaisi kokeen aineiston perusteella tilastollisesti merkittävästi pajujen ja muiden lehtipuiden runkolukuihin. Tilanteen havainnollistukseksi kuviossa 15 on esitetty pajujen ja muiden lehtipuiden keskimääräisiä koealakohtaisia lukumääriä käsittelysaroittain kasvavassa järjestyksessä.



KUVIO 15. Pajut ja muut lehtipuut käsittelykaistaleittain

Kuviosta 15 voidaan havaita, että pajujen ja muiden lehtipuiden keskimääräiset lukumäärät ovat korkeampia saroilla, joiden järjestysnumerot ovat matalampia. Edellä kuvattu yhdistettynä kuviossa 10 esitettyihin keskimääräisiin turpeen paksuuksiin voidaan tulkita, että turvekerroksen paksuuden kasvaessa koealueella pajujen määrä vähenee.

5.2 Kasvatuskelpoisiin taimiin liittyvien tunnusten analysointi

Kasvatuskelpoisten taimien tunnusten analyysien lähtökohtana on selvittää koeasettelun vaikutuksia mittausten yhteydessä kasvatuskelpoiksi tulkittuihin taimiin. Taimien tunnusten analyysien perusteella on mahdollista pohtia menetelmien vaikutusta viljelyn onnistumiseen. Metsänviljelyn päätavoitteena voidaan pitää kasvatuskelpoisen taimikon tuottamista, mikä taas aikanaan johtaa elinkelpoiseen metsään. Kasvatuskelpoisiin taimiin liittyviksi tunnuksiksi on mitattu koealoittain taimien pituus sekä niiden elinvoimaisuus ja viat. Taimikohtaisten havaintojen määrästä oli mahdollista ratkaista myös kasvatuskelpoisten taimien lukumäärät.

Kuten muiden taimien tunnusten yhteydessä, myös kasvatuskelpoisille taimille tilastollinen analyysi suoritettiin varianssi- ja kovarianssianalyysin keinoin. Luvussa 4.1 mainitun mukaisesti koejärjestely tai -asettelu kuitenkin aiheutti sen,

että kylvö- ja istutustaimet olivat keskenään eri ikäisiä. Näin ollen analyysit suoritettiin tunnuksille erikseen viljelytavoittain eri maanmuokkaustavoille, eli vari-
anssi- ja kovarianssianalyysit tehtiin yksisuuntaisina. Tämä siksi, että keskenään
eri ikäisten ja eri viljelytavoilla syntyneiden taimien erilaiset pituuskehitykset ai-
heuttavat ilmiselvästi vaikutusta tuloksiin. Vaikutusta ei ole myöskään aivan yk-
sinkertaista kompensoida, joten opinnäytetyön puitteissa päädyttiin analysoi-
maan eri viljelytapojen tunnuksia erikseen. Siis tutkittiin muokkaustavan vaiku-
tusta pituustunnuksiin eri viljelytavoilla.

5.2.1 Kasvatuskelpoisten taimien pituudet

Kasvatuskelpoisten taimien pituustunnukset on analysoitu edellä kuvatun mukaisesti erikseen viljelytavoittain. Tämä tarkoittaa, että istutettujen ruutujen tarkastelun yhteydessä käytännössä tutkitaan käsittelyjä A ja C, eli vertaillaan maanmuokkaustapoja. Istutusalojen kasvatuskelpoisten taimien varianssianalyysin tulokset on esitetty taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Kasvatuskelpoisten istutustaimien pituuksien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_kpit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2100,310 ^a	1	2100,310	,854	,377	,079
Intercept	2510121,097	1	2510121,097	1020,218	<,001	,990
maanmuok	2100,310	1	2100,310	,854	,377	,079
Error	24603,778	10	2460,378			
Total	2536825,185	12				
Corrected Total	26704,088	11				

a. R Squared = ,079 (Adjusted R Squared = -,013)

Taulukon 10 tulkinta on, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta kasvatuskelpoisten istutustaimien keskipituuksiin. Liitteen 8 taulukossa 1 on kyseiseen analyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, eli varianssianalyysia voidaan menetelmänä hyödyntää.

Kuten muiden taimien kokonaismäärien analyysien yhteydessä, myös kasvatuskelpoisten taimien analyysien yhteydessä tarkasteltiin kovariaatin, turpeen paksuuden, mahdollista vaikutusta selitettäviin muuttujiin. Kasvatuskelpoisten istutustaimien kovarianssianalyysin tulokset on esitetty taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Kasvatuskelpoisten istutustaimien pituuksien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_kpit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	2676,127 ^a	2	1338,064	,501	,622	,100
Intercept	699240,731	1	699240,731	261,910	<,001	,967
turvepak	575,817	1	575,817	,216	,653	,023
maanmuok	2048,634	1	2048,634	,767	,404	,079
Error	24027,961	9	2669,773			
Total	2536825,185	12				
Corrected Total	26704,088	11				

a. R Squared = ,100 (Adjusted R Squared = -,100)

Taulukosta 11 voidaan nähdä, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta kasvatuskelpoisten istutustaimien keskipituuksiin myöskään, kun huomioidaan turpeen paksuus kovariaattina. Liitteen 8 taulukossa 1 on tähän kovarianssianalyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, siis analyysi voidaan suorittaa kovarianssianalyysin keinoin.

Vastaavalla tavalla, seuraavana muuttujana on tarkasteltu kasvatuskelpoisten taimien pituuksia kylvetyillä koealoilla. Näitä edustivat siis koeasettelun näkökulmasta käsitellyt B ja D, eli vertaillaan edelleen maanmuokkaustapoja. Kyseisen muuttujan suhteen tehdyn varianssianalyysin tulokset ovat taulukossa 12.

TAULUKKO 12. Kasvatuskelpoisten kylvötaimien pituuksien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_kpit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1,033 ^a	1	1,033	,001	,977	,000
Intercept	1302056,936	1	1302056,936	1070,720	<,001	,991
maanmuok	1,033	1	1,033	,001	,977	,000
Error	12160,572	10	1216,057			
Total	1314218,542	12				
Corrected Total	12161,605	11				

a. R Squared = ,000 (Adjusted R Squared = -,100)

Taulukosta 12 voidaan havaita, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta kasvatuskelpoisten kylvötaimien keskipituuksiin. Liitteen 8 taulukossa 2 on tämän analyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, eli varianssianalyysia voidaan hyödyntää.

Myös turpeen paksuuden mahdollista vaikutusta kasvatuskelpoisten taimien keskipituuksiin tarkasteltiin. Turpeen paksuutta käytettiin kovariaattina analyysissa, jonka tulokset on esitetty taulukossa 13.

