



Reppuruiskulla tehtävä boori- lannoitus metsänhoitoyhdistyk- sen palvelumuotona

Juho Peltoniemi

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Metsätalouden tutkinto-ohjelma
20IM

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

PELTONIEMI, JUHO:

Reppuruiskulla tehtävä boorilannoitus metsänhoitoyhdistyksen palvelumuotona

Opinnäytetyö 43 sivua
Toukokuu 2024

Tässä opinnäytetyössä tutustuttiin reppuruiskulla tehtävään boorilannoitukseen. Opinnäytetyössä kerättiin tietoa boorilannoitteista, lannoituksen suorittamisesta sekä vaikutuksista. Tietoa kerättiin Isojoki-Karjoki metsänhoitoyhdistykselle, joka on aloittamassa boorilannoitus palvelun tarjoamista metsänomistajilleen. Lisäksi työssä syvennyttiin tutkimaan muun muassa boorilannoituksen kustannuksia, ajankäyttöä sekä tuottavuutta.

Työssä tutustuttiin reppuruiskun käyttöön ja toimintaan testaamalla laitetta ensin vedellä. Reppuruiskulla tehtävään boorilannoitukseen syvennyttiin tarkemmin lannoittamalla vaihtelevissa kohteissa. Lannoituskohteilta selvitettiin muun muassa levityksessä kulunut aika sekä kustannukset. Boorilannoituksen vaikutuksia selvitettiin valokuvaamalla kohteita, joissa lannoitus on suoritettu aiemmin. Kohteilta pyrittiin selvittämään, miten metsä on reagoinut lannoitukseen ja kuinka näkyviä muutokset ovat. Lisätietoa boorilannoituksista hankittiin muilta metsänhoitoyhdistyksiltä haastatteluilla. Haastatteluihin osallistui kolme metsänhoitoyhdistystä Itä-Suomesta. Jokaisesta metsänhoitoyhdistyksestä haastatteluun vastasi yksi toimihenkilö. Haastatteluilla saatiin lisätietoa siitä, miten muissa metsänhoitoyhdistyksissä boorilannoituksia on suoritettu ja mitä uuden palvelun tarjoamisessa tulisi ottaa huomioon.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattavasti tietoa boorilannoitteen levityksestä reppuruiskulla sekä lannoituksen vaikutuksista. Lannoituskohteista huomattiin lannoituksessa kuluvan ajan vaihtelevan hyvinkin suuresti. Helpommalla kohteella lannoituksessa kului noin tunti jokaista hehtaaria kohden, kun taas vaikeammalla kohteella lannoitus saattoi kestää jopa kaksi kertaa pidempään. Aiemmin lannoitetuista kohteista havaittiin, miten lannoituksen seurauksena kasvuhäiriöt vähenivät merkittävästi ja puun pituuskasvu alkoi palautua normaaliksi. Haastatteluista selvisi, miten Itä-Suomen metsänhoitoyhdistyksissä boorin puutos on merkittävä ongelma, eivätkä kaikki metsänomistajat tiedosta ongelmaa tarpeeksi hyvin. Haastatteluista selvisi lisäksi muun muassa droonilla tehtävän lentolannoituksen sekä metsätalouden kannustejärjestelmän mahdollisuuksien herättävän mielenkiintoa metsänhoitoyhdistyksissä.

Asiasanat: boorilannoitus, reppuruisku

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

PELTONIEMI, JUHO:

Boron Fertilisation Using a Backpack Sprayer as a Service Provided by the Forest Management Association

Bachelor's thesis 43 pages
May 2024

The aim of this thesis was to gather information about the boron fertilisation using a backpack sprayer. Information was gathered for the Isojoki-Karjoki forest management association, which is starting to offer boron fertilisation services to its forest owners. Time management, productivity, costs, and effects of the fertilisation were also studied in this thesis.

Familiarisation with the backpack sprayer was started by first testing the device with water. The next step was to use the backpack sprayer on places which suffered from boron deficiency. For example, time management and costs were reported at the fertilization sites. The effects of boron fertilization were investigated by photographing areas where fertilisation had been previously conducted. The goal was to determine how the forest responded to the fertilisation and how visible the changes were. More information about boron fertilisation was gathered from other forest management associations through interviews.

As a result of the thesis, it was observed that the time required for fertilisation varied greatly among the fertilisation sites. It was also observed in previously fertilised sites that because of fertilisation, growth disorders decreased significantly, and tree height growth began to return to normal. From the interviews, it became clear that boron deficiency is a significant problem in forest management associations in Eastern Finland, and not all forest owners are aware enough of the problem. Additionally, the interviews revealed that methods such as drone-based aerial fertilisation and possibilities of forestry subsidies related to boron fertilisation are generating interest among forest management associations.

Key words: boron fertilisation, backpack sprayer

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 5 |
| 2 | Metsänlannoitus Suomessa | 7 |
| | 2.1 Metsälannoituksen historia | 7 |
| | 2.2 Nykytilanne ja tulevaisuus | 9 |
| 3 | Boorin tarve ja boorin puutos | 10 |
| | 3.1 Boorin tarve | 10 |
| | 3.2 Boorin puutoksen ongelmat ja niiden havaitseminen | 10 |
| | 3.3 Riskialttiit alueet | 12 |
| | 3.4 Lannoituksen vaikutus | 13 |
| 4 | Boorilannoitteet ja niiden levitys | 15 |
| | 4.1 Lannoitteet | 15 |
| | 4.2 Levitysmenetelmät | 16 |
| | 4.2.1 Reppuruisku | 16 |
| | 4.2.2 Lentolannoitus | 17 |
| | 4.3 Levitysajankohta | 19 |
| | 4.4 Turvallisuus | 20 |
| 5 | Tutkimusmenetelmät ja aineiston keräys | 21 |
| 6 | Tulokset | 22 |
| | 6.1 Reppuruiskun testaaminen | 22 |
| | 6.2 Lannoituksen suorittaminen | 24 |
| | 6.3 Lannoituskohteet | 25 |
| | 6.4 Aiemmin lannoitetut kohteet | 29 |
| | 6.5 Metsänhoitoyhdistysten asiantuntijahaastattelujen tulokset | 35 |
| 7 | Tarkastelua ja pohdintaa | 38 |
| | 7.1 Lannoituksen kustannukset | 38 |
| | 7.2 Työn tehokkuus ja uusi metsätalouden kannustejärjestelmä | 39 |
| | 7.3 Pohdintaa haastattelujen pohjalta | 39 |
| | 7.4 Lannoituksen kannattavuus metsänomistajalle | 40 |
| | 7.5 Lisäpalvelun merkitys alueen metsänomistajille | 41 |
| | 7.6 Loppukiitokset | 41 |
| | LÄHTEET | 42 |

1 JOHDANTO

Boori on metsän terveen kasvun kannalta erittäin tärkeä hivenaine, joka ylläpitää puun normaalia kehitystä ja pituuskasvua. Kun metsä kärsii boorin puutoksesta, puissa alkaa esiintyä muun muassa pituuskasvun hidastumista sekä latvakasvaimen silmujen vaurioitumista tai kuolemista. Ajan myötä puista tulee monilatvaisia ja oksikkaita, minkä jälkeen metsän tuotto alkaa laskemaan. Boorin puutoksen aiheuttamista kasvuhäiriöistä voidaan kuitenkin päästä eroon booripitoisilla lannoitteilla. (Yara n.d.)

Booripitoisten lannoitteiden levitystä tarjoavat monet eri yritykset ympäri Suomea. Yksi tärkeimmistä palvelun tarjoajista ovat Suomessa sijaitsevat lukuisat metsänhoitoyhdistykset. Metsänhoitoyhdistyksen boorilannoituspalveluun kuuluu muun muassa neuvontaa lannoitteen ja kohteen valintaan sekä lannoitusten suunnittelua ja toteutusta. (Metsänhoitoyhdistys n.d.)

Isojoki-Karijoen metsänhoitoyhdistys on pieni, kahden toimihenkilön metsänhoitoyhdistys Etelä-Pohjanmaalla. Yhdistys keskittyy edistämään ja valvomaan Isojoen sekä Karijoen alueiden yksityismetsätaloutta. Yhdistyksen tarkoituksena on edistää metsänomistajien harjoittaman metsätalouden kannattavuutta ja tuottaa metsänomistajien tarvitsemia palveluja. Yhdistyksen tehtäviin kuuluvat esimerkiksi metsänomistajien neuvonta sekä erilaiset metsänhoitotyöt, joihin kuuluvat pääasiassa metsänuudistaminen sekä taimikonhoito. Nyt yhdistys on aloittamassa boorilannoituspalvelun tarjoamista alueen metsänomistajille. Lannoitukset toteutettaisiin reppuruiskulla metsurityönä. Yhdistyksellä ei ole aikaisempaa kokemusta boorilannoituksesta, joten tietoa boorilannoituksesta sekä sen vaikutuksista ja toteutuksesta tarvitaan.

Työn tavoitteena on kertoa boorilannoituksen merkityksestä metsätaloudessa. Miksi boorilannoitusta tehdään, miten lannoitetaan ja miten se vaikuttaa metsän kasvuun. Lisäksi tavoitteena on tutkia reppuruiskulla lannoittamista ja sitä, miten lannoituksen järjestely metsänhoitoyhdistyksessä voitaisiin tehdä mahdollisimman tehokkaasti ja kannattavasti. Tähän kuuluisi muun muassa kustannusten,

ajankäytön ja tuottavuuden tarkastelemista. Työssä havainnoidaan myös kohteita, joissa boorilannoitus on jo tehty. Myös muilta metsänhoitoyhdistyksiltä kerätään tietoa boorilannoituksen suorittamisesta haastattelun muodossa.

