

Alexi Rautiola

Vähäravinteisen suon kasvatuslannoitus

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Elintarvike ja maatalous

Metsätalouden koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Koulutusohjelma: Metsäalan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: -

Tekijä: Aleksi Rautiola

Työn nimi: Vähäravinteisen suon kasvatuslannoitus

Ohjaaja: Antti Väätäinen

Vuosi: 2014 Sivumäärä: 43 Liitteiden lukumäärä: 3

Opinnäytteessä tutkitaan niukkaravinteisen rämeen lannoituksen vaikutusta puuston kasvuun. Kolmen koeruudun kenttäkoealue sijaitsee Ähtärissä Etelä-Pohjanmaalla. Niukkapuustoinen räme on uudisojitettu v.1960 ja kunnostusojitettu v. 2000. Tällöin alueella havaitut ravinnepuutosoireet varmistettiin neulasanalyysillä.

Suolle rajattiin kolme koeruutua v. 2006. Ruudut sijoitettiin maaperältään ja puustoltaan yhtenevälle alueelle vierekkäin. Ruutujen väliin jätettiin käsittelemättömät vaipat. Ruutujen puusto mitattiin. Yksi ruuduista lannoitettiin PK-lannoitteella, yksi NPK-lannoitteella ja kolmas ruutu jätettiin lannoittamatta. Mittaus toistettiin samalla menetelmällä v. 2012. Tällöin otettiin myös jokaiselta ruudulta neulasnäyte.

Lannoitettujen ruutujen neulasten ravinnepitoisuuksia ja kasvua verrattiin lannoittamattoman ruudun tuloksiin. Lannoituskäsittelyt paransivat selkeästi neulasten ravinnepitoisuuksia ja lisäsivät puuston kasvua. Lannoitusvaikutus jatkuu vielä useiden vuosien ajan.

Avainsanat: Neulasnäyte, ravinnepuutos, lannoitus, koeala

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Forestry

Specialisation:-

Author/s: Aleksi Rautiola

Title of thesis: Improvement fertilization in oligotrophic fen

Supervisor(s): Antti Väätäinen

Year: 2014 Number of pages: 43 Number of appendices: 3

The thesis examined the effects of the fertilization of an oligotrophic fen to the growth of the trees. The field test with tree experimental plots is located in Ähtäri at Ostrobothnia. The drainage of the stand was first time carried out in 1960 and repeated in 2000. At that time the visible symptoms of the nutrient deficiencies of the trees in the area were confirmed by needle analysis.

Three experimental plots were established at the fen in the year 2006. Plots were placed next to each other. All the plots were as similar as possible in terms of tree stands and soil type of ground. Non-treated areas were left between plots. The tree stands of each plots were measured. One of the plots was fertilized with PK-fertilizer, other with NPK-fertilizer and third was left without any fertilization. Measurements were repeated with the same method in 2012. At that time the needle samples were taken from each plot.

The results of the nutrient analysis of the needles as well as the growth of the trees of the fertilized plots were compared to the results collected from the non-fertilized plot. Fertilization clearly increased the nutrient content of the needles and, in addition, improved both vertical and volume growth of the tree stand. The effect of the fertilization is expected to continue still several years.

Keywords: Needle sample, nutrient deficiencies, fertilization, experimental plot

SISÄLTÖ

| | |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä..... | 2 |
| Thesis abstract..... | 3 |
| SISÄLTÖ..... | 4 |
| Kuvio- ja taulukkoluetelo..... | 6 |
| Käytetyt termit ja lyhenteet | 7 |
| 1 Johdanto..... | 8 |
| 1.1 Suomen suot..... | 8 |
| 1.2 Tutkimuksen tavoitteet | 9 |
| 2 Puiden ravinnetarve ja ravinnepuutosten selvittäminen..... | 10 |
| 2.1 Puiden ravinteet ja puutosten oireet..... | 10 |
| 2.1.1 Typpi (N)..... | 11 |
| 2.1.2 Fosfori (P)..... | 12 |
| 2.1.3 Kalium (K)..... | 12 |
| 2.1.4 Boori (B)..... | 13 |
| 3 Suometsien lannoitus ja lannoitteet..... | 14 |
| 3.1 Metsän lannoitus..... | 14 |
| 3.2 Suometsien lannoitteet, lannoitustavat ja koneet | 14 |
| 3.3 Lannoituksen vaikutus ympäristöön ja puuston laatuun | 15 |
| 4 Aiemmat tutkimukset..... | 17 |
| 5 Tutkimuskohde ja tutkimuksen menetelmät..... | 18 |
| 5.1 Koeruudut ja aikaisemmat toimenpiteet | 18 |
| 5.1.1 Koealat..... | 19 |
| 5.1.2 Mittaukset..... | 19 |
| 5.1.3 Lannoitukset..... | 19 |
| 5.2 Lannoitteet ja lannoitemäärät..... | 19 |
| 5.3 Neulasnäytteiden keräilyn ohjeet ja ottotavat | 20 |
| 6 Tulokset | 23 |
| 6.1 Lähtöpuusto, kuivatustilanne ja suotyppi..... | 23 |
| 6.2 Vuoden 2000 neulasanalyysi | 23 |

| | |
|---|----|
| 6.3 Vuoden 2013 otettujen näytteiden neulasanalyysi | 24 |
| 6.4 Lannoituksen vaikutus puun kasvuun | 29 |
| 6.4.1 Lannoituksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun | 29 |
| 6.4.2 Lannoituksen vaikutus puun rungon pituuden ja rungon keskitilavuuden kasvuun | 30 |
| 6.4.3 Lannoituksen vaikutus puuston arvoon | 32 |
| 7 Tarkastelu | 34 |
| 8 Kiitokset | 36 |
| LÄHTEET | 37 |

Kuvio- ja taulukkoluetelo

| | |
|--|----|
| Kuvio 1. Puiden käyttämät energia ja ravinteet. | 10 |
| Kuvio 2. Kaliumin puutos alikasvoskuudessa. | 12 |
| Kuvio 3. Boorin puutos näkyy monilatvaisuutena. | 13 |
| Kuvio 4. Helikopteri tuhkalannoitustyössä Alavudella 13.11.2013 | 15 |
| Kuvio 5. Koealan ojat ovat toimivat. | 18 |
| Kuvio 6. Neulasnäytteiden kerääminen vuonna 2012 oksasahalla oli liian työlästä.21 | |
| Kuvio 7. Neulasnäytteiden kerääminen vuonna 2012 haulikolla onnistui hyvin. ... | 22 |
| Kuvio 8. Käsittelyn vaikutus neulasten typpipitoisuuteen. | 25 |
| Kuvio 9. Käsittelyn vaikutus neulasten kaliumpitoisuuteen. | 26 |
| Kuvio 10. Käsittelyn vaikutus neulasten fosforipitoisuuteen. | 26 |
| Kuvio 11. Käsittelyn vaikutus neulasten booripitoisuuteen. | 27 |
| Kuvio 12. Männyt ovat hyvänvointisen näköisiä. | 28 |
| Kuvio 13. Tilavuuskasvu m ³ /ha vuodessa eri koealoilla. | 29 |
| Kuvio 14. Tilavuuskasvu m ³ /ha vuodessa lähtöpuusto huomioiden. | 30 |
| Kuvio 15. Puiden keskipituuden kasvu vuodessa. | 31 |
| Kuvio 16. Rungon keskitilavuuden nousu litroina kuudessa vuodessa. | 32 |
| Kuvio 17. Metsikön kasvun arvo euroina hehtaarille vuodessa eri koealoilla. | 33 |
| | |
| Taulukko 1. Neulasanalyysin tulkinnan ohjeavot. | 11 |
| Taulukko 2. Vuoden 2000 viljavuusanalyysin tulokset | 24 |
| Taulukko 3. Vuoden 2013 viljavuusanalyysin tulokset | 28 |

Käytetyt termit ja lyhenteet

| | |
|--------------------|--|
| Nollakoeala | Nollakoealalla tarkoitetaan koealaa, johon ei tehdä mitään lannoitustoimenpiteitä. |
| NPK-Koeala | NPK-koealalla tarkoitetaan koealaa, joka on lannoitettu fosfori, kalium ja typpilannoitteella. Lannoite sisältää myös muita pää- ja hivenaineita |
| PK-Koeala | PK-koealalla tarkoitetaan koealaa joka on lannoitettu Fosfori ja Kalium lannoitteella. Lannoite sisältää myös muita pää- ja hivenaineita. |

1 Johdanto

1.1 Suomen suot

Suomen pinta-alasta suurin osa on metsää. Metsätilastollisen vuosikirjan (2013, 35) mukaan 86 prosenttia maamme pinta-alasta on metsää, mikä tarkoittaa noin 26,2 miljoonaa hehtaaria. Metsätalousmaa jaetaan kolmeen eri ryhmään puuntuotoskyvyn perusteella: metsämaahan (20,3 milj. ha), kitumaahan (2,4 milj. ha) ja joutomaahan (3,2 milj. ha). Lisäksi metsätalousmaahan kuuluu vielä 0,2 milj. hehtaaria maata joita ovat esim. metsäautoteiden ja pysyvien puuvarastojen pohjia. 18,5 miljoonaa hehtaaria metsätalousmaata on puutuotannon käytössä.

Suota metsäpinta-alasta on n. 8,7 miljoonaa hehtaaria (34 %). Rämeyttä on 58 prosenttia, korpia 24 prosenttia ja puuttomia avosoita 17 prosenttia. Etelä-Suomessa suota on metsätalousmaasta 25 prosenttia ja Pohjois-Suomessa suota on 41 prosenttia metsätalousmaasta. Ojitettuja soita Suomessa on 4,7 miljoonaa hehtaaria ja ojitettuja veden vaivaavia kankaita 1,3 miljoonaa hehtaaria. Ojitusten ansiosta joutomaat ovat muuttuneet metsämaiksi. Uudistusojitukset on lopetettu Suomessa kokonaan, mutta ojitusalueiden kunnostusojituksia tehdään.

Suomessa on metsää 3 miljoonaa hehtaaria, jota on lannoitettu vähintään kerran. Turvemaiden osuus on tästä yli puolet. Eniten on lannoitettu vuonna 1975 noin 244 000 hehtaaria. Lannoitusmäärät putosivat 90-luvulla 4000-5000 hehtaariin vuodessa, mutta lannoitusmäärät ovat taas nousussa. (Reinikainen ym. 1998, 5.) Vuonna 2013 metsälannoituksia tehtiin n. 41000 hehtaaria (Tilastopalvelu 2013).

Metsän terveyslannoitukseen saa tietyin edellytyksin kestävän metsätalouden rahoitustukea eli Kemera-tukea. Tarkemmat ohjeet tuen saannista saa Metsäkeskukselta. Lannoituksen tuki korvaa viljavuusanalyysin kokonaan ja suunnittelukustannukset mutta arvonnalisävero peritään metsänomistajalta. Tuki on vuonna 2014 noin 100–200 euroa hehtaarille riippuen lannoituslajista ja rahoitusvyöhykkeestä. (Tuki metsän terveyslannoitukseen. [Viitattu 26.5.2014].)

