

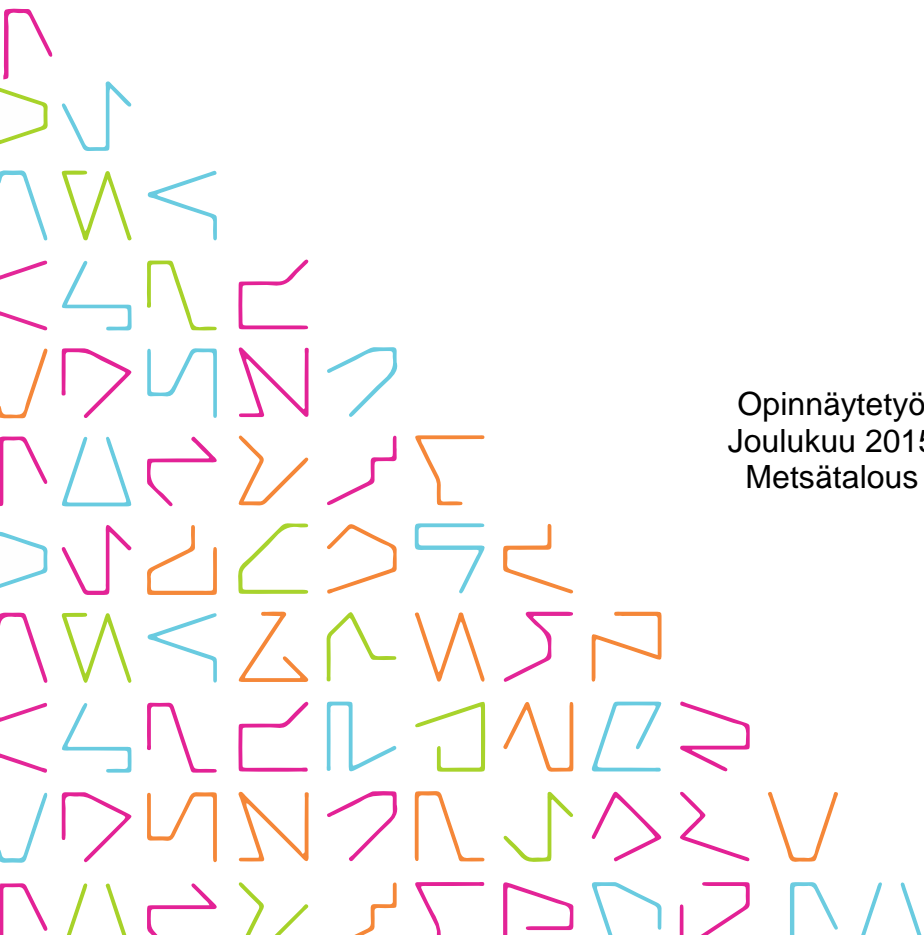


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TUHKALANNOITUKSEN KASVUVAIKUTUSTEN SEURANTA

Tuula Strömberg

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Metsätalous



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

TUULA STRÖMBERG:
Tuhkalannoituksen kasvuvaikutusten seuranta

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 12 sivua
Joulukuu 2015

Metsien tuhkalannoitusta tehdään massamme vuosittain noin 10 000 hehtaarin pinta-alalla. Metsän lannoitukseen sopivaa tuhkaa muodostuu puun, turpeen ja peltobiomassan poltosta. Normaali levitysmäärä on 4 000 kg/ha. Tuhkalannoituksen vaikutuksia on tutkittu Suomessa jo 1930-luvulta saakka. Tulosten mukaan turvekankailla, joilla on niukkuutta kaliumista ja fosforista, tuhkalannoituksella on saatu aikaan huomattavia kasvunlisäyksiä. Puuta saadaan jo harvennusvaiheessa enemmän kuin lannoittamattomalta alueelta. Lisäksi tuhalla lannoitetulla alueella puusto on järeämpää, mikä aikaistaa päätehakkuuta. Tämä taas parantaa metsätalouden kannattavuutta.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella koejärjestelyt, joilla metsänomistaja voi seurata hänen kahdelle omalle metsäkuviolle levitetyn tuhkalannoituksen tuomaa puuston kasvunlisää ja saada konkreettista tietoa oman investointinsa kannattavuudesta. Metsäkuviot ovat puolukkaturvekangasta ja sijaitsevat Petäjävedellä Keski-Suomessa. Tavoitteena oli tehdä koealajärjestelyt, joiden mittaamiseen riittävät metsänomistajan välineet ja resurssit. Koska tuhkalannoituksen kasvuvaikutukset näkyvät pitkällä aikajänteellä, työn tavoitteena oli myös varmistaa tiedon säilyminen ja jatkoseurannan toteutuminen.

Kasvuvaikutusten seurantaan perustettiin kaksi pysyvää koealaa, joilta mitattiin puuston tämänhetkinen tilavuus. Koealojen kaikista puista mitattiin pituus ja rinnankorkeusläpimitta. Osa koealojen puista kairattiin viiden vuoden sädekasvun mittaamiseksi. Jatkoseurannassa mittaukset tullaan toistamaan samoille puille. Kasvuvaikutusten seurannan lisäksi maastoon merkittiin kasvuruutu, josta arvioitiin eri kasvilajien peittävyys. Kasvillisuuden muutokset seurataan jatkossa samasta ruudusta. Jatkomittauksia varten kirjoitettiin ohjeet, joista selviää suoritettavien mittausten ja toimenpiteiden aikataulu ja ohjeet, sekä käytettävät tiedonkeruulomakkeet. Mittaustulosten käsittelyyn laadittiin Excel-taulukot.

Työn tulosten säilyminen ja jatkoseurannan toteuttaminen jäävät metsänomistajan vastuulle. Jatkomittaukset voi metsänomistaja suorittaa itse tai hän voi tarjota niitä esimerkiksi metsätalousopiskelijan tehtäväksi.

Asiasanat: tuhkalannoitus, koeala.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

TUULA STRÖMBERG

Monitoring the Effects of Ash Fertilization on Growth

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 12 pages
December 2015

Forest ash-fertilization is done annually in approximately an area of 10 000 hectares in our country. Suitable ash for forest fertilization is formed by the combustion of wood, peat and field biomass. A normal distribution amount is 4000 kg/ha. The effects of ash fertilization have been studied in Finland already since the 1930s. According to the results on peat land, which have a shortage of potassium and phosphorus, a significant increase in growth has been achieved by ash fertilization. Already in the thinning stage more wood is obtained than in unfertilized areas. In addition, in an ash fertilized area the trees are sturdier, which will speed up the final felling. This in turn will increase the profitability of forestry.

The aim of this thesis was to plan the test arrangements which will help the forest owner to follow the increase in forest growth caused by ash fertilization applied on two forest plots of his own and to get tangible results from the profitability of his own investment. Forest types involved are lingonberry peat moor and are located in Petäjävesi in Central Finland. The aim was to make the test area arrangements so that the tools and resources of the forest owner would be adequate for measuring. Since the effects of ash fertilization on growth will be seen in the long term, the aim of the work was to ensure the storage of the information and implementation of the follow-up.

For monitoring the effects of growth, two permanent sample plots were selected where the current volume of the trees was measured. The height and diameter at breast height of all trees in the plot area were measured. Some of the trees in the plot area were drilled to measure the radial growth during the five years. Follow-up measurements will be repeated for the same trees. In addition to monitoring the effects on the growth, a plant sampling area was marked in the terrain. Based on that, the coverage of different plant species was estimated. The changes in vegetation will be further monitored in the same area. For further measurements, instructions were written that explain the schedule and information of the measurements and measures as well as data collection forms to be used. Excel-tables were made for handling the results from the measurements.

The storage of the work results and implementation of the follow-up remain the responsibility of the forest owner. Either the forest owner himself can carry out further measurements or he can delegate the work for example to forestry students.

Key words: ash fertilization, sample plot.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	TUHKAN LANNOITEKÄYTTÖ SUOMESSA.....	6
3	RAVINTEET JA NIIDEN MERKITYS	9
4	SUOT METSÄTALOUSMAANA	11
5	TUHKALANNOITUKSEN TOTEUTTAMINEN	13
6	TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSET	15
7	OPINNÄYTETYÖN TUHKALANNOITUSKOHDDE	18
8	MAASTOTYÖT	20
	8.1 Kaksi pysyvää koealaa.....	20
	8.2 Kasvillisuuden seuranta	22
	8.3 Tuloksia.....	25
9	METSIKKÖKOEALALASKELMA	26
10	JATKOSEURANTA.....	31
	10.1 Ohjeet ja aikataulu	31
	10.2 Excel-taulukko	31
11	POHDINTA	37
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	43
	Liite 1. Ravinneanalyysien tulosten tulkintaohjeet.....	43
	Liite 2. Neulasanalyysin tulokset	44
	Liite 3. Koealojen sijainti	45
	Liite 4. Kasvillisuuden seurantarauudut	46
	Liite 5. Koeala 83 puiden mittaus	48
	Liite 6. Koeala 84 puiden mittaus	49
	Liite 7. Koealojen puiden läpimitan kasvu	50
	Liite 8. Kuvion 84 kaatuneiden puiden pituuskasvu	51
	Liite 9. Ohjeet jatkoseurantaan	52

1 JOHDANTO

Metsätalous on pitkäjänteistä toimintaa. Metsänhoidossa tehdyt päätökset tuottavat tulosta useimmiten vuosikymmenten kuluttua ja vaikuttavat useiden vuosikymmenien ajan.

Tuhkalannoitusta on tutkittu Suomessa jo 1930-luvulta saakka ja siitä on saatu hyviä tuloksia. Tuhkalannoite on turpeen kanssa kuin palapelin osat. Tuhkalannoite täydentää juuri niitä ravinnetarpeita, joita turpeessa ei ole. Toisaalta turpeessa on yleensä typpeä, joka tuhkasta puuttuu. Yhdessä palasista syntyy kokonaisuus, joka vauhdittaa puuston kasvua. Rämemänniköissä puutuhkalannoite tuottaa jopa kolminkertaisesti puuta lannoittamattomaan verrattuna. Investointi tuottaa 15–20 vuodessa parhaimmillaan yli 10 prosentin sisäisen koron. Tämä on suhteellisen korkea tuotto, kun se metsätaloudessa yleensä on 3-5 %.

Tehdessään investoinnin metsänomistaja sijoittaa varojaan puuntuotantoon ja hän voi vain olettaa, kuinka kannattava sijoitus on. Metsätaloutensa kannattavuutta aktiivisesti seuraava metsänomistaja on luonnollisesti kiinnostunut omien metsänhoitotoimenpiteiden ja -päästösten vaikutuksesta puuston kasvuun ja sitä myöten toiminnan kannattavuuteen. Tämän työn tarkoitus on tehdä koejärjestelyt, joilla metsänomistaja voi itse seurata tuhkalannoituksen kasvuvaikutuksia käytettävissään olevilla välineillä ja resursseilla.

Puuston kasvun seuraamiseksi perustetaan kaksi pysyvää koealaa, joilta mitataan puuston tilavuuden lähtötilanne. Koska lannoittamatonta verrokkikoealaa ei ole, jatkoseurannassa puuston tilavuuskasvua verrataan edellisen viisivuotiskauden kasvuun. Vaihtoehtoisesti tulevaa kasvua voidaan verrata Motti-ohjelmiston (Luke 2015) simuloituun kasvatukseen, jossa tuhkalannoitusta ei ole tehty. Kasvun seuraamisen lisäksi koealalle perustetaan ruutu, jossa voidaan seurata muutoksia eri kasvilajien peittävydessä. Tuhkalannoituksen vaikutuksia seurataan pitkällä aikavälillä. Tämä tuo ongelmia tiedon säilymiselle ja jatkotoimenpiteiden turvaamiselle. Tässä työssä suunnitellaan ohje tietojen siirtoon ja seurantamittauksille. Mittaustulosten käsittelyä ja tietojen säilytystä varten laaditaan Excel-taulukko.

2 TUHKAN LANNOITEKÄYTTÖ SUOMESSA

Vuonna 2014 Suomessa poltettiin lämpö- ja voimalaitoksissa kiinteitä puupolttoaineita 18,7 milj. m³, josta metsähakkeen osuus oli reilut 7,5 milj. m³. Tällä hakemäärällä tuotettiin energiaa noin 15 terawattituntia (TWh). Turvetta käytettiin energiantuotantoon 23,7 milj. m³, jolla tuotettiin energiaa 17 TWh. (Luonnonvarakeskus 2015a.) Tuhkalannoitteisiin käytetään puu- turve- ja peltobio-massatuhkaa joko yksinään tai eriateisina seoksina. Tällaista tuhkaa syntyy energiantuotannossa 600 000 tonnia vuodessa. (Metsäntutkimuslaitos 2012, 2.) Pelkästään puhtaalla puutuhkalla voitaisiin vuosittain lannoittaa 35 000 hehtaaria (Rissanen 2013, 4). Koko metsänlannoitukseen sopiva tuhka riittäisi 100 000 - 120 000 hehtaarin lannoittamiseen vuosittain. Tuhkalla lannoitetaan kuitenkin vain noin 10 000 metsähehtaaria vuosittain. (Metsäntutkimuslaitos 2013.) Lannoitekäytön lisäksi tuhkaa käytetään maarakentamisessa ja päällysrakenteissa sekä penger-, täyttö- ja ympäristörakennesovelluksissa (Tuhkarakentamisen käsikirja 2012, 22--33). Tuhkasta suurin osa menee kuitenkin edelleen kaato-paikalle (Ojala 2010, 1).

Tuhkalannoitteen pienen käyttömäärän syyksi mainitaan Motivan julkaisussa liiketoiminnan kehittymättömyys ja levitysyrittäjien puute (Moilanen 2009). Metlan uutiskirjeessä oletetaan, että tuhkan käyttö turvemaiden metsänhoidossa tulevaisuudessa yleistyy sitä mukaa, kun rakeistetun tuhkan saatavuus paranee (Metsäntutkimuslaitos 2013). FA Forest on Viitasaarelainen yritys, joka rakeistaa tuhkaa metsänlannoitteeksi (Rahikainen 2015). FA Forestin toimitusjohtajan mukaan suurin syy tuhkan lannoitekäytön vähyyteen on siinä, että metsänomistajia ei saada innostumaan tuhkalannoituksesta. Syinä tähän nähdään metsänomistajarakenne ja pienet tilakoot. Pienten kuvioiden lannoitushyötyä ei nähdä riittävän merkittävänä palkkatuloihin verrattuna. Lyhentyneet talvet vaikeuttavat myös tuhkalannoitteiden levitystyötä. Tuhkalannoituksen tehokkaammalla markkinoinnilla voitaisiin aktivoida metsänomistajia lisäämään tuhkalannoitusta. Tukiainen mielestä Metsähallitus voisi olla suunnannäyttäjänä ja lisätä tuhkalannoitusta hallinnoimillaan alueilla. (Tukiainen 2015.)