TAULUKKO 13. Kasvatuskelpoisten kylvötaimien pituuksien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_kpit

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	3407,225 ^a	2	1703,612	1,751	,228	,280
Intercept	366289,864	1	366289,864	376,567	<,001	,977
turvepak	3406,192	1	3406,192	3,502	,094	,280
maanmuok	4,025	1	4,025	,004	,950	,000
Error	8754,381	9	972,709			
Total	1314218,542	12				
Corrected Total	12161,605	11				

a. R Squared = ,280 (Adjusted R Squared = ,120)

Nyt taulukosta 13 havaitaan, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta kasvatuskelpoisten kylvötaimien keskipituuksiin turpeen paksuuden ollessa kovariaattina. Liitteen 8 taulukosta 2 voidaan lukea tähän analyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, eli kovarianssianalyysi on analyysimenetelmänä hyödynnettävissä.

5.2.2 Käsittelykaistojen viiden pisimmän taimen pituudet

Toinen Kasvatuskelpoisten taimien pituustunnuksista johdettu selitettävä muuttuja on kunkin käsittelykaistan viiden pisimmän kasvatuskelpoisen taimen keskipituus. Pisimpien kasvatuskelpoisten taimien keskipituudet ilmaisevat havainnollisemmin kasvatuskelpoisten taimien pituuskehitystä eri käsittelyillä.

Myös pisimpien taimien pituuksia analysoitiin erikseen viljelytavoittain. Eli menetteliin vastaavasti kuin kasvatuskelpoisten taimien keskipituuksien analysoinnin yhteydessä. Kuten aiemmassa alaluvussa, myös tässä yhteydessä ensin analy-

soidaan käsittelyitä A ja C, vertaillen maanmuokkaustapoja keskenään viljelyta-voittain. Taulukossa 14 on nyt esitetty istutusalojen pisimpien taimien pituustun- nusten varianssianalyysin tulokset.

TAULUKKO 14. Kaistojen viiden pisimmän kasvatuskelpoisen istutustaimen pi- tuuksien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_5max

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6844,963 ^a	1	6844,963	2,698	,131	,212
Intercept	4015715,603	1	4015715,603	1582,883	<,001	,994
maanmuok	6844,963	1	6844,963	2,698	,131	,212
Error	25369,633	10	2536,963			
Total	4047930,200	12				
Corrected Total	32214,597	11				

a. R Squared = ,212 (Adjusted R Squared = ,134)

Taulukon 14 tulkinta on, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittä- vää vaikutusta käsittelykaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen istutus- taimien keskipituuksiin. Liitteen 8 taulukossa 3 on tähän varianssianalyysiin liitty- vän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muut- tujan varianssien yhtäsuuruudet, eli varianssianalyysi on hyödynnettävissä.

Seuraavaksi analysoitiin jälleen turpeen paksuuden mahdollista vaikutusta tar- kasteltavaan selitettävään muuttujaan. Turpeen paksuus toimi siis kovariaattina vastaavanlaisessa tarkastelussa. Tulokset analyysille on esitetty taulukossa 15.

TAULUKKO 15. Kaistojen viiden pisimmän kasvatuskelpoisen istutustaimen pituuksien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_5max

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	9248,429 ^a	2	4624,214	1,812	,218	,287
Intercept	1085665,491	1	1085665,491	425,451	<,001	,979
turvepak	2403,466	1	2403,466	,942	,357	,095
maanmuok	6655,002	1	6655,002	2,608	,141	,225
Error	22966,168	9	2551,796			
Total	4047930,200	12				
Corrected Total	32214,597	11				

a. R Squared = ,287 (Adjusted R Squared = ,129)

Taulukosta 15 voidaan havaita, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää käsittelykaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen istutustaimien keskipituuksiin, myöskään kun huomioidaan kovariaatti turpeen paksuus. Liitteen 8 taulukossa luettavista 3 on tähän analyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, siis kovarianssianalyysia voidaan hyödyntää.

Istutettujen kaistaleiden pisimpien kasvatuskelpoisten taimien pituuksien analyysien jälkeen ovat aiemman ”kaavan” mukaisesti vuorossa vastaavalla tavalla kylvökaistaleet. Koeasettelussa kylvökaistaleet sisältyivät siis käsittelyihin B ja D, vertaillen maanmuokkaustapoja. Kylvettyjen kaistaleiden pisimpien kasvatuskelpoisten taimien varianssianalyysin tulokset on esitetty taulukossa 16.

TAULUKKO 16. Kaistojen viiden pisimmän kasvatuskelpoisen kylvötaimen pituuksien varianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_5max

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	6552,013 ^a	1	6552,013	2,708	,131	,213
Intercept	2415621,333	1	2415621,333	998,312	<,001	,990
maanmuok	6552,013	1	6552,013	2,708	,131	,213
Error	24197,053	10	2419,705			
Total	2446370,400	12				
Corrected Total	30749,067	11				

a. R Squared = ,213 (Adjusted R Squared = ,134)

Taulukosta 16 on tulkittavissa, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta käsittelykaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen kylvötaimen keskipituuksiin. Liitteen 8 taulukossa 4 on tähän liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet. Näin ollen varianssianalyysi on myös tässä yhteydessä hyödynnettävissä oleva menetelmä.

Viimeisenä tähän yhteyteen liittyvänä analyysinä suoritettiin jälleen tarkastelu turpeen paksuuden mahdollisesta vaikutuksesta selitettävään muuttujaan. Turpeen paksuus toimi siis kovariaattina vastaavanlaisessa tarkastelussa kylvökaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen taimen keskipituudelle. Tulokset tälle analyysille on esitetty taulukossa 17.

TAULUKKO 17. Kaistojen viiden pisimmän kasvatuskelpoisen kylvötaimen pituuksien kovarianssianalyysin tulokset

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: kk_5max

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	10123,781 ^a	2	5061,891	2,209	,166	,329
Intercept	706489,338	1	706489,338	308,282	<,001	,972
turvepak	3571,768	1	3571,768	1,559	,243	,148
maanmuok	6387,064	1	6387,064	2,787	,129	,236
Error	20625,286	9	2291,698			
Total	2446370,400	12				
Corrected Total	30749,067	11				

a. R Squared = ,329 (Adjusted R Squared = ,180)

Taulukosta 17 voidaan nähdä, että maanmuokkaustavalla ei ole tilastollisesti merkittävää vaikutusta käsittelykaistaleiden viiden pisimmän kasvatuskelpoisen kylvötaimen keskipituuksiin, kun huomioidaan turpeen paksuus kovariaattina. Liitteen 8 taulukossa 4 on analyysiin liittyvän Levenen testin tulos, jonka perusteella voidaan todeta analysoitavan muuttujan varianssien yhtäsuuruudet, eli kovarianssianalyysi on hyödynnettävissä.

Keskikasvujen tilastollisten analyysien tuloksia ei laajemmin esitellä eikä käsitellä tässä yhteydessä. Tämä siksi, koska viljelytapakohtaiset keskikasvut on laskettu periaatteessa keskipituuksista vakioilla kertomalla, jolloin analyysien tulokset niille ovat yhtäläisiä.

5.2.3 Kasvatuskelpoisten taimien koelakohtaiset lukumäärät

Koelakohtaisista kasvatuskelpoisten taimien lukumääristä todettiin, että varianssi- ja kovarianssianalyysien tuloksia ei laajemmin esitetä. Seuraavassa taulukossa 18 on esitetty kyseisen muuttujan arvot käsittelykaistaleittäin (saroittain).