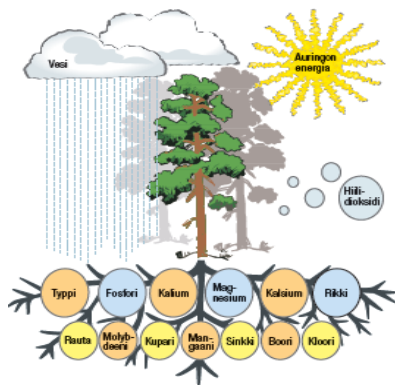
1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä tutkimuksessa on tavoitteena saada tietoa lannoituksen vaikutuksesta ja kannattavuudesta vähäravinteisen suon kasvatuslannoituksessa. Tutkimuksia on erilaisista lannoituksista ravinteikkailla turvemilla, mutta tietoa niukkaravinteisista varputurvekankaista on vähemmän (Moilanen 2013). Tutkimuksessa tehtyjä koealoja voi myös käyttää havaintokohteena erilaisissa koulutuksissa metsäammattilaisille, opiskelijoille ja metsänomistajillekin. Suomessa on paljon suometsiä, joita ei ole lannoitettu (Tilastopalvelu 2013).

2 Puiden ravinnetarve ja ravinnepuutosten selvittäminen

2.1 Puiden ravinteet ja puutosten oireet

Puut tarvitsevat valoa ja lämpöä kasvamiseen. Valon ja lämmön lisäksi puut tarvitsevat vettä ja veteen liuenneita ravinteita (Kuvio 1.). Puiden tarvitsemat ravinteet jaetaan kahteen ryhmään, pääravinteisiin ja hivenravinteisiin. Puiden tarvitsemat pääravinteet ovat typpi, fosfori, kalium, magnesium, kalsium ja rikki. Puiden tarvitsemia hivenaineita ovat rauta, mangaani, kupari, sinkki, molybdeeni, boori ja kloori. (Makkonen & Häggman 2008, 5.)



Kuvio 1. Puiden käyttämät energia ja ravinteet (Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014]).

Ojitetuilla turvemailloilla ravinnetalous on erilaista kuin kivennäismailla. Kivennäismailla suurin kasvua hidastava tekijä on yleensä typen puute. Ojitetuilla turvemailloilla kasvua heikentää yleisemmin ravinteiden epätasapaino. Turvemailloilla yleisemmin kasvua heikentää fosforin, kaliumin ja boorin puutokset. Myös typen niukkuutta esiintyy karuimmilla soilla ja typen määrä voi vaihdella samallakin suolla paljon. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 171.)

Hyvän metsänhoidon suosituksissa (2014, 253) lannoitemäärät niukkatyypisille varputurvekankaalle on esitetty. Suositeltava lannoite niukkatyypiselle varputurvekankaalle on Suometsän Y 1-lannos (NPKB; 10-4-10-0). Lannoitetta käytetään ravinneanalyysin suosituksen mukaan tai 400–600 kg/ha.

Ruotsalaisen (2007, 33–34) mukaan puiden ravinnetilan ja ravinnepuutokset voidaan selvittää analysoimalla puiden lehdistä ja neulasista, turveanalyysillä tai silmävaraisesti puuston kuntoa arvioimalla. Alkuperäisellä suotyypillä voidaan myös määrittää turpeen ravinnetilaa (Äijälä ym. 2014, 169–170). Turpeen maatuoneisuutta voidaan arvioida myös ”puristustestillä”. Maatuneisuusluokan arviointi on opastettu Hyvän metsänhoidon suosituksissa turvemaille. Mitä paremmin turve on maaton sen tyyppirikkaampaa se on. Silmävaraisesti ravinteiden puutosten tulkinta on helppoa ja halpaa, mutta puutokset näkyvät vain, kun puutos on voimakas ja kasvu on selvästi hidastunut. Lievät puutokset eivät välttämättä näy silmävaraisesti. (Ruotsalainen 2007, 33-34.)

Neulasnäytteet tulee ottaa nuorimmasta neulasvuosikerrasta ja puiden talvilevon aikaan. Tämän tutkimuksen neulasnäytteet kerättiin maaliskuussa 2013. Neulasnäytteet tulee kerätä etelän puolelta ylimmästä oksankiehkurasta. Näytteeseen otetaan mukaan vain viimeinen vuosikasvu. Suositusten mukaan luotettava otos saadaan ottamalla näytteet 5-8 puusta kuviolta. (Ruotsalainen 2007, 47.)

2.1.1 Typpi (N)

Eniten ravinteista puissa on typpeä (Taulukko 1.). Puut ottavat typen kolmena eri tyyppinä: ammonium-, nitraatti- ja ureatyyppinä. (Metsien ravinnetalouden hoito [ei julkaisuajankohtaa], 4.) Typen määrä pääravinteista vaikuttaa eniten puuston kasvuun. Typenpuutos näkyy parhaiten kasvun heikkoutena sekä biomassan vähyytenä. Typen puutteesta kärsivien puiden neulasot ovat hentoja, lyhyitä ja väriltään tasaisen kellanvihreitä. (Reinikainen, Veijalainen & Nousiainen 1998, 12.)

(Metsänlannoitusopas [Viitattu 24.5.2014])

Taulukko 1. Neulasanalyysin tulkinna ohjearvot.

| Ojitetut suot ja turvekankaat | | | | | | |
|-------------------------------|-------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|
| Ravinnetila | Typpi, g/kg | Fosfori, g/kg | Kalium, g/kg | Kalsium, g/kg | Magnesium, 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- |

2.1.2 Fosfori (P)

Fosforia puut tarvitsevat aineenvaihdunnassa ja energiataloudessa (Taulukko 1). Puiden juuriston normaalissa kehityksessä tarvitaan fosforia. Puissa on fosforia noin 10 % typen määrästä. (Metsien ravinnetalouden hoito [Ei julkaisuajankohtaa], 4.) Fosforin puutos vaikuttaa puuston kasvuun ja laatuun. Fosforin puutoksesta kärsivä puu on yleensä mutkaista. Neulasten värin perusteella on hyvin hankala tulkita fosforin puutosta, sillä fosforipitoisuus ei vaikuta neulasten väriin. Fosforin puutteesta kärsivän männyn neulaset ovat hyvin lyhyitä (1-4 cm). Elossa olevien neulasten vuosikertojen määrä laskee puutoksessa. Vihreää neulasmassaa on syksyllä enää jäljellä alle kaksi vuosikertaa. (Reinikainen ym. 1998, 16.)

2.1.3 Kalium (K)

Puut tarvitsevat kaliumia kolmanneksi eniten typen ja fosforin jälkeen (Taulukko 1.). Kalium on ravinne joka on osana säätelemässä puiden vesitaloutta ja aineiden kuljetusta. Kaliumin puute näkyy parhaiten rämeillä kasvavissa pienissä aliskasviskuusissa. Aliskasviskuusissa vanhat neulaset ovat keltaisia ja viimeisin neulaskerta on vihreä (Kuvio 2.). Männnyissä kaliumin puute näkyy neulasten kärkien kellastumisena. Kaliumin puutoksen ilmaisee myös karhunsammaleen runsas esiintyminen rämeellä. Kaliumin puutos on yleistä ojitusalueilla noin 15 vuoden kuluttua lannoituksesta. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 21.5.2014], 5.)



Kuvio 2. Kaliumin puutos aliskasvoskuusessa.
(Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014])

2.1.4 Boori (B)

Boori on yksi puiden elintoimintoja säätelevistä hivenaineista ja on osallinen aineenvaihdunnassa. Boorin puutos on tunnetuin hivenainepuutos, ja sitä on monesti etenkin nuorissa kuusikoissa ja taimikoissa. Boorin puutosta esiintyy turve- mailla etenkin metsitetyillä turvepelloilla yksittäisissä puissa tai isompina ryhmittyminä. Boorin puutos tappaa latvasilmuja ja kuivattaa latvuksia. Puu yrittää tehdä ohituskasvaimia, minkä seurauksena puusta tulee monilatvainen (Kuvio 3.). (Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014], 5.) Boorin puutosta esiintyy myös männiköissä (Reinikainen ym. 1998, 28).



Kuvio 3. Boorin puutos näkyy monilatvaisuutena (Metsänlannoitusopas [Viitattu 19.5.2014]).

3 Suometsien lannoitus ja lannoitteet

3.1 Metsän lannoitus

Metsän lannoitusta pidetään erittäin kannattavana toimenpiteenä puuston ollessa oikeassa kehitysvaiheessa ja hyvällä kasvupaikalla. Lannoitus turvaa myös puiden hyvän kehityksen maaperällä jossa on ravinne-epätasapainoa. Metsän ollessa hyvässä metsänhoidollisessa tilassa saadaan paras mahdollinen hyöty lannoituksesta. (Makkonen & Haggman 2008, 4.)

3.2 Suometsien lannoitteet, lannoitustavat ja koneet

Rauta-PK- lannoite on yleinen lannoite suometsille. Sillä lannoitetaan typpirikkaita turvemaita sekä karumpia soita yhdessä typpilannoitteen kanssa. Käyttösuositus Rauta-PK:lle on 400–600 kg/ha. Suometsän Y 1-lannoite on tarkoitettu karuhkojen suometsien lannoitukseen. Käyttösuositus Suometsän Y 1-lannoitteelle on 600–700 kg/ha. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 21.5.2014], 20.)

Metsän Kalium-hivenlannoite sopii typpirikkailla soilla, joissa fosforin puutetta ei ole ja kaliumin puutos on voimakas. Nämä kohteet ovat jo aikaisemmin PK-lannoitteella lannoitettuja suometsiä. Käyttösuositus on 250–350 kg/ha. Pienen käyttömäärän vuoksi lannoite on edullinen vaihtoehto. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014], 20) Puuntuhka on myös yksi lannoite suometsille. Puuntuhkan ravinnesisältö on aina varmistettava. Lannoitemäärä tuhkalta on noin 5000 kg/ha. (Makkonen & Haggman 2008, 19.)

Lannoitteiden levittämisessä metsään on monta eri vaihtoehtoa. Lannoitusta tehdään maalevityksenä ja lentolevityksenä. Maalevitystä tehdään monella eri tavalla. Metsätraktoreita ja maataloustraktoreita on varustettu levittimillä. Maastomönkijöihin saa myös lisävarusteita lannoitustöihin. Lannoitusta tehdään myös käsityönä. Lentolevitys on myös yleistynyt paljon (Kuvio 4.). Se on tehokas levitysmuoto suurille pinta-aloille. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 19.5.2014], 22-23.)



Kuvio 4. Helikopteri tuhkalannoitustyössä Alavudella 13.11.2013 (Kotanen 2013).

