

**KUUSEN KASVATUKSEN KANNATTAVUUS SALLAN  
NARUSKALLA**

Virkkula Sini

Opinnäytetyö

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Sini Virkkula	Vuosi	2022
<b>Ohjaaja</b>	Jussi Soppela		
<b>Toimeksiantaja</b>	Sallan yhteismetsä		
<b>Työn nimi</b>	Kuusen kasvatuksen kannattavuus Sallan Naruskalla		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	37 + 3		

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli selvittää Sallan Naruskalle istutettujen kuusitaimikoiden nykytilaa ja kasvatuksen kannattavuutta. Opinnäytetyö tarjoaa Sallan yhteismetsälle yleistietoa Naruskan kuusitaimikoiden nykytilasta. Työssä tutkitaan kasvuun ja näin kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä määrällisen tutkimuksen menetelmin. Työssä vertaillaan kuusen ja männyn kasvatusta sekä pyritään parantamaan kuusen kasvatuksen kannattavuutta.

Yhteismetsän tietokannasta haettiin alle 30-vuotiaita kuusikoita, joiden koko on yli viisi hehtaaria. Kuvioita opinnäytetyön aineistoksi kerättiin 36 kappaletta. Tutkimuksen aineisto käytiin mittaamassa maastossa kesällä 2020, ja sitä on täydennetty kesällä 2021. Maastomittauksissa kerättiin puuston kasvuun liittyviä tunnuksia sekä kasvupaikkatietoja. Inventoitujen tietojen pohjalta metsän tilaa sekä kasvua analysoitiin ja kuvioista valittiin 13 kuviota simulointiin, joka suoritettiin Motti-ohjelmistolla.

Simulointien tuloksista havaitaan, että kuusen kasvatuksesta saadaan tuottoa, mutta verrattuna männystä saataviin tuloihin on männyn kasvattaminen kannattavampaa. Tutkimuksessa havaitaan, että kuusen taimettumiseen ja heikompaan kasvuun vaikuttavat maaperätekijät ja tuhot.

Kuusen kasvatuksen kannattavuutta voidaan parantaa viljelemällä kuusta sille sopiville kasvupaikoille sopivin menetelmin sekä hoitamalla metsiä. Sekapuustisuuden suosiminen lisää metsien vastustuskykyä eri tuhonaiheuttajia vastaan sekä parantaa maan ominaisuuksia. Opinnäytetyöhön on koostettu tietoa yleisesti kuusen ja männyn tasaikäisrakenteisesta kasvatuksesta sekä kasvuun ja menestymiseen liittyvistä tekijöistä. Työ hyödyttää yksityisiä metsänomistajia pohtiessaan eri vaihtoehtoja metsänuudistusmenetelmiin.

Avainsanat

kannattavuus, kasvu, kuusi, metsätuho, mänty, OpeMotti, taimikko, uudistaminen

Forestry  
Forestry engineer

---

<b>Author</b>	Sini Virkkula	Year	2022
<b>Supervisor</b>	Jussi Soppela		
<b>Commissioned by</b>	Salla collective forest		
<b>Subject of thesis</b>	Profitability of growing spruce trees in Salla Naruska		
<b>Number of pages</b>	37 + 3		

---

The aim of this thesis is to research and provide information about spruce tree seedling stands. The study is focused on profitability of growing spruce trees in Naruska, Salla. Commissioner of the study is Salla collective forest.

Spruce stands under 30 years of age with a size of more than five hectares were searched from database. The total amount of research stands gathered is 36. The measuring results were collected from these selected stands in the summer of 2020 and in 2021 the material was supplemented. Circular test sites were taken from the stands and the height and diameter of trees and the number of stems per hectare was measured. Out of 36 forest compartments 13 were randomly selected to be simulated with OpeMotti which is a software developed by the Natural Resources Institute Finland.

The key part of the work is the comparison of spruce and pine cultivation and the improvement of the profitability of spruce cultivation. The study shows that growing spruce trees makes a profit, but compared to the income from pine, spruce cultivation is not as profitable as pine cultivation. In the data it is shown that soil and forest damages are affecting the growth of spruce.

Improving the growth of spruce trees begins with successful forest regeneration. Selecting the tree species that are best suited for the site concerned and tending the seedling stands are ways to improve the health of trees, growth, and yield of felling. Also growing multiple tree species in the same stand increases the trees immunity against different forest damages.