TAULUKKO 18. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärät koealoilla

	A = Naveromätästys + istutus						keskiarvo
sarka	3	7	12	20	24	31	
kpl/koeala	3,60	3,00	3,47	3,60	2,53	3,40	3,27
	B = naveromätästys + kylvö						
sarka	1	9	13	17	22	32	
kpl/koeala	4,00	3,40	3,20	2,80	2,93	3,10	3,24
	C = Kääntömätästys + istutus						
sarka	2	8	11	19	23	30	
kpl/koeala	3,20	3,00	2,60	3,20	2,80	3,80	3,10
	D = kääntömätästys + kylvö						
sarka	4	6	10	18	25	29	
kpl/koeala	3,60	3,40	3,20	3,00	2,00	3,60	3,13

Edellä olevista taulukosta 18 ja luvun 4 kuviosta 8 on havaittavissa, että merkittävää eroa koealakohtaisissa kasvatuskelpoisten taimien lukumäärissä ei synny eri käsittelyillä. Keskiarvot kaikkien käsittelyiden koealakohtaisille taimimäärille olivat käytännössä yhtä suuret. Tarkemmalle tilastolliselle analyysin tulosten esittelylle ja käsittelylle ei koettu siis olevan tarvetta.

6 POHDINTA

6.1 Työn tuloksista

Yhteenvedona edellisten lukujen aineiston tilastollisten analyysien pohjalta on mahdollista muodostaa tiettyjä johtopäätöksiä taimien kehityksestä rämekohdeella eri muokkaustavoilla. Analyysien perusteella voidaan todeta, että tilastollisesti merkittävä vaikutus koeasettelun selittäville muuttujilla tutkittuihin muuttujiin havaittiin kolmessa eri yhteydessä. Kuusien sekä pajujen ja muiden lehtipuiden runkolukuihin lisäksi hieskoivujen pituuksiin liittyvien ryhmäkeskiarvojen välillä havaittiin tilastollisesti merkittäviä eroavaisuuksia. Ainakin periaatteessa kyseisten selitettävien muuttujien eroavaisuuksien voidaan tulkita aiheutuvan selittävästä muuttujista. Tilastollisen analysoinnin yhteydessä on kuitenkin aina muistettava, että kokeelle aseteltuja hypoteeseja ei varsinaisesti todisteta, vaan esitetyt tulokset ovat pohjimmiltaan aina todennäköisyyksiä.

Kuusien runkolukujen analyysin perusteella havaitaan, että maanmuokkaustapa aiheuttaa tilastollisesti merkittävää eroa siten, että naveromätätetyillä aloilla kuusia esiintyy keskimäärin enemmän. Kuitenkin lisätarkastelun nojalla voidaan todeta, että kuusentaimien lukumäärät ovat keskimäärin korkeampia koealoilla, joilla reunametsän vaikutus on suurempi. Eli voidaan todeta, että on todennäköistä, että kuusien esiintymiseen syntyy vaikutusta reunametsistä, mitä taas tilastollisessa analyysissä ei otettu huomioon.

Pajujen ja muiden lehtipuiden runkoluvuista voidaan todeta, että tulosten ja lisähavainnollistuksen perusteella turvekerroksen paksuus näyttäisi vaikuttavan kyseiseen muuttujaan. Koealueella turvekerroksen keskimääräisen paksuuden kasvaessa etelää kohti pajujen ja muiden lehtipuiden runkolukujen keskiarvojen havaittiin laskevan. Tämä käänteinen verrannollisuus on toisaalta oletettava tulos, koska kokeiden ja käytännön havaintojen perusteella (Laine et al. 2021) pajut ja muut lehtipuut eivät tyypillisesti ole paksuturpeisilla kohteilla ominaisimpia lajeja.

Hieskoivun taimien pituuksien tilastollisista analyyseista voidaan päätellä, että kokeen maanmuokkaus- ja viljelytavoilla havaittiin olevan yhdysvaikutus kyseiseen muuttujaan, kun huomioidaan turvepaksuus kovariaattina. Tulosten perusteella kääntömätästetyillä ja kylvetyillä aloilla koivujen keskipituudet olivat suurimpia ja vastaavasti kääntömätästetyillä ja istutetuilla aloilla pienimpiä. Hieskoivun ja männyn taimien pituuksia vertailtaessa taas voidaan todeta, että ainoastaan naveromätästetyillä ja istutetuilla aloilla mäntyjen keskipituudet olivat suurempia kuin koivujen.

Kasvatuskelpoisten taimien tunnusten analyyseista yhteenvetona kokeen aineiston perusteella maanmuokkaus- tai viljelytavoilla, riippumatta siitä, huomioidaanko turvepaksuus kovariaattina, ei havaittu tilastollisesti merkittäviä vaikutuksia. Edelleen tulosta tulkittaessa on muistettava, että istutus- ja kylvötaimien eri keski-ikäien takia keskipituuksien vertailu eri viljelytapojen välillä ei välttämättä tuota informaatiota kokeen kannalta oleelliselle tarkastelulle. Periaatteessa on selvää, että keskimäärin vanhemmat – istutustaimet – ovat keskimäärin pidempiä. Toisaalta keskimääräisistä kasvatuskelpoisten taimien koealakohtaisista runkoluvuista voidaan todeta, että merkittäviä eroja eri käsittelykombinaatioiden välillä ei havaittu muuttujan suhteen. Tämä tarkoittaa, että kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien suhteen eri käsittelyt voidaan todeta likimain tasavertaisiksi.

Tulosten perusteella on mahdollista tehdä yhteenveto merkittävimmistä kokeen perusteella pääteltävissä olevista teemoista. Kasvatuskelpoisten taimien tunnusten analyysien perusteella vaikuttaa, että maanmuokkaus- tai viljelytavalla ei olisi merkittävää vaikutusta taimien pituuskehitykseen. Toisin sanoen aineiston perusteella uudistamismenetelmien valinta vaikuttaisi olevan ainakin osin joustava. Vastaavasti kokonaistaimimäärien analyyseista merkittävin tulos on, että vertailuilla käsittelytavoilla etenkin kääntömätästetyillä koealoilla hieskoivuntaimet vaikuttavat pääsevän ”niskan päälle”. Eli taimien pituuskehityksen kannalta kääntömätästys vaikuttaisi olevan käsittelytapana männyntaimille haastavampi hieskoivun taimien männynille muodostaman pituuskilpailuasetelman takia. Muiden puulajien analyysien tuloksia voidaan pitää kokonaisuuteen verrattuna melko marginaalisina.