3.3 Lannoituksen vaikutus ympäristöön ja puuston laatuun

Lannoituksen ympäristövaikutuksia on tutkittu jo vuosikymmeniä Suomessa. Fosfori on tärkein vesistön rehevyyttä säätelevä ravinne. Siksi suometsissä paljon käytetty PK-lannoite sisältää rautasulfaattia joka estää fosforin liukenemista veteen. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014], 24.) On myös hyvin tärkeää, ettei suoraan vesistöihin pääse mitään ylimääräisiä ravinteita, sillä fosfori huuhtoutuu, jos lannoitetta pääsee suoraan vesistöihin. Siksi on oltava tarkkana, ettei ojiin pääse lannoitteita. (Makkonen & Haggman 2008, 12.)

Hyvällä ja huolellisella suunnittelulla vähennetään lannoituksesta tulevia ympäristöhaittoja. Vesistöihin tulee jättää 20–50 metrin lannoittamattomat suojakaistat. Suojakaistan leveyteen vaikuttavat erityisesti maaston muodot. Metsäluonnon mo-

nimuotoisuuden kannalta tärkeisiin elinympäristöihin ei lannoitetta levitetä ja jätetään vielä n. 20 metriä leveä suojakaista. (Metsänlannoitusopas [Viitattu 20.5.2014], 24.)

Lannoituksen vaikutuksesta myös marjat, ruohot ja muu pintakasvillisuus lisääntyy. Tämä rikastuttaa luonnon monimuotoisuutta ja tarjoaa hyvän sadon marjastajille ja sienestäjille. Lannoituksen vaikutus tarjoaa myös riistalle hyvät elinympäristöt. On tärkeää että riistalle on suojaa ja ruokaa. Lannoitus vaikuttaa koko ekosysteemiin. Pohjaveden laatuun oikein suoritettu lannoitus ei vaikuta. Veden hankintaa varten tärkeillä pohjavesialueilla ei käytetä lannoitteita lainkaan. (Metsänlannoitusopas Viitattu 19.5.2014], 25.)

Lannoituksen tarkoituksena on lisätä puuston kasvua. Nopean kasvun vuoksi puuaineksen ominaisuus muuttuu. Lisääntyvän kevätpuun vuoksi puuaineksen tiheys vähenee noin 5 prosenttia joka heikentää puun lujuutta. Sahatavaran laadulle sillä on pieni merkitys, sillä normaalistikin puuston tiheys ja kasvuolot vaihtelevat runsaasti. (Makkonen & Haggman 2008, 12.)

4 Aiemmat tutkimukset

Lannoituskokeita on tehty Suomessa runsaasti, mutta suurin osa kokeista on tehty turvemaille, jotka ovat olleet typpirikkaita alueita, mutta joita on vaivannut ravinneepätasapaino. Tutkimuksia on siis tehty enemmän puolukaturvekankailla ja sitä rehevimmille alueille, kun taas varputurvekankaista ja muista vähäravinteisistä kohteista tutkimustietoa on vähemmän. (Moilanen 2013.)

Silfverberg ja Issakainen (2001, 29) ovat tutkineet puuntuhkan ja kauppalannoitteiden erillis- ja yhteisvaikutusta ojitusalueiden nuorten männiköiden pituuskasvuun ja ravinnetilaan. Tutkimukset osittivat, että pienten tuhkamäärien lisääminen PK- ja NPK-lannoituksen ohella ei tuottanut suuria muutoksia männyn pituuskasvuun ja neulasten ravinnepitoisuuksiin. Suurten tuhkamäärien käyttö ei ollut juuriakaan parempi männyn pituuskasvulle kuin PK-lannoitus, eikä ero ollut tilastollisesti merkittävä. Suurten tuhkamäärien käyttö ei ole taloudellisesti kannattavaa ja ravinneiden huuhtoutumisriski vesistöihin kasvaa.

Saarinen ja Silver (2011,13) ovat tehneet tutkimuksen ”Pääravennesuhteet ja kaliumin riittävyys karujen rämeiden ojitusaluilla”. Tutkimuksessa selvitettiin turpeen ja puuston kaliumvarojen määrä sekä arvioitu kaliumvarojen riittävyys puuston kasvulle päätehakkuuvaiheessa ja toisen puusukupolven aikana vanhoilla varputurvekankailla. Tutkimus on osoittanut, että kaliumvarat saattavat loppua jo ensimmäisellä puusukupolvella vähäravinteisilla soilla. Kaliumin puutteen voidaan ratkaista lannoittamalla.

Jaakko Isomaa (2010) on tehnyt opinnäytetyön ”Rae- ja irtotuhka suometsien lannoituksessa”. Työssä hän on tutkinut raetuhkan, irtotuhkan ja PK-lannoitteen eroja. Lannoitekoealat ovat Keski-Pohjanmaalla Kannuksessa ja Pohjois-Pohjanmaalla Sievissä. Tutkimusalat ovat pääsääntöisesti isovarpurämemuuttuma ja paksuturpeinen lyhytkorsineva. Tutkimus ositti, että raetuhkalla, irtotuhkalla ja PK-lannoitteella saadaan muutoksia puuston kasvuun ja alkureaktioiden perusteella tuhkalannoituksella saadaan turvemaille kannattava sijoitus.

5 Tutkimuskohde ja tutkimuksen menetelmät

5.1 Koeruudut ja aikaisemmat toimenpiteet

Kaikki tiedot kohteen historiasta, aiemmista toimenpiteistä ja mittauksista on saatu Antti Väätäiseltä (2012). Tutkimuskohde on Ähtärissä sijaitseva varputurvekangas (Liite 1.). Luontaisesti syntynyt männikkö on nuorta kasvatusmetsää. Alue on ojitettu v. 1960. Ojituksen kuivatusteho on ollut puutteellinen. Kunnostusojitus suoritettiin v. 2000. Kunnostusojituksen jälkeen ojat olivat noin 150 senttimetriä leveät ja 100 senttimetriä syvät (Kuvio 5.). Kunnostusojituksen jälkeen alueella oli nähtävissä merkkejä ravinnepuutoksista. Ravinnetila varmistettiin vuonna 2000 neulasnäytteellä. Neulasnäytteet otettiin samasta metsiköstä, mutta ei tarkasti samoilta koeruuduilta kuin vuonna 2013, eli neulasnäytekohdat eivät ole tarkasti samat.



Kuvio 5. Koealan ojat ovat toimivat.
(Kuoppala 2014)

5.1.1 Koealat

Keväällä 2006 alueelle on perustettu kolme noin 0.1 hehtaarin koeruutua. Ne pyrittiin sijoittamaan puustoltaan ja maaperältään mahdollisimman yhteneväiseen paikkaan. Koeruudut ovat kiinteitä koealoja, jotka on merkattu hyvillä nurkkatolpilla ja selvällä rajalinjalla. Koeruutujen välissä on 10 metrin suojakaista.

5.1.2 Mittaukset

Koeruuduista on mitattu puusto kiinteän koealan menetelmällä syyskuussa 2006. Jokaisesta puusta mitattiin läpimitta rinnankorkeudelta 1,3 metristä. Lisäksi pituudet mitattiin jokaisen läpimitan edustavasta puusta. Puuston kuutiomäärät laskettiin Forestcalc-ohjelmalla. Puuston laskennassa käytettiin samaa Forestcalc-ohjelmaa 2006 ja 2012. Mittaukset tehtiin myös samalla menetelmällä eli tuloksien laatu ja tarkkuus ovat hyvin yhdenmukaiset 2006 ja 2012.

5.1.3 Lannoitukset

Mittauksen jälkeen koeruudut on lannoitettu syksyllä 2006 ja vappuna 2007 ennen kasvukauden alkamista. Lannoitus tehtiin huolella käsityönä. Näin saatiin lannoite levitettyä hyvin tarkasti ja pystyttiin varmistamaan se että lannoitetta meni tasaisesti joka paikkaan, myös ruutujen reunoille. Yksi koeala jätettiin nollaruuduksi eli sille ei tehty mitään. Yksi koeruutu lannoitettiin rauta-PK lannoitteella ja kolmas koeruutu lannoitettiin NPK-lannoitteella.

5.2 Lannoitteet ja lannoitemäärät

PK-koeruutu lannoitettiin Rauta-PK lannoitteella. Rauta-PK lannoitetta levitettiin tasaisesti käsin 62 kg/koeala, eli noin 500 kg hehtaarille. Fosforin osuus oli 8 prosenttia eli 5 kg/koeala ja kaliumin osuus oli 16 prosenttia eli 10 kg/koeala. PK-lannoitetta levitettiin syksyllä 9.9.2006. Nolla-koeruutua ei lannoitettu, vaan se jätettiin vertauskoealaksi lannoitetuille koealoille.

NPK-koeruutu lannoitettiin kahdella eri lannoitteella. Rauta-PK lannoitetta levitettiin tasaisesti käsin 62 kg/koeala. Eli noin 500 kg hehtaarille. Fosforin osuus lannoitteessa oli 8 prosenttia eli 5 kg/koeala ja kaliumin osuus oli 16 prosenttia eli 10 kg/koeala. PK-lannoite levitettiin syksyllä 9.9.2006. Lisäksi NPK-koeruutuun levitettiin typpilannoitetta, joka oli Oulun-salpietaria. Typpilannoitetta levitettiin keväällä 1.5.2007. Oulun-salpietaria levitettiin käsin 40 kg/koeala. Eli noin 325 kg hehtaarille. Puhdasta typpeä se sisälsi 10,4 kg/koeala eli 85 kg hehtaarille.

5.3 Neulasnäytteiden keräilyn ohjeet ja ottotavat

Eurofins Viljavuuspalvelu Oy:llä oli hyvät ohjeet neulasnäytteiden keräämisestä. Neulasnäytteet tulee kerätä puiden talvilevon aikaan marraskuun ja maaliskuun välissä. Neulasnäytteet otetaan puun ylimmästä oksan kiehkurasta Etelän puolelta. Näytteitä kerätään kuvion 7-10 valtapuusta. Näytteitä voidaan myös ottaa samana talvena kaadetuista puista. Näytteitä saa ottaa vain terveistä puista. Näytteitä ei saa kerätä sieni- ja hyönteistuhosta kärsivistä puista. Oksan kärkiä tarvitaan analyysiin noin puoli litraa. Neulasia ei tarvitse eritellä oksista vaan ne toimitetaan paperipusseissa kokonaisina oksan kärkinä tutkimuksiin. (Näytteenotto-ohjeet [Viitattu 16.5.2014].)

Vuonna 2013 neulasnäytteet kerättiin 20 edustavasta koepuusta joka koealalta. Muuten näytteiden keräämisessä noudatettiin Viljavuuspalvelun ohjeita. Neulasnäytteet kerättiin noin 20 asteen pakkasessa maaliskuussa 2013. Lunta oli todella runsaasti maassa. Keräilyvarusteina oli 10 metrin varrella varustettu oksasaha sekä haulikko ja noin 200 haulipatruunaa. Aluksi kokeiltiin ottaa näytteet oksasahalla mutta se ei onnistunut (Kuvio 6.). Sahaaminen ei käytännössä onnistunut, koska oksa antoi periksi kun yritti sahata. Kovasta pakkasesta huolimatta oksa ei mennyt poikki vaikka yritti terällä lyödä.