Puutuhkan tuotantomäärä on noussut metsähakkeen käytön lisääntyessä koko 2000-luvun ajan vuoteen 2013 saakka. Esimerkiksi vuonna 2000 metsähaketta poltettiin lämpö- ja voimalaitoksissa 0,8 milj. m³ ja vuonna 2013 jo yli kymmenkertainen määrä. (Metsäntutkimuslaitos 2015, 281.) Metsähakkeen käyttömäärä kääntyi kuitenkin laskuun vuonna 2014 ollen 6 % edellisvuotta pienempi (Luonnonvarakeskus 2015a). Kansallinen metsästrategia 2025 -ohjelman mukainen metsähakkeen käytön tavoite vuodelle 2025 on 15 milj. m³ (Maa- ja metsätalousministeriö 2015a, 16--17).

Lannoitevalmistelaki (539/2006) ja lakiasetukset (MMM asetus 24/11) säätelevät Suomessa tuhkan käyttöä lannoitteena. Lannoitteiden valmistusta valvoo Elintarviketurvallisuusvirasto (Evira). Lain mukaan tuhkan kalium- (K) ja fosforipitoisuus (P) pitää olla yhteensä vähintään 20 g/kg ja kalsiumpitoisuus (Ca) 60 g/kg. Lakiasetus puolestaan rajoittaa lannoitteeseen käytettävän tuhkan raskasmetallipitoisuuksia. Esimerkiksi kadmiumia (Cd) saa tuhkassa olla enintään 25 mg/kg ja arseenia (As) enintään 40 mg/kg. Asetuksen mukaan metsälannoitteena käytettävän tuhkan on oltava peräisin puun, turpeen tai peltobiomassan polttamisesta tai sen on oltava eläinperäistä. (Finlex 2006; Finlex 2011; Elintarviketurvallisuusvirasto 2015.)

Ruotsissa Metsähallitus on antanut vain suosituksensa ravinnemääristä. Suositellut ravinteiden määrät ovat korkeammat kuin Suomen lain määräämät minimirajat. Ruotsin Metsähallitus on suositellut esimerkiksi fosforin minimipitoisuudeksi 7 g/kg, kaliumin 30 g/kg ja kalsiumin 125 g/kg. Kadmiumin suositeltu maksimimäärä on Ruotsissa korkeampi ja arseenin matalampi, kuin Suomessa lain vaatimat maksimimäärät. Kadmiumin maksimimääräksi suositellaan 30 mg/kg ja arseenin 30 mg/kg. (Skogsstyrelsen 2008, 14.)

Tuhka ei sisällä lainkaan typpeä, koska se on puuta ja turvetta poltettaessa palanut kokonaan pois (Huotari 2012,6). Esimerkiksi metsälannoitukseen käytettävän T-4000 metsätuhkan (NPKB; 0-1-3-0,02) fosforipitoisuus on 1 % ja kaliumipitoisuus 3 %, joten yhteensä fosforia ja kaliumia T4000 -metsätuhkassa on 40 g/kg. Lannoitteessa on lisäksi booria 0,2 g/kg. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014,253.)

Asetuksen mukaan lämpö- ja voimalaitoksilta tuleva metsänlannoitukseen käytettävä tuhka on käsiteltävä siten, että sen pölyäminen on mahdollisimman vähäistä (Finlex 2011). Tuhkan stabilointi helpottaa kuljetusta ja levitystä sekä poistaa pölyn aiheuttamia ympäristö- ja terveysriskejä. Tuhkan stabilointimenetelmiä ovat itsekovettaminen ja rakeistus. Molemmissa menetelmissä tuhka kovetetaan vedellä. Itsekovetusmenetelmässä kostutetussa tuhkakasassa tuhkan eri yhdisteet saostuvat sementtimäisiksi aineiksi. Ennen levitystä kovettunut tuhka murskataan ennen levitystä. Rakeistusmenetelmässä kostutettua tuhkaa sekoitetaan ennen sen kovettumista. Näin tuhka kovettuu rakeisena. Rakeistetun tuhkan valmistus on kalliimpaa, mutta se pölyää vähemmän ja pienemmän loppukosteuspitoisuutensa ansiosta sen kuljetus ja levitys on edullisempaa kuin itsekovetetun tuhkan. Lisäksi rakeistetulla tuhkalla päästään parempaan levitystarkkuuteen. Rakeistettuun tuhkaan on mahdollista lisätä myös ravinneaineita, kuten booria. (Huotari 2012, 10.)

3 RAVINTEET JA NIIDEN MERKITYS

Puut tarvitsevat kasvaakseen ravinteita. Ravinteet jaetaan niiden käyttömäärien mukaan pää- ja hivenravinteiksi. Pääravinteiksi nimitetään ravinteita, joita käytetään 100-1000 kertaisesti hivenravinteiden määrään nähden. Pääravinteita ovat typpi (N), fosfori (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg) ja rikki (S). Hivenravinteita ovat rauta (Fe), mangaani (Mn), kupari (Cu), sinkki (Zn), boori (B), molybdeeni (Mo) ja kloori (Cl). Kasvaakseen puut tarvitsevat eri ravinteita eri määriä ja tietyssä suhteessa. Typen tarve on suurin. Typpeä, fosforia ja kaliumia tarvitaan suhteessa noin 10:1:3,5. (Yara 2015a.).

Sen lisäksi, että puu tarvitsee tietyn määrän ravinteita tietyssä suhteessa muihin ravinteisiin nähden, sanelee ns. minimilaki puun mahdollisuutta hyödyntää saatavilla olevia ravinteita. Minimilaki on vuonna 1840 Justus von Liebigin julkaisema havainto kasvua rajoittavista ravinteista. "*Kasvin kasvua rajoittaa se välttämätön ravinne, jota on saatavilla vähiten.*" (Yara 2015b). Tämä minimilaki selittää miksi turvemaille puu ei kasva, vaikka siellä yleensä on riittävästi kasvuun tarvittavaa typpeä. Turvemaille on puun tarpeeseen nähden usein liian vähän fosforia ja kaliumia, joista minimilain mukaan on tullut kasvua rajoittavia tekijöitä.

Typpeä puu tarvitsee solujen rakennusaineeksi ja se ohjailee puun kasvun määrää. Typen puutosoireena puun neulaset kellertyvät, koska viherhiukkasten määrä pienenee. Neulaset ovat lyhyet sekä hennot ja puun kasvu on heikkoa.

Puu tarvitsee fosforia aineenvaihdunnan ja energiatalouden hoitamiseen, siementen itämiseen ja juuriston normaaliin kehitykseen. Fosforin puutos ilmenee heikkona kasvuna ja vuosikasvain on mutkainen ja hento. Neulaset ovat lyhyet ja ne varisevat ennen aikaisesti.

Kaliumia puu tarvitsee vesitalouden ja aineiden kuljetusten hoitamiseen sekä yhteyttämiseen. Kalium parantaa puun talven- ja kuivuudenkestävyyttä. Kaliumin puutosoireina on vanhimpien neulasten kellertyminen. Männyllä neulaset kellertyvät kärjestä, kuusella kokonaan. Uusin neulaskerta on normaalin vihreä.

Kalsiumia puu tarvitsee solukkojen toimintojen säätelyyn ja juurten kasvattamiseen. Magnesiumia on lehtivihreässä klorofyllin keskusatomina (Hamilo 2013) ja puu tarvitsee sitä yhteyttämiseen. Rikkiä puu käyttää valkuaisen rakenneosaksi. Kalsiumista, magnesiumista ja rikistä ei esiinny yleensä puutosta.

Hivenravinteiden puutos heikentää puun kasvua, aiheuttaa kasvuhäiriöitä ja värimuutoksia. Tunnetuin metsissä ilmenevä hivenainepuutos on boorin puutos. Booria puu tarvitsee sokerien kuljetukseen ja soluseinämien rakennusaineeksi. Boorin puutos ilmenee latvakasvainten vaurioitumisena tai kuolemisena, jolloin puusta tulee monilatvainen. Latva pensastuu ja pituuskasvu taantuu. Boorin puutosta ilmenee vanhoilla metsitetyillä laidun- ja kaskialueilla, joissa on karjanlannan tai tuhkan kalkitusvaikutuksesta johtuva korkea pH. Maan pH:n ollessa korkea, boori sitoutuu vaikealiukoiseen muotoon eikä siten ole puun käytettävissä. (Toivoniemi 2014; Yara 2015a; Luonnonvarakeskus 2015b; Hortilab 2015).

4 SUOT METSÄTALOUSMAANA

Suomi sijaitsee maapallolla boreaalisella havumetsävyöhykkeellä, jossa esiintyy runsaasti soita. Suomen soiden kokonaispinta-alaa kartoitetaan valtakunnan metsien inventointien (VMI) yhteydessä. VMI 11:ssa metsätalousmaaksi luokitellaan 8,76 milj. ha ojittamatonta ja ojitettua suota. (Päivänen 2007; 21–23; Metsäntutkimuslaitos 2015, 48.)

Luonnontilaisella suolla metsän kasvua yleensä rajoittaa niukkaravinteisuus ja liika märkyys. Suon kasvuolojen parantamiseksi soita on ojitettu. Ojitettua suota on nyt 5,45 milj. ha. Soita alettiin järjestelmällisesti ja laajamittaisesti ojittamaan 1900-luvun alussa. Ojitusta vauhditti myöhemmin työn koneellistuminen ja huoli puupulasta. Ojitusmäärän huippu saavutettiin vuonna 1969, jolloin metsäoimia kaivettiin yli 80 000 km ja ojitettiin lähes 300 000 ha suota. (Päivänen 2007, 156, 165, 193; Virtuaalisuo 2007.)

Ojituksen jälkeen suot on jaettu eri kuivatusvaiheeseen kuivamisen etenemisen mukaan. Ojikkovaiheessa kuivuminen ei ole vielä muuttanut suokasvillisuutta. Muuttumavaiheessa puuston kasvu on jo elpynyt kuivumisen ansiosta. Turvekangasvaiheessa kasvillisuus poikkeaa selvästi suokasvillisuudesta ja muistuttaa kangasmetsäkasvillisuutta. Ojitettu suo luokitellaan metsänhoidollisia toimenpiteiden arvioimiseksi jo ennen turvekangasvaiheen alkamista siihen turvekangastyypin, johon se todennäköisesti tulee kehittymään. (Laine, Vasander, Hotanen, Nousiainen, Saarinen & Penttilä 2012, 93.)

Metsätalousmaa jaetaan puuntuotoskyvyltään metsä-, kitu- ja joutomaaksi. Metsämaata Suomessa on 20 milj. ha, josta suon osuus on 5 milj. ha. Ojitettua suota metsämaana on 4,9 milj. ha ja ojittamatonta suota 0,7 milj. ha. (Korhonen 2008, 9-10.) Soilla ja turvekankailla kasvavan puuston tilavuus on 511 milj. m³, joka on maamme puuvaroista 24 %. Koko puuston vuotuinen kasvu on maassamme 104 milj. m³, josta noin neljännes on suopuuston kasvua. Vuonna 2013 maan koko hakkuukertymä, mukaan lukien energiapuu, oli 65 milj. m³, josta soilta ja turvekankailla hakatun kertymän osuus oli noin 10 milj. m³. (Metsäntutkimuslaitos 2015, 33, 64, 171.)

Turvemaan puuntuotoskyky riippuu turpeen ilmatilan ja ravinteiden määrästä. Ravinteikkuuteen vaikuttaa turpeen maatumisaste, jota mitataan von Postin luokituksella H₁-H₁₀. Asteikossa H₁ on maatumaton ja vähäravinteisin turve ja H₁₀ on maatunein ja ravinteikkain turve. Turvemaat jaotellaan ravinteisuuden mukaan turvekangastyyppeihin ravinteikkaammasta karumpaan lueteltuna: ruoho-, mustikka-, puolukka-, varpu- ja jäkäläturvekangas. Turvekangastyypit jaetaan lisäksi I- ja II-tyypeiksi sen mukaan, ovatko ne kehittyneet ohutturpeisesta puustoisesta suosta (I-tyyppi) vai paksuturpeisesta avosuosta (II-tyyppi). (Päivänen 2007, 49–50; Ruotsalainen 2007, 11; Toivoniemi 2014, 5–6.)

Turve- ja kivennäismailla on suuri ero pääravinteiden pitoisuuksissa ja määrien suhteessa. Yleisesti turvemaiden typpipitoisuus on suurempi ja kalium- ja fosforipitoisuudet pienempiä kuin kivennäismailla. (Päivänen 2007, 77–78.) Typen määrän mahdollistavan kasvunlisän esteeksi tulee kasvutekijöiden minimilaki, jonka mukaan fosforin- ja kaliumin puute estää puuta hyödyntämästä typen suomaa kasvupotentiaalia. Ravinnehäiriöitä esiintyy yleisesti II-tyypin mustikka- ja puolukkaturvekankailla. Kun turvemaan kuivatus on kunnossa, voidaan ravinnetaloutta korjaamalla puuntuotos moninkertaistaa turvekankailla. (Ruotsalainen 2007, 11,14; Toivoniemi 2014,8.) Tuhkalannoituksesta hyötyviä ravinnehäiriöstä kärsiviä ojitettuja alueita on maassamme arviolta 1-2 milj. hehtaaria (Moilanen, Hytönen, Hökkä & Ahtikoski 2015, 207).

Ravinnepuutostiloja korjataan lannoittamalla. Eri ravinteiden puutosoireita voi havaita silmämääräisestäikin, mutta ravinneanalyysien avulla voidaan luotettavasti todeta puiden ravinnetarve ja sen pohjalta valita oikea lannoitelaji ja -määrä. Käytettävissä olevat ravinneanalyysit ovat neulasanalyysi ja maa-analyysi. Neulasanalyysi antaa luotettavamman kuvan puuston ravinnetilasta. Maa-analyysiä käytetään esimerkiksi puuttomilla alueilla, kun neulasanalyysiä varten ei saada kerättyä näytteitä. Puhuttaessa ravinneanalyysien ohjearvoista, on huomioitava analyysimenetelmä eli onko kyseessä maan vai neulasten ravinnetilanne. Kyseessä on kaksi eri analyysiä joiden tulosten tulkinnan ohjearvot poikkeavat toisistaan (liite 1).(Farmit 2015.)