Kokonaisuutena kokeen tulokset olivat pääpiirteittäin ja soveltuvin osin vastaavan suuntaisia verrattuna aiempiin ojitettujen turvemaiden kokeisiin. Vuonna 2020 (Hytönen et al. 2020) julkaistussa tutkimusraportissa männyn uudistamistulokset – kasvatuskelpoisten viljelytaimien lukumäärän näkökulmasta – olivat kylvöllä ja istutuksella keskenään lähes samanlaiset, kun vertailtiin mätästettyjä ja laikutettuja aloja. Toisaalta kyseisessä kokeessa tuli ilmi myös istutettujen taimien kylvötaimia suurempi pituuskasvu. Edellä mainitussa kokeessa taimien viljelyt oli toteutettu samanaikaisesti, toisin kuin opinnäytetyössä tarkastellulla kokeella. Eri vuosina porrastetusti toteutetun kylvön päätarkoitus on ehkäistä kylvötaimiin mahdollisesti kohdistuvia heikkojen viljelyvuosien olosuhteiden vaikutuksia. Pyrkimys männyn kylvötuloksen vuosittaisen vaihtelun vaikutusten minimointiin on perustaa aikaisempien raportoitujen kokeiden suurista vaihteluista (Ahti et al. 2005). Viljelyvuosien kylvötulosten paikoin huomattavatkin vaihtelut ovat käytännössä aiheutuneet keskenään erilaisten kasvukausien oloista, eli esimerkiksi lämpötiloista ja sademääristä. Sama edellä mainittu teema on tullut ilmi myös Saarisen (2002; 2013) julkaisuissa.

Myös maanmuokkausmenetelmien vaikutus männyn taimille merkittävimmän kilpailuasetelman muodostavien hieskoivun taimien esiintymiseen on tullut esiin aiemmissä tutkimuksissa (Saarinen 2002; Hökkä et al. 2015; Hytönen et al. 2020). Maanmuokkauksen on havaittu edistävän myös hieskoivujen taimettumista, mutta toisaalta luontaisen hieskoivikon määrään vaikuttaa merkittävästi myös turvekangastyypin (Saarinen 2013). Nevamaisten rämeiden ojituskohdeilla koivutiheys voi olla huomattava, kun taas aidoista rämetyypeistä kehittyneillä kohteilla hieskoivujen vesakoituminen ei ole vastaavia kangasmaakohteita merkittävämpää (Saarinen 2013). Käytännössä kasvupaikasta riippumatta metsänuudistamisen menetelmävalinnat ovat tietynlaisia optimointihaasteita ja ”tasapainoilua”. Menetelmien välillä joudutaan pohtimaan, mitkä ovat optimaalisia tekijöitä kasvatettavan taimikon näkökulmasta ja toisaalta, kuinka voidaan minimoida kilpailevan kasvuston muodostamat haasteet.

Lisäksi on hyvä huomioida koeasettelun ulkopuolelta, käytännön metsänhoidossa, vaikuttavat taloudelliset näkökulmat. Taimien mahdolliset kasvutappiot tai vaurioista välillisesti aiheutuvat puutavaran arvon menetykset sekä taimikon hoi-

totoimenpiteistä ja hakkuista aiheutuvat kustannukset ja hakkuutulot muodostavat metsänkasvatuksen kannattavuuden kokonaisuuden. Käytännössä hyvin usein toimenpiteiden valintaan ja toteutukseen vaikuttavat myös taloudelliset tekijät, eli mikä on kannattavaa ja mikä ei.

6.2 Mahdollisista jatkotutkimuksista

Taimien kehityksen tarkastelun kannalta aineiston pohjalta on todennäköisesti mahdollista suorittaa erilaisia jatkotutkimuksia. Kaikkia aineistosta mahdollisesti pääteltävissä olevia asiayhteyksiä ei opinnäytetyön yhteydessä pohdittu, esimerkiksi vesitalouden vaikutuksia. Kuten aiempien turvemaiden taimikkokokeiden tulosten perusteella eri julkaisuissa on tuotu esille (Saarinen 2013; Hökkä et al. 2015), paikalliset kosteusolosuhteet vaikuttavat huomattavasti taimettumiseen, taimien alkukehitykseen ja myös pintakasvillisuuden kilpailuun. Nyt tarkastellulta Pyhännän koealueelta oli – muiden turvemaiden kokeiden tavoin – mitattu pohjaveden korkeuksia. Olisiko pohjavesimittausten tulosten ja taimitunnusten väliltä löydettävissä mahdollisuuksia esim. maanmuokkauksen optimointiin? Toinen erilaista tarkastelun näkökulmaa tai jatkotutkimuksia mahdollistava aihe opinnäytetyön puitteissa voisi olla kasvatuskelpoisten taimien pituustunnusten analyysi. Kuten aiemmin mainittu, kokeen asettelu, joka pyrkii minimoimaan esim. keskenään erilaisten viljelyvuosien vaikutusta kylvötaimiin aiheuttaa analyysin kannalta käytännössä istutus- ja kylvötaimien keskinäisen ikäeron. Keskenään eri ikäisten taimien keskipituuksien vertailu ei ole suoraviivaista ja kokeen lähtökohtien kannalta tutkittavien tekijöiden vaikutukset voivat jäädä epäselviksi.

On myös useita muita aineiston ulkopuolisia teemoja, jotka voivat olla koejärjestelyn tulosten kannalta relevantteja. Esimerkkinä, miten taimikonhoidon ja muiden toimenpiteiden ajankohdat vaikuttavat – varsinkin viljelytaimien – kehitykseen ja kilpailuasetelmaan. Toinen teema voisi olla, miten ja minkälaisia vaikutuksia ja syy-seuraussuhteita käsittelyillä on taimituhoihin. Tuhonaiheuttajia on männynntaimikoissa useita erilaisia ja niille mahdollisesti altistavien tai vastaavasti niiden ehkäisemisen kannalta edullisten tekijöiden selvittäminen voisi olla mielekästä. Molemmilla edellä mainituilla teemoilla voidaan katsoa olevan taloudellisia sekä luonnon- ja metsänhoidollisia näkökulmia.

6.3 Opinnäytetyöprosessista

Kokonaisuutena opinnäytetyöprosessi vaikuttaa omalta osaltani melko onnistuneelta. Merkittävimmät viiveet työhön syntyivät aiheen löytämisen ja prosessin varsinaisen aloituksen välille. Kuitenkin tarkemman suunnitelman ja aikataulun luonnin jälkeen työ pysyi pääasiassa aikatauluissaan. Edellä mainittu havainto korostaa hyvän suunnittelun ja aikataulutuksen merkityksen koko opinnäytetyöprosessille.

Opinnäytetyö mahdollisti oman opintojen aikana kartutetun metsäalan ammatti-osaamisen ja muualta hankitun osin poikkitieteellisenkin osaamisen soveltamisen. Jokainen opinnäytetyö tutkimus- ja kirjoitusvaiheineen on omanlaisensa kokonaisuus. Koska omassa työssäni aineisto oli jo valmiiksi olemassa, koin mielekkääksi kiinnittää erityistä huomiota aineiston analysoinnin yksityiskohtiin. Tässä yhteydessä oli mahdollista hyödyntää omaa akateemista taustaa, eli matematiikan ja tekniikan alan opintojen yhteydessä kartutettua osaamista. Omalta osaltani opinnäytetyöprosessin aikana varsinkin monista tilastollisen tutkimuksen näkökulmista tuli opittua merkittävästi uutta. Useat aikaisemmin itselleni vain yleisellä tasolla tutut teemat ja työkalut havainnollistuivat käytännössä työn suorituksen aikana. Haastavissa tilanteissa yhteistyö Luonnonvarakeskuksen erikoistutkija Hannu Hökän kanssa onnistui mielestäni hyvin. Tarpeen vaatiessa sain häneltä ongelmatilanteissa hyviä neuvoja, joiden avulla opinnäytetyöprosessin sai edistymään.