Kuvio 6. Neulasnäytteiden kerääminen vuonna 2013 oksasahalla oli liian työlästä. (Kuoppala 2013)

Haulikko osoittautui paremmaksi välineeksi näytteiden keräämiseen (Kuvio 7.) Kerääminen lähti hyvällä vauhdilla käyntiin. Ongelmana oli haulikolla se, kun oksa katkesi, mutta ei tullut alas asti vaan jäi muihin oksiin kiinni. Myös ohilaukauksia tuli. Näiden ongelmien vuoksi oli syytä varata reilusti patruunoita matkaan. Panoksia kului keskimäärin kaksi yhtä näytettä kohden eli 60 otannassa meni noin 120 haulipatruunaa.



Kuvio 7. Neulasnäytteiden kerääminen vuonna 2013 haulikolla onnistui hyvin.
(Kuoppala 2013)

6 Tulokset

6.1 Lähtöpuusto, kuivatustilanne ja suotyyppi

Koealat oli pyritty tekemään lähtöpuustoltaan ja maa-alueeltaan mahdollisimman yhdenmukaiseen alueeseen, mutta kaikesta huolimatta koeruuduissa oli pieniä eroja. Suotyypiltään koealat olivat varputurvekankaalla, jossa kuivatustilanne oli hyvä. Kunnostus ojitus oli suoritettu vuonna 2000. Neulasnäytteet oli kerätty vuonna 2000 samalta kuviolta, mutta ei tarkasti samalta alueelta, mistä otettiin neulasnäytteet vuonna 2013. Maa-alueiden ravinnepitoisuuksissa voi olla pieniä eroja.

Lähtöpuustoltaan koealat oli pyritty tekemään mahdollisimman yhdenmukaisille aluille, mutta koeruuduille tuli melkein 10 m³/ha eroja. Nolla-koeruudulla lähtöpuustoa oli noin 38 m³/ha, ja puiden keskipituus oli 8 m ja keskiläpimitta 10 cm. PK-koeruudulla lähtöpuustoa oli 47 m³/ha ja puiden keskipituus oli 8,5 metriä ja keskiläpimitta 11 cm. NPK-koeruudulla lähtöpuustoa oli noin 37 m³/ha ja puiden keskipituus oli n. 8 m ja keskiläpimitta n. 10 cm.

6.2 Vuoden 2000 neulasanalyysi

Vuoden 2000 viljavuusanalyysin tulosten mukaan ravinteiden puutokset ovat huomattavan suuret (Liite 2.) (Taulukko 2.). Neulasten typpipitoisuus oli välttävä eli 12,4 g/kg. Fosforipitoisuus puolestaan oli huono eli 1,3 g/kg ja kaliumpitoisuus oli huono eli 2,5 g/kg. Kuparipitoisuus oli huono eli 13 mg/kg. Neulasten muut ravinnepitoisuudet olivat vähintään tyydyttävällä tasolla. (Viljavuuspalvelu 2000.)

(Viljavuuspalvelu 2000)

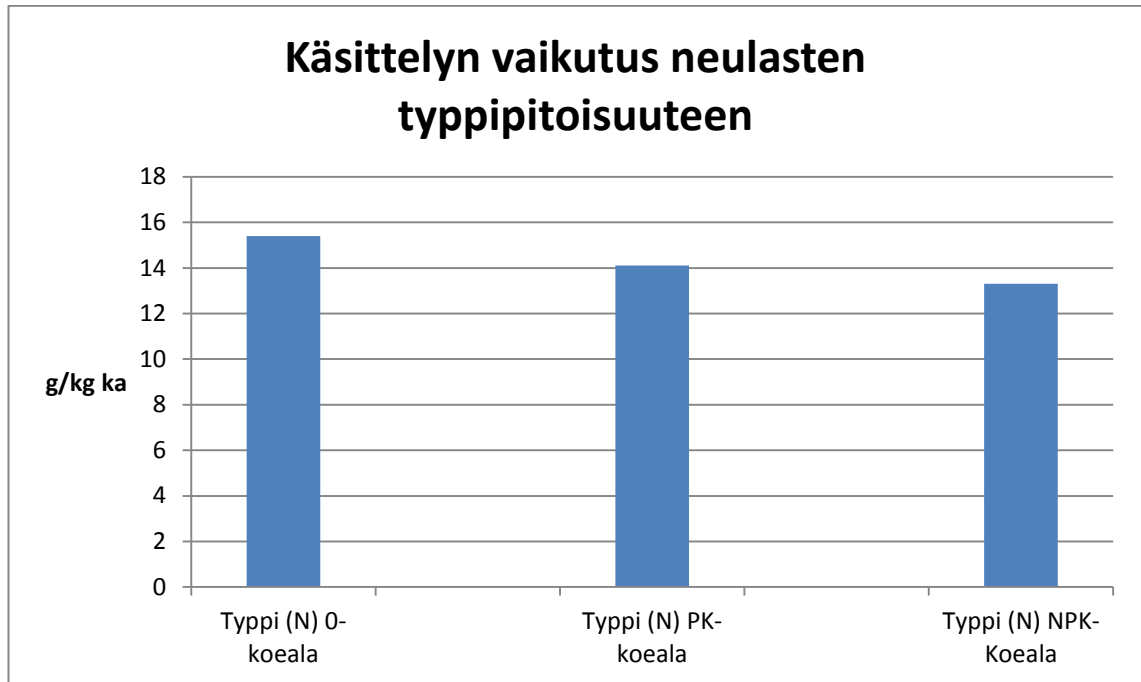
Taulukko 2. Vuoden 2000 viljavuusanalyysin tulokset

| Taustatiedot | | | |
|-------------------------|---------------------|--------------|-------|
| Näytteen numero | 1 | | |
| Koealan nimi | | | |
| Maapohja | Karu suo | | |
| Kehitysluokka | Nuori kasvatusmetsä | | |
| Lannoitusvuosi | Ei lannoitettu | | |
| Valtapuu | Mänty | | |
| Puuston tiheys | Normaali | | |
| Näytteenottoaika | Ylin oksakiehkura | | |
| Ojitus | Tehty | | |
| Analyysitulokset | | | |
| Typpi (N) | g/kg ka | 12,4 | |
| Fosfori (P) | g/kg ka | 1,3 | |
| Kalium (K) | g/kg ka | 2,5 | |
| Kalsium (Ca) | g/kg ka | 2,1 | |
| Magnesium (Mg) | g/kg ka | 1,5 | |
| Boori (B) | mg/kg ka | 13 | |
| Kupari (Cu) | mg/kg ka | 1,8 | |
| Mangaani (Mn) | mg/kg ka | 390 | |
| Sinkki (Zn) | mg/kg ka | 54 | |
| Selitteet | | | |
| Tyydyttävä | Välttävä | Huononlainen | Huono |

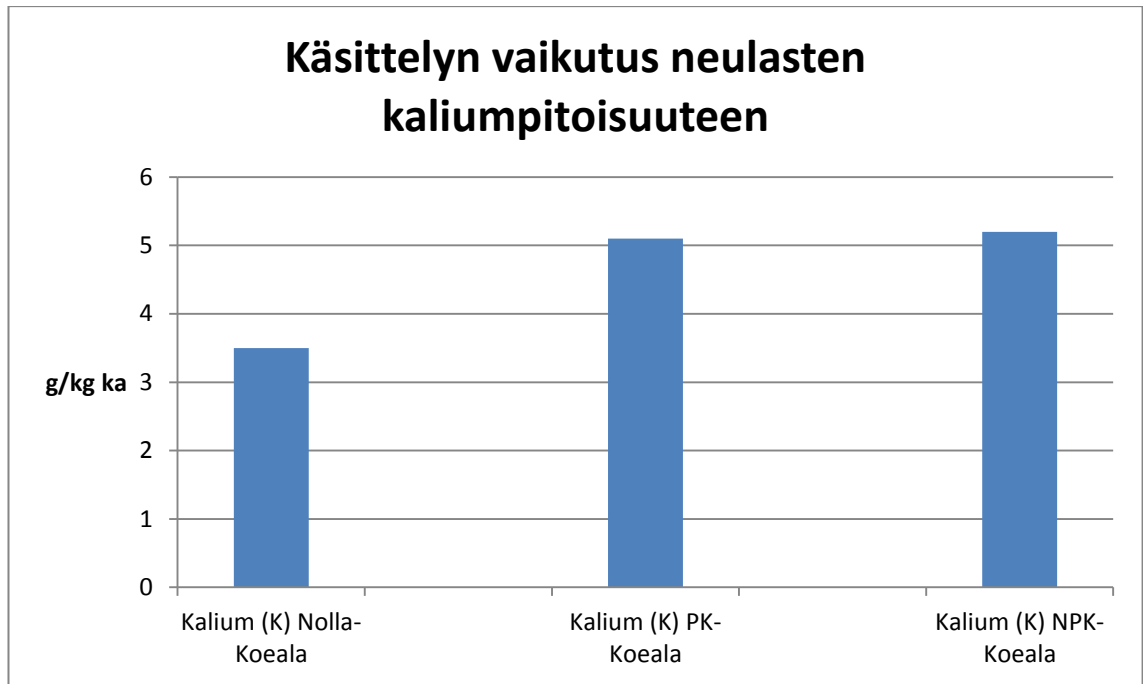
6.3 Vuoden 2013 otettujen näytteiden neulasanalyysi

Vuoden 2013 viljavuusanalyysin (Viljavuuspalvelu 2013) mukaan ravinteiden muutokset olivat huomattavat (Liite 3), vertaa taulukko 2 ja 3 (Taulukko 2, Taulukko 3.). Ravinteiden muutoksia oli tapahtunut PK-koalalla ja NPK-koealalla. (Viljavuuspalvelu 2013.)