5 TUHKALANNOITUKSEN TOTEUTTAMINEN

Alueen ojituksen tulee olla kunnossa ennen tuhkalannoituksen toteuttamista. Lannoituksesta ei ole hyötyä, jos alueen vesitalous ei ole kunnossa. Ojituksella on positiivinen vaikutus mikrobitoiminnan vilkastumiseen, joka lisää turpeen typpi- ja fosforipitoisuutta. Typen määrä kasvaa kuitenkin suhteessa enemmän kuin fosforin määrä, mikä voi aiheuttaa fosforin puutosta. Ojituksen seurauksena alueen kalium- ja booripitoisuudet laskevat kasvaneen huuhtoutumisen seurauksena. Nämä ravinnemuutokset aiheuttavat lannoitustarvetta. (Päivänen 2007, 81–83; Ruotsalainen 2007, 11.)

Turvemaiden lannoitukseen käytetään väki- tai tuhkalannoitetta. Väkilannoitteista käytetään typettömiä fosfori- ja kaliumlannoitteita (PK-lannoite). Teollisten väkilannoitteiden etuna ovat pienet levitysmäärät. Levitysmäärät vaihtelevat 400–750 kg/ha lannoitteesta riippuen. Tuhkalannoitetta käytetään 3 000–5 000 kg/ha. Lannoitemäärällä tavoitellaan lannoitelajista riippumatta fosforin lisäystä 40–50 kg/ha ja kaliumin lisäystä 80–120 kg/ha. (Yara 2012; Äijälä ym. 2014, 252–253.)

Tuhkalannoituksen kustannuksista suurin osa johtuu levitystyöstä. (Hynönen, Moilanen, Makkonen, Äijälä & Häggman 2008, 25.) Tuhkalannoituksen hehtaarikohtaista levityskustannusta pienennetään yhteishankkeella, jossa samalla kertaa levitetään lannoitetta suurelle alalle. Tuhkalannoitteet levitetään maa- tai lentolevityksenä. Maalevitykseen käytetään metsä- tai maataloustraktoria, jonka perävaunu on varustettu lautaslevittimellä. Maalevitys turvekankaalle vaatii kantavat ajourat, eli käytännössä traktorilevitys tehdään talvella harvennushakkuun jälkeen. Mahdollinen kunnostusojitus tehdään lannoitteen levityksen jälkeen, jotta kaivumaat eivät haittaa lannoitetraktorin kulkua. Lentolevitys tehdään helikopterilla, eikä se ole riippuvainen vuodenajasta tai hakkuusta. Lentolevityksellä lannoitetaan suuria alueita maalevitystä nopeammin, mutta se on kalliimpaa, kuin maalevitys. (Huotari 2012, 43–44; Vanhatalo, Väisänen, Joensuu, Sved, Koistinen & Äijälä 2015, 57.) Maalevityksenä tehtävän lannoituksen kokonais-hinta, sisältäen lannoitteen ja levitystyön, on noin 300 €/ha ja lentolevityksenä 450–500 €/ha (Metsäkeskus 2015).

Tuhkalannoitus soveltuu niin kuin metsänhoitotoimet yleensäkin; sellaisille kohteille, jolla investointi on kannattavaa. Kannattavasta investoinnista voidaan odottaa suurempia tuloja kuin mitä investointi on aiheuttanut menoja. Tuhkalannoitettavaksi sopivat havupuuvaltaiset alueet, joiden vesitalous on kunnossa. Kunnostetut ojat tai riittävä puusto ylläpitävät tarvittavaa kuivatustehoa. Puustolla, jonka tilavuus on yli 120 m³/ha, on riittävä kuivatusteho. Sopivia tuhkalannoituskohteita ovat paksuturpeiset alueet, joilla typpitilanne on riittävä ja puutetta on fosforista ja kaliumista. Tällaisia ovat havupuuvaltaiset, puustoltaan hyväkuntoiset II-tyypin mustikka- ja puolukkaturvekankaat. (Hynönen ym. 2008, 11; Huotari 2012, 41; Äijälä ym. 2014, 172, 252.)

6 TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSET

Tuhkalannoituksen vaikutuksia on tutkittu Suomessa jo vuodesta 1937 alkaen. Puun kasvua lisäävän vaikutuksen lisäksi on tutkittu tuhkalannoituksen vaikutusta maaperään, pintakasvillisuuteen, sieniin ja marjoihin, vesistöihin ja eläimiin. (Huotari 2012, 3.)

Maaperään tuhkalannoitus vaikuttaa maan pH:ta korottavasti. Pintamaan pH-luku voi kohota 1-3 yksikköä. Maan mikrobi- ja hajotustoiminta vilkastuu lannoituksen vaikutuksesta. Tämä vapauttaa maan typpivaroja kasvien käyttöön. Maan ravinnepitoisuus lisääntyy, etenkin kaliumin, mangaanin ja fosforin osalta. Kaliumin puutos korjaantuu jo vuoden kuluessa levityksestä ja fosforin puute 3-4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Ravinteiden vaikutus on pitkäaikaista. Kaliumin osalta lannoitusvaikutus kestää 20–25 vuotta ja fosforin osalta 30–40 vuotta. Myös kadmiumin määrä kasvaa. Tuhkan neutralointikyky kuitenkin estää kadmiumia liukenemasta kasveille käyttökelpoiseen muotoon. (Huotari 2012, 14; Moilanen 2011; Hynönen ym. 2008, 16; Moilanen 2009, 4.)

Tuhkalannoitus nostaa marjojen ja sienten ravinnepitoisuutta, mutta sadon määrää tuhka ei nosta. Fosforin, kaliumin, kalsiumin ja boorin pitoisuudet kohoavat sienissä ja marjoissa jo kahden vuoden sisällä lannoituksesta. Raskasmetallipitoisuudet kohoavat tilapäisesti heti levityksen jälkeen, mutta palautuvat pian ennalleen. Tästä syystä marjoja ja sieniä ei pidä kerätä lannoitusvuonna. (Hynönen ym. 2008, 18–19; Moilanen 2011, Moilanen & Issakainen 2000, 34–35, Huotari 2012, 32–33.) Sammalet, jäkälät ja varpukasvit vähenevät mutta muu kasvillisuus rehevöityy tuhkalannoituksen vaikutuksesta. Erityisesti heinä- ja ruoholajit lisääntyvät. Muutokset pohja- ja kenttäkerroksessa ovat pysyviä. (Metsäkeskus 2014, Huotari 2012, 30–31.)

Vesistöissä fosfori on minimitekijä ja pienikin fosforilisä saa aikaan vesien rehevöitymistä. Tästä syystä erityisesti tuhkalannoituksen fosforin huuhtoutumia on syytä tutkia. Tutkimusten mukaan fosforin, typen ja raskasmetallien valumamäärät eivät ole vaaraksi vesistöille. Vaaraa vesistöille aiheutuu, jos tuhkalannoitetta päätyy suoraan vesistöihin tai ojaan. Tästä syystä purojen reunoille jä-

tetään 10–15 metrin muiden vesistöjen rannoille 50 metrin levyinen suojavaoikeus. Metsän eläimistöä vain hyönteisiä ja matoja syövässä päästäisessä havaittiin lievästi kohonneita kadmiumpitoisuuksia. Metsämyyrissä, hyönteisissä ja pikkulintujen munissa ei ole havaittu kohonneita kadmiumpitoisuuksia. (Hynönen 2008, 16,24; Huotari 2012, 36–39.)

Useiden pitkän aikavälin tutkimusten tuloksena tiedetään tuhkalannoituksen antavan puustolle kasvunlisää runsastyyppisillä turvekankailla 2-6 m³/ha/v ja niukkatyyppisillä turvekankailla 1-3 m³/ha/v. Kasvun lisäyksen voi havaita runsastyyppisillä alueilla jo 2-3 vuoden kuluttua ja niukkatyyppisillä 4-8 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta. (Huotari 2012,23; Huuskonen, Hynönen & Valkonen 2014, 128; Moilanen 2009, 4.)

Moilasan, Hytösen, Hökän ja Ahtikosken (2015), saamien uusimpien tutkimustensa tulokset tukevat aiempia tutkimuksia. Siikajoella on tehty lannoitekokeita vuonna 1985 lannoitetulla paksuturpeisella puolukkaturvekankaalla. Lannoituksen vaikutuksia seurattiin 26 vuoden ajan vuodesta 1985 vuoteen 2010. Lannoitekokeissa oli mukana myös puutuhka. Kokeiden tulosten mukaan tuhalla lannoitettujen mäntyjen neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet nousivat puutosrajan yläpuolelle. Fosforin vaikutus kesti pidempään kuin kaliumin vaikutus, joka heikkeni reilun 20 vuoden kuluttua. Puutuhka lisäsi kasvua jo 2-4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Kasvuvaikutus tehostui vuosittain ja oli maksimissaan 20 vuoden kuluttua. Tuhkalannoitus lisäsi merkittävästi puuston tilavuuskasvua. Kasvu näkyi tilavuuskasvuna ja järeytymisenä.

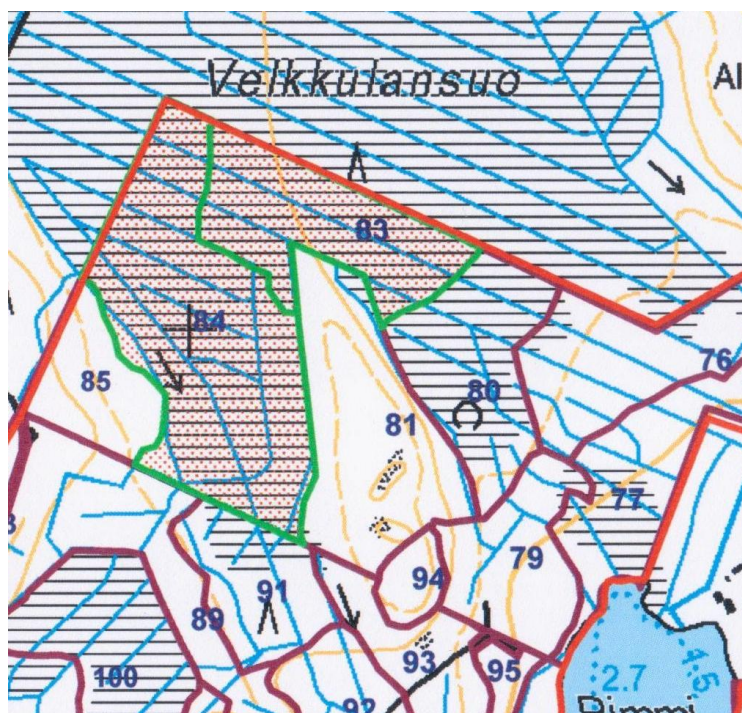
Aiemmin ei ole tutkittu tuhkalannoituksen vaikutusta harvennuspoistumaan. Moilasan ym. (2015) tutkimuksesta saatiin tuloksia, joiden mukaan harvennusvaiheessa puuta saadaan 2,2 kertaa enemmän puutuhkalla lannoitetulta alueelta verrattuna lannoittamattomaan alueeseen. Tutkimusjakson aikana tuhkalannoitus tuotti hehtaarilla puuta 89 m³ enemmän kuin lannoittamaton. Vuotuisesti kasvunlisäksi tuli 3,56 m³/ha/v. Eri korkokantoja, 3-5 %, sovellettaessa tuhkalannoitus osoittautui kannattavaksi investoinniksi. Tutkimuksessa selvisi myös, että lannoitetulla alueella harvennuksessa jäävä puusto on järeämpää, kuin lannoittamattomalla alueella. Lannoitus aikaistaa päätehakkuun ajankohtaa, mikä taas parantaa kannattavuutta. Puunmyyntituloja saadaan enemmän ja

aikaisemmin, kuin lannoittamattomalta alueelta. Tutkimustulostensa perusteella Moilanen mainitsee, että lannoituksen kannattavuuden osalta pitää edelleenkin paikkansa vanha sanonta, markka metsälannoitukseen ja kolme takaisin. Nykyisin puhutaan vain euroista. (Moilanen ym. 2015; Pape-Mustonen 2015.)

7 OPINNÄYTETYÖN TUHKALANNOITUSKOHDE

Tutkimuskohteena oleva turvekangas sijaitsee Keski-Suomessa Petäjävedellä Velkkulansuolla ja koostuu kahdesta kuviosta (kuva 1). Tällä alueella haluttiin seurata konkreettisesti sitä, kuinka tuhkalannoite vaikuttaa juuri tämän alueen puiden kasvuun. Samalla tutkittiin tuhkan vaikutusta muiden kasvilajien lajitusuhteisiin koeruudussa.

Petäjävesi kuuluu IV-kasvillisuusvyöhykkeeseen ja tehoisan lämpötilansumma paikkakunnalla on noin 1100 d.d. (Ilmatieteenlaitos 2015). Metsäsuunnitelman mukaan kuviot ovat kasvupaikkatyypiltään puolukkaturvekangasta ja ne ovat kooltaan 3,5 ha (kuvio 83) ja 7,1 ha (kuvio 84). Kuviolla 83 puusto on iältään 85-vuotiasta ja kuviolla 84 kymmenen vuotta nuorempaa, 75-vuotiasta. Kuvioilla kasvaa pääasiassa mäntyä (90 %) ja sen seassa hieskoivua ja kuusta.



KUVA 1. Tuhkalannoitusalue koostuu kuvioista 83 ja 84.

Alue on ojitettu talvella 1964-66. Ojat on kunnostettu vuonna 1994. Kunnostusojituksen yhteydessä osalle alasta tehtiin harvennushakkuu. Kuvassa 2 ojituksen jälkeiset vuodet erottuvat suurempina vuosikasvuina. Ensimmäisen ojituksen vaikutus kasvuun näkyy selvemmin kuin kunnostusojituksen vaikutus.



KUVA 2. Ojitusten vaikutus kasvuun näkyy suurempina vuosilustoina (Kuva: Tuula Strömberg 2015)

Harvennushakkuu suoritettiin kuvioilla talvella 2015 ja metsäkoneiden ajouria hyödyksi käyttäen tuhkalannoite levitettiin harvennushakkuun jälkeen maaliskuussa. Tuhkalannoite levitettiin alueelle maalevityksenä. Levitys suoritettiin metsätraktorilla, jonka perävaunu on varustettu lautaslevittimellä. Tuhkalannoitteena käytettiin Ecolanin Metsätuhka T4000:a. Levitysmäärä oli 4000 kg/ha.