LÄHTEET

Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.) 2005. Suosta Metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. 376 s. ISBN 951-40-1987-3 ISSN 0358-4283.

Helenius, P., Himanen, K., Ruotsalainen, S., Rusanen, M., Välimäki, Y. & Yrjänä, L. 2023. Metsien kasvun edistäminen jalostetun metsänviljelyaineiston avulla (MEKANEN)-hankkeen loppuraportti. Luonnonvarakeskus. Luettu 11.4.2023 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2023040535143>

Huuskonen, S., Hynynen, J., Valkonen, S. (toim.) 2014. Metsänkasvatus – menetelmät ja kannattavuus. Helsinki: Metsäkustannus Oy ja Metsäntutkimuslaitos.

Hypoteesien testaus. 2023. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Luettu 13.2.2023 <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metelmaopetus/kvanti/hypoteesi/testaus/>

Hytönen, J., Hökkä, H., Saarinen, M. 2020. The effect of planting, seeding and soil preparation on the regeneration success of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on drained peatlands – 10-year results. Forestry Studies Metsanduslikud Uurimused 72, 91–106. ISSN 1406-9954.

Hökkä, H., Hytönen, J., Saarinen, M. 2015. The effect of scalping on seedling establishment after seed tree cutting of Scots pine stands in drained peatlands in northern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research. ISSN: 0282-7581.

Hökkä, H. Erikoistutkija. 2022. Opinnäytetyöstä. Sähköposti. Luettu 15.9.2022.

Hökkä, H. Erikoistutkija. 2023. Opinnäytetyöstä. Sähköposti. Luettu 9.2.2023.

Issakainen, J. 2007. Metsän uudistaminen turvemaidella. Koeselostus. Metsäntutkimuslaitos. s. 10–13.

Kim, H-Y. 2013. Statistical notes for clinical researchers: Assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. Open lecture on statistics. Restorative Dentistry & Endodontics. Department of Dental Laboratory Science & Engineering. Korea University College of Health Science. Seoul. Korea. Luettu 3.3.2023. <http://dx.doi.org/10.5395/rde.2013.38.1.52>

Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotukseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen. Väitöskirja. Metsäekologian laitos. Helsingin yliopisto. Luettu 3.4.2023 <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/20604/kohtihyv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2021. Suotyypit ja turvekankaat – kasvupaikkaopas. 2. painos. Luonnonvarakeskus. Helsingin yliopisto. Tapio. ISBN 978-952-338-036-3. Helsinki: Tapio Palvelut Oy.

Metsänhoitotieto. 2023. Luonnonvarakeskus. Kehityshyppy metsänhoitoon. Verkkosivusto. Luettu 3.2.2023. <https://projects.luke.fi/kehityshyppy/metsanhoitotieto/metsanhoitotieto/>

Luoranen, J., Saksa, T., Finér, L. & Tamminen, P. 2007, Metsämaan muokausopas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö. Luettu 3.2.2023 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2059-9>

Mannerkoski, H. 1975. Vanhan ojitusalueen uudistaminen mätästysmenetelmällä. Suo 26, 1975 (3–4):65–68. Luettu 30.3.2023. <http://www.suo.fi/pdf/article9444.pdf>

Metsitystuki. 2023. Metsäkeskus. Metsätalouden tuet. Luettu 18.1.2023 <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsatalouden-tuet/metsitystuki>

Metsänhoidon suositukset. 2023. Tapio Oy. Verkkopalvelu. Luettu 31.1.2023. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi>

MMM. 2021. Ydinkohtia joutoalueiden metsitystuesta. Luettu 18.1.2023. <https://mmm.fi/documents/1410837/22015134/Ydinkohtia+joutoalueiden+metsitystuesta.pdf/5097ca86-ed77-5b8c-9571-6f342ae3f191/Ydinkohtia+joutoalueiden+metsitystuesta.pdf?t=1614686501465>

Nieminen M., Hökkä H., Laiho R., Juutinen A., Ahtikoski A., Pearson M., Kojola S., Sarkkola S., Launiainen S., Valkonen S., Penttilä T., Lohila A., Saarinen M., Haahti K., Mäkipää R., Miettinen J., Ollikainen M. (2018). Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? Forest Ecology and Management 424: 78–84.

Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., Uotila, E. & Vaahtera, E. 2021. Metsätilastollinen vuosikirja 2021. Finnish Statistical Yearbook of Forestry 2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki.

Nummenmaa, L. 2009. Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. 3. painos. ISBN 978-951-31-5152-2 Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Nygren, M. 2011. Metsänkylvöopas – Kylvön biologiaa ja tekniikkaa. Metsäntutkimuslaitos. ISBN 978-951-40-2328-6. Suonenjoki: Metla, Suonenjoen yksikkö.

Ojanen, P., Saarinen, M., Schneider H., Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi. Tutkijapaneeli 2. Ojitettujen soiden kasvihuonekaasupäästöistä ja uudistamisesta. Raportti. Luettu 7.2.2023. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/02/Ojitettujen-soiden-kasvihuonekaasupaastoista-ja-uudistamisesta-Metsapolttiikkafoorumin-tutkijapaneeli-2.pdf>

Rikala, R. 2012. Metsäpuiden paakkutaimien kasvatusopas. Metsäntutkimuslaitos. Luettu 18.2.2023. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2359-0>

Pasanen, J., Vesala, H. 2019. Huomautukset koeselostuksessa. Luonnonvarakeskus. Julkaisematon.

Picken, P. 2007. Geological factors affecting on after-use of Finnish cut-over peatlands with implications on the carbon accumulation. University of Helsinki 40 s. University of Helsinki, Publications of the Department of Geology D10. ISSN 1795-3499. ISBN-978-952-10-2612-6. ISBN-978-952-10-2613-3 (pdf-version).

Saarinen, M. 2002. Kasvillisuuden ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja koivun taimettumiseen varpu- ja puolukkaturvekankailla. Suoseura – Finnish Peatland Society. Helsinki. Suo 53(2): 41–60. ISSN 0039-5471.

Saarinen, M. 2013. Männyn kylvö ja luontainen taimettuminen vanhoilla ojitusalueilla – turvemaiden uudistamisen erityispiirteitä. Dissertationes Forestales 164. 64 s. Väitöskirja. Metsätieteiden laitos. Helsingin yliopisto. Luettu 28.2.2023. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40246/saarinen_vaitoskirja.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Saarinen, M. Hotanen, J-P., Alenius, V. 2009. Muokkausjälkien kasvillisuuden kehittyminen ojitettujen soiden metsänuudistamisaloilla. Suoseura – Finnish Peatland Society. Helsinki. Suo 60(3–4): 85–109 / Research articles.