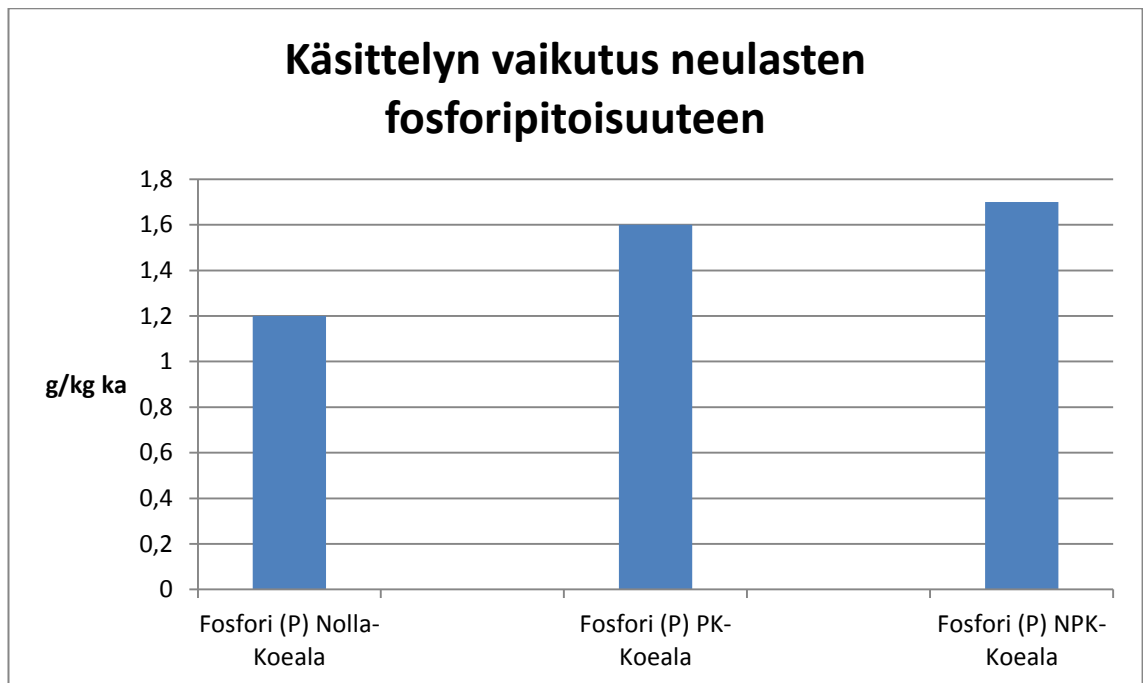
Metsän hyvinvoinnin kannalta parhaiten oli muutosta tullut NPK-koealalla. Ravinteiden riittävyys oli kaikilla muilla ravinteilla hyvällä tasolla, ainoastaan typen tilanne oli välttävällä tasolla (Kuviot 8, 9, 10 ja 11.) (Taulukko 3.). (Viljavuuspalvelu 2013.)



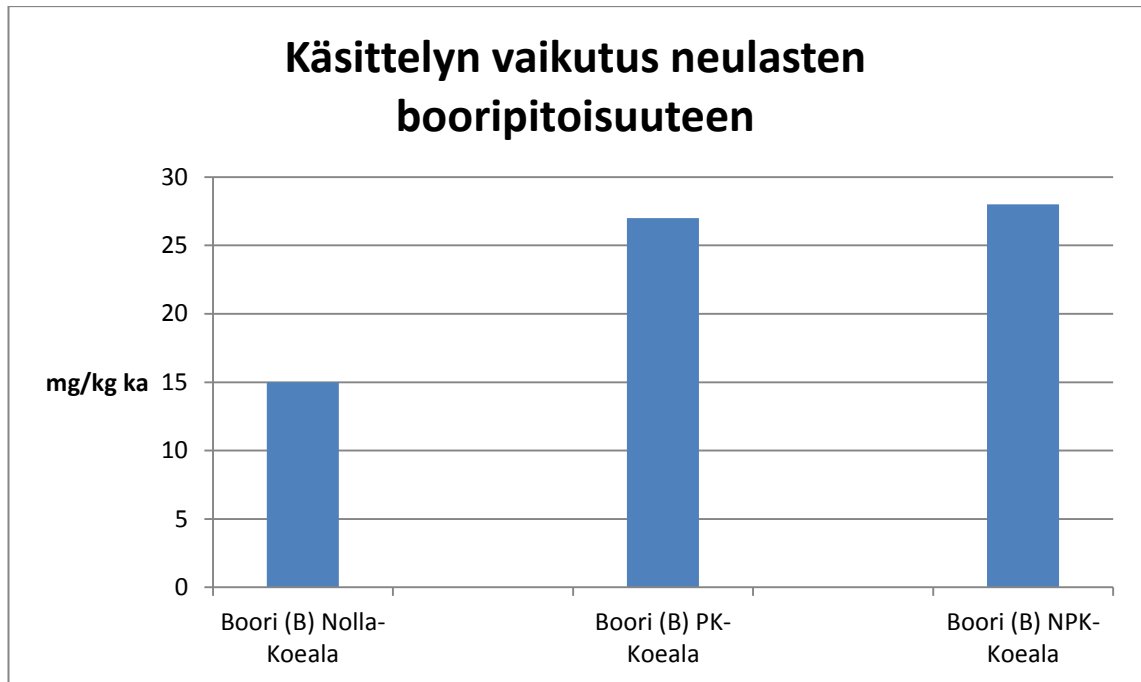
Kuvio 8. Käsittelyn vaikutus neulasten typpipitoisuuteen.



Kuvio 9. Käsittelyn vaikutus neulasten kaliumpitoisuuteen.



Kuvio 10. Käsittelyn vaikutus neulasten fosforipitoisuuteen.



Kuvio 11. Käsittelyn vaikutus neulasten booripitoisuuteen.

PK-koealalla oli myös muutosta tullut huomattavasti (Kuviot 8, 9, 10 ja 11.). Kaikki muut ravinteet olivat hyvällä tasolla, mutta typpi ja fosfori olivat jääneet välttävälle tasolle (Taulukko 3.) (Viljavuuspalvelu 2013). Puuston kunto oli selvästi parantunut ja silmälläkin näki miten puu oli lähtenyt selvästi hyvään kasvuun (Kuvio 12.). Silmävaraisesti arvioiden neulasmassaa oli myös tullut puustoon runsaasti lisää verrattuna nollakoealaan.



Kuvio 12. PK-koealan männyt ovat hyvänvointisen näköisiä.
(Kuoppala 2014)

(Viljavuuspalvelu 2013)

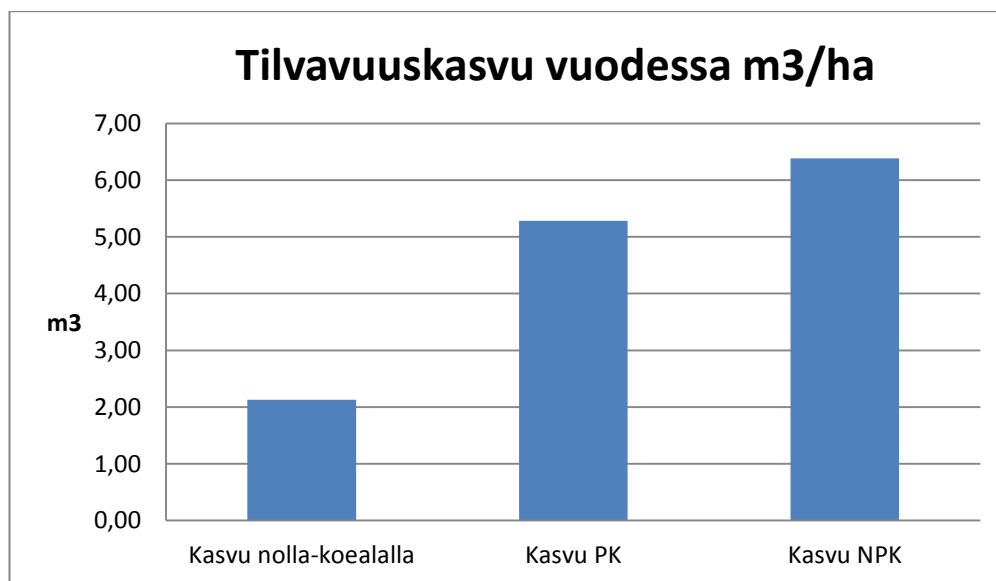
Taulukko 3. Vuoden 2013 viljavuusanalyysin tulokset

| Taustatiedot | | | | |
|-------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Näytteen numero | | 1 | 2 | 3 |
| Koealan nimi | | Koeala 1,PK | Koeala 2, 0-ruutu | Koeala 3, NPK |
| Maapohja | | Karu suo | Karu suo | Karu suo |
| Kehitysluokka | | Nuori kasvatusmet- sä | Nuori kasvatus- metsä | Nuori kasvatusmet- sä |
| Lannoitusvuosi | | 2006 | 2006 | 2006 ja 2007 |
| Valtapuu | | Mänty | Mänty | Mänty |
| Puuston tiheys | | Normaali | Normaali | Normaali |
| Näytteenottoaika | | Ylin oksakiehkura | Ylin oksakiehkura | Ylin oksakiehkura |
| Ojitus | | Tehty | Tehty | Tehty |
| Analyysitulokset | | | | |
| Typpi (N) | g/kg ka | 14,1 | 15,4 | 13,3 |
| Fosfori (P) | g/kg ka | 1,6 | 1,2 | 1,7 |
| Kalium (K) | g/kg ka | 5,1 | 3,5 | 5,2 |
| Kalsium (Ca) | g/kg ka | 1,9 | 2,2 | 1,8 |
| Magnesium (Mg) | g/kg ka | 1,2 | 1,5 | 1,3 |
| Boori (B) | mg/kg ka | 27 | 15 | 28 |
| Kupari (Cu) | mg/kg ka | < 5 | < 5 | < 5 |
| Mangaani (Mn) | mg/kg ka | 230 | 360 | 240 |
| Sinkki (Zn) | mg/kg ka | 59 | 70 | 63 |
| Selitteet | | | | |
| Tyydyttävä | Välttävä | Huononlainen | Huono | |

6.4 Lannoituksen vaikutus puun kasvuun

6.4.1 Lannoituksen vaikutus puuston tilavuuskasvuun

Puiden kasvu PK-koealalla $5,29 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa, kun se ilman lannoitusta nollakoealalla oli $2,13 \text{ m}^3$ (Kuvio 13.). Lannoituksen vaikutus oli merkittävä. Lannoitus lisäsi puuston vuosikasvua $5,29 \text{ m}^3 - 2,13 \text{ m}^3 = 3,16 \text{ m}^3$. Lannoituksen vaikutusta on laskettu heti ensimmäisestä vuosikasvusta lannoituksen jälkeen. On oletettavaa, että lannoituksen vaikutus on vielä suurempaa sillä lannoitus ei vaikuta ensimmäisinä vuosina vielä paljoa (Makkonen & Häggman 2008, 21).