Ennen lannoitusta kuvioilta kerättiin näyte neulasanalyysiä varten. Analyysin tulosten (liite 2) ja neulasanalyysin tulkintaohjeen (liite 1) mukaan alueella on fosforin lisäksi myös tpeestä puutetta. Kaliumin osalta tilanne on välttävä ja muiden analysoitujen ravinteiden (kalsium, magnesium, boori, kupari mangaani ja sinkki) osalta neulasten ravinnepitoisuus on tyydyttävällä tasolla. Typen pitoisuus on 11,6 g kilossa kuiva-ainetta. Tällaisen vähätyppisen alueen kasvuolot kuitenkin hyötyvät tuhkalannoituksesta, koska tuhkan kalkitusvaikutuksen seurauksena vilkastuneen hajotustoiminnan ja kohonneen maan pH:n ansiosta typpeä vapautuu mikrobistolta puiden kasvuun pitkällä aikavälillä. Vaikutus alkaa näkyä 5-10 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta (Moilanen 2005,150).

8 MAASTOTYÖT

Maastotöissä ja koealojen perustamisessa käytettiin oppaana Itä-Suomen yliopiston Metsätieteiden osaston julkaisemaa Metsän mittaus ja kartoitus -kirjaa (Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo 2011).

Koko alueen puuston tilavuus arvioitiin relaskoopikoealojen avulla, koska puuston tilavuuden arviointi suurilla alueilla voidaan tehdä niillä nopeasti ja vähällä mittavälineistöllä. Arviointi on nopeaa, koska kertakoealoina mitattua relaskoopikoealaa ei merkitä maastoon (Kangas ym. 2011,83).

Varsinaisen kasvun seurannan toteuttamiseen valittiin erilaisista koealamalleista kiinteäalaiset pysyvät koealat. Näitä koealoja perustettiin kaksi. Kiinteä koeala on hidas ja työläs perustaa, koska seurantamittaukset on voitava toistaa samalla alalla samoille puille. Pysyvää koealaa perustettaessa koealan kulmat merkitään paaluilla maastoon ja puut numeroidaan maalilla. Kohteen sijainti selvitetään ja merkitään kartalle. Vuosittain merkinnät tarkistetaan ja tarvittaessa korjataan. (Kangas ym. 2011,83,179.)

Pysyvän koealan etu kertakoealaan verrattuna on siinä, että koealan perustamisen yhteydessä suoritettut mittaukset voidaan toistaa myöhemmin samoille puille ja mittauksilla saadaan osoitettua konkreettisesti yksittäisen puun ja koko koealan puiden kasvu. Pysyviä koealoja käytettäessä muutoksen arviointi on luotettavampaa kuin kertakoealoja käytettäessä, koska toistuvista mittaustuloksista eliminoidaan koealojen erilaisesta sijoittelusta aiheutuva satunnaisvaihtelu. (Kangas ym. 2011,83,179.)

8.1 Kaksi pysyvää koealaa

Tuhkalannoitusalueelle suunniteltiin kaksi pysyvää koealaa, joilla voidaan suorittaa jatkossa uusintamittauksia. Kummallakin koealalla on noin 50 puuta. Yhteensä koealoilla on 103 puuta. Koealat sijoitettiin niin, että oja tuli alaan mukaan. Koealat ovat suorakaiteen muotoisia. Koealan reunat vedettiin suoriksi linjakeppien avulla, ja kulmat saatiin suoriksi kulmalaserin avulla. Laserin säde saatiin metsässä näkyviin valkean paperiarkin avulla. Koealojen kulmiin jätettiin

kulmapaalut ja kulmista otettiin gps-pisteet. Koealojen sivujen pituudet mitattiin ja aloille laskettiin pinta-alat. Koealan 83 sivujen pituudet ovat 32 ja 44 metriä ja pinta-ala 0,14 ha. Koeala 84 on kooltaan 34 m x 36 m ja pinta-alaltaan 0,12 ha. Koealojen pinta-alan määräsi puiden lukumäärä. Koealat on merkitty liitteen 3 karttaan numeroin 83.1 ja 84.1.

Koealojen puut yksilöitiin numerolla. Kaikista koealojen puista mitattiin pituus ja ympärysmitta, josta laskettiin rinnankorkeusläpimitta. Pituus mitattiin hypsometrillä. Ympärysmitta mitattiin mittanauhalla millimetrin tarkkuudella. Ympäryksen mittaamisen yhteydessä mittauskohta ja puun numero maalattiin puuhun valkoisella maalilla (kuva 3).



KUVA 3. Koealan numeroidut puut (Kuva: Tuula Strömberg 2015)

Kummaltakin koealalta kairattiin lastu yhteensä 20 puusta viiden vuoden sädekasvun mittaamiseksi. Kairattavat puut valittiin edustamaan kaikkia läpimittaluokkia. Kairattavia puita valittiin kuitenkin suhteellisesti enemmän läpimitaltaan suuremmista puista. Lastujen mittaamisen helpottamiseksi lastu valokuvattiin millimetripaperin päällä. Kuvaa suurennettaessa lastojen paksuus oli helppo mitata (kuva 4).



KUVA 4. Millimetripaperin päällä kuvattu lastu (Kuva: Tuula Strömberg 2015)

Pituuskasvu mitattiin alueella kuluneella kasvukaudella tuulen kaatamista puista. Näitä puita on 9 kpl ja ne sijaitsevat hajallaan kuvion 84 koko alueella. Pituuskasvu mitattiin viiden kokonaisen kasvukauden osalta.

8.2 Kasvillisuuden seuranta

Tuhkalannoitusalueella kasvava puusto on 85-vuotiasta männikköä (*Pinus sylvestris*). Seassa kasvaa kuusta (*Picea abies*) ja hieskoivua (*Betula pubescens*). Puustosta 90 % on mäntyä. Puusto on yksijaksainen. Pensaskerroksen muodostavat vain yksittäiset puiden taimet. Yleisesti alueella kasvaa tupasvillaa (*Eriophorum vaginatum*) ja sen alla pohjakerroksen muodostavat rahkasammallet (*Sphagnum*). Varpuna esiintyy puolukkaa (*Vaccinium vitis-idaea*) ja variksenmarjaa (*Empetrum nigrum*). Ojien välissä, sarkojen keskellä kasvaa yksinomaan suokasvillisuutta. Ojanpenkoilla kasvillisuus muistuttaa jo korpisuon kasvillisuutta. Lähempänä ojan reunaa karhunsammalten (*Polytrichum*) ja seinäsammalten (*Pleurozium schreberi*) osuus kasvaa ja puolukan lisäksi siellä kasvaa mustikkaa (*Vaccinium myrtillus*) ja heinäkasveina paikoin korpikastikkaa (*Calamagrostis purpurea* ssp. *phragmitoides*). (Laine, Sallantausta, Syrjänen & Vasander 2013, 82, 83, 132; Väre & Laine 2014; Laine ym. 2012, 25–33, 81, 121.)



KUVA 5. Saran keskellä kasvaa suokasvillisuutta ja ojanpenkoilla kasvillisuus on vaateliaampaa (Kuvat: Tuula Strömberg 2015)

Alueella esiintyy myös yksittäisiä lakkoja (*Rubus chamaemorus*) ja juolukkaa (*Vaccinium uliginosum*) sekä alueittain kasvavaa isokarpaloo (*Vaccinium oxycoccus*). Varpukasveista esiintyy paikoitellen myös suopursua (*Ledum palustre*) ja vaivaiskoivua (*Betula nana*). 10–15 cm korkuista hieskoivun (*Betula pubescens*) taimea esiintyy yleisesti. Kenttäkerroksessa esiintyy lisäksi yksittäisinä kasveina mm. maitohorsmia (*Epilobium angustifolium*), metsäalvejuurta (*Dryopteris carthusiana*) ja suokukkaa (*Andromeda polifolia*). Pohjakerroksessa samalten lisäksi kasvaa harmaaporonjäkälää (*Cladina rangiferina*) laikuittain. Metsäkerrossammalta (*Hylocomium splendens*) ei esiinny. (Väre & Laine 2014.)

Kasvillisuuden muutosten seuraamiseksi kuvion 83 eteläisimmän kulman lähelle rajattiin punaisin viitoin 3 m x 3 m kokoinen alue. Alueen sijainti on merkitty punaisella tähdellä liitteen 3 karttaan. Alue kuvattiin neliömetreittäin. Kuvattavat 1 m²:n alat rajattiin kuitunauhalla ja merkittiin paperilapuilla kuvauksen ajaksi (kuva 6). Viitat merkittiin kirjaimin A-D. Kasvilajit tunnistettiin maastossa. Kasvien peittävyden arvioinnin apuna käytettiin valokuvaa, jonka päälle lisättiin 10 x 10 solun läpinäkyvä ruudukko. Ruudukon yksi solu vastaa 1 %:a peittävydestä. Ruudukon avulla voitiin arvioida kasvien peittävyttä (kuva 7). Neliöiden kasvillisuudesta kirjoitettiin lista peittävyden mukaan (liite 4).



KUVA 6. Kasvillisuuden seurantaruuu (Kuva: Tuula Strömberg 2015)



KUVA 7. Kasvien peittävyden arviointi ruudukon avulla (Kuva: Tuula Strömberg 2015)

8.3 Tuloksia

Kuvio 83

Koko kuvion puuston tilavuudeksi arvioitiin 12 relaskooppikoealan perusteella 129 m³/ha, josta 90 % on mäntyä ja loput hieskoivua ja kuusta. Arviointiin käytettiin relaskooppitaulukoita. Kuvion koealalla on 50 mäntyä ja kolme hieskoivua. Mäntyjen keskiläpimitaksi mitattiin 21,8 cm ja keskipituudeksi 19,5 m. Koivujen keskiläpimitta on 23 cm ja keskipituus 17 m (liite 5). Kairan lastuista mitattiin viiden vuoden sädekasvu ja siitä laskettiin läpimitan kasvu. Läpimitan kasvu on ollut keskimäärin hieman alle 8 mm viiden vuoden aikana. Yhdessä vuodessa läpimitta on kasvanut keskimäärin 1,7 mm (liite 7).

Kuvio 84

Kuvion puuston tilavuudeksi arvioitiin 14 relaskooppikoealan perusteella 94 m³/ha, josta 90 % on mäntyä ja 10 % hieskoivua ja kuusta. Kuvion koealalla on 50 mäntyä. Koealan puiden keskiläpimitaksi mitattiin 17,5 cm ja keskipituudeksi 15 m (liite 6). Kairan lastujen avulla mitattiin koealan puille keskimäärin 9,2 mm läpimitan kasvu viiden vuoden ajalle. Vuodessa koealan puut ovat kasvaneet keskimäärin 1,8 mm (liite 7).

Kuviolla on yhdeksän tuulen kaatamaa puuta, joista mitattiin viiden viimeisen kokonaisen kasvukauden pituuskasvut. Kaatuneet puut edustavat eri läpimittaluokkia. Tuulen kaatamien puiden keskipituus on 16 m, keskiläpimitta 19 cm ja viiden vuoden keskipituuskasvu 130 cm (liite 8).

9 METSIKKÖKOEALALASKELMA

Koealoilta mitatuista tuloksista tehtiin metsikkökoealalaskelma. Siinä laskettiin koealan puuston tämän hetkinen tilavuus, josta johdettiin runkolukusarjan avulla puuston tilavuus hehtaarilla. Viiden vuoden tilavuuskasvu saatiin laskettua viiden kuluneen vuoden säde- ja pituuskasvun avulla. Kyse on harvennuksessa kasvamaan jätettyjen puiden tilavuudesta eli vain niiden puiden, joiden tilavuuden kasvua tullaan jatkossakin seuraamaan. Tässä on huomioitava, että kasvupaikan puuntuotoskyky on parempi, kuin mitä harvennuksen jälkeen kasvamaan jätettyjen puiden viiden vuoden kasvu osoittaa.

Koska käytössä ei ole lannoittamatonta verrokkikoealaa, tuhkalannoituksen antama kasvunlisä tullaan selvittämään vertaamalla koealojen puuston tulevan viisivuotiskauden kasvua menneen viisivuotiskauden kasvuun. Tuhkalannoituksen lisäksi puuston kasvunlisää aiheuttaa myös lannoituksen kanssa samana talvena tehty harvennushakkuu. Harvennusvaikutus voidaan selvittää esimerkiksi simuloimalla Motti-laskentaohjelmistolla lannoittamaton kasvatus. Simuloitu kasvatus huomioi harvennusvaikutuksen. Tulevasta tilavuuskasvusta vähennetään simuloitun kasvatuksen tilavuuskasvu. Näin saadaan selville pelkästään tuhkalannoituksen tuoma kasvunlisä.

Taulukoissa 1 ja 3 on metsikkökoealalaskelmat koealoilta 83 ja 84. Laskelmissa rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3}$) lasketaan läpimittaluokkaan kuuluvien puiden $d_{1,3:n}$ keskiarvona. Luokan runkoluku (n) on läpimittaluokkaan kuuluvien puiden lukumäärä. Keskipituus (h) on läpimittaluokkaan kuuluvien puiden pituuksien keskiarvo. Viiden vuoden sädekasvu (i_r) on läpimittaluokkaan kuuluvien puiden viiden vuoden sädekasvujen keskiarvo. Viiden vuoden pituuskasvu (i_h) on läpimittaluokkaan kuuluvien puiden viiden vuoden pituuskasvujen keskiarvo. Kuoren paksuus on b . Kuorellisen läpimitan ($d_{1,3}$) suhdetta kuorettomaan läpimittaan ($b_c = d_{1,3} / d_{1,3} - 2 * b$) tarvitaan laskettaessa läpimittaluokkaan kuuluvien puiden keskimääräistä kuorellista tilavuutta viisi vuotta sitten (V_{-5}). Suhdetta laskettaessa kuoren paksuus ilmoitetaan senttimetreinä. Rungon tilavuus kuorineen (V) lasketaan Laasasenahon regressiomallilla männylle kaavalla:

$$V=0,036089 * d^{2,01395} * (0,99676)^d * h^{2,07025} * (h-1,3)^{-1,07209}$$

Luokan tilavuus $n * V$ saadaan kertomalla puiden lukumäärä rungon tilavuudella.

Laskettaessa puun kuorellista läpimittaa viisi vuotta sitten (d_{b-5}), vähennetään läpimittaluokkaan kuuluvien puiden keskimääräisestä kuorellisesta läpimitasta ($d_{1,3}$) kuoren paksuus ($2 * b$) ja läpimitan kasvu ($2 * i_r$) ja saatu erotus kerrotaan kuorellisen läpimitan suhteella kuorettomaan läpimittaan (b_c) kaavalla

$$(d_{b-5}) = (d - 2 * b - 2 * i_r) * b_c$$

Kaavaa käytettäessä on kuoren paksuus ja sädekasvu muutettava senttimetreiksi. Läpimittaluokan puiden keskimääräinen pituus viisi vuotta sitten (h_{-5}) lasketaan vähentämällä pituudesta (h) viiden vuoden keskimääräinen pituuskasvu (i_h) metreiksi muutettuna. Läpimittaluokkaan kuuluvien puiden rungon tilavuus kuorineen viisi vuotta sitten (V_{-5}) lasketaan Laasasenahon regressiomallin avulla kaavasta:

$$V_{-5} = 0,036089 * d_{b-5}^{2,01395} * (0,99676)^d * h_{-5}^{2,07025} * (h_{-5} - 1,3)^{-1,07209}$$

Läpimittaluokan puiden tilavuus kuorineen viisi vuotta sitten (V_{-5}) lasketaan kertomalla läpimittaluokkaan kuuluvien puiden lukumäärä rungon tilavuudella viisi vuotta sitten ($n * V_{-5}$).