Saarinen, M., Alenius, V., Laiho, R. 2013. Kosteusolosuhteiden vaikutus siementen itämiseen ja taimien varhaiskehitykseen turvemaan metsänuudistusalan muokkauspinnoilla. Suoseura – Finnish Peatland Society. Helsinki. Suo 64(2–3): 51–75 — Research articles.

Saarinen, M., Valkonen, S., Sarkkola, S., Nieminen, M., Penttilä, T., Laiho, R. (2020). Jatkovapeitteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turve- mailla. Metsätieteen aikakauskirja 2020–10372. Katsaus. 21 s.

Schneider, H., Päivinen, R. 2020. Suometsien kokonaisanalyysi. Loppuraportti. Tapio Oy. Tapion raportteja nro 23. ISSN 2342-804X. Luettu 22.2.2023. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/03/Suometsien-kokonaisanalyysi-loppu-raportti-PDF.pdf>

Varianssianalyysi. 2023. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietokirjo. Luettu 13.2.2023. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/variantsi/anova/>

LIITTEET

Liite 1. Koejärjestely ja viljelykaavio

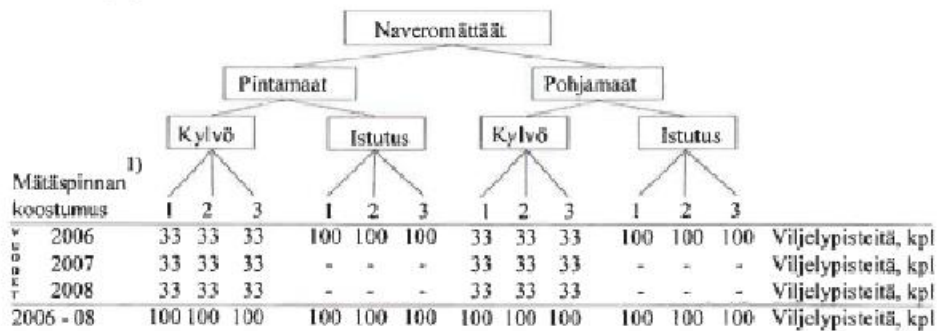
Koejärjestely

Käsittely	Muokkaus	Viljely, mä	Mittään koostumus ¹⁾	Pintamaa	Pohjamaa	Turvegradientti <10 cm – >100 cm
a	Naveromätästys	Istutus, 2006	1, 2, 3	+	+	+
b	Naveromätästys	Kylvö, 2006, 2007, 2008	1, 2, 3	+	+	+
c	Kääntömätästys	Istutus, 2006	1, 2, 3	-	(+)	+
d	Kääntömätästys	Kylvö, 2006, 2007, 2008	1, 2, 3	-	(+)	+

+ = kyllä, - = ei ja () pääasiassa

¹⁾ - katso luokitus sivulla 12

Kaavio viljelyistä



Kääntömätästysaloilla kaavio on muuten sama, mutta pinta- ja pohjamaan erottelu puuttuu.

KUVIO 1. Koeselosteen havainnollistus koejärjestelystä ja viljelykaaviosta (Is-sakainen 2007)

Liite 2. Kokeen aineiston keruun lomakemalli

MAHLI

KOKONAISTAIEMITTELLINEN 252cm:n säde. Yli 10 cm:n havupuut, yli 30 cm:n lehtipuut										KASVATUSKELPOISET TAIEMET											
SARJA	OSAKOEAJA	VILJELYTAPA, 1= istutus, 2=kylvö	MAANNUOKKAUS, 1 = kääntämäläisyys, 2=avromäläisyys, turve päällä, 3=	HIKO kpl	RAKO kpl	RAKO XPIT	MÄNTY kpl	MÄNTY XPIT	KUUSI kpl	KUUSI XPIT	PAJU JA MUUT kpl	PAJU JA MUUT XPIT	PUULAJI 1 = mä 2=ku 3= rako 4 = hiko	TAIMEN ALUSTA, 1 = kivennäislinen 2=turve 3= säköitus	SYNTYTAPA 1 = viljelty 2 = luontai	PITUUS, cm	TUHO A	TUHO B	VIKA	Elinvoima	
																					01
01	1	1	1	02	21	00	03	14	00	00	00	00	01	02	02	123					1
				02	22	00	00		00				01	01	01	222	16			11	2
				02	22	00	00		00				04	01	01	23					1
01	2	1	1	02	22	00	00		00				01	01	02	111					1

1 = KÄÄNTÖ
 2 = NAUKKO
 3 = -
 4 = -
 5 = -

PINTA TURVE
 POMJA KIVONNE
 SEKA, ETOTE - TIEN LAANSPUOLI KASVATTO 18.5.2010 JA 20.12.2011 H. VESALA

- viika**
- 1 - oterpuu
 - 2 - kuu
 - 3 - kuu
 - 4 - kuu
 - 5 - kuu
 - 6 - kuu
 - 7 - kuu
 - 8 - kuu
 - 9 - kuu
 - 10 - kuu
 - 11 - kuu
 - 12 - kuu
 - 13 - kuu
 - 14 - kuu
 - 15 - kuu
 - 16 - kuu
 - 17 - kuu
 - 18 - kuu
 - 19 - kuu
 - 20 - kuu
 - 21 - kuu
 - 22 - kuu
 - 23 - kuu
 - 24 - kuu
 - 25 - kuu
 - 26 - kuu
 - 27 - kuu
 - 28 - kuu
 - 29 - kuu
 - 30 - kuu
 - 31 - kuu
 - 32 - kuu
 - 33 - kuu
 - 34 - kuu
 - 35 - kuu
 - 36 - kuu
- viikot**
- 1 - kuu
 - 2 - kuu
 - 3 - kuu
 - 4 - kuu
 - 5 - kuu
 - 6 - kuu
 - 7 - kuu
 - 8 - kuu
 - 9 - kuu
 - 10 - kuu
 - 11 - kuu
 - 12 - kuu
 - 13 - kuu
 - 14 - kuu
 - 15 - kuu
 - 16 - kuu
 - 17 - kuu
 - 18 - kuu
 - 19 - kuu
 - 20 - kuu
 - 21 - kuu
 - 22 - kuu
 - 23 - kuu
 - 24 - kuu
 - 25 - kuu
 - 26 - kuu
 - 27 - kuu
 - 28 - kuu
 - 29 - kuu
 - 30 - kuu
 - 31 - kuu
 - 32 - kuu
 - 33 - kuu
 - 34 - kuu
 - 35 - kuu
 - 36 - kuu

KUVIO 1. Kokeen aineiston lomakemalli huomautuksineen (Pasanen & Vesala 2019)

Liite 3. Tarkasteltavien muuttujien normaalijakautuneisuuden liitteet

1(3)

TAULUKKO 1. Kasvatuskelpoisten taimien pituuksien normaalijakautuneisuuden testitulokset

Descriptives

		Statistic	Std. Error
kasv_pit	Mean	396,3016	5,14883
	Median	395,0000	
	Variance	15296,503	
	Std. Deviation	123,67903	
	Minimum	132,00	
	Maximum	703,00	
	Range	571,00	
	Interquartile Range	194,00	
	Skewness	,094	,102
	Kurtosis	-,838	,203