This thesis includes information in general about regeneration and growth of both spruce and pine trees and factors that might affect the growth. This thesis benefits private forest owners who might be planning regeneration.

Key words forest damage, growth, OpeMotti, pine, profitability, regeneration, seedling, spruce

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 METSÄN KASVATUS.....	7
2.1 Puuston kasvu ja kehitys .....	7
2.2 Metsän uudistaminen.....	8
2.2.1 Menetelmät .....	9
2.2.2 Kuusi .....	11
2.2.3 Mänty .....	12
2.3 Metsätuhot.....	13
2.3.1 Elottomat tuhot.....	15
2.3.2 Elolliset tuhot.....	16
2.4 Metsän kasvatuksen kannattavuus .....	19
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TULOKSET .....	22
3.1 Tutkimusmenetelmät.....	22
3.2 Aineisto .....	23
3.2.1 Puuston pituus .....	24
3.2.2 Puuston läpimitta.....	25
3.2.3 Puuston runkoluku.....	26
3.3 Simuloinnit .....	27
3.4 Riippumattomien otosten t-testi .....	29
4 POHDINTA .....	31
LÄHTEET.....	34
LIITTEET .....	37

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kuusen tasaikäisrakenteisen kasvatuksen kannattavuutta Sallan Naruskalla. Opinnäytetyön tilaajana toimii Sallan yhteismetsä, joka on Sallan alueella toimiva puuntuottaja. Yhteismetsä on kiinteistöille yhteisesti kuuluva alue, joka on tarkoitettu käytettäväksi kestävän metsätalouden harjoittamiseen sen osakkaiden hyväksi (Yhteismetsälaki 109/2003, 1. §).

Aihe opinnäytetyöhön syntyi Sallan yhteismetsällä kesällä 2020 tehdyn harjoittelun myötä. Harjoittelun aikana inventoitiin kuusitaimikoita Sallassa Jaurun ja Naruskan alueella. Tarkoituksena oli selvittää kuusikoiden terveydentilaa ja kasvua. Viime vuosina kuusikoissa on havaittu hidastunutta kasvua sekä metsätuhojen aiheuttamia laatuviikoja.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään metsän kasvatukseen Pohjois-Suomessa. Pohjoisessa Suomessa luonnonoloja määrittää merkittävästi kylmä ilmasto. Ilmastossa on myös suuria paikallisia eroja, sillä Lappi on alueena laaja ja korkeudeltaan maasto on vaihtelevaa. Lämpötilaerot vuosien välillä voivat olla suuria. Laajat suoalueet ovat luontoa hallitseva, tyypillinen ominaispiirre Pohjois-Suomessa. Kivennäismaille kerrostuu raakahumusta ja soille turvetta, orgaanisen aineksen hajoamisen ollessa maassa hidasta ja vaillinaista johtuen kylmästä ja kosteasta ilmastosta. Puun kasvuun vaikuttavien haastavien tekijöiden lisäksi pohjoisessa on myös useampia uudistuvien luonnonvarojen käyttöön perustuvia elinkeinoja, jotka osin kilpailevat metsätalouden kanssa.

Merkittävin metsästä saatava tulonlähde on puusta saatavat myyntitulot. Vikaisuudet puustossa sekä hidas kasvu johtavat pienempiin ja myöhäisempiin tuloihin ja metsänomistajalle niistä voi koitua ylimääräisiä kustannuksia. Valtaosa pohjoisessa Suomessa uudistettavista alueista uudistetaan männylle, mikä johtaa metsien rakenteen yksipuolistumiseen. Yksipuolinen metsän rakenne köyhdyttää biodiversiteettiä ja lisää osaltaan riskejä altistua tuhoille. Metsänomistaja voi vaikuttaa myyntituloihin omilla päätöksillään uudistamisesta päätehakkuuseen, mutta on myös tekijöitä, joihin ei voi suoranaisesti vaikuttaa.

Tutkimus toteutettiin kerätyn aineiston perusteella. Maastomittaukset tehtiin ympyräkoealoina, joissa mitattiin puustotunnukset sekä kasvupaikkatiedot. Työssä aineistoa tutkittiin määrällisen tutkimuksen menetelmin sekä aineistoa simuloitiin OpeMotti-ohjelmistolla. Työssä vertaillaan männyn ja kuusen kasvatuksen kannattavuutta.