Jakamalla puiden läpimittaluokan tilavuus ($n * V$) koealan pinta-alalla, saadaan puuston tilavuus hehtaarilla. Samoin jakamalla koealan puiden läpimittaluokan tilavuus viisi vuotta sitten (V_{-5}) koealan pinta-alalla, saadaan puuston tilavuus viisi vuotta sitten hehtaarilla. Vähentämällä hehtaarin puuston tilavuudesta puuston tilavuus viisi vuotta sitten ja jakamalla erotus viidellä, saadaan puuston keskimääräinen tilavuuskasvu hehtaarilla vuodessa $m^3/ha/v$. Tätä kasvua tullaan vertaamaan seuraavan viisivuotiskauden keskimääräiseen tilavuuskasvuun hehtaarilla vuodessa. (Ärölä 2008, 303; Kangas ym. 2011, 50,103.)

Metsikkökoealalaskelmia laskettaessa puiden rinnankorkeusläpimitat ja pituudet saatiin mittauksista. Puut jaettiin läpimittaluokkiin 1 cm:n tasaavalla luokituksella. Esimerkiksi läpimittaluokkaan 17 kuuluvat ne puut, joiden läpimitta on välillä 16,50 - 17,49 cm. Viiden vuoden sädekasvu mitattiin osasta koealan puita ja tulokset mallinnettiin lineaarisesti kaikille läpimittaluokille. Viiden vuoden pituuskasvu mitattiin alueella tuulen kaatamista, eri läpimittaluokkiin kuuluvista puista. Myös pituuskasvu mallinnettiin lineaarisesti kaikille läpimittaluokille. Kuoren paksuutta ei mitattu koealalta, vaan arvoina käytettiin Tapion taskukirjan taulukon arvoja (Ärölä 2008, 303).

Metsikkökoealalaskelma tehtiin Excel-tilaukkolaskentaohjelmalla. Koealan perusteella kuviolla 83 männyn viiden vuoden keskimääräinen kasvu vuotta kohti on $3,71 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$. Kuviolla kasvaa 50 männyn lisäksi 3 järeätä koivua. Koivuista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja pituus. Koivuja ei kairattu, joten viiden vuoden läpimitan kasvua ei voitu arvioida. Koivuista ei myöskään mitattu viiden vuoden pituuskasvua. Laskelman selkeyttämiseksi koivut jätettiin siitä pois ja koealan pinta-alaa pienennettiin koivujen osuuden verran. Koivujen mittaustiedot tallennettiin (taulukko 2) ja niiden kasvua voi seurata, mutta sitä ei voi verrata menneeseen kasvuun. Koealalla 84 kaikki puut ovat mäntyjä. Niiden viiden vuoden keskimääräinen kasvu vuodessa on $2,62 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$.

TAULUKKO 1. Metsikkökoealalaskelma, 83 (Kangas ym. 2011, 103, muokattu)

Metsikkökoealalaskelma													
Koeala 83													
Ala		0,141 ha											
Männyn ala		0,133 ha											
Mänty											5 vuotta sitten		
lpm.luokka	rinnankorkeus läpimitta	luokan runkoluku	keskipituus	5 vuoden sädekasvu	5 vuoden pituuskasvu	kuoren paksuus	d/(d-2*b)	rungon tilavuus kuorineen	luokan tilavuus	rinnankorkeus läpimitta kuorineen 5 vuotta	pituus 5 vuotta aiemmin	rungon tilavuus kuorineen 5 vuotta	luokan tilavuus kuorineen 5 vuotta
	d _{1,3}	n	h	i _r	i _h	b	b _c	V	n*V	d _{b,5}	h ₅	V ₅	n*V ₅
	cm	kpl	m	mm	dm	mm		dm ³	dm ³	cm	m	dm ³	dm ³
13	13,11	1	17,00	4,0	16	7	1,12	113,55	113,55	12,2	15,4	90,26	90,26
16	16,31	2	18,13	4,0	15	9	1,12	184,93	369,86	15,4	16,6	152,68	305,36
17	16,68	2	18,30	4,0	15	9	1,12	194,86	389,71	15,8	16,8	161,46	322,91
18	18,04	4	18,73	4,0	15	10	1,12	232,03	928,11	17,1	17,2	194,18	776,73
19	19,15	5	20,03	4,0	14	10	1,12	277,41	1387,04	18,3	18,6	236,15	1180,75
20	19,97	4	19,76	4,3	14	11	1,12	297,46	1189,85	19,0	18,4	252,82	1011,30
21	20,82	5	19,10	4,7	10	12	1,13	312,45	1562,24	19,8	18,1	268,75	1343,75
22	21,92	6	19,23	4,8	10	13	1,13	347,68	2086,08	20,8	18,2	299,60	1797,60
23	22,99	6	19,75	5,0	10	14	1,14	390,86	2345,18	21,9	18,8	337,62	2025,74
24	23,90	4	20,38	5,0	10	15	1,14	433,51	1734,04	22,8	19,4	376,13	1504,53
25	24,95	4	20,06	5,0	10	15	1,14	464,45	1857,80	23,8	19,1	404,64	1618,58
26	25,99	2	18,93	5,0	10	16	1,14	476,34	952,67	24,8	17,9	415,38	830,75
27	27,12	2	20,30	5,0	10	16	1,13	551,61	1103,22	26,0	19,3	484,41	968,83
29	29,08	2	19,00	5,0	10	17	1,13	593,37	1186,74	27,9	18,0	522,64	1045,28
31	30,91	1	21,00	5,0	10	18	1,13	731,61	731,61	29,8	20,0	650,48	650,48
	koealalla	50							17937,70				15472,85
	hehtaarilla	376							134850,79				116320,72
Vuotuinen kasvu kuorineen				=	(135-117)/5=			3,71 m ³ /ha/a					

TAULUKKO 2. Koivujen tilavuus, koeala 83

Metsikkökoelalaskelma						
Koeala 83						
Koivu						
	rinnankorkeus läpimitta	luokan runkoluku	keskipituus	rungon tilavuus kuorineen	luokan tilavuus	
lpm.luokka	$d_{1,3}$	n	h	V	$n \cdot V$	
	cm	kpl	m	dm ³	dm ³	
19	19,23	1	18,75	252,45	252,45	
20	20,31	1	14,75	214,20	214,20	
29	29,09	1	17,75	493,24	493,24	
	koealalla	3			959,89	

TAULUKKO 3. Metsikkökoelalaskelma, 84 (Kangas ym. 2011, 103, muokattu)

Metsikkökoelalaskelma														
Koeala 84														
Ala		0,1224 ha												
Mänty														
	rinnankorkeus läpimitta	luokan runkoluku	keskipituus	5 vuoden sädekasvu	5 vuoden pituuskasvu	kuoren paksuus	$d/(d-2 \cdot b)$	rungon tilavuus kuorineen	luokan tilavuus	5 vuotta sitten				
lpm.luokka	$d_{1,3}$	n	h	i_r	i_h	b	b_c	V	$n \cdot V$	d_{b-5}	h_{-5}	V_{-5}	$n \cdot V_{-5}$	
	cm	kpl	m	mm	dm	mm		dm ³	dm ³	cm	m	dm ³	dm ³	
6	6,49	1	8,00	4,0	16	4	1,14	14,74	14,74	5,6	6,4	9,19	9,19	
9	9,10	1	9,00	4,0	16	5	1,12	31,73	31,73	8,2	7,4	22,07	22,07	
10	9,71	1	9,00	4,0	16	6	1,14	36,05	36,05	8,8	7,4	25,34	25,34	
11	11,01	1	11,25	4,0	16	6	1,12	55,80	55,80	10,1	9,6	41,38	41,38	
13	13,26	2	14,38	4,0	16	7	1,12	99,74	199,49	12,4	12,8	78,24	156,48	
14	14,36	4	13,21	4,0	16	8	1,13	108,38	433,53	13,5	11,6	85,19	340,76	
15	15,16	3	14,70	4,0	15	8	1,12	132,52	397,56	14,3	13,2	106,66	319,98	
16	15,92	5	14,10	4,0	15	9	1,13	140,55	702,75	15,0	12,6	113,26	566,32	
17	17,15	5	14,30	4,0	15	9	1,12	164,65	823,25	16,3	12,8	134,14	670,71	
18	17,98	9	14,78	4,0	15	10	1,13	186,06	1674,57	17,1	13,2	152,71	1374,36	
19	18,99	4	15,50	4,0	14	10	1,12	215,92	863,69	18,1	14,1	180,31	721,26	
21	21,15	5	15,70	4,7	10	12	1,13	269,66	1348,29	20,1	14,7	230,14	1150,69	
22	21,91	6	17,00	4,8	10	13	1,13	310,11	1860,66	20,8	16,0	265,62	1593,74	
23	22,74	2	17,38	5,0	10	14	1,14	340,26	680,51	21,6	16,4	291,76	583,52	
26	25,72	1	16,50	5,0	10	16	1,14	411,88	411,88	24,6	15,5	356,35	356,35	
	koealalla	50							9534,50				7932,16	
	hehtaariil	408							77896,23				64805,25	
Vuotuinen kasvu kuorineen				=	(78-65)/5=			2,62 m3/ha/a						

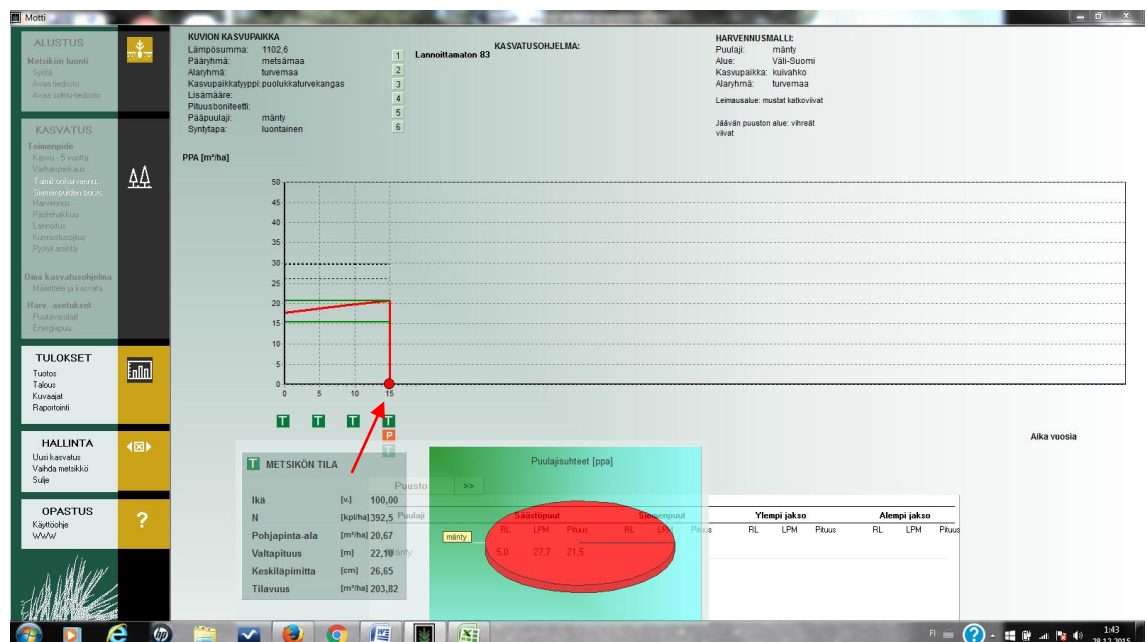
Harvennusvaikutus

Mänty reagoi harvennukseen hitaammin kuin kuusi. Männyllä kasvureaktio alkaa 5-10 vuoden kuluttua harvennuksesta ja kasvureaktio on pienempi kuin

kuusella. Turvemilla on vielä huomioitava, että harvennuksen pienentämä veden haihdunta voi nostaa pohjavedenpintaa ja kasvureaktio voi hidastua. (Huuskonen ym. 2014, 74 - 77).

Harvennusvaikutus arvioitiin simuloimalla kasvatus viisitoista vuotta eteenpäin Motti-laskentaohjelmalla. Kummankin koealan lähtötiedoiksi annettiin puuston runkomäärä kpl/ha, keskipituus ja keskiläpimitta. Lähtötietoihin lisättiin vuosi sitten tehty harvennus. Kasvatus simuloitiin ilman lannoitusta. Koealan 83 puusto kasvasi 15 vuodessa 36 m³/ha. Vuotta kohti kasvu olisi 2,4 m³/ha/v ilman lannoitusta. Koeala 84 kasvasi simuloinnin mukaan myös 39 m³/ha 15 vuodessa. Vuotta kohti hehtaarilla kasvu olisi 2,6 m³/ha/v ilman lannoitusta.

Motti-laskentaohjelmakaan ei anna vastausta harvennusvaikutuksen määrästä näillä koealoilla, koska edellisen viiden vuoden harventamattoman puuston kasvu ylittää kummallakin koealalla simuloitun harvennetun puuston kasvun. Laskelmien selkeyttämiseksi jatkossa käsitellään kasvunlisää tuhkalannoituksen ja harvennuksen yhteisvaikutuksena.



KUVA 8. Koealan 83 simuloitu kasvatus

10 JATKOSEURANTA

10.1 Ohjeet ja aikataulu

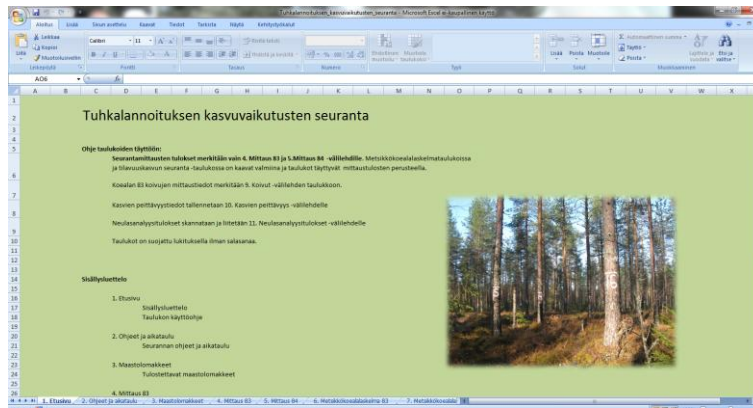
Jatkoseurannassa tehdään puustolle uusintamittaukset, teetetään neulasanalyysit ja arvioidaan kasvuruudun kasvien peittävydet. Huoltotehtäviin kuuluvat koealan ja kasvuruudun kulmapaalujen sekä puiden merkintöjen tarkastus ja tarvittaessa korjaus.