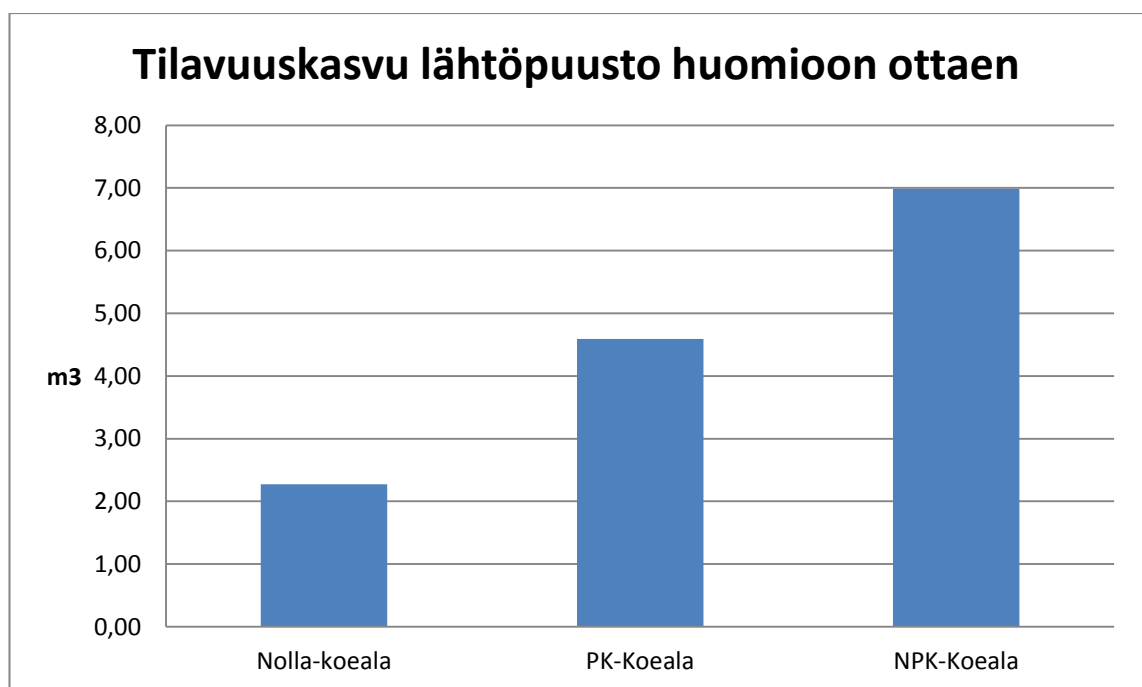


Kuvio 13. Tilavuuskasvu m^3/ha vuodessa eri koealoilla.

Puiden kasvu NPK-koealalla oli $6,38 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa kun se ilman lannoitusta nollakoealalla oli $2,13 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa (Kuvio 13.). Lannoituksen vaikutus oli merkittävä. NPK-lannoitus lisäsi puuston vuosikasvua $6,38 \text{ m}^3 - 2,13 \text{ m}^3 = 4,25 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa.

PK-koealalla ja NPK-koealalla oli myös kasvussa selkeä ero. Lannoitus Oulun Salpietarilla lisäsi vuosikasvua $6,38 \text{ m}^3 - 5,29 \text{ m}^3 = 1,09 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa (Kuvio 13.). Typen lisäämisellä vuosikasvua ei runsaasti saatu nostettua.

Lähtöpuustoltaan koealat eivät olleet aivan samanlaisia. Koealat oli pyritty perustamaan mahdollisimman yhdenmukaiseen metsikköön, mutta kaikesta huolimatta lähtöpuuston tilavuuksissa oli vajaan 10 m^3 ero/ha. Tutkimuksessa laskettiin myös tilavuuskasvu huomioiden puuston eri lähtötilavuudet ja tuloksissa oli eroja. Tilavuuskasvu lähtöpuuston huomioiden oli nolla-koealalla $2,27 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa, PK-koealalla $4,59 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa ja NPK-koealalla $6,99 \text{ m}^3/\text{ha}$ vuodessa (Kuvio 14.).



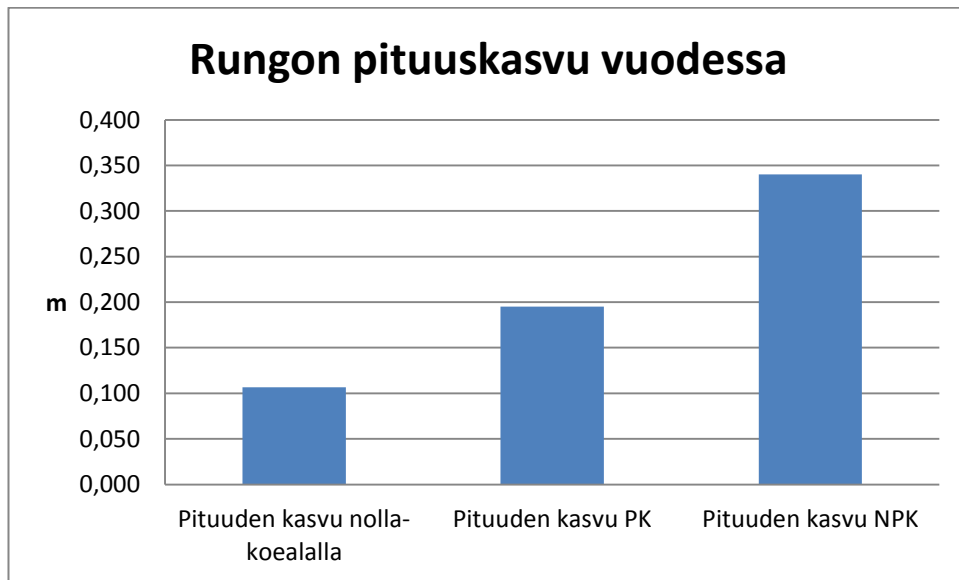
Kuvio 14. Tilavuuskasvu m^3/ha vuodessa lähtöpuusto huomioiden.

6.4.2 Lannoituksen vaikutus puun rungon pituuden ja rungon keskitilavuuden kasvuun

Tutkimuksessa vertailtiin myös lannoituksen vaikutusta puiden pituuskasvuun. Nolla-koealla puiden pituuskasvu oli 0,107 metriä vuodessa (Kuvio 15.). PK-koealalla pituuskasvu oli 0,195 metriä vuodessa (Kuvio 14.). PK-lannoitus lisäsi puuston pituuskasvua $0,195\text{m} - 0,107 \text{ m} = 0,088$ metriä eli 8,8 senttimetriä.

NPK-Koealalla puiden pituuskasvu oli 0,34 metriä vuodessa kun se ilman lannoitusta oli 0,107 metriä vuodessa (Kuvio 15.). NPK-lannoituksen vaikutus pituuskasvuun oli merkittävä. Lannoitus lisäsi pituuskasvua vuodessa jopa $0,34\text{m} - 0,107\text{m} = 0,233$ metriä eli 23,3 senttimetriä.

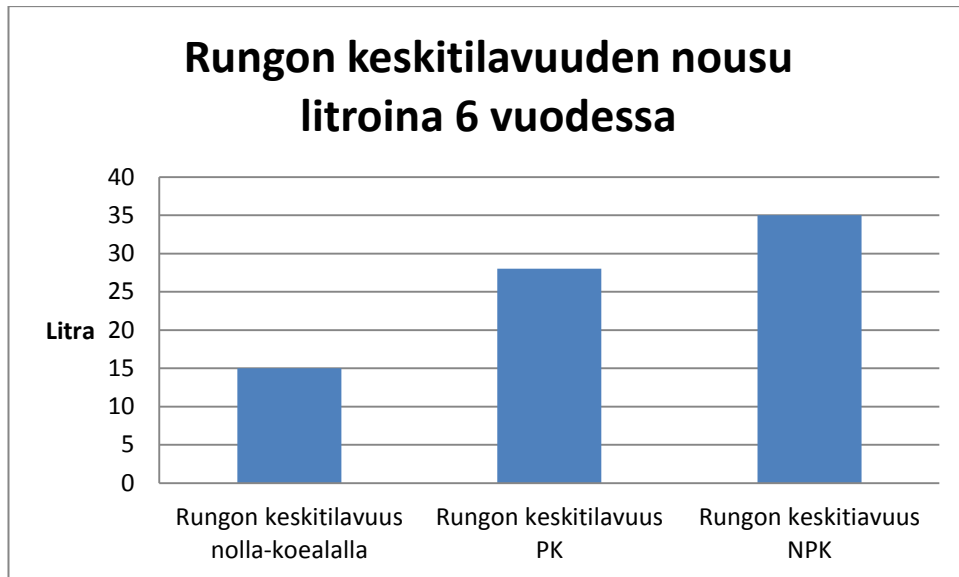
PK-lannoituksen ja NPK-lannoituksen pituuskasvu ero oli $0,34\text{m} - 0,195 = 0,145$ metriä eli 14,5 senttimetriä vuodessa (Kuvio 15.).



Kuvio 15. Puiden keskipituuden kasvu vuodessa.

Rungon keskitilavuuden kasvussa oli myös eroja koealojen kesken. Nollakoealalla rungon keskitilavuuden kasvu oli kuudessa vuodessa 15 litraa (Kuvio 16.). PK-koealalla rungon keskitilavuuden kasvu oli 6-vuodessa 28 litraa (Kuvio 16.). PK-lannoitus lisäsi rungon keskitilavuutta $28\text{ l} - 15\text{ l} = 13$ litraa kuudessa vuodessa.

NPK-koealalla rungon keskitilavuus kasvoi 35 litraa kuudessa vuodessa (Kuvio 16.). PK-koealan ja NPK-koealan ero oli $35\text{ l} - 28\text{ l} = 7$ litraa. Ero ei ollut niin merkittävä kuin Nollakoealalla ja PK-koealalla. NPK-koealan ja Nollakoealan rungon keskijäreyden ero oli $35\text{ l} - 15\text{ l} = 20$ litraa kuudessa vuodessa eli NPK-lannoitus lisäsi rungon keskijäreytymistä 20 litraa kuudessa vuodessa (Kuvio 16.).



Kuvio 16. Rungon keskitilavuuden nousu litroina kuudessa vuodessa.

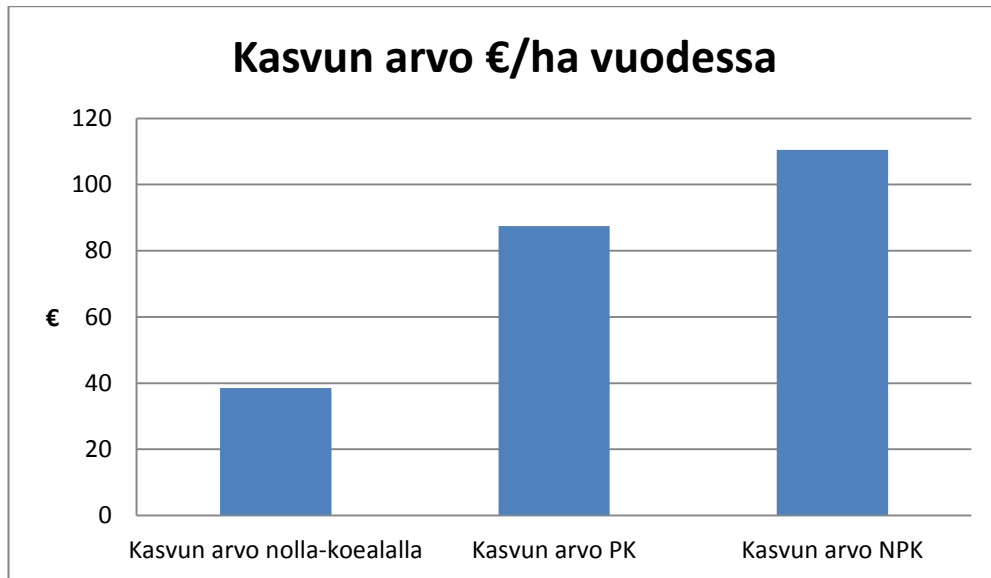
6.4.3 Lannoituksen vaikutus puuston arvoon

Forestcalc-ohjelma laski myös puun kasvun euroa/hehtaarille vuodessa. Laskentaohjelmassa käytettiin mäntykuitupuulle 17 euron kantohintaa. Apteerauksessa käytettiin mäntykuitupuun minimiläpimittana 7 cm ja sen apteerauspituus oli 3 metriä. Tukkipuun apteerauksessa käytettiin 15 cm minimiläpimittaa ja sen apteerauksen minimi pituus oli 4,3 metriä. Tukin hintoja ei määritelty, koska koealoilla ei tukkia vielä ollut. Nolla-koealalla metsikkö kasvoi 38,5 euron edestä vuodessa hehtaarille (Kuvio 17.). PK-koealalla puuston arvo kasvoi 87,5 euroa vuodessa hehtaarille (Kuvio 17.). PK-lannoitus lisäsi puun kasvua $87,5 \text{ €} - 38,5 \text{ €} = 49$ euroa hehtaarille vuodessa.