Tutkimuksen aineisto rajattiin Naruskalle suuremman otannan vuoksi. Naruska sijaitsee Sallan kunnan pohjoisosissa. Naruskalla maastonmuodot vaihtelevat aapasoista vaaroihin ja tuntureihin. Naruskalla vuoden keskilämpötila on noin -1 celsiusastetta ja Naruskalla onkin mitattu vuosikausina alhaisia lämpötiloja. (Ker-salo & Pirinen 2009, 132–133.)

Metsänkasvatus voidaan ajatella metsänhoidollisten toimenpiteiden kokonaisuudeksi. Tutkimuksessa tarkastellaan tämän kokonaisuuden alkuvaiheita kuusen kasvun kannalta ja tutkitaan kannattaako kuusen kasvattaminen sekä kuinka kannattavuutta voidaan parantaa.

Tutkimuksella pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Miten kuusen uudistamismenetelmät ovat vaikuttaneet kuusen kasvuun?
- Kannattaako kuusen kasvattaminen?
- Kuinka kannattavuutta voidaan parantaa?

## 2 METSÄN KASVATUS

### 2.1 Puuston kasvu ja kehitys

Puu rakentuu juuristosta, rungosta, oksista ja lehdistä tai neulasista. Juuret ottavat maasta talteen vettä ja ravinteita, lehvästö yhteyttää ja tuottaa elintoimintoihin sekä kasvuun vaaditun energian ja runko kuljettaa sekä varastoi ravinteita ja yhteyttämistuotteita. Kun kasvuolosuhteet muuttuvat, puu sopeutuu uuteen tilaansa muutamalla kasvua ja kehitystä. Muuttuneeseen tilanteeseen sopeutuminen voi kestää vuosia ja elpymisen nopeuteen vaikuttaa, kuinka kova kilpailu oli ennen muutosta ja kuinka hyvä kuntoinen puu oli. Puun kasvuun vaikuttavista tekijöistä merkittävimpiä ovat puulaji, puun synty tapa, puun koko, ikä, puiden välinen kilpailu, kasvupaikkatekijät, ilmasto, luontaiset tekijät, korjuu ja hoitotyöt. (Valkonen 2014, 21–23.)

Puut kilpailevat rajallisista kasvutekijöistä eli valosta, vedestä, kasvutilasta ja ravinteista. Isommat puut pärjäävät kilpailussa paremmin viemällä pieniltä puilta kasvutekijöitä. Pintakasvillisuus ja vesakko ovat kovia kilpailijoita taimille. Taimikkovaiheessa pituuden ja läpimitan kasvu on nopeinta, ja puun lehvästön laajetessa yhteyttämistuotteita käytetään paljon kasvuun. Puun suurenemisen myötä kasvu hidastuu ja yhteyttämistuotteet kuluvat kasvaneiden osien ylläpitämiseen. Puun pituuden ja läpimitan kasvu hidastuu nuoruusvaiheen jälkeen. Valtapuiden pituuskasvuun keskinäinen kilpailu ei vaikuta merkittävästi, toisin kuin valtapuita pienempien puiden pituuskasvuun. Paksuuskasvuun vaikuttavat erityisesti metsikön tiheys ja viereisten puiden kilpailu, jolloin tiheissä metsissä paksuuskasvu jää pieneksi. (Valkonen 2014, 23–25.)

Puiden kasvukausi käynnistyy keväällä lumien sulattua ja lämpötilan ylittäessä pysyvästi +5 astetta ja päättyy syksyllä vuorokauden keskilämpötilan laskiessa pysyvästi +5 asteen alapuolelle tai pysyvän lumipeitteen laskeuduttua (Kersalo & Pirinen 2009, 19). Puun pituuden, läpimitan ja juuriston kasvu ajoittuvat eri aikaan kasvukaudesta. Keväällä ensimmäisenä käynnistyy pituuskasvu, ja paksuuskasvu käynnistyy pituuskasvua myöhemmin. Viimeisenä on vuorossa juuriston

kasvu. Pituuden, paksuuden ja juuriston kasvun alkaminen ja kesto riippuvat lämpösummasta. Ilmaston vaikutuksesta puu kasvaa paremmin paikassa, missä kasvukauden lämpösumma on suurempi. (Hynynen, Valkonen & Rantala 2005, 26.)