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kasv_pit	,056	577	<,001	,982	577	<,001

a. Lilliefors Significance Correction

TAULUKKO 2. Kasvatuskelpoisten taimien keskikasvujen normaalijakautuneisuuden testitulokset

Descriptives

		Statistic	Std. Error
kasvu	Mean	30,2446	,35352
	Median	31,0833	
	Variance	72,113	
	Std. Deviation	8,49195	
	Minimum	11,00	
	Maximum	52,33	
	Range	41,33	
	Interquartile Range	13,51	
	Skewness	-,003	,102
	Kurtosis	-,705	,203

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kasvu	,048	577	,003	,987	577	<,001

a. Lilliefors Significance Correction

TAULUKKO 3. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien normaalijakautuneisuus

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kk_lkm	,102	24	,200*	,968	24	,614

*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Liite 4. T-testit naveromättäiden pintamaan vaikutuksesta kasvatuskelpoisten taimien lukumääriin

1(2)

TAULUKKO 1. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien t-testitulokset istuteilla naveromättäillä

Group Statistics

	pinta- maa	N	Mean	Std. De- viation	Std. Error Mean
y_luku_a	2,00	6	18,0000	9,18695	3,75056
	3,00	6	15,1667	5,98052	2,44154

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equal- ity of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
y_luku_a	Equal variances as- sumed	1,330	,276	,633	10
	Equal variances not assumed			,633	8,593

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Significance		Mean Diffe- rence	Std. Error Difference
		One-Si- ded p	Two-Si- ded p		
y_luku_a	Equal variances as- sumed	,270	,541	2,83333	4,47524
	Equal variances not assumed	,272	,543	2,83333	4,47524

TAULUKKO 2. Kasvatuskelpoisten taimien lukumäärien t-testitulokset kylvetyillä naveromättäillä

Group Statistics

pintamaa	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
y_luku_b 2,00	6	15,1667	4,79236	1,95647
3,00	6	16,6667	7,33939	2,99629

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
y_luku_b	Equal variances assumed	1,760	,214	-,419	10
	Equal variances not assumed			-,419	8,608

Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Significance		Mean Difference	Std. Error Difference
		One-Sided p	Two-Sided p		
y_luku_b	Equal variances assumed	,342	,684	-1,50000	3,57849
	Equal variances not assumed	,343	,685	-1,50000	3,57849

Liite 5. T-testit naveromättäiden pintamaan vaikutuksesta muihin tunnuksiin

1(2)

TAULUKKO 1. Testattujen istutustaimien tunnusten ryhmätilastot

Group Statistics

	pintam	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
yht_hi_a	2,00	33	5,4071	1,37136	,23872
	3,00	32	5,9899	1,64471	,29075
y_hi_p_a	2,00	33	20,2727	5,06997	,88257
	3,00	32	20,6563	4,63931	,82012
yht_mä_a	2,00	33	2,8237	,82676	,14392
	3,00	32	2,6290	1,10465	,19528
yht_ku_a	2,00	26	,8959	,89638	,17580
	3,00	21	1,0111	,80636	,17596
yht_lp_a	2,00	9	1,2701	1,12845	,37615
	3,00	6	1,5958	,88534	,36144
y_pit_a	2,00	108	466,8056	114,34523	11,00287
	3,00	91	471,2747	108,40901	11,36435

TAULUKKO 2. Testattujen kylvötaimien tunnusten ryhmätilastot

Group Statistics

	pintamaa	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
yht_hi_b	2,00	31	5,8677	1,89465	,34029
	3,00	34	6,1243	1,88114	,32261
y_hi_p_b	2,00	31	18,4839	4,94551	,88824
	3,00	34	19,6176	6,17431	1,05889
yht_mä_b	2,00	31	2,9798	1,15113	,20675
	3,00	34	2,9153	1,20640	,20690
yht_ku_b	2,00	20	,9753	,91774	,20521
	3,00	21	1,1551	,74328	,16220
yht_lp_b	2,00	10	1,3667	1,01577	,32121
	3,00	8	1,6228	1,24601	,44053
yht_pit_b	2,00	91	335,2637	102,22316	10,71590
	3,00	100	326,5100	100,40066	10,04007

Taulukko 3. Istutettujen naveromättäiden tarkasteltujen tunnusten t-testitulokset

		Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
yht_hi_a	Equal variances assumed	1,100	,298	-1,554	63	,063	,125	-,58283	,37514	-1,33248	,16683
	Equal variances not assumed			-1,549	60,326	,063	,127	-,58283	,37619	-1,33524	,16959
y_hi_p_a	Equal variances assumed	,373	,544	-,318	63	,376	,752	-,38352	1,20646	-2,79444	2,02740
	Equal variances not assumed			-,318	62,793	,376	,751	-,38352	1,20479	-2,79126	2,02422
yht_mä_a	Equal variances assumed	1,532	,220	,806	63	,212	,423	,19475	,24152	-,28788	,67738
	Equal variances not assumed			,803	57,414	,213	,425	,19475	,24258	-,29094	,68043
yht_ku_a	Equal variances assumed	,604	,441	-,458	45	,325	,649	-,11519	,25160	-,62194	,39155
	Equal variances not assumed			-,463	44,435	,323	,646	-,11519	,24873	-,61634	,38595
yht_ip_a	Equal variances assumed	1,929	,188	-,593	13	,282	,563	-,32569	,54901	-1,51176	,86039
	Equal variances not assumed			-,624	12,518	,272	,544	-,32569	,52166	-1,45709	,80571
y_pit_a	Equal variances assumed	,593	,442	-,281	197	,389	,779	-4,46917	15,89058	-35,80666	26,86832
	Equal variances not assumed			-,283	194,247	,389	,778	-4,46917	15,81808	-35,66641	26,72807

TAULUKKO 4. Kylvettyjen naveromättäiden tarkasteltujen tunnusten t-testitulokset

		Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Significance One-Sided p	Significance Two-Sided p	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
yht_hi_b	Equal variances assumed	,034	,854	-,547	63	,293	,586	-,25661	,46875	-1,19334	,68012
	Equal variances not assumed			-,547	62,364	,293	,586	-,25661	,46891	-1,19384	,68062
y_hi_p_b	Equal variances assumed	,817	,370	-,812	63	,210	,420	-1,13378	1,39632	-3,92410	1,65655
	Equal variances not assumed			-,820	62,008	,208	,415	-1,13378	1,38210	-3,89655	1,62900
yht_mä_b	Equal variances assumed	,069	,794	,220	63	,413	,827	,06442	,29313	-,52136	,65020
	Equal variances not assumed			,220	62,861	,413	,826	,06442	,29249	-,52010	,64894
yht_ku_b	Equal variances assumed	2,662	,111	-,691	39	,247	,494	-,17980	,26022	-,70614	,34653
	Equal variances not assumed			-,687	36,589	,248	,496	-,17980	,26157	-,71000	,35039
yht_ip_b	Equal variances assumed	,271	,610	-,481	16	,318	,637	-,25612	,53236	-1,38468	,87244
	Equal variances not assumed			-,470	13,462	,323	,646	-,25612	,54520	-1,42986	,91762
yht_pit_b	Equal variances assumed	,330	,567	,597	189	,276	,551	8,75374	14,67195	-20,18809	37,69556
	Equal variances not assumed			,596	186,625	,276	,552	8,75374	14,68446	-20,21514	37,72261