NPK-koealalla metsikkö kasvoi 110,5 euron edestä vuodessa hehtaarille (Kuvio 17.). Typpilannoitus lisäsi kasvua $110,5 \text{ €} - 87,5 \text{ €} = 23$ euron edestä hehtaarille. Koko NPK-lannoitus lisäsi metsikön kasvua $110,5 \text{ €} - 38,5 \text{ €} = 72$ euron edestä hehtaarille vuodessa.

Lannoituksen lisäämä arvokasvu PK-koealalla kuudessa vuodessa on 294 euroa hehtaarille. PK-koealalle lannoituskustannukset ovat olleet 2 % vuosikorolla lasketuna nykyhetkeen 402,60 euroa hehtaarille. NPK-koealalla kuudessa vuodessa

lannoituksen lisäämä arvokasvu on 432 euroa hehtaarille. NPK-koealalle lannoituskustannukset 2 % korolla laskettuna nykyhetkeen on 605,31 euroa hehtaarille. (K-maatalous 2014) (Mustonen 2012.) Metsikössä kasvaa vain kuitupuuta, mutta puiden todellinen arvokasvu lähtee kasvuun, kun metsikössä alkaa kasvaa tukkipuuta.



Kuvio 17. Metsikön kasvun arvo euroina hehtaarille vuodessa eri koealoilla.

7 Tarkastelu

Tulokset osittavat että NPK- ja PK-lannoituksilla saadaan muutoksia puuston kasvuun ja puiden neulasten ravinnepitoisuuksiin. PK- lannoitus lisäsi puuston vuositi-lavuuskasvua n. 50 prosenttia. NPK-lannotus lisäsi puuston vuositi-lavuuskasvua n. 65 prosenttia. Puiden neulasten ravinnepitoisuuksiin oli myös tullut muutoksia kä-sittelyn seurauksena. Metsikön kasvillisuudessa oli muutoksia myös eri koeruuduil-la. Etenkin NPK-koeruudulle oli esiintynyt mustikka ja puolukka laikkuja. PK-koeruudulla oli myös kasvillisuutta tullut enemmän verrattuna nolla-koeruutuun. Tutkimus on yksi hyvä lisä vähäravinteisten suometsien lannoitustutkimuksiin.

Tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä lannoitustyöt on tehty hyvin huo-rella ja mittauksissa on käytetty samaa mittausmenetelmää ja Forestcalc-ohjelmaa vuosina 2006 ja 2012. Mittaustyö kentällä tehtiin parityönä ja mitatut puut merkat-tiin kuitunauhalla niin, ettei jokainen puu tuli mitattua yhteen kertaan. Koeruudut olivat myös hyvin yhdenmukaiset.

Tutkimuksessa ei voida lannoituksen kannattavuuden lopullisia tuloksia vielä ker-toa, sillä lannoitus vaikuttaa puuston kasvuun vielä useita vuosia. Tutkimuksen tulokset kuitenkin viittaavat, että lannoitus olisi kannattavaa 2 prosentin korolla laskettuna. Todellisen kannattavuuslaskennan voidaan tehdä, kun lannoituksen vaikutus on loppunut. PK-lannoituksen vaikutus kestää yleensä noin 15–20 vuotta, jolloin kaliumin vaikutus loppuu. Fosforin vaikutus kestää yleensä n. 30 vuotta. Typpilannoituksen vaikutus kestää noin 10–15 vuotta. (Äijälä 2014, 252.)

Jatkotutkimuksia koealoista kannattaa ehdottomasti tehdä. Kun lannoituksen vai-utus loppuu, niin puusto kannattaa mitata uudelleen ja analysoida uudet neulas-näytteet. Lannoituksen vaikutuksen loputtua voidaan laskea lannoituksen kannat-tavuus ja laskea lannoituksen tuotto korkoa korolle periaatteella Tästä tutkimuk-sesta on hyvä mahdollisuus jatkaa tutkintaa eteenpäin ja kasvattaa puusto lanno-i-tuksen voimalla kiertoajan loppuun asti.

Tutkimuksessa käytettävät koeruudut soveltuvat myös hyvin havainnollistamiskoh-teeksi. Kohde sopii hyvin metsänomistajien kuin metsäkoululaisten opetus käyt-töön. Lannoituksen vaikutus näkyy hyvin jo nyt silmävaraisestikin ja maallikkokin

huomaa eron lannoitetun ja lannoittamattoman koeruudun välillä. Kohde on myös hyvällä paikalla metsäkoulun lähetyvillä. Vastaavia havaintokohteita ei ole lähetyvillä.

8 Kiitokset

Haluan kiittää aivan ensimmäisenä Suomen metsämiestensäätiötä joka mahdollisti työn tekemisen koulun ohella, myöntämällä 995 euron apurahan. Ilman apurahaa työ olisi ollut lähes mahdoton toteuttaa opiskelun ohella. Haluan myös kiittää kenttätyössä apuna olleita mittausapulaisia ja valokuvaajaa.

Kiitokset kuuluvat myös ohjaavalle opettajalle Antti Väätäiselle ja yliopettaja Ossi Vuorelle. Myös kirjoitustyössä ohjaava Jorma Toopakka ansaitsee kiitoksen. Nämä kaikki tahot ovat mahdollistaneet ja tukeneet työn tekemisen hyvällä motivaatiolla.

LÄHTEET

- Isomaa, J. 2010. Rae- ja irtotuhka suometsien lannoituksessa. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
- Kotanen, J. 2013. Valokuva.
- Kotila, M. 2014. Kauppias. K-maatalous. Puhelinkeskustelu. Hintatiedustelu.
- Kuoppala, J. 2013. Valokuvat.
- Kuoppala, J 2014. Valokuvat.
- Makkonen, T. & Häggman, B. 2008. Metsälannoitus. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Metsien ravinnetalouden hoito. Ei päiväystä. Kemira.
- Metsänlannoitusopas. Ei Päiväystä. [Verkkajulkaisu] Yara. [Viitattu 20.5.2014].
Saatavana:
<http://www.metsänlannoitus.fi/assets/Uploads/YARAMetslannoitusopas.pdf>
- Metsätilastollinen vuosikirja. 2013. Suomen virallinen tilasto. [Verkkosivu] Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 18.5.2014]. Saatavana:
http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2013/vsk13_01.pdf
- Moilanen, M. 2013. Vanhempi tutkija. Metsäntutkimuslaitos. Yksityisviesti.
- Mustonen, I. 2012. Lannoitusvaihtoehdot suometsien ravinnetalouden hoitoon. Yara.
- Neulasanalyysi nro 130610192. 2013. Viljavuuspalvelu Oy.
- Neulasanalyysi nro 200610099. 2000. Viljavuuspalvelu OY.
- Näytteenotto-ohjeet. Ei päiväystä. [Verkkajulkaisu]. Mikkeli: Eurofins Viljavuuspalvelu OY. [Viitattu 16.5.2014]. Saatavana:
http://viljavuuspalvelu.fi/sites/default/files/sites/default/files/neulas-ja_metsamaasaate2014_eskp.pdf
- Reinikainen, A. Veijalainen, H. & Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 668,1998. Vantaan tutkimuskeskus.

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

Saarinen, M. & Silver, T. 2011. Pääravinnesuhteet ja kaliumin riittävyys karujen rämeiden ojitusalueilla. Suo 62(1): 13-29.

Silfverberg, K & Issakainen, J. 2001. Puuntuhka ja lannoitteet suomänniköiden ravinnetalouden hoidossa. metsätieteen aikakauskirja 1/2001: 29-44

Tilastopalvelu. 2013. Metinfo. [Verkkosivu] Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 18.5.2014]. Saatavana: http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/metsienhoito/metsienhoito_haku_t.html?luokitukseluvalinta=370&metsakeskukset=14&omistajaryhma=4&hakuvuosi=2013&submit=Hae+tiedot