2 Metsänlannoitus Suomessa

2.1 Metsälannoituksen historia

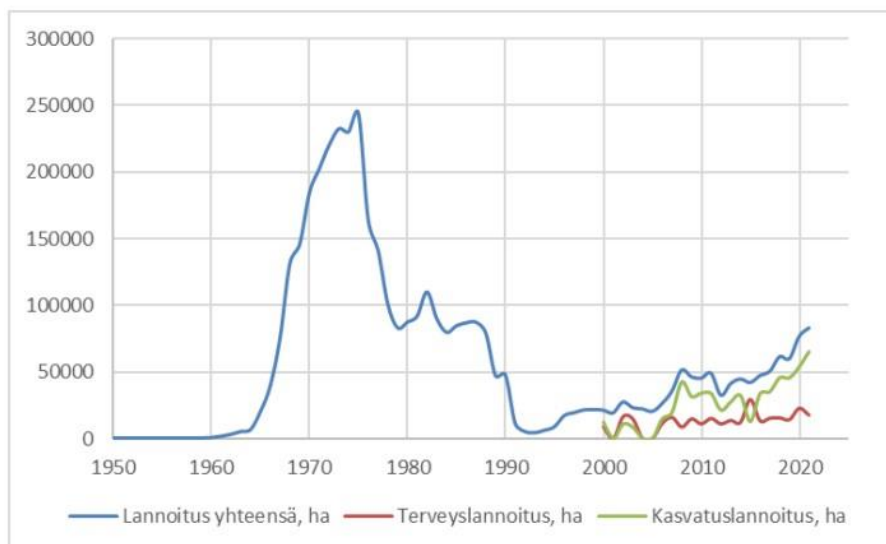
Metsälannoitus alkoi ajatustasolla varovasti nostaa päätään 1900-vuosisadan vaihteessa lannoituskoe-ehdotuksin. Evon ja Tuomarniemen metsäkouluille perustettiin ensimmäiset kalkituskohteet 1910-luvun tienoilla. Metsäntutkimuslaitos aloitti tuhkalannoituskokeet Vilppulan Jaakkoin-suolla vuonna 1937. Suurimittainen lannoituskoetoiminta alkoi kuitenkin vasta 1950-luvulla. Tätä lukua onkin usein nimitetty metsänhoidollisen innostuksen ajaksi, kun taas 1960-lukua kuvailtiin voimaperäisen puuntuotannon lisäämisen aikakaudeksi. (Tapio 2021)

Metsälannoitus alkoi yleistymään Suomessa 1960-luvulta lähtien. Aluksi keskityttiin lähinnä kasvun lisäykseen niin kangasmailla kuin soillakin. Kangasmailla puutetta esiintyi käyttökelpoisesta typestä, joten näitä kohteita lannoitettiin typpipitoisilla lannoitteilla. Ojitetuilla soilla esiintyi fosforin ja kaliumin puutetta, joten näillä kohteilla lannoituksessa käytettiin PK – lannoitetta. (Metsäntutkimuslaitos 1979)

Suomen ensimmäinen lentolannoitus tehtiin 1961-luvulla ja ensimmäinen metsälannoitusopas julkaistiin vuonna 1963. Yksityismetsälain uudistuttua vuonna 1968, lannoitus yleistyi yksityismetsissä merkittäväksi metsänparannustyöksi. Metsänparannuslaki tarjosi rahoitusetuuksia metsänparannustoille, mikä lisäsi entisestään lannoitusten määrää yksityismetsissä. (Tapio 2021)

1960-luvun alussa lannoitukset tehtiin ilman koneita pääasiassa henkilötyönä. Lannoite vietiin metsiin kantamalla sekä hiihtämällä ja itse levitys suoritettiin käsin. Tilanne muuttui vuonna 1965, kun markkinoille tuotiin traktorilevitykseen kehitettyjä levittimiä. Muutaman vuoden kuluttua moottorikelkkalevittimet tulivat käyttöön. Ajan myötä lannoitusmäärien kasvaessa alettiin keksimään yhä enemmän erilaisia levitysmenetelmiä ja laitteita nopeaan tahtiin. Lentokoneella lannoituksia suoritettiin runsaasti. 1970-luvulla jatkuvassa lentolannoitustyössä oli noin 10–15 konetta. 1975-luvulla suoritettiin ensimmäinen helikopterilevitys. (Tapio 2021)

Vuosina 1960–1970 lannoituspinta-alat kasvoivat nopeasti (kuva 1). Suurin määrä saavutettiin 1970-luvun puolivälissä, jolloin kangasmaiden ja turvemaiden yhteenlasketut lannoituspinta-alat olivat lähes 250 000 ha vuodessa. Huippuvuosien jälkeen alettiin pohtimaan lannoituksen haittavaikutuksia. 1980-luvulle tultaessa typpeä ja rikkiä sisältävä hapan laskeuma havaittiin ongelmaksi ja Suomessa huolestuttiin typen kerääntymisestä metsiin ja vesistöihin. Tämä oli yksi syy, jonka seurauksena lannoitustoiminta väheni suuresti ja lannoitusmäärät painuivat alimmalle tasolle 1990-luvun alkupuolella. 1990-luvun jälkeen typpilannoituksen lannoitusmäärät ovat kuitenkin lähteneet kevyeen nousuun, kun laskeumaa on saatu hallintaan teollisuudessa ja liikenteessä. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 7)



KUVA 1. Metsälannoituksen hehtaaramäärät vuosina 1950–2021. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 7)

Booria alettiin lisäämään lannoitteisiin, kun turvemaiden fosforilla ja kaliumilla lannoitetuilla koealoilla ilmeni kasvuhäiriöitä. Kasvuhäiriöiden syyksi oli selvinnyt boorin puutos. Myös kivennäismailla boorin puutosta havaittiin typpilannoituksen ohessa, mutta kivennäismaiden boorivajetta on selvitetty tarkemmin vasta 1990-luvulta alkaen. Tutkimustarpeita boorilannoitukseen liittyen on runsaasti, sillä tietoa esimerkiksi boorin puutoksen esiintymisestä eri kasvupaikoilla on varsin vähän. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 8)

2.2 Nykytilanne ja tulevaisuus

Metsien lannoitusmäärät ovat jatkaneet hienoisessa nousussa (kuva 1). Typpi-lannoitteiden saatavuus heikentyi merkittävästi Venäjän hyökättyä Ukrainaan helmikuussa 2022. Sekä Ukraina, että Venäjä ovat molemmat tärkeitä typpilannoitteiden tuottajia. Sota sekä vihreä siirtymä ovat yhdessä myös vaikuttaneet lannoitteiden saatavuuteen ja hintoihin nostavasti. Tämän myötä metsiin tarkoitettuja typpilannoitteita ei juuri ollut tarjolla vuonna 2022. Boorilannoitteissa ei havaittu vastaavaa notkahdusta ja myös puuntuhkaa on ollut saatavissa lannoituskäyttöön. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 7)

Ilmaston lämpenemisellä on myös suuria vaikutuksia Suomen metsiin ja ravinteiden määrään. Ilmaston lämpenemisen on jo todettu lisänneen puuston kasvua Suomessa. Kun lämpötila nousee, hajottajamikrobien sekä muiden eliöiden toiminta kiihtyy, minkä takia ravinteiden saatavuus yleensä paranee. Ravinteista erityisesti typen saatavuus paranee lämpimissä olosuhteissa. Esimerkiksi kivennäismailla voidaan havaita suuria määriä typpeä, mutta vain pieni osa siitä tulee kasveille saataviin muotoihin nykyisissä oloissa. Toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttamat sään ääri-ilmiöt, kuten kuivuus ja talviolosuhteiden muutokset voivat vähentää lämpenemisen positiivisia vaikutuksia. Kaikkien ravinteiden tarvittavat määrät tulevat myös lisääntymään puuston kasvun kiihtyessä. Tulevaisuudessa voidaan myös mahdollisesti tarvita joitain muita ravinteita, mihin ei olla tällä hetkellä totuttu. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 9)

3 Boorin tarve ja boorin puutos

3.1 Boorin tarve

Boori vaikuttaa puun hyvinvointiin monin eri tavoin juuristosta aina latvaan saakka. Boori muun muassa ylläpitää normaalia toimintaa ligniinisynteesissä, pölytyksessä ja kasvusolukoiden toiminnassa. Lisäksi boori vaikuttaa biologisten kalvojen toimintaan edistäen fosforin imeytymistä kasvualustasta. Boorin avulla pystytään välttämään verson kasvupistetuhot, neulasten ja juurien onteloituminen sekä kehityshäiriöt. (Reinikainen, Veijalainen & Nousiainen 1998, 28)

Boori on siis hyvin tärkeä hivenaine takaamaan puun terveen kasvun ja kehityksen. Määrällisesti booria ei kuitenkaan tarvita kovinkaan paljoa puutosoireiden välttämiseen. Kuusen ja männyn neulasten booripitoisuus on sopivalla tasolla ollessaan vähintään 8 mg/kg. Alhaisesta pitoisuudesta puhutaan silloin, kun se on laskenut alle 4,9 mg/kg. (Metsänlannoitusopas 2022, 7)

3.2 Boorin puutoksen ongelmat ja niiden havaitseminen

Boorin puutos aiheuttaa runkovikoja heikentäen myös puuston pituuskasvua. Boorin puutoksen näkyvimpiä tuntomerkkejä ovat latvan haaroittuminen sekä pensastuminen (Räisänen 2008, 9). Boorin puutoksesta kärsivällä puulla voi esiintyä latvakasvaimien kuivumista ja kuolemista, mikä hidastaa pituuskasvua. Vaikeissa tilanteissa kasvuhäiriöt voivat johtaa hyvinkin voimakkaaseen pensastumiseen ja jopa puun kuolemiseen (kuva 2). Puut saattavat menettää selvän pääangan muutamaksi vuodeksi, mutta voivat kuitenkin toipua jälleen lähes normaaliin kasvuun. Kasvuhäiriö voi aiheuttaa oksatihentymiä, poikaoksia, puun voimakasta tyvekkyyttä tai mutkaisuutta (kuva 3). Jos puussa on esiintynyt kasvuhäiriö, se toistuu todennäköisesti uudestaan myöhemminkin. Useiden kasvuhäiriöiden jälkeen rungossa näkyy monia oksatihentymiä ja puun pituus-läpimittasuhte alkaa olemaan jo hyvin poikkeava. (Hynönen, Korhonen & Tammilehto 1999)



KUVA 2. Puun epänormaali kehitys voi johtaa puun kuolemiseen. (Hyvönen ym. 1999)



KUVA 3. Kasvuhäiriön aiheuttama mutka. (Hyvönen ym. 1999)

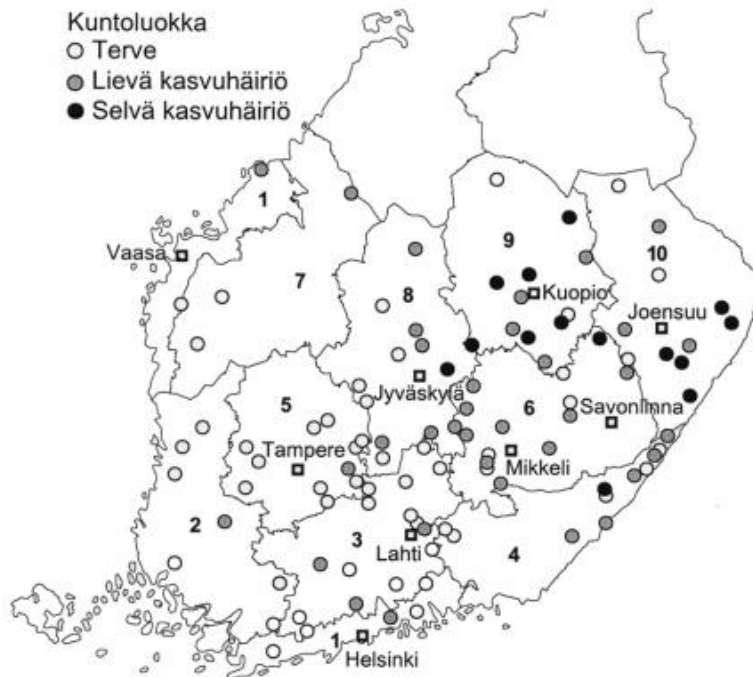
Boorin puutoksen on myös havaittu aiheuttavan muita vaikutukseltaan pienempiä ongelmia puun kehitykselle. Mikko Räisänen väitöskirjassa ”Kuusen karaistuminen boorinpuutoksessa” tutkittiin boorinpuutoksen vaikutusta kuusen karaistumiseen ja pakkaskestävyyteen. Tutkimuksen mukaan kuusentaimien rangan ja silmujen pakkaskestävyys ja todennäköisesti myös niiden kestävyys pakkaskuivumista vastaan oli heikompi boorinpuutostilanteessa. Boorin puutoksella havaittiin myös olevan lievä vaikutus taimien neulasten kasvukauden aikaiseen pakkaskestävyyteen. Tutkimuksessa todettiin boorin puutoksen vaikuttavan kuusen rangan ja silmujen pakkaskestävyyteen booritilan ollessa selvästi puutosrajan alapuolella. Koska boorin puutoksen vaikutusta havaittiin vain pienessä osassa aineistoa ja hyvin matalilla booritasoilla, ei boorin puutoksen kiihdyttämä pakkasvaurioriski ole todennäköisesti merkittävin tai ainoa kasvuhäiriöille altistava tekijä. (Räisänen 2008).