Liite 6. Taimien runkolukujen analyysien liitetaulukot

1(4)

TAULUKKO 1. Levenen testien tulokset hieskoivujen runkolukujen analyyseille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
hiko_lkm	Based on Mean	,032	3	20	,992
	Based on Median	,042	3	20	,988
	Based on Median and with adjusted df	,042	3	15,608	,988
	Based on trimmed mean	,019	3	20	,996

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: hiko_lkm

b. Design: Intercept + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Levene's Test of Equality of Error

Variances^a

Dependent Variable: hiko_lkm

F	df1	df2	Sig.
,110	3	20	,953

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvep_k + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

TAULUKKO 2. Levenen testien tulokset mäntyjen runkolukujen analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
mä_lkm	Based on Mean	,379	3	20	,769
	Based on Median	,293	3	20	,830
	Based on Median and with adjusted df	,293	3	17,577	,830
	Based on trimmed mean	,359	3	20	,783

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: mä_lkm

b. Design: Intercept + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: mä_lkm

F	df1	df2	Sig.
1,022	3	20	,404

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvep_k + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

TAULUKKO 3. Levenen testien tulokset kuusten runkolukujen analyyseille (vari-
anssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statis- tic	df1	df2	Sig.
ku_lkm	Based on Mean	2,652	3	20	,077
	Based on Median	2,243	3	20	,115
	Based on Median and with adjusted df	2,243	3	12,346	,134
	Based on trimmed mean	2,648	3	20	,077

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: ku_lkm

b. Design: Intercept + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: ku_lkm

F	df1	df2	Sig.
3,253	3	20	,043

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvep_k + viljely +
maanmuok + viljely * maanmuok

TAULUKKO 4. Kuusien runkolulujen parittainen vertailu (maanmuokkaustavat)

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ku_lkm

	(I) maan- viljely muok	(J) maan- muok	Mean Diffe- rence (I-J)	Std. Er- ror	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
istu- tus	kään	navero	-,332	,293	,271	-,944	,280
	navero	kään	,332	,293	,271	-,280	,944
kylvö	kään	navero	-,671*	,293	,033	-1,283	-,059
	navero	kään	,671*	,293	,033	,059	1,283

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjust-
ments).

4(4)

TAULUKKO 5. Levenen testien tulokset pajujen ja muiden lehtipuiden runkolukujen analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
lp_lkm	Based on Mean	1,296	3	20	,303
	Based on Median	1,339	3	20	,290
	Based on Median and with adjusted df	1,339	3	15,778	,297
	Based on trimmed mean	1,334	3	20	,292

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: lp_lkm

b. Design: Intercept + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Levene's Test of Equality of Error

Variances^a

Dependent Variable: lp_lkm

F	df1	df2	Sig.
2,627	3	20	,078

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvep_k + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Liite 7. Hieskoivun taimien pituuksien analyysien liitetaulukot

1(2)

TAULUKKO 1 Levenen testien tulokset hieskoivujen pituuksien analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
hiko_pit	Based on Mean	,869	3	20	,474
	Based on Median	,725	3	20	,549
	Based on Median and with adjusted df	,725	3	16,895	,551
	Based on trimmed mean	,881	3	20	,467

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: hiko_pit

b. Design: Intercept + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

Levene's Test of Equality of Error

Variances^a

Dependent Variable: hiko_pit

F	df1	df2	Sig.
1,379	3	20	,278

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvep_k + viljely + maanmuok + viljely * maanmuok

TAULUKKO 2. Analyysiin liittyvän parittaisen tarkastelun tulokset

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: hiko_pit

maan- muok	(I) vil- jely	(J) vil- jely	Mean Diffe- rence (I-J)	Std. Er- ror	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
kään	istutus	kylvö	-1,653	,968	,104	-3,679	,374
	kylvö	istutus	1,653	,968	,104	-,374	3,679
navero	istutus	kylvö	1,748	,968	,087	-,279	3,774
	kylvö	istutus	-1,748	,968	,087	-3,774	,279

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: hiko_pit

	(I) maan- viljely muok	(J) maan- muok	Mean Diffe- rence (I-J)	Std. Er- ror	Sig. ^b	95% Confidence Interval for Difference ^b	
						Lower Bound	Upper Bound
istu- tus	kään	navero	-,518	,968	,598	-2,544	1,507
	navero	kään	,518	,968	,598	-1,507	2,544
kylvö	kään	navero	2,882*	,968	,008	,856	4,907
	navero	kään	-2,882*	,968	,008	-4,907	-,856

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Liite 8. Kasvatuskelpoisten taimien analyysien liitetaulukot

1(4)

TAULUKKO 1. Levenen testien tulokset istutettujen taimien keskipituuksien analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kk_kpit	Based on Mean	,251	1	10	,627
	Based on Median	,096	1	10	,763
	Based on Median and with adjusted df	,096	1	9,222	,763
	Based on trimmed mean	,221	1	10	,649

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: kk_kpit

b. Design: Intercept + maanmuok

Levene's Test of Equality of Error

Variances^a

Dependent Variable: kk_kpit

F	df1	df2	Sig.
,007	1	10	,937

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvepak + maanmuok

TAULUKKO 2. Levenen testien tulokset kylvettyjen taimien keskipituuksien analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kk_kpit	Based on Mean	,009	1	10	,927
	Based on Median	,027	1	10	,873
	Based on Median and with adjusted df	,027	1	6,028	,876
	Based on trimmed mean	,001	1	10	,970

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: kk_kpit

b. Design: Intercept + maanmuok

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kk_kpit

F	df1	df2	Sig.
1,105	1	10	,318

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvepak + maanmuok

TAULUKKO 3. Levenen testien tulokset pisimpien istutettujen taimien pituuksien analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kk_5max	Based on Mean	,126	1	10	,730
	Based on Median	,031	1	10	,863
	Based on Median and with adjusted df	,031	1	5,463	,866
	Based on trimmed mean	,069	1	10	,798

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: kk_5max

b. Design: Intercept + maanmuok

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kk_5max

F	df1	df2	Sig.
,272	1	10	,613

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvepak + maanmuok

TAULUKKO 4. Levenen testien tulokset pisimpien kylvettyjen taimien pituuksien analyysille (varianssi- ja kovarianssianalyysi)

Levene's Test of Equality of Error Variances^{a,b}

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
kk_5max	Based on Mean	,007	1	10	,934
	Based on Median	,002	1	10	,962
	Based on Median and with adjusted df	,002	1	8,274	,962
	Based on trimmed mean	,007	1	10	,934

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: kk_5max

b. Design: Intercept + maanmuok

Levene's Test of Equality of Error Variances^a

Dependent Variable: kk_5max

F	df1	df2	Sig.
,017	1	10	,900

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + turvepak + maanmuok