Töiden aikataulu riippuu siitä, milloin tuhkalannoituksen eri vaikutukset ovat havaittavissa. Muutokset pohja- ja kenttäkerroksessa näkyvät jo ensimmäisten vuosien jälkeen tuhkalannoituksesta. Puuston kasvu lisääntyy runsastyypisillä kasvupaikoilla 2-4 ja niukkatyyppisillä 4-8 vuoden kuluttua tuhkalannoituksesta. Jatkotoimet ovat työmäärältään erilaisia. Kasvien peittävyden arviointi vaatii vähemmän työtä kuin puuston mittaus.

Vaikutusten aikataulun ja eri tehtävien vaatiman työmäärän perusteella laadittiin seurannalle aikataulu. Kasvien peittävyys arvioidaan vuosittain huoltokäynnin yhteydessä. Puut mitataan viiden vuoden välein ja samalla kerätään näyte neulasanalyysiä varten. Puista mitataan ympärysmitta rinnankorkeudelta ja pituus. Puita ei kairata uusintamittauksissa. Seurantatyötä on syytä jatkaa päätehakkuuseen saakka, koska tuhkalannoitus vaikuttaa monta vuosikymmentä. Ohjeet jatkoseurantaan ovat liitteessä 9. Pitkäaikaisen seurannan toteuttaminen on tiedon siirtymisen ja jatkotyön varmistamiseksi syytä jättää metsänomistajan vastuulle. Metsänomistaja voi tehdä seurantatyön itse tai teettää sen esimerkiksi metsätalousopiskelijalla. Mittaustiedot, laskentataulukot ja seurantaohjeet luovutetaan metsänomistajalle tämän työn valmistuttua.

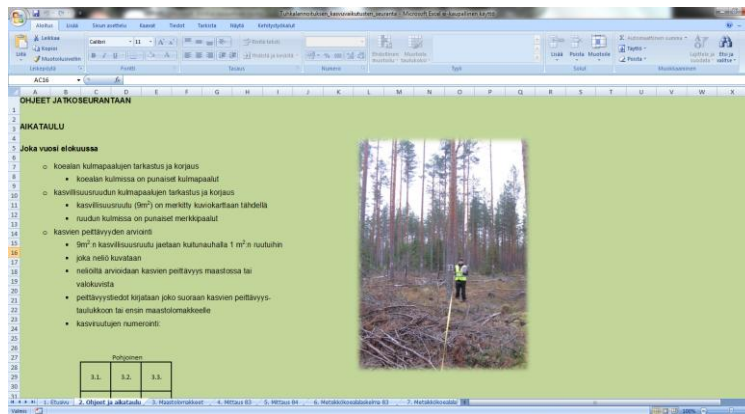
10.2 Excel-tilukko

Tietojen tallentamista varten laadittiin Excel-tilukko, jossa on 14 välilehteä. Etusivulla on ohjeita tilukon käytöstä ja välilehtien sisällysluettelo (kuva 9).



KUVA 9. Etusivu

Ohjeet ja aikataulu -välilehdellä on jatkoseurannan ohjeistusta (kuva 10).



Kuva 10. Ohjeet ja aikataulu

Maastolomakkeet -välilehdellä on tulostettavat ja maastoon mukaan otettavat lomakkeet (kuva 11).

Puiden mittaus			Kasvien peittävyys							
1 Puiden mittaus			Pvmt.							
2 Koekalan numero			Pvmt.							
3 Pvmt.			Pvmt.							
4 Pau no.	Puulaji	Ympärysmitta c1,4, cm	Pituus h2, m (alimitta)	Pituus h2, m (ylimitta)	Ruudun numero	Kaavilaji	Peittävyys %	Ruudun numero	Kaavilaji	Peittävyys %
5	1 mä									
6	2 mä									
7	3 mä									
8	4 mä									
9	5 mä									
10	6 mä									
11	7 mä									
12	8 mä									
13	9 mä									
14	10 mä									
15	11 mä									
16	12 mä									
17	13 mä									
18	14 mä									
19	1C mä									

KUVA 11. Maastolomakkeet

Mittaus 83 - ja Mittaus 84 -välilehdillä on taulukot, johon tallennetaan puiden ympärysmittat ja pituudet viiden vuoden välein. Tiedot mittauksista tallennetaan vain näihin taulukoihin. Mittaustiedot siirtyvät laskentafunktiolla ja kaavoilla muihin taulukoihin. Mittaus -taulukkoita on valmiina kummallekin koelalle vuosille 2015 (täytetty), 2020, 2025 ja 2030. Lämpimitta -sarakeessa on kaava, joka laskee ympärysmittasta puun läpimitan. Lämpimitasta saadaan PYÖRISTÄ -funktiolla läpimittaluokka, johon puu kuuluu. Pituus -sarakeessa on kaava, joka laskee puun pituuden ala- ja ylämitan summana (kuva 12).

KUVA 12. Mittaustiedot tallennetaan Mittaus -välilehdelle

Metsikkökoelalaskelmat -välilehdillä on neljä taulukkoa kummallekin koelalle viiden vuoden välein. Taulukoihin siirtyy laskentafunktioiden avulla tiedot mittaus -välilehdiltä. Keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta läpimittaluokittain lasketaan KESKIARVO.JOS -funktion avulla. Keskiarvon laskemisessa käytettävien solujen määrittelyyn käytetään ehtona läpimittaluokkaa. Luokan runkoluku saadaan LASKE.JOS -funktiolla. Tässäkin käytetään läpimittaluokkaa ehtona, joka määrittää laskettavat solut. Lämpimittaluokkaan kuuluvien puiden keskimääräinen pituus saadaan KESKIARVO.JOS -funktiolla. Ehtona käytetään tässäkin läpimittaluokkaa. Keskimääräinen rungon tilavuus läpimittaluokittain lasketaan Laasasenahon regressiomallin kaavalla (kuva 13). Taulukko laskee valmiiksi läpimittaluokkaan kuuluvien runkojen yhteistilavuuden ja edelleen puuston tilavuuden koelalla ja hehtaarilla. Puuston tilavuutta hehtaarilla verrataan viiden vuoden takaiseen tilavuuteen. Erotuksesta taulukko laskee viiden vuoden kasvun ja edelleen jakaa sen keskimääräiseksi vuosikasvuksi hehtaarilla vuodessa.

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Metsikkökoelalaskelma". The spreadsheet is organized into columns labeled A through W and rows numbered 1 through 29. The data is for the year 2015. The columns contain various measurements such as tree height (m), diameter (cm), and growth rate (m/ha/y). The right side of the spreadsheet (columns Q through W) contains a regression analysis section with the following text:

Lasarellin regressioall
 2015
 mätty $V=0,050089e^{0,000001} \cdot 0,996767 \cdot m^{0,277004} \cdot b^{-1,31} \cdot 0,000000$
 koivu $V=0,011167e^{0,000001} \cdot 0,996000 \cdot m^{0,277004} \cdot b^{-1,31} \cdot 0,000000$
 kaava $b_0=(1-2^*)$
 $b_1=(1-2^*)^2 \cdot 1^*$
 Kertoimien määrittely koivu
 din kerroin $0,050089 \cdot 0,011167$
 din potenssi $0,01995 \cdot 0,01053$
 dyn potenssi $0,99676 \cdot 0,996$
 dyn potenssi $0,000001 \cdot 0,000000$
 potenssi $-1,312009 \cdot -2,659$

KUVA 13. Metsikkökoelalaskelma

Puuston tilavuustiedot siirtyvät metsikkökoelalaskelmasta Tilavuuskasvun seuranta -välilehden taulukkoon. Taulukosta nähdään tilavuuskasvatiedot koottuna. Taulukossa verrataan tulevien vuosien kasvua puuston kasvuun ennen tuhkanhoitusta ja harvennusta (kuva 14).

The image shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "Tilavuuskasvun seuranta". The spreadsheet is organized into columns labeled A through V and rows numbered 1 through 29. The data is for the year 2015. The columns contain various measurements such as tree height (m), diameter (cm), and growth rate (m/ha/y). The right side of the spreadsheet (columns Q through V) contains a regression analysis section with the following text:

Tilavuuskasvun seuranta
 1 Tilavuuskasvun seuranta
 2 Koivu 83
 3
 4
 5 Mittaan Puuston tilavuus Puuston tilavuus viisi vuotta Puuston tilavuuskasvu Puuston tilavuuskasvu Kasvu m³/ha/y
 6 vuosi mittausvuosi, m³/ha Vähennys siltten, m³/ha viidessä vuodessa m³/ha jätetään vuodessa m³/ha/y
 7 2015 105 - 116 = 19 / 5 =
 8 2020 - - 135 = / / 5 =
 9 2030 - - = / / 5 =
 10
 11
 12 Koivu 84
 13
 14 Mittaan Puuston tilavuus Puuston tilavuus viisi vuotta Puuston tilavuuskasvu Puuston tilavuuskasvu Kasvu m³/ha/y
 15 vuosi mittausvuosi, m³/ha Vähennys siltten, m³/ha viidessä vuodessa m³/ha jätetään vuodessa m³/ha/y
 16 2010 79 - 80 = 13 / 5 =
 17 2020 - - 78 = / / 5 =
 18 2025 - - = / / 5 =
 19 2030 - - = / / 5 =
 20
 21 Tulevien vuosien kasvua m³/ha/y verrataan vuonna 2015 mitattuun edellisen
 22 viisivuotiskauden lannoittamattomaan ja harvennattomaan puuston kasvuun.
 23 Kasvu m³/ha/y on tulokasvun ja harvennuksen yhteisvaikutus.
 24
 25
 26
 27
 28
 29

KUVA 14. Tilavuuskasvun seuranta

Koivut -välilehdelle kerätään tiedot koelala 83:n koivuista (kuva 15).

Välilehdillä 12 - 14 on tietoja säde- ja pituuskasvusta sekä kuoren paksuudesta, joita käytettiin ensimmäisen metsikkökoealalaskelman viiden vuoden kasvun laskemiseen.

Taulukot suojattiin lukitsemalla solut, joihin seurannassa ei tarvitse tehdä merkintöjä. Taulukoiden ulkonäköä siistittiin ehdollisella muotoilulla, joka käyttää nollan ja tyhjän taulukon eri virheilmoitusten fontin värinä valkoista.

11 POHDINTA

Tämän työn tuloksena valmistui koealajärjestely, jolla metsänomistaja voi kustannuksiltaan ja työmäärältään kohtuullisesti selvittää tuhkalannoituksen kasvuvaikutuksen. Pysyvät koealat ovat hyvä valinta antamaan konkreettista tietoa kasvusta. Mittauksilla voidaan osoittaa kuinka paljon juuri tietyt puuyksilöt ovat kasvaneet. Excelillä rakennettiin taulukko, jossa kaikki mittaustiedot säilyvät ja jolla tuloksia voidaan esittää havainnollisesti.

Tuhkalannoituksen vaikutus jää metsänomistajan selvitettäväksi, johon tämä työ antaa työkalun. Toivottavasti koealoilta saadaan aikanaan tuloksia tuhkalannoituksen antamasta hyödystä. Kun lisäkasvu selviää, voidaan laskelmia jatkaa investoinnin kannattavuuden selvittämiseksi. Diskonttaamalla maksetut kulut ja odotettavissa olevat lisääntyneet hakkuutulot nykyarvoon, voidaan selvittää investoinnin taloudellinen kannattavuus.

Tämän työn tekeminen lisäsi kiinnostustani soita kohtaan. Kiinnostustani herättivät niin luonnontilaiset suot kuin puuta tuottavat turvekankaat. Työ antoi aiheita tutustua ojittamattomien soiden rikkaaseen kasvilajistoon ja arvokkaaseen elinympäristöön. Toisaalta taas mielenkiintoni herätti puuntuotannon kehittäminen puuntuotannollisesti kannattavilla turvekankailla ja tuhkalannoitusalan kasvattamisen mahdollisuudet nousivat mieleeni. Kiinnostukseni kääntyi tuhkan lannoitekäytön pienuuteen. Miksi vain murto-osa sopivasta tuhkasta käytetään metsälannoitteeksi ja suurin osa päättyy edelleen kaatopaikoille? Useissa lähteissä selvitettiin muodostuvan ja lannoitteeksi käytettävän tuhkan määrää, mutta syytä lannoitekäytön pieneen osuuteen ei juurikaan selvitetty. Asiasta kiinnostuneena otin yhteyttä FA Forestin toimitusjohtajaan ja kysyin syytä asiaan. Tuhkalannoitevalmistajan mukaan syy on passiivisissa metsänomistajissa. Aloin pohtimaan metsänomistajarakennetta. Syytä löytyy varmaan siitä, että keskimääräinen metsänomistaja on eläkkeellä oleva mies. Hänellä ei ole enää pakottavaa tarvetta saada korkeampia hakkuutuloja metsästä ja lannoituksen antama hyöty näkyy liian pitkän ajan päässä. Nähtäväksi jää, nuorentaako kaavaillut metsätilan sukupolvenvaihdosta helpottavat toimet metsänomistajarakennetta. Nuorempien metsänomistajien voisi olettaa kiinnostuvan tuhkalannoituksesta

enemmän. Tuhkalannoitusalan suurentamiseksi pitää lisätä metsänomistajien tietoisuutta asiasta ja tehostaa markkinointia. Merkittäväksi asiaksi mielestäni nousee yhteislannoitusten lisääminen. Yhteishankkeilla vähennetään levityskustannuksia ja innostetaan pienempienkin tilojen omistajia lähtemään mukaan. Jatkossa olisi syytä tehdä tutkimus, jossa etsitään syitä tuhkalannoitteen pienen käyttöalaan ja tulosten mukaan voitaisiin lähteä hakemaan asiaan muu-
tosta.

Toivottavasti tämä opinnäytetyö saa lukijan kiinnostumaan tuhkalannoituksesta ja on siten omalta osaltaan lisäämässä tuhkan käyttöä metsälannoitteena. On meidän kaikkien etu, että tuhkalla ei kuormitettaisi kaatopaikkoja, vaan levitetäisiin se takaisin metsään.