Metsänomistajan on tärkeää tarkkailla metsänsä terveydentilaa jatkuvasti. Boorin puutosta ei kuitenkaan aina pystytä helposti metsästä havaitsemaan. Esimerkiksi nuoresta taimikosta boorin puutoksen merkkejä ei vielä välttämättä näy, mutta vastaus saattaa löytyä reunametsistä. Jos niistä löytyy merkkejä monilatvaisuudesta tai hitaasta kasvusta, niin todennäköisesti myös viereinen taimikko kärsii samoista boorin puutoksesta aiheutuvista ongelmista. Vanhemmissa ensiharvennus- ja harvennusmetsissä boorin puutos aiheuttaa jo suurempaa taloudellista vahinkoa. Erittäin vaikeissa boorin puutostilanteissa taloudellisesti arvokkain tyvitukki joudutaan vaurioiden vuoksi tekemään kuiduksi. On siis tärkeää tunnistaa ravinnepuutokset mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta merkittäviltä kasvu- ja laatutappioilta säästytään mahdollisimman hyvin. Jos metsänomistaja on epävarma metsänsä terveydentilasta, voi hän kysyä neuvoa ja opastusta boorin puutoksen tunnistamiseen. Varmimmin metsän terveydentila saadaan selville neulasanalyysistä. (UPM metsä n.d.)

3.3 Riskialttiit alueet

Boorin puutos on pääosin kuusen ongelma, mutta jonkin verran sitä tavataan myös männiköissä ja koivikoissa. Erityisesti viljavimmat maat, kuten metsitetyt pellot ovat boorin puutokselle riskialttiita kohteita. Myös vanhat kaskimaat ovat alttiita puutokselle, sillä kaskeamisen myötä boori on päässyt vähenemään maaperästä merkittävästi (UPM Metsä n.d.).

Boorinpuutosalueet eivät jakaannu tasaisesti Suomen alueella. Kasvuhäiriöitä havaitaan eniten sisämaassa Suomen itäisissä osissa (kuva 4). Rannikkoalueilla puutosalueita on puolestaan vähemmän. Tätä selittää meren vaikutus boorin määrään maaperässä. Meriveden booripitoisuus on korkea, mutta Suomen kallioperässä booria on niukasti. Merestä nouseva vesihöyry tiivistyy sateeksi levittäen booripitoista vettä rannikkoalueiden metsiin. Booripitoisuus sadevedessä vähenee, mitä kauempana merestä metsä sijaitsee. Merivesi on siis boorin tärkein luontainen lähde. (Räisänen 2008)



KUVA 4. Kasvuhäiriöiden esiintyminen Etelä-Suomen viljavissa kuusikoissa. (Tamminen & Saarsalmi 2014)

3.4 Lannoituksen vaikutus

Vaikka boorilannoituskokeita on vähän, on boorilannoitus heti typpilannoituksen jälkeen yleisin kivennäismaiden lannoitustapa. Vuonna 2020 Suomessa lannoitettiin kokonaisuudessaan noin 70 000 hehtaaria metsää. Lannoituksista noin 20 000 hehtaaria toteutettiin terveyslannoituksena ja loput kasvatuslannoituksena (kuva 1). (Lehto & Ilvesniemi 2023, 7)

Neulasten booripitoisuudet nousevat lannoituksen jälkeen nopeasti, mutta varsinainen kasvuvaikutus ilmenee vasta 2–4 vuoden kuluttua. Typpilannoitukseen verrattuna boorilannoituksen vaikutusaika on pidempi. Viljavassa kuusikossa lannoituksen vaikutus kestää noin 15–20 vuotta. Boorilannoituksen avulla pystytään vähentämään kasvuhäiriöiden määrää. Selvin kasvuvaikutus on pituuskasvun lisäys, kun taas läpimitan kasvu ei normaalisti muutu. (Lehto & Ilvesniemi 2023, 52)

Vuonna 2005 julkaistussa tutkimuksessa ”Boori-, fosfori- ja typpi- lannoituksen vaikutus kasvuhäiriöistä kärsivien kuusikoiden latvusten toipumiseen” selvitettiin nelivuotisessa seurannassa boorilannoituksen vaikutusta kuusikoiden ravinnettiin ja häiriintyneiden kuusien latvusten toipumiseen. Kuuset luokiteltiin ulkonäön perusteella kolmeen luokkaan: 1) terve, 2) lievä kasvuhäiriö ja 3) paha kasvuhäiriö.

Tutkimuksen mukaan boorilannoitus vaikutti nopeasti neulasten booripitoisuuksiin riippumatta kuusen kasvuhäiriöluokasta. Boorilannoituksen jälkeisenä syksynä booripitoisuudet olivat nousseet kaikilla kokeilla 20-kertaisiksi lannoittamattomiin kuusiin verrattuna. Kolmen kasvukauden jälkeen neulasten booripitoisuudet olivat yhä 10-kertaiset lannoittamattomiin kuusiin verrattuna. Kolmen kasvukauden kuluttua lannoituksesta boorilannoitus näkyi selvästi sekä humuskerroksessa että kivennäismaakerroksessa. Booripitoisuus oli humuskerroksessa kaksinkertainen ja kivennäismailla kolminkertainen lannoittamattomiin koeloihin verrattuna. Kuusikoiden toipuminen ilmeni merkittävämmiin pahasti kasvuhäiriöisten kuusten osuuden vähenemisenä 33,3 %:sta keskimäärin 7 %:iin, kun samalla terveiden kuusten osuus kaksinkertaistui. Lisäksi boorilannoitus lisäsi pahasti kasvuhäiriöisten kuusten pituuskasvua 18 cm vuodessa. (Saarsalmi & Tamminen 2005)

4 Boorilannoitteet ja niiden levitys

4.1 Lannoitteet

Boorilannoitteita myydään monessa eri muodossa ja oikean lannoitteen löytämiseen tarvitaankin usein tieto lannoitteen levitysmenetelmästä. YaraVita Bortrac 150 on nestemäinen boorilannoite, joka sopii esimerkiksi reppuruiskulevitykseen (kuva 5). Lannoite soveltuu kaikkien kasvien boorilannoitukseen ja se voidaan sekoittaa myös muiden kasvinsuojeluaineiden kanssa. YaraVita Bortracin käyttömäärä on noin 15–20 l/ha. Lannoite voidaan levittää sulaan maahan ja aluskasvillisuudelle koko kasvukauden ajan. (Hankkija n.d.)



KUVA 5. Nestemäinen boorilannoite reppuruiskulevitykseen. (Hankkija n.d.)

YaraSuna Borea -boorilannoite on tuhkapohjainen hivenravinnelannoite (kuva 6), joka soveltuu muun muassa lentolevitykseen. Vaikka lannoite soveltuukin kivennäis- ja turvemaiden lannoitukseen, käytetään lannoitetta erityisesti turvemaidella, missä kasvua yleisesti rajoittaa fosforin-, kaliumin- ja boorinpuutos. Lannoitteen raaka-aineena käytetään puun ja turpeen tuhkaa sekä natriumtetraboraattia. Levityksen jälkeen boorin puutos saadaan korjattua jo ensimmäisenä kasvukautena, kunhan huolehditaan, että lannoitus on suoritettu käyttösuositusten mukaisesti. Tuhkaan sekoitettuna boori liukenee hitaasti, joten tuotteen käyttö on kaikkina vuodenaikoina helppoa sekä turvallista. Lannoitteessa on luontaisia sivu ja hivenravinteita sekä fosforia pidättäviä rauta- ja alumiiniyhdisteitä. Lannoitetta voi levittää vesistöjä tai kasvuvaikutusta vaarantamatta ympäri vuoden, sillä ravinteet liukenevat tuotteesta hitaasti. Lannoitteen levityksessä YaraSuna Borean käyttömäärä on noin 250–310 kg/ha. Käyttömäärän voi nostaa jopa 500 kg/ha saakka, mikäli boorin puutos on todettu maaperä-, neulas-, tai lehtianalyysillä. (metsänlannoitusopas 2022, 22)



KUVA 6. Tuhkapohjainen hivenravinnelannoite lentolevitykseen (metsänlannoitusopas 2022, 22).

4.2 Levitysmenetelmät

Boorilannoituksessa lannoite levitetään yleisimmin metsurityönä reppuruiskun avulla. Reppuruiskulannoituksessa käytetään nestemäistä boorilannoitetta. Nestemäistä lannoitetta käytetään myös droonilla levitettäessä, mutta myös rakeista lannoitetta voidaan tilanteen mukaan hyödyntää. Helikopterilevityksessä taas käytetään yleisimmin rakeistettua tuhkaa (Metsätoimisto n.d.). Boori voidaan levittää myös typpi- tai tuhkalannoituksen yhteydessä, jolloin boori on lisätty lannoitteeseen valmiiksi (Metsäkeskus n.d.).

4.2.1 Reppuruisku

Reppuruiskulla lannoitettaessa metsuri täyttää ruiskunsa vedellä ja lannoitteella sekoittaen ne tasaiseksi liuokseksi. Tämän jälkeen metsuri alkaa kävelemään lannoitettavaa kuviota läpi levittäen samalla lannoitetta mahdollisimman tasaisesti maastoon (kuva 7). Lannoituksessa tärkeintä on huomioida tasainen lannoitteen levitys ja oikea lannoitteen määrä hehtaaria kohden.



KUVA 7. Reppuruiskulla lannoittamista. (Karjalainen 2019)

Metsurityönä suoritettu boorilannoitus sujuu nopeasti ja kätevästi. Reppuruiskulla nestemäinen boorilannoite voidaan levittää niin pienille kuin isoillekin pinta-aloille. Siihen ei tarvitse mitään suurempia järjestelyjä, kuten esimerkiksi boorin varastoimisen suunnittelua tai yhteislannoituksen järjestämistä. Veteen sekoitettu nestemäinen boori saadaan helposti levitettyä tasaisesti maastoon pienipiirteisilläkin kuvioilla. (UPM Metsä n.d.)