## 2.2 Metsän uudistaminen

Pohjois-Suomessa harjoitettava metsätalous poikkeaa huomattavasti Etelä-Suomesta. Pohjois-Suomessa luonnonolot ovat ankarat, ilmasto vaihteleva ja kasvukausi on lyhyt ja lumikausi pitkä. Puun kasvu verrattuna eteläisempään sijaintiin on hidasta, kiertoajat ovat pitkiä ja hehtaariohtainen hakkuukertymä sekä tukkipuuosuus ovat pienempiä. Käsiteltävät alueet ovat laajoja ja sijaitsevat syrjäisillä seuduilla pitkien kuljetusmatkojen päässä. (Hyppönen 2005, 34.)

Metsien käsittelyä varten on laadittu pohjoisiin oloihin soveltuvat suositukset ja ohjeet. Metsän uudistamisen tavoitteena on saada aikaan uusi metsikkö mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo, & Väisänen 2019, 71). Tulevaisuudessa tarvittavia puutavaralajeja on vaikea enustaa ja metsässä pyritäänkin kasvattamaan puutavaralajeja, joille on tänä päivänä kysyntää ja joiden hinta on hyvä.

Kasvupaikan korkeus merenpinnasta vaikeuttaa metsänkasvatusta Pohjois-Suomessa. Yksittäisillä vaaroilla on korkeiden metsäalueiden raja alempana kuin vaaraseuduilla. Lapissa metsänhoidolliset haasteet alkavat 200–280 metrin korkeudella. Sijainniltaan pohjoiset ja korkeat alueet ovat usein vedenhuuhtelamattomia maita, missä maapohja on viljavaa ja sisältää paljon hienoja maa-aineksia. Lämpösumma ja maaston korkeus vaikuttavat viljelyn onnistumiseen ja taimien alkukehitykseen. (Hyppönen 2005, 56.) Uudistamismenetelmän, puulajin ja metsänhoitomenetelmien valinnassa on korkeusaseman lisäksi syytä kiinnittää huomiota kasvupaikan viljavuuteen, maaperätekijöihin, sijaintiin sekä metsätuhoihin (Äijälä ym. 2019, 198).

Maaperän ravinteisuudella on suuri merkitys puiden kasvuun erilaisilla kasvupaikoilla. Suomessa kasvupaikkajärjestelmä perustuu A.K. Cajanderin vuonna 1909



esittämään metsätuotantoteoriaan, jossa Suomi on jaettu metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin, joita ovat Etelä-Suomi, Pohjanmaa-Kainuu, Peräpohjola, Metsä-Lappi ja Tunturi-Lappi. Näiden vyöhykkeiden metsätuotantotyypit jaetaan kasvupaikkatyyppisiin kasvillisuuden ilmentävän ravinteisuustason ja sen myötä puuntuotoskyvyn mukaisesti. Kivennäismailla kasvupaikkatyyppinä ovat lehdot, lehtomaiset kankaat, tuoreet kankaat, kuivahkot kankaat, kuivat kankaat, ja karukkokankaat. Kasvupaikkatyyppinä voidaan tarkentaa tarpeen mukaan maalajitiedoilla ja alentunutta puuntuotoskykyä ilmaisevilla määreillä, joita ovat muun muassa kallioperän läheisyys, kivisyys, soistuneisuus, kunnattaisuus ja epäedullinen sijainti. (Hotanen 2018, 236.)

### 2.2.1 Menetelmät

Maaperän ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus uudistamisen onnistumiseen. Maanmuokkauksella pyritään parantamaan maaperän itävyyttä ja taimien kasvua sekä elävyyttä. Maanmuokkaus parantaa maan lämpöolosuhteita, taimien ravinteidenottoa ja vähentää kilpailua taimien ja muun kasvillisuuden välillä. Maanmuokkausmenetelmä valitaan kasvupaikan ja uudistustavan mukaan, eikä muokkausta tule tehdä voimakkaampana kuin on tarve. Maanmuokkauksessa tuotetaan itämis- tai istutuspaikkoja sopivan tiheyden saavuttamiseksi. (Äijälä ym. 2019, 126.) Pohjoisessa Suomessa maan kylmyydestä, paksusta humuskerroksesta ja soistuneisuudesta johtuu, että maankäsittelymenetelmät ovat yleensä voimakkaasti maan lämpöoloja, vesitaloutta ja ilmavuutta parantavia (Hyppönen 2002, 648).