LÄHTEET

- Elintarviketurvallisuusvirasto. 2015. Tuhkan käyttö lannoitteena. Luettu 5.12.2015.
<http://www.evira.fi/portal/fi/kasvit/viljely+ja+tuotanto/lannoitevalmisteet/tuhkan+kaytto+lannoitteena>.
- Eurofins. 2015. Metsän ravinnetilan määrittäminen. Luettu 7.12.2015.
<http://viljavuuspalvelu.fi/fi/maatalous/metsa>
- Farmit. 2015. Ravinneanalyysit. Luettu 30.11.2015.
<http://www.farmit.net/metsa/metsanlannoitus/ravinneanalyysit>.
- Finlex. 2006. Lannoitevalmistelaki. Luettu 29.11.2015.
[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539?search\[type\]=pika&search\[piika\]=lannoitevalmiste](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20060539?search[type]=pika&search[piika]=lannoitevalmiste).
- Finlex. 2011. Maa- ja metsätalousministeriö: Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Luettu 28.11.2015.
<http://www.finlex.fi/data/normit/37638-11024fi.pdf>.
- Hamilo, M. 2013. Miksi luonto vihertää? Artikkelitiede-lehdessä 5/2013. Luettu 6.12.2015. http://www.tiede.fi/artikkeli/kysy/miksi_luonto_vihertaa.
- Hortilab. 2015. Hivenravinteet. Luettu 29.11.2015.
<http://www.hortilab.fi/fi/hivenravinteet>.
- Huotari, N. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Vammala: Metla.
- Huuskonen, S., Hynynen, J. & Valkonen, S. 2014. Metsän kasvatus - menetelmät ja kannattavuus. Helsinki: Metsäkustannus.
- Hynönen, T. Moilanen, M., Makkonen, T. (toim.), Äijälä, O. & Häggman, P. 2008. Tuhkalannoitus. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.
- Ilmatieteenlaitos. 2015. Terminen kasvukausi. Luettu 2.12.2015.
<http://ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>.
- Kangas, A., Päivinen, R., Holopainen, M & Maltamo, M. (toim) 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. 3. painos. Silva Carelica 40. Itä-Suomen yliopisto. Metsätieteiden osasto.
- Korhonen, T. 2008. Teoksessa Tapion taskukirja. Toim. Rantala, S. 25. uudistettu painos. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat. Hämeenlinna: Metsäkustannus.

Laine, J., Sallantausta, T., Syrjänen, K. & Vasander, H. 2013. Sata sammalta. Helsinki: Metsäkustannus.

Luke. 2015. MetINFO – Metsätietopalvelut. MOTTI-metsänkasvatus. Luettu 11.12.2015. <http://www.metla.fi/metinfo/motti/>

Luonnonvarakeskus. 2015a. Puun energiakäyttö 2014. Luettu 5.12.2015. http://stat.luke.fi/puun-energiak%C3%A4ytt%C3%B6-2014_fi.

Luonnonvarakeskus. 2015b. Ravinnepuute. Luettu 29.11.2015. http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/rapuut-p.htm.

Maa- ja metsätalousministeriö. 2015a. Kansallinen metsästrategia 2025. Valtioneuvoston periaatepäätös 12.2.2015. Strategiset päämäärät, mittarit ja tavoitteet. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö.

Metsäkeskus. 2014. Suometsien tuhkalannoitus. Luettu 4.12.2015. <http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/tuhkalannoitus.pdf>

Metsäkeskus. 2015. Tuhkalannoitusmateriaalit. Luettu 2.12.2015. http://www.metsakeskus.fi/tuhkalannoitus-materiaalit#.Vm1wur_ivO8.

Metsäntutkimuslaitos. 2012. Tuhkan käyttö metsälannoitteena. Tuhkan ominaisuudet. Luettu 4.12.2015. <http://www.metla.fi/hanke/7464/pdf/Metla-Tuhkaopas-esite-2012.pdf>.

Metsäntutkimuslaitos. 2013. Tuhkalannoitus saa turvemaiden puuston hurjaan kasvuun. Luettu 29.11.2015. <http://www.metla.fi/uutiskirje/metpro/2013-2/uutinen-2.html>.

Metsäntutkimuslaitos. 2015. Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Moilanen, M. & Issakainen, J. 2000. Tuhkalannoituksen metsävaikutukset. Metsätehon raportti 83. Luettu 4.12.2015. http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/pictures/tuhkalannoituksen_metsavaikutukset_-metsateho_2000.pdf

Moilanen, M. 2005. Suometsien lannoitus. Teoksessa Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Moilanen, M. 2009. Metsätuhkan ravinteet takaisin metsään. Helsinki: Motiva.

Moilanen, M. 2011. Tuhkalannoitus nykytiedon valossa. Diaesitys Vantaa 12.4.2011. <http://www.metla.fi/tapahtumat/2011/sum-seminaari/esitykset/Moilanen.pdf>

Moilanen, M., Hytönen, J., Hökkä, H. & Ahtikoski, A. 2015. Lannoituksen puustovaikutukset ja kannattavuus puolukkaturvekankaan männikössä. Metsätieteen aikakauskirja 3/2015. Luettu 4.12.2015.

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff15/ff153199.pdf>

Ojala, E. 2010. Selvitys puu- ja turvetuhkan lannoite- sekä muusta hyötykäytöstä. Motiva. Luettu 2.12.2015.

http://energia.fi/sites/default/files/tuhkaselvitys_eo_final.pdf.

Pape-Mustonen, T. 2015. Puuntuhkalannoitus vauhdittaa rämemänniköiden kasvua jopa kolminkertaiseksi. Maaseudun Tulevaisuus 14.12.2015, 8.

Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät - järkevän käytön perusteet. Helsinki: Metsäkustannus.

Rahikainen, P. 2015. Ravinteet takaisin luontoon. Keskisuomalainen 7.9.2015, 11.

Rissanen, T. 2013. Tuhkalannoituksella turvemaat kasvukuntoon. Harvestia-lehti, syksy 2013. Luettu 5.12.2015. http://www.harvestia.fi/wp-content/uploads/2014/06/net_Harvestia_2-2013.pdf.

Ruotsalainen, M. (toim.) 2007. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Helsinki: Metsäkustannus.

Skogsstyrelsen. 2008. Rekommendationer vid uttag av avverkningsrester och askåterföring. Meddelande 2/2008. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Suomen ympäristöpalvelu. 2015. Metsäanalyysit, näytteenotto-ohjeet. Luettu 7.12.2015. <http://www.suomenymparistopalvelu.fi/index.php?p=Metsaanalyysi>

Toivoniemi, J. 2014. Suometsien ravinnehäiriöt ja niiden tunnistaminen. Seinäjoki: Suomen metsäkeskus.

Tuhkarakentamisen käsikirja. 2012. Energiatuotannon tuhkat väylä-, kenttä- ja maarakentamisessa. Verkkojulkaisu. Luettu 28.11.2015.

http://energia.fi/sites/default/files/tuhkarakentamisen_kasikirja.pdf.

Tukiainen, H. Toimitusjohtaja 2015. Kysymys tuhkalannoitteesta. Sähköpostiviesti. hannu.tukiainen@ecolan.fi. Luettu 14.12.2015.

Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Virtuaalisuo. 2007. Soiden merkitys ihmiselle. Soiden ojitus. Luettu 30.11.2015. <http://agl.cc.jyu.fi/visu/index.php?id=546>.

Väre, H. & Laine, J. 2014. Suokasvio. Helsinki: Metsäkustannus.

Yara. 2012. Metsänlannoitusopas. Lannoitus turvemailla.

Yara. 2015a. Ravinteet ja niiden merkitys. Luettu 28.11.2015.
<http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/metsa/lannoitus/ravinteet.aspx>.

Yara. 2015b. Lannoitus. Luettu 29.11.2015.
<http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/vehna/avainasiat/ravinteet/>.

Yara. 2015c. Neulasanalyysi. Luettu 7.12.2015.
<http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/metsa/lannoitus/neulasanalyysi.aspx>

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – metsänhoito. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Ärölä, E. 2008. Metsävarojen mittaus ja arviointi. Teoksessa Tapion taskukirja. Toim. Rantala, S. 25. uudistettu painos. Helsinki: Metsäkustannus.

LIITTEET

Liite 1. Ravinneanalyysojen tulosten tulkintaohjeet

Neulasanalyysin tulkintaohje (Lähde: Viljavuuspalvelu)

Ojitetut suot ja turvekankaat						
Ravinnetila	Typpi g/kg	Fosfori g/kg	Kalium g/kg	Kalsium g/kg	Magnes. g/kg	Boori mg/kg
Alhainen	< 11,9	< 1,3	< 3,5	< 2,5	< 0,9	< 4,9
Välttävä	12,0-12,9	1,4-1,6	3,6-4,5	2,6-3,0	1,0-1,1	5,0-7,4
Sopiva	> 13,0	> 1,7	> 4,6	> 3,1	> 1,2	> 7,5

Maa-analyysin tulkintaohje (Lähde: Viljavuuspalvelu)

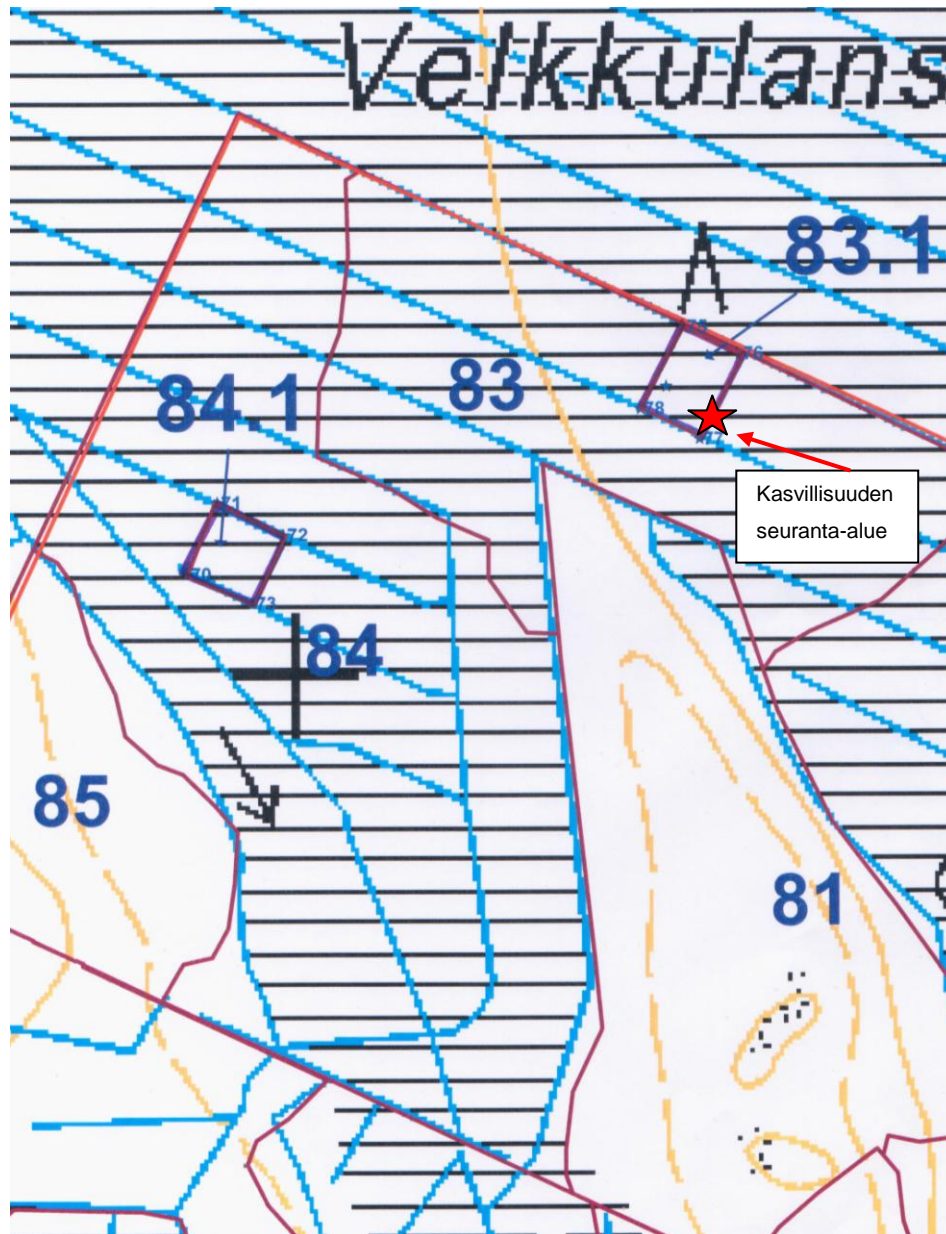
Ojitetut suot

Kokonaispitoisuus orgaanisesta aineksestä				
	Ravinteisuusluokka			
	Matala	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä
Kokonais typpi %	< 1,3	1,3-1,59	1,6-1,89	1,9-2,09
Kokonais boori mg/kg	< 0,3	0,3-0,69	0,7-1,09	> 1,1
Kokonais kalsium g/kg	< 3,0	3,0-4,09	4,1-5,09	> 5,1
Kokonais kalium g/kg	< 0,2	0,2-0,35	0,36-0,49	> 0,5
Kokonais fosfori g/kg	< 0,5	0,5-0,69	0,7-0,89	> 0,9
Kokonais magnesi um g/kg	< 0,2	0,2-0,35	0,36-0,49	> 0,5

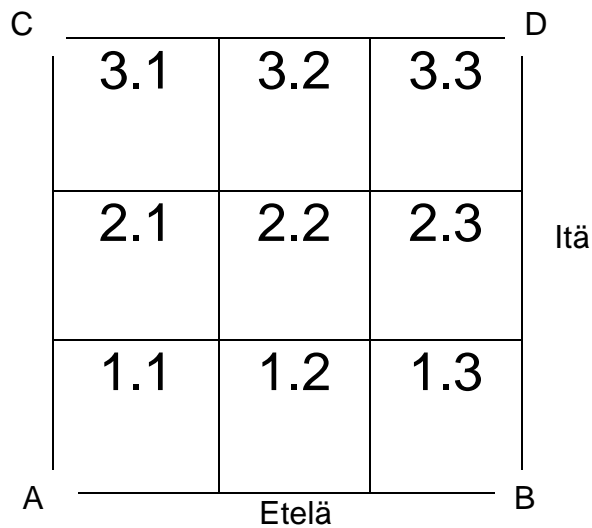
Turvekankaat

Kokonaispitoisuus orgaanisesta aineksestä				
	Ravinteisuusluokka			
	Matala	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä
Kokonais typpi %	< 1,4	1,4-2,29	2,3-2,59	> 2,6
Kokonais boori mg/kg	< 0,3	0,3-0,69	0,7-1,09	> 1,1
Kokonais kalsium g/kg	< 3,0	3,0-4,09	4,1-5,09	> 5,1
Kokonais kalium g/kg	< 0,2	0,2-0,35	0,36-0,49	> 0,5
Kokonais fosfori g/kg	< 0,5	0,5-0,69	0,7-0,89	> 0,9
Kokonais magnesi um g/kg	< 0,2	0,2-0,35	0,36-0,49	> 0,5