Toisaalta jos kohde on verrattain suuri ja maasto hankala, reppuruiskulla tehtävä lannoitus voi käydä työlääksi. Etenkin, jos metsuri toimii yksin kohteella, veden ja lannoitteen kuljetus kohteelle vie runsaasti aikaa ja voimavaroja. Siksi lannoitus-työmaalle suositellaankin usein työparia, jossa toinen suorittaa itse levityksen ja toinen vastaa lannoitteen ja veden toimittamisesta kohteelle. Varsinkin haastavissa kohteissa systemaattinen tasainen lannoitus voi olla vaikea tehtävä. Vaikeakulkuisen maaston ja heikon näkyvyyden myötä on vaikea suunnitella kävelyreitit sekä pitää mielessä lannoitetut ja lannoittamattomat alueet. (Norrvik 2024)

4.2.2 Lentolannoitus

Helikopterilla tehtävä boorilannoitus on nopea ja tehokas lannoitusmenetelmä. Lannoitus sopii monenlaisille kohteille, sillä lentolevityksessä ei tarvitse huomioida maaston kantavuutta. Helikopterilevitys ei myöskään vaadi ajouria, mistä on erityisesti hyötyä kohteissa, joissa harvennus on vasta edessä. Sääolosuhteet lentolannoituksessa on kuitenkin huomioitava. Kovassa tuulessa osumatarkkuus heikkenee ja vesisateessa lannoitteen leviäminen vaikeutuu. (Metsän tuotto kasvuun helikopterilannoituksella n.d.)

Lentolannoituksessa helikopterin lisäksi tarvitaan myös kuorma-auto, joka avustaa helikopteria levityslaitteen täyttämässä ja huoltotoimissa (kuva 8). Samasta lannoitevarastosta helikopteri noutaa myös levityssuppilot ja tarvittaessa tankkaa lisää polttoainetta. Tällaista lentopaikkaa suunnitellaan mahdollisimman lähelle levityskohdetta. Helikopterilla tehtävä lentolannoitus soveltuu suuriin, vähintään 10 hehtaarin kokoisiin alueisiin. Lentolannoitus on mahdollista toteuttaa yhteislannoituksena, jolloin oman alueen ei tarvitse olla kovinkaan suuri. Mitä useampi metsänomistaja saadaan lähtemään mukaan hankkeeseen, sitä kannattavampi lannoituksesta saadaan. (Metsän tuotto kasvuun helikopterilannoituksella n.d.)



KUVA 8. Lentolannoituksessa helikopteri ja maayksikkö tekevät yhteistyötä (Metsän tuotto kasvuun helikopterilannoituksella n.d.)

Myös dronilla tehtävät lannoitukset ovat yleistyneet metsänhoidossa (kuva 9). Dronilla boorin puutos saadaan metsästä korjattua tehokkaasti ja turvallisesti kaikenlaisissa maastoissa. Dronilla lannoitteen tasainen levitys onnistuu helposti automatiikan avulla. Droni lentää ennakkoon suunniteltua optimoitua reittiä. Alaspäin suuntautuvan ilmavirran avustamana droni levittää lannoitteen tarkasti halutulle alueelle. Maastosta ei tarvitse erityisemmin huolehtia, sillä droni lannoittaa myös vaikeakulkuisimmat pusikot, kivikot ja rinteet. (Silvadrones n.d.)

Lannoitteelle droonissa on noin 20 litran säiliö, jonka lennättämiseen droonilta vaaditaan paljon. Lentolevitykseen tarkoitetun droonin siipiväli onkin noin 2,5 metriä (Farmit 2021). Hehtaarin kokoisella alueella droonin täytyy tehdä yksi välilasku, jolloin vaihdetaan akku ja täytetään lannoitussäiliö. Lannoitetta levitetään noin 30 litraa hehtaarille. Ilman säiliön painoa droonin lentoaika on noin 15 minuuttia. Täydellä säiliöllä lennettäessä aika on hieman lyhyempi. (Metsään-lehti 2022)



KUVA 9. Boorilannoitukseen tarkoitettu drooni FinnMETKO messuilla 2022.

4.3 Levitysjankohta

2005 julkaistussa tutkimuksessa ”Boorin levitysjankohdan vaikutus kivennäismaan kuusikon neulasten booripitoisuuteen” selvitettiin vaikuttaako myöhään syksyllä levitetty boorilannoite samalla tavoin kuusien neulasten booripitoisuuteen kuin alkukesällä toteutettu lannoitus. Tutkimuksessa voimakkain vaikutus neulasten booripitoisuuteen havaittiin toukokuun lannoituksella. Neulasten booripitoisuus nousi yli 13-kertaiseksi alkutilanteeseen verrattuna. Edellisen syksyn sekä syys- että lokakuun lannoitukset nostivat booripitoisuutta yli 8-kertaiseksi. Absoluuttisesti nousu oli kuitenkin voimakkaampi syyskuussa lannoitetuissa puissa. (Rikala & Vuorinen 2005)

Tutkimuksessa todettiin, että puut eivät hyödynnä merkittävässä määrin booria syksyllä levitetystä lannoitteesta ennen talven tuloa. Tämä johtuu muun muassa

ilmojen viilenemisestä, säteilyn vähenemisestä sekä maan lämpötilan alenemisestä. Syksyllä levitetty boorilannoite hyödynnetään siis pääosin vasta seuraavana kasvukautena. Tutkimuksessa havaittiin, että neulasten booripitoisuus kohosi vain vähän syksyn lannoitusten jälkeen. ”Tulokset osoittivat, että kuusten neulasten booripitoisuus nousee odotetusti ja riittävästi sulanmaan ajan lannoituksen ajankohdasta riippumatta. Syyslannoitetuilla puilla se ei kuitenkaan kohonnut aivan yhtä korkeaksi kuin kevätlannoitetuilla puilla, mikä voi johtua siitä, että osa syksyllä annetusta boorista huuhtoutuu syysstateiden tai keväällä lumen sulamisvesien mukana juurten ulottumattomiin”, tutkimuksen lopussa tiivistettiin. (Rikala & Vuorinen 2005)

4.4 Turvallisuus

Metsälannoitusta tehdessä on hyvä pitää turvallisuuteen liittyvät perusasiat mielessä. Turvallisuuden ja lannoituksen onnistumisen puolesta on tärkeää tarkkailla sääolosuhteita. Työt kannattaa lykätä tuulisella tai sateisella ilmalla, sillä heikot sääolot häiritsevät lannoituksen onnistumista. Märkyuden takia liukas maasto on myös turvallisuusriski. Maastossa kannattaa ehdottomasti pitää mukana pientä taskuun mahtuvaa ensiapupakkausta varmuuden vuoksi. Myös matkapuhelin on oltava mukana maastossa helposti saatavana. Kun lähtee lannoituskohteelle yksin, on tärkeää ilmoittaa töihin lähdöstä ja suunnitellusta paluuajasta muille. (Metsätöitä turvallisesti n.d.)

Käsiteltäessä kemiallisia aineita on aina tärkeää muistaa riittävä huolellisuus ja varovaisuus. Pienissä määrissä YaraVita Bortrack 150- boorilannoitteen ei ole todettu aiheuttavan merkittävää haittaa ihmiselle. Kuitenkin oman turvallisuuden kannalta oikeanlainen suojarustus on oltava lannoitusta tehdessä. Tiiviitä suojaruseja suositellaan käytettäväksi suojaamaan silmiä ja kasvoja roiskeilta ja sumulta. Käsineet, kehon henkilökohtainen suojarustus ja asianmukaiset jalkineet ovat tärkeitä, jotta kemikaaleja ei pääse iholle roiskeiden tai sumun kautta. Reppuruiskulla tehtävässä lannoituksessa myös hengityksen kautta lannoitetta voi joutua elimistöön, joten on tärkeää käyttää hengityssuojainta levityksen ajan. Lannoituksen jälkeen työvälineet sekä saastuneet vaatteet tulee pestä ennen uudelleen käyttöä. (Käyttöturvallisuustiedote 2023)

5 Tutkimusmenetelmät ja aineiston keräys

Opinnäytetyöhön kerättiin tietoa reppuruiskun käytöstä sekä lannoituksen vaikutuksista. Aluksi metsänhoitoyhdistyksen hankkimaa reppuruiskua testattiin erilaisin kokein. Niistä selvisi hyödyllistä tietoa muun muassa siitä, kuinka nopeasti reppuruiskun säiliö tyhjenee ja kuinka kauas lannoite lentää laitetta käytettäessä.

Lannoituksen tuottavuutta, ajankäyttöä ja kustannuksia selvitettiin lannoittamalla reppuruiskulla kolme boorin puutoksesta kärsivää metsikköä. Jokaiselta kohteelta kirjattiin ylös lannoitteen määrä sekä lannoitukseen kulunut aika. Lannoituksen vaikutuksia tutkittiin valokuvaamalla kohteita, joissa lannoituksesta oli kulunut jo muutama vuosi.

Lisätietoa boorilannoituksesta haettiin metsänhoitoyhdistyksistä, joiden toimialueella boorin puutos on yleinen ongelma. Opinnäytetyöhön koottiin kolme haastattelua, jotka toteutettiin puhelimen tai sähköpostin välityksellä. Haastatteluissa käsiteltiin muun muassa boorilannoituksen historiaa, nykytilannetta sekä tulevaisuutta. Lisäksi haastatteluissa pohdittiin kustannuksia, markkinoinnin roolia sekä kilpailua muiden yritysten välillä.

6 Tulokset

6.1 Reppuruiskun testaaminen

Isojoki-Karjoki metsänhoitoyhdistyksen hankkima boorilannoitukseen tarkoitettu reppuruisku on Stihlin valmistama SR450 (kuva 10). Reppuruisku on varustettu isolla 14 litran säiliöllä, joten se on hieman suurempi kuin muut Stihlin valmistamat reppuruiskut. Tämän takia reppuruisku on myös hieman raskaampi käsitellä, sillä se painaa noin 13 kg. Ruiskussa on myös tehokas moottori, joka mahdollistaa lannoitteen levityksen laajoille alueille. 2-in1 muutosmekaniikan ansiosta nestemäisten aineiden lisäksi myös jauhomaisten lannoitteiden levitys onnistuu ruiskulla. Reppuruiskua voidaan käyttää myös normaalina puhaltimena. (Stihl n.d.)



KUVA 10. Stihl SR 450 on monipuolinen ruiskutuslaite. (Stihl n.d.)