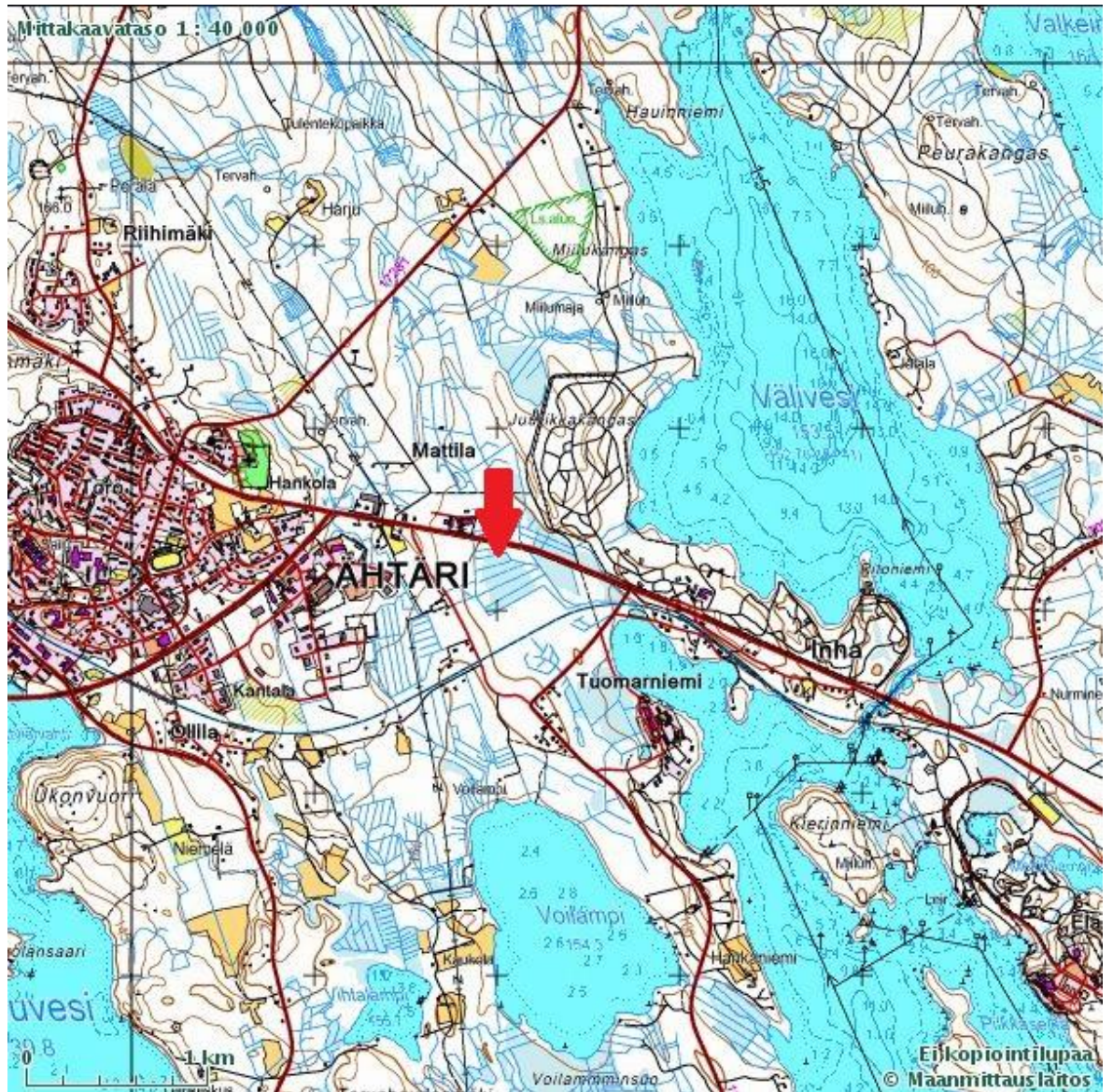
Tuki metsän terveyslannoitukseen. [Verkkosivu] Metsäkeskus. [Viitattu 26.5.2014]. Saatavana: <http://www.metsakeskus.fi/kemera-tuet-terveyslannoitus>

Väätäinen, A. 2012. Lehtori. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Suullinen tieto.

Äijälä, O. Koistinen, A. Sved, J. Vanhatalo, K. & Väisänen, P. 2014. Hyvän metsän hoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus OY.

LIITE 1 Kartat lannoitus kohteelta

Kartta 1.



Kartta 2.





VILJAVUUSPALVELU OY
s-posti: neuvoja@viljavuuspalvelu.fi
PL 500 50101 MIKKELI (015) 320 400

NEULASANA
Palmiainen Asema 3
03.04.2000 156450
Tutkimusnumero
200610099

1/1



VILJAVUUSPALVELU OY
Järvelänkatu 11
PL 500, 50101 MIKKELI 015-320400
Kok. 12x, 3x6

Tutkimusnumero
200610099
Sivu 1

TOIMENPIDE- JA LANNOTTUSOHJE:

Näytteennumero: 1
Välitepuri: Mänty
Käetän PR-lainos

650 kg/ha

- Lisäselvityksiä:
- Neulasten fyysipitoisuus on luonnonlainen.
 - Neulasten fosforipitoisuus on huono.
 - Neulasten kaliumipitoisuus on huono.
 - Neulasten nappipitoisuus on huono.
 - Neulasten nappipitoisuudet ovat vähintäänkin tyydyttävällä tasolla.
 - Lannoitteet levitetään lannoittamien maahan.
 - Taimikoille ei suositella tyyppiläisyyttä.

| | | |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| VAATIMANVAIHTI SEAWK/TUOMARINEMI | | Näytteenotopvm 15.03.2000 |
| TUOMARINEMINTE 55 | | Saapunut 27.03.2000 |
| 63700 AHTARI | | Mätkki |
| Tuotteet | | |
| Näytteen numero | 1 | |
| Nimi | Mänty | |
| Maapöytä | Kaasu | |
| Kehitysluokka | Vaurut Iainikko | |
| Lannoitusvuosi | | |
| Välitepuri | Mänty | |
| Puuston lhos | Normaali | |
| Puuston kunto | | |
| Näytteenotopaikka | Ylä-aleen- kalkkua | |
| Ohje | Tekemistä | |
| Analyysitulokset | | |
| Typpi (N) | g/kg ka | 12,4 |
| Esohori (P) | g/kg ka | 1,3 |
| Kalium (K) | g/kg ka | 2,5 |
| Kalsium (Ca) | g/kg ka | 2,1 |
| Magnesium (Mg) | g/kg ka | 1,5 |
| Borori (B) | mg/kg ka | 13 |
| Kupperi (Cu) | mg/kg ka | 1,8 |
| Mangaani (Mn) | mg/kg ka | 390 |
| Sinkki (Zn) | mg/kg ka | 54 |

| | | | |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| Viljavuuslaskelma: | <input type="checkbox"/> Valtava | <input type="checkbox"/> Huononlainen | <input type="checkbox"/> Erittäin huono |
|--------------------|----------------------------------|---------------------------------------|---|

Huom: Tämä suositus on tehty antamamme lainsäädäntö ja analyysitulosten perusteella.
Ennen lannoitusohjetta ja suosittelemme yhteydenottoa paikalliseen metsähoito-yhdistykseen tai
metsäkeskukseen

LIITE 3. Vuoden 2013 neulasanalyysi



VILJAVUUSPALVELU OY

s-posti: neuvonta@viljavuuspalvelu.fi

PL 500

50101 MIKKELI (015) 320 400

NEULASANALYYSI

Päivämäärä

Asiakasno

Tutkimusno

02.05.2013

178316

130610192

1/2

| | | |
|-----------------|--|-------------------------------|
| RAUTIOLA ALEKSI | | Näytteenottopvm 06.03.2013 |
| PEROJANTIE 20 | | Saapunut 26.04.2013 |
| 69300 TOHOLAMPI | | |
| | | Merkki Opinnäytetyö |

| Taustatiedot | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|------------------------------|--|------------------------------|--|--|--|--|--|
| Näytteen numero | 1 | 2 | 3 | | | | | | |
| Nimi | Koeala 1, PK | Koeala 2, 0-rauta | Koeala 3, NPK | | | | | | |
| Maapohja | Karu suo | Karu suo | Karu suo | | | | | | |
| Kehitysluokka | Nuori kas- vatusmetsä | Nuori kas- vatusmetsä | Nuori kas- vatusmetsä | | | | | | |
| Lannoitusvuosi | | | | | | | | | |
| Valtapuu | Mänty | Mänty | Mänty | | | | | | |
| Puuston tiheys | Normaali | Normaali | Normaali | | | | | | |
| Puuston kunto | | | | | | | | | |
| Näytteenottoaikka | Ylin oksan- kiehkura | Ylin oksan- kiehkura | Ylin oksan- kiehkura | | | | | | |
| Ojitus | Tehty | Tehty | Tehty | | | | | | |
| Analyysitulokset | | | | | | | | | |
| Typpi (N) a) | g/kg ka | <input type="radio"/> 14,1 | <input type="checkbox"/> 15,4 | <input type="radio"/> 13,3 | | | | | |
| Fosfori (P) a) | g/kg ka | <input type="radio"/> 1,6 | <input checked="" type="radio"/> 1,2 | <input type="checkbox"/> 1,7 | | | | | |
| Kalium (K) a) | g/kg ka | <input type="checkbox"/> 5,1 | <input checked="" type="radio"/> 3,5 | <input type="checkbox"/> 5,2 | | | | | |
| Kalsium (Ca) a) | g/kg ka | <input type="checkbox"/> 1,9 | <input type="checkbox"/> 2,2 | <input type="checkbox"/> 1,8 | | | | | |
| Magnesium (Mg) a) | g/kg ka | <input type="checkbox"/> 1,2 | <input type="checkbox"/> 1,5 | <input type="checkbox"/> 1,3 | | | | | |
| Boori (B) a) | mg/kg ka | <input type="checkbox"/> 27 | <input type="checkbox"/> 15 | <input type="checkbox"/> 28 | | | | | |
| Kupari (Cu) a) | mg/kg ka | <input type="checkbox"/> < 5 | <input type="checkbox"/> < 5 | <input type="checkbox"/> < 5 | | | | | |
| Mangaani (Mn) a) | mg/kg ka | <input type="checkbox"/> 230 | <input type="checkbox"/> 360 | <input type="checkbox"/> 240 | | | | | |
| Sinkki (Zn) a) | mg/kg ka | <input type="checkbox"/> 59 | <input checked="" type="checkbox"/> 70 | <input type="checkbox"/> 63 | | | | | |

a) -Merkityt määritykset on tehty FINAS:in ISO/IEC 17025 mukaisesti akkreditoimalla menetelmällä.
Tulos koskee vain meille tullutta näytettä.

| | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|----------|-----------------------|--------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|
| Viljavuusluokkaleimat | | | | | | | |
| Tyydyttävä | <input type="checkbox"/> | Välttävä | <input type="radio"/> | Huononlainen | <input checked="" type="radio"/> | Huono | <input checked="" type="radio"/> |


VILJAVUUSPALVELU OY

S-posti: neuvonta@viljavuuspalvelu.fi

PL 500

50101 MIKKELI (015) 320 400

NEULASANALYYSI

Päivämäärä Asiakasnr

02.05.2013 178316

Tutkimusnr

130610192

2/2

| | | |
|-----------------|--|-------------------------------|
| RAUTIOLA ALEKSI | | Näytteenottopvm 06.03.2013 |
| PEROJANTIE 20 | | Saapunut 26.04.2013 |
| 69300 TOHOLAMPI | | Sivuja yht. 2 |
| | | Merkki Opinnäytetyö |

Menetelmät ja epätarkkuudet

| Määrittäminen | Menetelmäkuvaus | Luotettavuus 95 % varmuudella |
|---------------------------|--|----------------------------------|
| Typpi (N) g/kg ka a) | YMRRV_RN.DOC. Kjeldahl-menetelmä, ISO 1871:1975 ja ISO 937:1978 tai Dumas-menetelmä, modifioitu EN 13654-2:2002. | 10 % |
| Fosfori (P) g/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 10 % |
| Kalium (K) g/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 15 % |
| Kalsium (Ca) g/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 25 % |
| Magnesium (Mg) g/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 15 % |
| Boori (B) mg/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 2-13 mg/kg 40 % > 13 mg/kg 20 % |
| Kupari (Cu) mg/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 35 % |
| Mangaani (Mn) mg/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 25 % |
| Sinkki (Zn) mg/kg ka a) | YMKIVENN.DOC. Kuivapoltto 550°C, HCl-uutto, mittaus ICP-AES:llä. ISO 5516:1978 | 30 % |

a) -Merkityt määritykset on tehty FINAS:in ISO/IEC 17025 mukaisesti akkreditoimalla menetelmällä. Tulos koskee vain meille tullutta näytettä.