Maanmuokkausmenetelmistä äestyksellä ja laikutuksella paljastetaan kivennäismaata poistamalla humuskerros. Nämä menetelmät soveltuvat vain karkeille ja keskikarkeille vettä läpäiseville maille, sillä hienojakoiset ja tiiviit maat läpäisevät huonosti vettä minkä seurauksena vesi seisoo muokkausjäljessä ja taimet voivat kärsiä hapenpuutteesta. Hienojakoiset maat myös routivat helpommin. Kivikkoiset, maaperältään vaihtelevat ja rinnekohteet sopivat laikutukselle paremmin kuin äestykselle. (Äijälä ym. 2019, 128–129.)

Kohoumia muodostavat maanmuokkausmenetelmät sopivat paremmin kosteille kasvupaikoille, sillä niissä muokkauksen tavoitteena on jättää mättään alle humuskerros, joka katkaisee kapilaariyhteyden. Tällaisia maanmuokkausmenetelmiä ovat laikkumätätystys, kääntömätätystys, naveromätätystys ja ojitusmätätystys. Pohjois-Suomessa soistuneille, tiivispohjaisille sekä paksukunttaisille maille soveltuu maanmuokkaukseksi säätöauraus, jossa auralla kivennäismaata käännetään palteiksi. Aurauksessa voidaan jättää muokkaukatkoja sekä aurausjäljen syvyys ja leveys on säädettävissä. Aurasvaon keskisyvyyden kivennäismailla tulisi jäädä alle 25 senttimetrin. (Äijälä ym. 2019, 128–131.) Aurauksen ansiosta metsien uudistaminen on onnistunut tyydyttävästi vaikeissakin kohteissa. Auruusta pidetään voimakkaasti ympäristöä muuttavana menetelmänä, joten mätätystyksen suosio aurauksen sijaan on kasvanut. (Hyppönen 2002, 648.)

Uudistusmenetelmän valinnassa pääsääntönä pidetään, että metsikkö uudistetaan lähtökohtaisesti luontaisesti, jos uudistusalan sijainti, kasvupaikka ja puusto ovat sellaiset, että taloudellisesti arvokas puusto saadaan syntymään kohtuullisessa ajassa kohtuullisin kustannuksin (Hyppönen 2005, 60). Metsä uudistetaan viljellen joko kylvämällä tai istuttamalla. Istutuksen etuna on taimien nopea alkukehitys, joka tekee istuttamisesta nopeamman ja varmemman vaihtoehdon. Istutus on kuitenkin kylvöä kalliimpi vaihtoehto, jolloin hidaskasvuisemmilla karumilla mailla istutuksen investointia on haastavampaa saada kannattavaksi. Vaihtoehtoista kylvöä on edullisempi ratkaisu uudistaessa karkeitä ja karuja maita. (Äijälä ym. 2019, 72.)

Taimikon varhaishoito voi olla tarpeen rehevillä kasvupaikoilla, joilla pintakasvillisuus, kuten heinät, horsmat ja vadelmat tukahduttavat taimia. Pintakasvillisuuden torjunta voidaan tehdä joko polkemalla tai niittämällä. Varhaishoitoon kuuluu heinäntorjunnan lisäksi tarvittaessa täydennysviljely. Täydennysviljely on tarpeen taimimäärän ollessa alle metsälain määrittämän alarajan, joka on Pohjois-Suomessa havupuuvaltaisessa taimikossa alle 1200 tainta hehtaarille. Uudelleenviljely on tarpeen taimikon tiheyden ollessa alle 500–600 tainta hehtaarille. (Huuskonen ym. 2014, 61–62.)