Reppuruiskun saavuttua tutustuttiin aluksi käyttöohjeisiin ja koottiin laite käyttövalmiiksi. Reppuruiskun kokoamisen jälkeen testattiin aluksi laitteen tehokkuutta ja ulottuvuutta. Ruisku täytettiin vedellä ja asetettiin kuivalle asfaltille. Täydellä teholla puhallettuna vesihöyry jätti selvän vanan asfalttiin kymmeneen metriin asti. Hennompi hieman kostunut pinta jatkui muutaman metrin pidemmälle. Testaus suoritettiin aurinkoisella ja tyynellä säällä.

Seuraavaksi siirryttiin maastoon kokeilemaan lannoituksen suorittamista vedellä. Testauksessa käytetty maasto oli helppokulkuista varttunutta kangasmetsää. SR 450 reppuruiskussa on venttiili, joka säätelee, kuinka paljon laite syöttää lannoitetta ruiskusta. Venttiilin asentoon vaikuttavat esimerkiksi maastonmuodot sekä kävelynopeus. Aluksi piti kokeilla eri venttiiliasentoja, jotta maastoon saatiin oikea lannoitemäärä tasaisesti levitettyä. Aluksi testattiin, kuinka nopeasti säiliö tyhjenisi eri venttiilin asennoilla (taulukko 1). Testauksista selvisi, että asennon muuttaminen yhtä pykälää suuremmaksi merkitsi säiliön tyhjenemistä 2 minuuttia aiemmin.

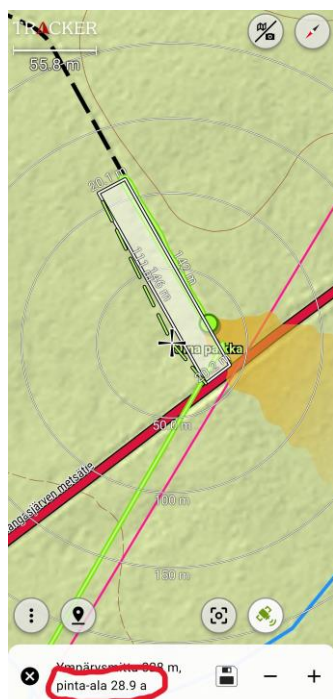
TAULUKKO 1. Säiliön tyhjeneminen eri asennoissa.

| Venttiilin asento | Säiliön tyhjenemiseen kulunut aika |
|-------------------|------------------------------------|
| 1 | 16 minuuttia |
| 2 | 14 minuuttia |
| 3 | 12 minuuttia |
| 4 | 10 minuuttia |
| 5 | 8 minuuttia |
| 6 | 6 minuuttia |

Seuraavaksi kokeiltiin, miten levitys onnistuisi maastossa ja kuinka ison alueen saisi lannoitettua yhdellä tankillisella vettä. Venttiili asetettiin asentoon 3, jonka jälkeen lähdettiin kävelemään rauhallisesti eteenpäin viemällä ruiskun päätä tasaisesti puolelta toiselle säiliön tyhjenemiseen saakka. Levityksen jälkeen laskettiin lannoitetun alueen pinta-ala karttaohjelman avulla ja tulokseksi tuli noin 29 aaria (kuva 11). Boorilannoitetta tulisi levittää maastoon vähintään 15 litraa hehtaarille (Hankkija n.d.). Yksi tankillinen sisältää noin 5 litraa lannoitetta, joten sen pitäisi riittää noin 33,3 aarin alueelle. Testin perusteella kävelyvauhti oli siis hie- man hidas, mutta lähellä tavoiteltavaa tasoa.

Testien avulla saatiin käsitys siitä, kuinka nopeasti säiliö tyhjenee ja kuinka ripe- ästi maastossa on liikuttava, jotta oikea määrä lannoitetta saadaan tasaisesti le- vitettyä. Jos kohde olisi ollut vaikeakulkuinen tiheä kuusikko, olisi lannoituksessa joutunut pienentämään venttiilin syöttöä ja hidastamaan tahtia. Myös kuvion

muoto saattaa vaikuttaa levityksen suorittamiseen. Jos kuvion muoto on monimutkainen ja epäsymmetrinen, pitää lannoitus suunnitella tarkemmin. Hankalan muotoisella kuviolla on myös vaikeampi pysyä kartalla siinä, mikä osa on jo lannoitettu ja mikä on vielä lannoittamatta.



KUVA 11. Yksi tankillinen vettä riitti noin 29 aarin levitykseen Tracker-ohjelmalla mitattuna.

6.2 Lannoituksen suorittaminen

Lannoituskohteelle siirtyminen tapahtui lava-autolla, jonka kyytiin sai helposti mahtumaan kaikki tarvittavat välineet (kuva 12). Lannoituksen suorittamiseen tarvittiin reppuruisku, lannoitetta, puhdasta vettä sekä polttoainetta. Lannoittamiseen käytettiin Stihlin SR450-reppuruiskua. Veden kuljettamiseen hyödynnettiin 20 litran kanistereita, jotka helpottivat veden kantamista maastossa. Lannoitteena käytettiin nestemäistä YaraVita Bortrac 150- boorilannoitetta. Polttoaineena käytettiin normaalia 2-tahti bensiiniä. Tärkeää oli myös huolehtia kunnollisesta suojaumisesta. Ihoa suojattiin lannoiteroiskeilta vedenpitävällä vaatekudoksella. Kätet suojattiin hyvällä istuvuudella ja tarttuvuudella varustetuilla työkaluilla. Lannoituksessa hengitysilmaan joutuu paljon booria, joten hengitystiet suojattiin normaalilla hengityssuojaimella.



KUVA 12. Boorilannoitukseen tarvitaan mm. reppuruisku, lannoitetta, vettä sekä polttoainetta.

6.3 Lannoituskohteet

Seuraavaksi lannoitukset päästiin aloittamaan alueilla, joissa on havaittu boorin puutosta. Kaikki lannoitettavat alueet sijaitsivat Isojoella. Ensimmäinen kohde oli noin 40 - vuotias mustikkaturvekankaalla kasvava puhdas istutettu kuusikko (kuva 13). Kehitysluokaltaan kuusimetsä oli nuorta kasvatusmetsää. Puiden läpimitta oli noin 16 cm ja pituus 14 metriä. Kohteen kuuset olivat monilatvaisia ja hidaskasvuisia, josta pystyi päättelemään, että alueella esiintyy boorin puutosta (kuva 14).



KUVA 13. Ensimmäisen kohteen yleisilmettä.



KUVA 14. Ensimmäisen kohteen monilatvaisia ja hidaskasvuisia kuusia.

Lannoitettava kohde oli noin 3,4 hehtaarin kokoinen (kuva 15). Lannoitus suoritettiin 6.8.2023, jolloin alueelle levitettiin viisi kanisteria YaraVita Bortrac -lannoitetta eli yhteensä 50 litraa. Levityksen jälkeen lannoitetta oli lisätty maastoon noin 14,7 litraa hehtaaria kohden. Lannoite levitettiin venttiilin asennolla 3, sillä se sopi parhaiten ottaen huomioon maaston ja kävelynopeuden. Lannoitteen levitykseen kului aikaa arviolta 4 tuntia. Yhden hehtaarin lannoittamiseen aikaa kului siis noin 70 minuuttia. Lannoituksen suorittamista nopeutti muun muassa se, että kohde sijaitsi tien vieressä, eikä kohteelle tarvinnut siirtyä jalan. Toisaalta työtä hidasti hankala maasto, sillä kohteella oli muutamia syviä ja hankalasti ylitettäviä ojia. Huomioitavaa on myös se, että kyseessä oli ensimmäinen lannoituskohde, eikä lannoittaminen ollut vielä täysin hallussa.



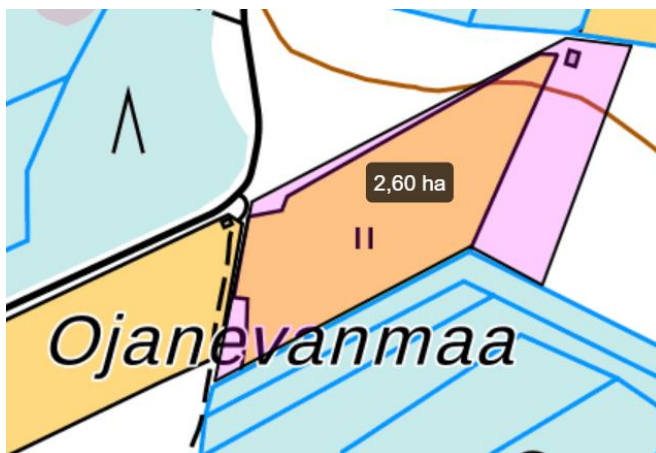
KUVA 15. Ensimmäisen kohteen lannoitettu alue paikkatietoikkunassa mitattuna.

Seuraava kohde sijaitsi turvepohjaisella metsitetyllä pellolla. Pellonmetsitysalueilla boorin puutos on yleistä. Istutetut kuusentaimet olivat vasta muutaman vuoden ikäisiä. Lannoitus suoritettiin tällä kertaa parityönä. Lannoittaja oli kokenut metsuri, joka on työskennellyt metsänhoitoyhdistyksellä jo useita vuosia. Itse vastasin veden ja lannoitteen kuljetuksesta lannoittajalle. Lannoitus sujui mukavasti helppokulkuisessa maastossa ja hyvässä säässä (kuva 16).



KUVA 16. Lannoitusta metsitetyllä pellolla.

Lannoitettava kohde oli 2,6 hehtaarin kokoinen (kuva 17). Alueelle levitettiin yhteensä noin 40 litraa lannoitetta. Levityksen jälkeen lannoitetta oli lisätty maastoon suunnilleen 15,4 litraa hehtaaria kohden. Lannoituksen suorittamiseen kului aikaa noin 2,5 tuntia. Yhden hehtaarin lannoittamiseen kului aikaa arviolta siis noin yksi tunti. Lannoitusta helpotti suuresti se, että tällä kertaa työ suoritettiin parina, jolloin toinen sai keskittyä lannoittamiseen, kun toinen huolehti veden ja lannoitteen kuljettamisesta. Kohteen viereen pääsi myös ajamaan autolla, joten lannoitettavalle alueelle ei tarvinnut siirtyä jalan.



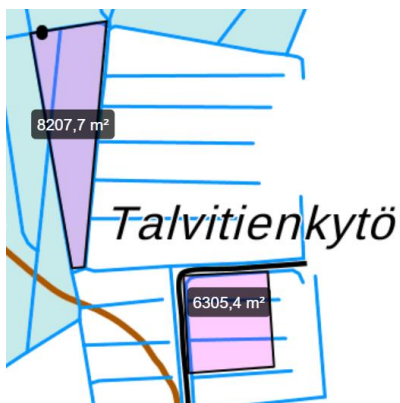
KUVA 17. Toisen kohteen lannoitettu alue paikkatietoikkunassa mitattuna.