Liite 3. Koealojen sijainti



Liite 4. Kasvillisuuden seurantarauudut

**Ruuduissa esiintyvät kasvilajit:**Isokarpalo (*Vaccinium oxycoccos*)Kangaskarhunsammal (*Polytrichum juniperinum*)Lakka (*Rubus chamaemorus*)Mustikka (*Vaccinium myrtillus*)Puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*)Rämerahkasammal (*Sphagnum angustifolium*)Seinäsammal (*Pleurozium schreberi*)Tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*)

Ruutu	Kasvillisuus	
1.1.	Pohjakerros: rämerahkasammal 83 % seinäsammal 13 % kangaskarhunsammal 4 %	Kenttäkerros: tupasvilla 55 % puolukka 12 % isokarpalo 1 %

Ruutu	Kasvillisuus	
1.2.	Pohjakerros: rämerahkasammal 100 %	Kenttäkerros: tupasvilla 40 % lakka 5 % isokarpalo 1 %
1.3.	Pohjakerros: rämerahkasammal 55 % seinäsammal 40 % kangaskarhunsammal 5 %	Kenttäkerros: tupasvilla 20 % lakka 7 % mustikka 1 % isokarpalo 1 %
2.1.	Pohjakerros: seinäsammal 50 % kangaskarhunsammal 5 %	Kenttäkerros: puolukka 55 % tupasvilla 25 %
2.2.	Pohjakerros: rämerahkasammal 65 % seinäsammal 20 % kangaskarhunsammal 20 %	Kenttäkerros: tupasvilla 50 % puolukka 5 %
2.3.	Pohjakerros: rämerahkasammal 100 %	Kenttäkerros: tupasvilla 70 % lakka 5 % isokarpalo 1 %
3.1.	Pohjakerros: kangaskarhunsammal 15 % seinäsammal 10 %	Kenttäkerros: puolukka 90 % tupasvilla 35 % isokarpalo 1 %
3.2.	Pohjakerros: rämerahkasammal 80 % kangaskarhunsammal 10 % seinäsammal 10 %	Kenttäkerros: tupasvilla 70 % puolukka 40 %
3.3.	Pohjakerros: rämerahkasammal 70 % kangaskarhunsammal 25 % seinäsammal 5 %	Kenttäkerros: tupasvilla 50 % puolukka 5 % karpalo 1 % 5 kpl helttasieniä

Liite 5. Koeala 83 puiden mittaus

Puiden mittaus

Koeala 83

Ala 0,1408 ha

Puu no.	Puulaji	Ympärysmitta $c_{1,3}$, cm	Läpimitta $d_{1,3}$, cm	Pituus h_2 , m (alamitta)	Pituus h_1 , m (ylämitta)	Pituus h , m
1	mä	67,6	22	1,25	16,00	17
2	mä	71,1	23	1,75	19,50	21
3	mä	80,4	26	1,10	17,50	19
4	mä	59,1	19	1,25	18,00	19
5	mä	70,0	22	1,25	19,50	21
6	mä	66,4	21	1,00	18,00	19
7	mä	97,1	31	1,50	19,50	21
8	mä	41,2	13	1,50	15,50	17
9	mä	56,9	18	1,40	17,00	18
10	mä	69,0	22	1,25	18,90	20
11	mä	63,8	20	1,00	17,50	19
12	mä	73,4	23	1,50	18,50	20
13	mä	57,5	18	1,75	16,50	18
14	mä	92,0	29	1,00	18,00	19
15	mä	60,2	19	1,15	18,00	19
16	mä	77,3	25	1,25	18,75	20
17	mä	74,0	24	1,25	20,00	21
18	mä	73,1	23	1,25	19,00	20
19	mä	65,3	21	1,00	17,00	18
20	mä	61,1	19	1,25	20,75	22
21	mä	72,5	23	1,25	19,50	21
22	mä	74,8	24	1,25	18,75	20
23	mä	63,1	20	1,30	19,25	21
24	mä	50,7	16	1,25	15,75	17
25	mä	76,0	24	1,00	18,75	20
26	mä	78,7	25	1,25	19,50	21
27	ko	63,8	20	1,25	13,50	15
28	mä	55,1	18	1,25	17,00	18
29	mä	51,8	16	1,25	18,00	19
30	mä	69,2	22	1,25	16,75	18
31	mä	57,2	18	1,00	19,00	20
32	mä	65,0	21	1,25	19,25	21
33	mä	67,6	22	1,25	19,00	20
34	mä	62,2	20	1,25	17,75	19
35	mä	61,9	20	1,25	19,75	21
36	ko	60,4	19	1,50	17,25	19
37	mä	60,5	19	1,25	19,25	21
38	mä	52,1	17	1,10	17,25	18
39	mä	52,7	17	1,25	17,00	18
40	mä	75,5	24	1,00	19,50	21
41	mä	59,9	19	1,25	18,00	19
42	mä	77,8	25	1,25	20,25	22
43	mä	71,4	23	1,25	18,00	19
44	mä	65,6	21	1,25	18,50	20
45	mä	69,8	22	1,25	17,75	19
46	mä	85,3	27	1,50	19,25	21
47	mä	82,9	26	1,25	18,00	19
48	mä	64,7	21	1,25	17,00	18
49	ko	91,4	29	1,25	16,50	18
50	mä	90,7	29	1,00	18,00	19
51	mä	85,1	27	1,10	18,75	20
52	mä	71,9	23	1,25	15,75	17
53	mä	79,7	25	1,25	16,75	18
		Keskiarvo mä	21,8	1,2	18,2	19,5
		Keskiarvo ko	22,9	1,3	15,8	17,1

Liite 6. Koeala 84 puiden mittaus

Puiden läpimitat

Koeala 84

Ala 0,1224 ha

Puu no.	Puulaji	Ympärysmitta $c_{1,3}$, cm	Läpimitta $d_{1,3}$, cm	Pituus h_2 , m (alamitta)	Pituus h_1 , m (ylämitta)	Pituus h , m
1	mä	58,2	19	1,25	12,50	14
2	mä	70,8	23	1,25	15,50	17
3	mä	60,4	19	1,50	12,25	14
4	mä	68,5	22	1,50	15,25	17
5	mä	44,7	14	1,50	12,50	14
6	mä	57,5	18	1,50	13,75	15
7	mä	46,6	15	1,25	12,75	14
8	mä	67,3	21	1,50	15,50	17
9	mä	67,2	21	1,25	13,00	14
10	mä	45,1	14	1,35	12,25	14
11	mä	55,0	18	1,50	14,75	16
12	mä	48,9	16	1,25	12,75	14
13	mä	69,6	22	1,50	17,50	19
14	mä	51,4	16	1,25	16,50	18
15	mä	60,5	19	1,50	17,00	19
16	mä	68,3	22	1,25	15,50	17
17	mä	41,8	13	1,25	13,50	15
18	mä	54,1	17	1,25	12,00	13
19	mä	56,0	18	1,25	13,25	15
20	mä	49,3	16	1,25	11,75	13
21	mä	57,1	18	1,25	12,50	14
22	mä	72,1	23	1,25	16,75	18
23	mä	41,5	13	1,50	12,50	14
24	mä	54,3	17	1,25	13,25	15
25	mä	51,3	16	1,50	12,50	14
26	mä	49,2	16	1,25	10,50	12
27	mä	54,2	17	1,25	13,00	14
28	mä	45,5	14	1,25	10,75	12
29	mä	55,9	18	1,25	9,75	11
30	mä	20,4	6	1,25	6,75	8
31	mä	28,6	9	1,25	7,75	9
32	mä	30,5	10	1,25	7,75	9
33	mä	67,9	22	1,50	14,50	16
34	mä	56,0	18	1,50	14,50	16
35	mä	65,1	21	1,50	13,75	15
36	mä	66,9	21	1,50	15,00	17
37	mä	56,5	18	1,50	15,50	17
38	mä	70,5	22	1,50	16,50	18
39	mä	34,6	11	1,50	9,75	11
40	mä	65,8	21	1,50	14,00	16
41	mä	58,0	18	1,50	13,50	15
42	mä	48,1	15	1,50	12,75	14
43	mä	80,8	26	1,50	15,00	17
44	mä	59,5	19	1,50	14,50	16
45	mä	53,9	17	1,50	14,50	16
46	mä	45,2	14	1,50	11,75	13
47	mä	68,1	22	1,25	14,25	16
48	mä	48,2	15	1,35	14,50	16
49	mä	52,9	17	1,50	12,00	14
50	mä	56,5	18	1,50	12,75	14
		Keskiarvo	17,5	1,38	13,3	14,6

Liite 7. Koealojen puiden läpimitan kasvu

Puiden läpimitan kasvu

Koeala 83

Puu no.	d1,3, cm	sädekasvu (5v), mm	läpimitan kasvu (5v), mm	keskimääräinen läpimitan kasvu (1v), mm
1	21,5	4,0	8,0	1,6
3	25,6	4,0	8,0	1,6
5	22,3	4,0	8,0	1,6
18	23,3	4,0	8,0	1,6
25	24,2	8,0	16,0	3,2
35	19,7	4,0	8,0	1,6
38	16,6	2,5	5,0	1,0
41	19,1	3,0	6,0	1,2
48	20,6	4,0	8,0	1,6
51	27,1	6,0	12,0	2,4
	Keskiarvo	4,35	8,7	1,74

Koeala 84

Puu no.	d1,3, cm	sädekasvu (5v), mm	läpimitan kasvu (5v), mm	keskimääräinen läpimitan kasvu (1v), mm
9	18,1	4,0	8,0	1,6
4	18,8	5,0	10,0	2,0
15	19,2	4,0	8,0	1,6
20	19,4	4,0	8,0	1,6
32	20,7	5,0	10,0	2,0
19	20,8	4,0	8,0	1,6
6	21,1	5,0	10,0	2,0
2	22,6	6,0	12,0	2,4
18	23,3	4,0	8,0	1,6
7	30,9	5,0	10,0	2,0
	Keskiarvo	4,6	9,2	1,84

Liite 8. Kuvion 84 kaatuneiden puiden pituuskasvu

Kaatuneet puut			
Kuvio 84			
Puu	$d_{1,3}$, cm	h, m	5 v. kasvu, cm
A	18,5	16,50	126
B	20,4	17,20	135
C	19,1	18,47	116
D	21,0	17,92	121
E	20,7	16,42	79
F	27,6	15,49	102
G	13,6	11,26	161
H	18,2	15,72	180
I	14,8	14,51	153
Keskiarvo	19,3	15,9	130,3

Liite 9. Ohjeet jatko seurantaan

OHJEET JATKOSEURANTAAN**AIKATAULU****Joka vuosi elokuussa**

- koealan kulmapaalujen tarkastus ja korjaus
 - koealan kulmissa on punaiset kulmapaalut
- kasvillisuusruudun kulmapaalujen tarkastus ja korjaus
 - kasvillisuusruutu (9m²) on merkitty kuviokarttaan tähdellä
 - ruudun kulmissa on punaiset merkkipaalut
- kasvien peittävyden arviointi
 - 9m²:n kasvillisuusruutu jaetaan kuitunauhalla 1 m²:n ruutuihin
 - joka neliö kuvataan
 - neliöiltä arvioidaan kasvien peittävyys maastossa tai valokuvi-
ta
 - peittävyystiedot kirjataan joko suoraan kasvien peittävyys-
taulukoon tai ensin maastolomakkeelle (löytyy Excel-
taulukosta)
 - kasviruutujen numerointi:

3.1	3.2	3.3	
2.1	2.2	2.3	Itä
1.1	1.2	1.3	

Etelä

- puiden maalimerkintöjen tarkastus ja korjaus
 - numerot ja rinnankorkeusmerkki

- valkoisella spraymaalilla
- **Tarvikkeet**
 - kartta koealojen sijainnista
 - muistiinpanovälineet
 - kasvien peittävyys -maastolomake
 - valkoinen spraymaali
 - kuitunauha
 - tarvittaessa maastolomake kasvien peittävyden arviointiin
 - kamera

Joka 5 vuosi (vuonna 2020, 2025 ja 2030)

- koealojen kaikista puista mitataan ympärysmitta rinnankorkeudelta ja pituus
 - ympärysmittan mittauskohta on maalattu puuhun valkoisella maalilla
 - ympäryys mitataan 1 mm:n tarkkuudella
 - tiedot kirjataan suoraan mittaus-taulukkaan tai ensin maastolomakkeelle
- neulasanalyysi
 - neulasnäytteen keräys ohjeen mukaan (oheisena)
 - tulosten tallennus neulasanalyysi-taulukkaan
- **Tarvikkeet**
 - maastolomake puuston mittaamiseen
 - kirjoitusalus
 - muistiinpanovälineet
 - hypsometri
 - mittanauha, väh. 15 m
 - mittanauha ympärysmittan mittaamiseen

Ohje neulasnäytteen keräämiseen

Neulasnäytteet kerätään lokakuun lopun ja maaliskuun lopun välisenä aikana. Näin näytteiden tulokset kuvaavat parhaiten puiden ravinteiden ottoa edellisenä kesänä.

Näytteet kerätään 5–10 vallitsevan tai tutkittavan latvuskerroksen puista 1–2 ylimmän oksakiehkuran etelänpuoleisesta oksankärjestä. Näytteeseen tarvitaan noin 200 g neulasia. Mikäli näytettä ei saada ylimmistä oksista, se otetaan latvuksen ylimmästä kolmanneksesta.

Näytteet on helpointa kerätä harvennushakkuun yhteydessä tuoreista hakkuutähteistä. Ne voidaan ottaa myös oksasahalla, leikkurilla tai pakkasella haulikolla ampumalla. Lähetystä varten näytteet pakataan paperipussiin tai pahvirasiaan, ei muovipussiin. Lähetykseen merkitään:

- yhteystiedot
- näytteiden numerot
- metsän sijainti
- tiedot metsän terveydestä ja lannoituksista

Näyte lähetetään analysoitavaksi esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksen kautta tai suoraan neulasanalysejä tekevään laboratorioon. (Yara 2015c; Suomen ympäristöpalvelu 2015; Eurofins 2015.)