Kolmas lannoitettava kohde oli noin 10 - vuotias mustikkaturvekankaalla kasvava varttunut istutettu kuusentaimikko. Kuusten seassa kasvoi myös hieman koivua. Kohteen erikoisuutena sieltä löytyi myös mustakuusen taimia (kuva 18). Taimet olivat noin 4 metriä pitkiä ja niiden läpimitta oli noin 3 cm. Kuusissa ilmeni monilatavaisuutta, mutkaisuutta ja hidaskasvuisuutta, mitkä kaikki viittasivat boorin puutokseen.



KUVA 18. Kolmannen kohteen yleisilmettä.

Lannoitettava kohde oli yhteensä noin 1,5 hehtaarin kokoinen (kuva 19). Alueelle levitettiin 2,5 kanisteria lannoitetta eli yhteensä 25 litraa. Lannoituksen jälkeen booria oli lisätty maastoon suunnilleen 16,7 litraa hehtaaria kohden. Lannoituksen suorittamiseen kului aikaa arviolta 3 tuntia. Yhden hehtaarin lannoitus kesti siis noin kaksi tuntia. Lannoitettava kohde koostui kahdesta alueesta. Toinen alue sijaitsi tien vieressä, jonne oli helppo kulkea syviä oja lukuun ottamatta. Toinen alue sijaitsi hieman kauempana, jonne piti kuljettaa tarvittavat välineet jalan. Yksin veden ja lannoitteiden kuljettamiseen aikaa kului paljon, mikä selittää lannoittamiseen pidemmän keston hehtaaria kohden.



KUVA 19. Kolmannen kohteen lannoitetut alueet paikkatietoikkunassa mitattuna.

Kaikista kohteista eniten aikaa kului hehtaarikohtaisesti kolmannella kohteella. Tätä selittää muun muassa suuret etäisyydet lannoitettavien alueiden välillä. Vähiten aikaa kului kohteella kaksi. Tällä kohteella työtä nopeutti suuresti se, että työtä tehtiin parin kanssa. Lannoitteen määrä hehtaaria kohden pysyi melko samana ensimmäisellä ja toisella kohteella. Kolmannella kohteella lannoitetta levitettiin hieman enemmän muihin kohteisiin verrattuna (kuva 20).

| Kohteet | Kasvupaikka | Pinta-ala (ha) | Kehitysluokka | Levityksen kesto (min) | Levityksen kesto (min / ha) | Lannoitteen määrä (l) | Lannoitteen määrä (l / ha) |
|---------|--------------------------|----------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | Mustikkaturvekangas | 3,4 | Nuori kasvatusmetsä | 240 | 70 | 50 | 14,7 |
| 2 | Metsitetty pelto (turve) | 2,6 | Pieni taimikko | 150 | 60 | 40 | 15,4 |
| 3 | Mustikkaturvekangas | 1,5 | Varttunut taimikko | 180 | 120 | 25 | 16,7 |

KUVA 20. Kooste lannoituskohteista.

6.4 Aiemmin lannoitetut kohteet

Lannoituksen vaikutukset tulevat selvimmin näkyviin muutaman vuoden kuluttua lannoituksesta (Lehto & Ilvesniemi 2023, 52). Opinnäytetyössä tutustuttiin neljään kohteeseen, joissa lannoitus oli suoritettu joko nestemäisellä boorilla tai rakeistetulla tuhkalla. Kohteet kierrettiin ja valokuvattiin samalla seuraten merkkejä siitä, miten lannoitus oli lähtenyt vaikuttamaan kasvuun ja yleiseen terveyteen.

Ensimmäinen valokuvattava kohde oli tuoreella kankaalla kasvava metsitetty pelto, joka oli kehittynyt jo varttuneeksi kuusikoksi. Ikää metsällä oli noin 50 vuotta. Puiden läpimitta oli noin 19 cm ja pituus 15 metriä. Kohteen lannoituksessa oli käytetty noin 15 l/ha nestemäistä booria, joka oli levitetty reppuruiskulla noin 4 vuotta sitten. Kohteen vieressä oli nuori kuusentaimikko, missä boorin puutos näkyi taimien pensastumisena (kuva 21).



KUVA 21. Ensimmäisen lannoitetun kohteen yleisilmettä.

Varttuneesta kuusikosta pystyi havaitsemaan ensimmäisenä hitaasti kasvavat latvukset. Toki kuusikko oli jo melko iäkäs, joten hidastunut pituuskasvu on varsin normaali ilmiö. Lannoitus oli kuitenkin tehonnut suureen osaan puista, joissa oli havaittavissa kiihtynyttä pituuskasvua (kuva 22). Osaan puista lannoitus taas ei ollut vaikuttanut ja puiden latvukset olivat jääneet pensasmaisiksi (kuva 23).



KUVA 22. Osassa kuusista oli havaittavissa kiihtynyttä pituuskasvua ensimmäisellä kohteella.



KUVA 23. Osa latvuksista oli jäänyt lannoituksesta huolimatta pensasmaisiksi ensimmäisellä kohteella.

Toinen kuvattava kohde oli tuoreella kankaalla kasvavaa noin 20 vuotiasta nuorta kasvatusmetsää (kuva 24). Kohteella kasvoi pääosin kuusta, mutta myös muutamia mäntyjä ja koivuja löytyi. Puiden läpimitta oli noin 8 cm ja pituus 7 metriä. Tässäkin kohteessa lannoituksessa on käytetty nestemäistä booria noin 15 l/ha, joka on levitetty reppuruiskulla noin 3 vuotta sitten.



KUVA 24. Toisen lannoitetun kohteen yleisilmettä.

Useissa kuusissa oli havaittavissa kasvuhäiriöitä. Eniten esiintyi rungon mutkaisuutta sekä monilatyvaiisuutta (kuvat 25 ja 26). Lannoituksen seurauksena kuuset olivat kuitenkin päässeet terveeseen kasvuun (kuva 27).



KUVA 25. Yksi kohteen 2 monilatyvaisista kuusista.



KUVA 26. Kohteella 2 kuuselle muodostunut kasvuhäiriön seurauksena kaksi erillistä latvusta



KUVA 27. Kohteella 2

lannoituksen seurauksena kuusen kasvuhäiriöt ovat vähentyneet ja puu kasvaa terveemmin.

Kolmas kohde koostui kahdesta erillisestä kuviosta, jotka molemmat kasvoivat tuoreella kankaalla. Toinen kuvio oli varttunutta kuusimetsää (kuva 28) ja toinen varttunutta kuusen taimikkoa (kuva 29). Varttuneen kuusikon ikä oli noin 60 vuotta. Sen puut kohosivat 19 metrin korkeuteen ja niiden läpimitta oli noin 24 cm. Noin 10 vuotiaan taimikon kuuset olivat noin 4 metriä pitkiä ja läpimitaltaan 4 cm. Metsiköt ovat lannoitettu rakeistetulla tuhkalla (200 kg/ha) vuonna 2017.



KUVA 28. Kolmannen kohteen lannoitettua kuusikkoa.



KUVA 29. Kolmannen kohteen taimikkoa.

Lannoituksen vaikutus näkyi selvemmin taimikossa kuin varttuneessa kuusikossa. Merkkejä boorin puutoksesta tai lannoituksesta ei vanhassa kuusikossa näkynyt juuri ollenkaan muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta (kuva 30). Viereisessä taimikossa lannoituksen vaikutus näkyi hyvinkin selvästi (kuva 31). Kuvasta näkee, miten ennen lannoitusta kuusentaimi on kasvanut hitaasti ja pensasmaisesti, mutta lannoituksen jälkeen taimi on lähtenyt normaaliin kasvuun. Koska viereisessä taimikossa on havaittavissa boorinpuutosta, niin väistämättä myös viereinen varttuneempi kuusimetsä kärsii boorin niukkuudesta. Ilman siis tätä viereisen kuvion taimikkoa boorin puutosta olisi ollut paljon vaikeampi havaita.



KUVA 30. Kolmannen kohteen varttuneesta kuusikosta löytyi muutamia heikkokuntoisia pensasmaisesti kasvaneita kuusia, joissa kasvu oli muuttunut terveemmäksi.



KUVA 31. Kolmannen kohteen taimikossa lannoituksen vaikutus näkyi selvemmin. Punaisen viivan alapuolella näkyy boorin puutoksesta johtunutta puskamaista kasvua ja viivan yläpuolella lannoituksen jälkeistä terveempää kasvua.

Neljäs kohde oli metsitetty vanha pelto. Kohde oli noin 30 vuotias tuoreen kankaan nuori kasvatusmetsä, jossa kasvoi pääasiassa kuusta (kuva 32). Kuusten läpimitta oli noin 14 cm ja pituus 13 metriä. Metsä on lannoitettu rakeistetulla tuhalla (200 kg/ha) vuonna 2016.



KUVA 32. Neljännen kohteen yleisilmettä.

Lannoituksen vaikutus puustoon näkyi hyvin selvästi. Kuusimetsä oli kärsinyt voimakkaasta boorin puutoksesta, jota selittää muun muassa se, että kohde sijaitsi vanhalla pellolla. Kuusista näkee, miten ennen lannoitusta kasvu on ollut hidasta ja pensastuminen voimakasta. Lannoituksella kasvu on kuitenkin saatu palaamaan normaaliksi. Kuvista näkee selvästi, miten lannoitus on vaikuttanut puun muotoon (kuvat 33 ja 34).

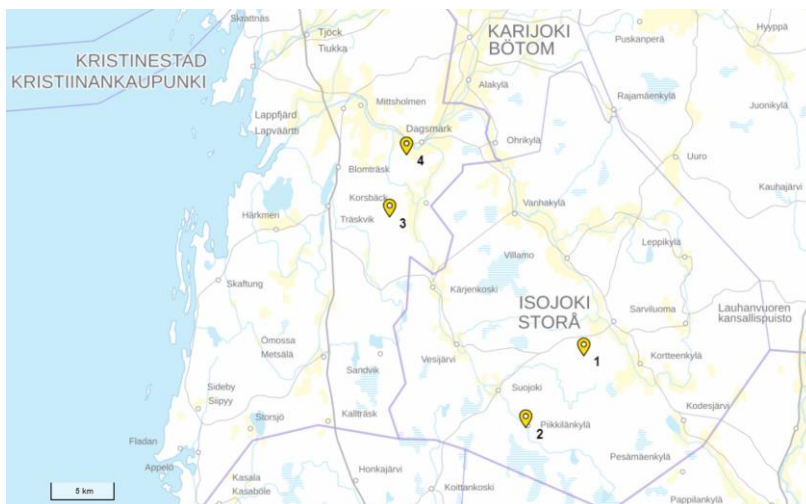


KUVA 33. Punaisen viivan alapuolella näkyy puun kehitys ennen lannoitusta ja viivan yläpuolella lannoituksen jälkeen. Kuva on neljänneltä kohteelta.



KUVA 34. Viivan ylä- ja alapuolta vertailemalla näkee, miten lannoituksen jälkeen puun muoto on muuttunut kapeammaksi nopeamman ja terveemmän kasvun seurauksena neljännellä kohteella.

Kaikki neljä kohdetta sijaitsivat läntisessä Suomessa Etelä-Pohjanmaan ja Pohjanmaan maakunnissa. Ensimmäiset kaksi kohdetta sijaitsivat Isojoen eteläisessä osassa. Kolmas ja neljäs kohde olivat Kristiinankaupungin alueella lähempänä merenrantaa (kuva 35).



KUVA 35. Kaikki neljä kohdetta sijoitettuna kartalle.

6.5 Metsänhoitoyhdistysten asiantuntijahaastattelujen tulokset

Osana opinnäytetyötä haastateltiin muutamien itäsuomalaisten metsänhoitoyhdistysten metsäasiantuntijoita. Haastattelussa otettiin yhteyttä Pohjois-Karjalan sekä Pohjois- ja Etelä-Savon metsänhoitoyhdistyksiin. Kysymyksillä selvitettiin boorilannoituspalvelun historiaa, nykytilannetta ja tulevaisuutta. Haastatteluissa pohdittiin myös markkinoinnin roolia, kustannuksia sekä kilpailua muiden yritysten välillä. Haastattelut toteutettiin puhelimen välityksellä. Yhden toimihenkilön kanssa sovimme, että haastattelu suoritetaan sähköpostin välityksellä aikataulullisista syistä.

Haastatteluun vastasi jokaisesta yhdistyksestä yksi toimihenkilö. Etelä-Savon metsänhoitoyhdistykseltä haastatteluun vastasi metsänhoito- ja puunkorjuupalvelujen asiantuntija. Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistykseltä haastatteluun vastasi metsäasiantuntija. Pohjois-Savon metsänhoitoyhdistykseltä haastatteluun vastasi metsänhoitoesimies, joka antoi vastaukset sähköpostin välityksellä.

Yksityismetsien pinta-alaan katsottuna Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistys on niukasti suurin (791 000 ha) verrattuna Etelä-Savon pinta-alaan (742 000 ha). Pienin pinta-ala löytyy Pohjois-Savosta (357 750 ha). Kaikissa yhdistyksissä boorilannoituspalveluja on tarjottu jo useiden vuosien ajan. Jokaisesta yhdistyksestä kommentointiin boorin puutoksen olevan selvä ongelma metsien terveydessä. Metsissä näkee selvästi latvakasvainten kuolemisen ja pensastumisen. Tärkeää olisikin saada ihmiset huomaamaan puutoksesta aiheutuvat ongelmat. Lannoituksen kalustona kaikissa yhdistyksissä käytetään helikopteria sekä reppuruiskua. Helikopterilevityksessä lannoitteena käytetään rakeistettua booria ja reppuruiskussa nestemäistä boorilannoitetta. Reppuruiskulevityksiä toteutettiin Pohjois-Savon metsänhoitoyhdistyksessä vuonna 2023 yhteensä noin 200 hehtaaria. Muissa yhdistyksissä luku oli muutama sata hehtaaria suurempi. Etelä-Savon metsänhoitoyhdistykseltä kommentoitiin Venäjän tilanteen vaikeuttaneen lannoitteen saatavuutta ja nostaneen kustannuksia.

Jokaisesta yhdistyksestä kerrottiin boorilannoituksen kysynnän pysyneen melko tasaisella ja tyydyttävällä tasolla. Kuitenkin on vielä paljon metsänomistajia, jotka eivät vielä tiedosta ongelmaa ja sen takia markkinointi onkin tärkeässä roolissa. Boorilannoitusta koskevilla asioilla puolet tai vähän yli puolet tilanteista aloitteen tekee itse yhdistys, joko tilakäynnin yhteydessä tai soittamalla. Metsänomistajista eniten ottavat yhteyttä sellaiset, jotka pitävät tarkkaa huolta metsäomaisuudestaan sekä sellaiset, jotka ovat kokeneet lannoituksen hyödyt. Kaikki yhdistykset kuvailivat tyypillisen boorilla lannoitettavan kohteen olevan entisellä pelto- tai metsämaalla kasvava varttunut kuusen taimikko tai nuori / varttunut kasvatusmetsän kuusikko.

Yhdistysten kustannukset koostuvat pääosin matkakustannuksista, urakoitsijan palkkiosta ja suunnittelusta. Metsänomistajia laskutetaan reppuruiskulevityksessä lannoitteen levityksestä ja lannoitteesta sekä mahdollisesta myyntityöstä ja työnohjauksesta. Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistyksessä reppuruiskulannoituksen hoitaa yrittäjä. Etelä-Savossa työn toteuttaa 10–15 metsurin joukko metsäasiantuntijoiden myydessä palvelua. Pohjois-Savossa metsäasiantuntija kartoittaa kohteet ja tekee sopimukset metsänomistajien kanssa ja metsänhoitoesimies välittää työohjeet, -kohteet urakoitsijalle.

Kaikissa yhdistyksissä todettiin, ettei varsinaista lannoituksen vaikutusten seuranta kohteiden välillä tehdä. Seuranta tapahtuu ainoastaan metsänomistajien toimesta tai metsäasiantuntijan oman mielenkiinnon pohjalta. Yhdistykset olivat yksimielisiä siitä, että kilpailua palveluun liittyen esiintyy runsaasti. On olemassa paljon eri toimijoita, jotka tarjoavat terveyslannoituksia tuotevalikoimassaan. Tulevaisuutta pohtiessa dronilla tehtävät lentolevitykset herättivät mielenkiintoa Etelä-Savon ja Pohjois-Karjalan metsänhoitoyhdistyksissä. Pohjois-Savossa mielenkiinto keskittyi metsätalouden kannustejärjestelmän mahdollisuuksiin tuotteen markkinoinnissa. Myös tietoisuuden lisäämistä ja tietoteknisten sovellusten kehittämistä markkinoinnissa pidettiin tärkeänä.

7 Tarkastelua ja pohdintaa

7.1 Lannoituksen kustannukset

Metsänhoitoyhdistykselle metsurityönä tehdyssä lannoituksessa kustannukset muodostuvat matkakustannuksista, reppuruiskun polttoaineesta, lannoitteesta, työkustannuksista sekä mahdollisista suunnittelu ja työnjohtokustannuksista. Polttoaineen kustannukset riippuvat ajantasaisesta polttoaineen hinnasta sekä kohteen suuruudesta. Polttoaineen kulutukseen ja työkustannuksiin liittyy myös kohteen helppokulkuisuus. Helppokulkuisella uudistusalalla kulkeminen onnistuu helposti ja reppuruiskun lannoitteen syöttöä voidaan pitää suurella. Vaikeakulkuisessa tiheässä kuusikossa lannoitteen syöttöä pitää pienentää, mikä puolestaan hidastaa työn tekoa ja nostaa polttoaineen kulutusta sekä työkustannuksia. Lannoitteessa kustannukset riippuvat kohteen pinta-alasta. Kymmenen litraa nestemäistä boorilannoitetta maksaa tällä hetkellä noin 78 euroa (Hankkija n.d.).

Esimerkiksi yhden hehtaarin kokoisella lannoitettavalla kohteella lannoitukseen käytetään kolme säiliöllistä lannoiteluosta, josta jokainen sisältää 5 litraa lannoitetta. Nestemäistä boorilannoitetta kuluu yhteensä siis 15 litraa. Stihlin SR 450 reppuruiskun 1,7 litran polttoainesäiliö tyhjenee noin 77 minuutissa (Stihl.fi). Kohde lannoitetaan venttiilin 3 asennossa. Tämä tarkoittaa, että kolme säiliötä tyhjenee noin 36 minuutissa (taulukko 1). Polttoainetta kuluu siis noin puoli tankillista. Kohteen lannoituskustannukset ovat siis yhteensä matkakustannusten lisäksi 0,85 litraa polttoainetta sekä 117 euron edestä lannoitetta. Lannoitteen ja polttoaineen lisäksi kustannuksia syntyy myös tehdystä työstä. Lisäksi kohteesta riippuen kustannuksia kertyy lisäksi suunnittelu- ja työnjohtokustannuksista esimerkiksi maastokäynnin muodossa.

7.2 Työn tehokkuus ja uusi metsätalouden kannustejärjestelmä

Metsurileivityksessä metsänomistajia laskutetaan pääasiassa metsurin tunti-työstä sekä lannoitteesta. Niin kuin lannoituskohteista huomasi, lannoituksen suorittamiseen kului aikaa hyvinkin vaihtelevasti. Työtehokkuuteen vaikutti suuresti muun muassa kohteen suuruus, sijainti, maasto sekä työntekijöiden määrä. Pääosin helppokulkuisilla kohteilla hehtaarin lannoittamiseen meni noin tunti ja vaikeammassa kohteissa lähemmäs kaksi tuntia.

Uusi metsätalouden kannustejärjestelmä myöntää tukea metsän terveyslannoitukseen, kun metsää lannoitetaan tuhkalannoitteella tai boorilannoitteella. Tukea myönnetään siis ainoastaan terveyslannoitukseen, ei kasvatuslannoitukseen. Boorilannoituksissa tuen määrä on 155 euroa hehtaarilta. Tukea voidaan myöntää kohteille, jotka ovat

- yhteensä vähintään kaksi hehtaaria
- joille on tehty tarpeelliset metsänhoitotyöt
- joilla ei ole merkittäviä hakkuutarpeita
- joidenka vesitalous on kunnossa.

Kohteella tulee olla myös vähintään 70 kuutiometriä kasvatuskelpoista puustoa hehtaarilla. Poikkeuksena tästä kasvatuskelpoiset taimikot, joissa taimikon keskipituus on vähintään 0,7 m ja varhaishoito on tehty asianmukaisesti. (Terveyslannoituksen tuki n.d.)

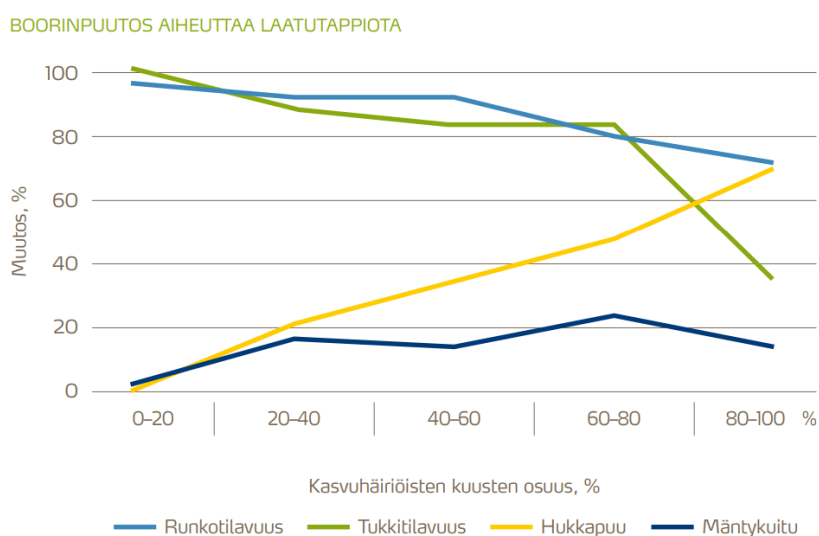
7.3 Pohdintaa haastattelujen pohjalta

Haastatteluista selvisi, että Itä-Suomessa boorin puutos on huomattava ongelma ja sitä esiintyy yllättävän paljon. Haastatteluissa painotettiin myös sitä, että läheskään kaikki metsänomistajat eivät tiedosta ongelmaa tai eivät suhtaudu siihen tarvittavalla vakavuudella. Kuten aiemmin opinnäytetyössä jo todettiin, boorin puutos on Länsi-Suomen metsissä harvemmin esiintyvä ongelma verrattuna Itä-Suomeen. Se ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että myös lännessä boorin puu-

tos on otettava vakavasti ja metsän ravinnetasapaino on pyrittävä pitämään tavoitetasolla. Itä-Suomen metsänhoitoyhdistyksissä tulevaisuuden tavoitteena on panostaa enemmän markkinointiin, jotta yhä useampi metsänomistaja pystyisi tunnistamaan ja tiedostamaan boorin puutoksesta aiheutuvat ongelmat. Isojoki-Karjoki metsänhoitoyhdistyksen otettua uuden boorilannoituspalvelun käyttöön, pystytään markkinoinnin avulla lisäämään entisestään lähialueen metsänomistajien tietoisuutta boorin puutoksesta ja sen vaikutuksista.

7.4 Lannoituksen kannattavuus metsänomistajalle

Opinnäytetyössä käytiin läpi lannoituksen suorittamista ja sen vaikutuksia. Erilaisia kohteita tarkastelemalla havaittiin, miten lannoitus on lähtenyt vaikuttamaan puun terveyteen ja kasvuun. Lannoituksen seurauksena puiden pituuskasvu palautui normaaliksi ja kasvuhäiriöt vähenivät huomattavasti. Kohteista kuitenkin huomasi, ettei lannoitus vaikuta kaikkiin puihin yhtä voimakkaasti, sillä joillain kohteilla lannoituksen vaikutukset jäivät pienemmiksi. Lannoituksen avulla puut pyritään palauttamaan normaaliin kasvuun. Jos boorilannoitus jää toteuttamatta ja kasvuhäiriöisten puiden määrä kasvaa, aiheuttaa se merkittäviä laatutappioita (kuva 36). Laatutappioiden seurauksena sekä metsikön tukkitilavuus että runkotilavuus pienenevät hukkapuun määrän kasvaessa voimakkaasti. Tämä vähentää metsän arvoa ja tuottoa merkittävästi.



KUVA 36. Kasvuhäiriöisten kuusten lisääntyessä metsän arvo alkaa hiipumaan alaspäin (Metsälannoitusopas 2022, 15).

Boorilannoite on verrattain helppo levittää, sillä lannoitetta tarvitsee levitykseen huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi kasvatuslannoitukseen tarvittavia lannoitteita. Boorilannoitteen vaikutusaika on myös pidempi, minkä ansiosta lannoitusta ei tarvitse suorittaa useita kertoja (metsälannoitusopas 2022, 22). Uuden metka-tuen ansiosta terveyslannoituksen kustannukset pienenevät, mikä kannustaa metsänomistajia lannoittamaan metsiään ja huolehtimaan metsänsä terveydestä.

7.5 Lisäpalvelun merkitys alueen metsänomistajille

Metsänhoitoyhdistys Isojoki-Karjoki sijaitsee Länsi-Suomessa Etelä-Pohjanmaalla. Sijainnin perusteella boorin puutos ei ole yhtä suuri ongelma verrattuna itään, mutta kohteita kuitenkin löytyy. Lannoituksia suorittaessa huomattiin, että etenkin vanhoilla peltoalueilla puutosongelmat olivat yleisempiä aivan kuten Itä-Suomessakin. Boorilannoituskohteiden vähäisemmän määrän takia onkin syytä pohtia, tiedostavatko alueen metsänomistajat ongelman yhtä hyvin kuin alueilla, joissa ongelma on suurempi.

Tarjoamalla boorilannoituspalveluja metsänhoitoyhdistys Isojoki-Karjoki tarjoaa uutta palvelua metsänomistajille helpottamaan metsien terveyden ylläpitoa. Palveluun sisältyy muun muassa metka-tuen hakeminen, suunnittelu, lannoite sekä levitys reppuruiskulla. Alueen metsänomistajien on helpompaa ja nopeampaa asioita, kun palvelua tarjotaan lähempänä heidän omia metsiään. Metsänomistajan on myös helppo tavoittaa metsäasiantuntijat, kun ne löytyvät alueen omasta metsänhoitoyhdistyksestä.

7.6 Loppukiitokset

Haluaisin kiittää Metsänhoitoyhdistys Isojoki-Karjoen väkeä sekä opinnäytetyön ohjaajaa opinnäytetyön aiheen pohjustamisesta, ideoinnista ja kehittämisestä. Haluaisin kiittää myös Metsämiesten säätiötä myöntämästään apurahasta, joka lisäsi opinnäytetyön mahdollisuuksia entisestään. Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia, jotka ovat tavalla tai toisella olleet tukena tämän opinnäytetyön kirjoittamisessa.

LÄHTEET

Hankkija. n.d. YaraVita Bortrac 150. Verkkosivu. Viitattu 13.1.2024. <https://www.hankkija.fi/tuotantopanakset/lannoitteet-ja-kalkki/ia-yaravita-bortrac-150-2002505/>

Hynönen T., Korhonen K. T., Tammilehto E. Kuusen kasvuhäiriöt Pohjois-Savon kangasmetsissä. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 1999 numero 3 artikkeli 6861. <https://doi.org/10.14214/ma.6861>

Käyttöturvallisuustiedote. 10.01.2023. Yara. PDF-dokumentti. Viitattu 22.1.2024. https://chemmate3.yara.com/SDS/search_advanced.aspx?Field=303&SortBy=303&Location=4f193ce42cb229050000&Country2=&Date=30%2f1%2f2024-14%3a1%3a44&Title1=K%u00e4ytt%u00f6turvallisuustuotteet+%27lannoite%27

Lehto, T. & Ilvesniemi, H. (toim.) 2023. Metsänlannoitus nyt ja tulevaisuudessa : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 56/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 146 s. Luettu 3.1.2024. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/553413/luke-luobio_56_2023.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Metsäkeskus. n.d. Metsälannoitus. Verkkosivu. Viitattu 10.1.2024. <https://www.metsakeskus.fi/fi/metsan-kaytto-ja-omistus/metsanhoito-ja-hakuut/metsanlannoitus>

Metsänhoitoyhdistys. n.d. Metsänlannoitus. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2024. <https://www.mhy.fi/metsanhoito/lannoitus#terveyslannoitus>

Metsän tuotto kasvuun helikopterilannoituksella. n.d. UPM Metsä. Verkkosivu. Viitattu 11.1.2024. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/metsanlannoitus-tehokkaasti-helikopterilla/>

Metsäntutkimuslaitos. 1979. Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen seminaari 15.2.1979. Folia Forestalia 400. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/521983>

Metsätoimisto. n.d. Boorilannoitus. Verkkosivu. Viitattu 11.1.2024. <https://metsatoimisto.fi/metsanlannoitus/boorilannoitus/>

Metsätöitä turvallisesti. n.d. Tapio. Verkkosivu. Viitattu 15.1.2024. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/10/Metsatoita_turvallisesti_opas1.pdf

Metsään-lehti. 26.7.2022. Dronella on paljon käyttöä metsäalalla. Verkkosivu. Viitattu 15.4.2024. <https://www.metsaan-lehti.fi/uutiset/metsanhoito/dronella-on-paljon-kayttoa-metsaalalla.html>

Norrvik, A. 2024. Metsäasiantuntija. Metsänhoitoyhdistys Isojoki-Karjoki. Isojoki. Henkilökohtainen tiedonanto 18.2.2024.

- Paananen, I. 2019. Tuotto on edelleen metsänomistajalle tärkein syy lannoittaa – boorilannoituksen vaikutusaika on useita kymmeniä vuosia. Karjalainen 31.8.2019. Viitattu 30.1.2024. <https://www.karjalainen.fi/maakunta/227709>
- Reinikainen, A. Veijalainen, H. Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset. Metsänkasvattajan ravinneopas. Metlan julkaisusarjat. Luettu 18.3.2024. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1629-7>
- Rikala R., Vuorinen M. Boorin levitysajankohdan vaikutus kivennäismaan kuusikon neulasten booripitoisuuteen. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2005 numero 1 artikkeli 6259. <https://doi.org/10.14214/ma.6259>
- Räisänen, M. 2008. Kuusen karaistuminen boorinpuutoksessa. Dissertations Forestalis 75. 26 s. Luettu 3.1.2024 https://web.archive.org/web/20180721111836id_/https://dissertationsforestales.fi/pdf/article1858.pdf
- Saarsalmi A., Tamminen P. Boori-, fosfori- ja typpilannoituksen vaikutus kasvuhäiriöistä kärsivien kuusikoiden latvusten toipumiseen. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2005 numero 3 artikkeli 5785. <https://doi.org/10.14214/ma.5785>
- Silvadrones. n.d. Boorilannoitus. Verkkosivu. Viitattu 11.1.2024. <https://www.silvadrones.fi/boorilannoitus/>
- Stihl. n.d. SR 450. Verkkosivu. Viitattu 1.2.2024. <https://www.stihl.fi/STIHL-tuotteet/K%C3%A4si-ja-reppuruisku/Reppuruisku/22170-1686/SR-450.aspx>
- Tamminen P., Saarsalmi A. (2014). Viljavien maiden nuorten kuusikoiden neulasten booripitoisuus Etelä-Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2004 numero 3 artikkeli 6222. <https://doi.org/10.14214/ma.6222>
- Tapio. 2021. Metsälannoituksen vuosisata – tehometsätaloudesta kestäviin ilmastotoimiin. Verkkosivu. Viitattu 17.12.2023. <https://tapio.fi/blogit/metsalannoituksen-vuosisata-tehometsataloudesta-kestaviin-ilmastotoimiin/>
- Terveyslannoituksen tuki. n.d. Metsäkeskus. Verkkosivu. Viitattu 21.3.2024. <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/terveyslannoituksen-tuki>
- UPM Metsä. n.d. Boorilannoite korjaa kasvuhäiriöt. Verkkosivu. Viitattu 8.11.2024. <https://www.upmmetsa.fi/tietoa-ja-tapahtumia/artikkelit/boorilannoite-korjaa-kasvuhairiot/>
- Vanamo, A. 2024. Lehtori. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere. Henkilökohtainen tiedonanto 3.3.2024
- Yara. 2022. Metsälannoitusopas. PDF-tiedosto. Viitattu 18.3.2024. <https://www.yara.fi/lannoitus/metsa/>
- Yara. n.d. Ravinteiden merkitys metsälle. Verkkosivu. Viitattu 1.4.2024. <https://www.yara.fi/lannoitus/metsa/ravinteiden-merkitys-metsalle/>