Taimikonharvennuksessa pyritään parantamaan kasvatettavan puuston kasvuolosuhteita harventamalla puusto sopivaan tiheyteen ja tilajärjestykseltään tasaisemmaksi. Harvennus kohdistuu viallisiin sekä huonolaatuisiin puihin ja samalla poistetaan kasvatettavaa puustoa haittaava lehtipuusto. Oikein ajoitettu ja sopivaan tiheyteen tehty taimikonharvennus edesauttaa puuston kasvua ja tekee taimikosta kestävämmän tuhonaiheuttajia vastaan. (Äijälä ym. 2019, 84.) Tiheäksi jäänyt taimikko täytyy harventaa joko uudelleen tai ensiharvennusta on aikaistettava. Liian harva kasvatustiheys johtaa puolestaan kannattamattomaan ensiharvennukseen sekä alhaisempaan kokonaiskasvuun. Harvennus ajoitetaan niin, että kasvatettavan puuston latvus sulkeutuu, eivätkä uudet kantovesat ennäätä kasvatettavaa puustoa pidemmäksi. (Saksa, Miina & Uotila 2016, 66–68.)

Harvennushakkuiden tavoitteena on kasvatusmetsissä parantaa metsänhoidollisia sekä taloudellisia tavoitteita. Harvennushakkuiden toteutus on harvennuksen ajankohdan, voimakkuuden ja kannattavuuden soveltamista. Hakkuissa vaikutetaan kastettavaksi jätettävään puustoon sekä hakkuukertymään. Viivästetyt ja voimakkaat harvennukset tuottavat paremman ainespuukertymän, mutta riskinä on kasvatettavaksi jätettävän puuston elinvoimaisuuden heikkeneminen. (Huuskonen ym. 2014, 68–69.)

### 2.2.2 Kuusi

Kuusen kasvatukselle sopivia maita ovat maalajiltaan keskikarkeat ja hienot tuoreet kankaat, lehtomaiset kankaat sekä ruoho-, mustikka- ja ravinnetasapainosta huolehdittaessa puolukkaturvekankaat. Kuusta istutetaan lähinnä reheville kasvupaikoille, hirvituhoalueille, versoruosteelle alttiille alueille ja erityisen hienojakoisille maille sekä korkealla sijaitseville alueille, sillä kuusi kestää mäntyä paremmin tykkyä ja muita talvituhoja. (Hyppönen 2002, 648.)

Kuusen luontaisen uudistamisen edellytys on taimettumisherkkä maaperä. Taimettumiskykyisestä maaperästä kertovat kasvatusmetsän alle luontaisesti syntyneet kuusen pikkutaimet. Kuusella hyviä siemenvuosia on harvoin ja siementuotanto vaihtelee voimakkaasti. Hyvinäkin siemenvuosina siemensato pienenee voimakkaasti, ja siementen itävyys heikkenee mitä pohjoisempana sijainti on.

Näin ollen uudistamismenetelmistä istutus nopea ja varma menetelmä. Kuusen onnistuneen istutuksen edellytyksiä ovat kasvupaikalle sopivan maanmuokkaustavan valinta ja hyvä muokkausjälki. Kuusen istutukselle suositellaan kohoumia muodostavia muokkausmenetelmiä, kuten mätästystä ja Pohjois-Suomessa myös säätöaurausta. Laikkumätästys tai kääntömätästys ovat yleensä sopiva muokkausmenetelmiä keskikarkeilla mailla ja ojituksen hyvin kuivattamilla turve- mailla. (Äijälä ym. 2019, 78–79.)

Kuusen suositeltu istutustiheys on 1600–2000 tainta hehtaarille. Viljavuudeltaan heikommilla tai erityisen kivisillä mailla istutustiheys voi jäädä vaihteluvälin alalaidalle. Puolestaan rehevillä mailla tai suurempaa puuntuotosta tavoitellessa voi istutustiheys olla vaihteluvälin ylälaidalla. Pohjois-Suomessa kuusitaimikko suositellaan harvennettavaksi 2–3 metrin pituisena ja tiheydeksi suositellaan 1800–2000 tainta hehtaarille. (Äijälä ym. 2019, 79.)

Kuusi on hyvin varjoa sietävä puulaji, jonka alkukehitys on hidasta verrattuna valo vaativiin pioneeripuihin, kuten mäntyyn ja koivuun. Pioneeripuiden pituuskasvu hidastuu kuusta nopeammin niiden saavuttaessa lisääntymiseen tarvittavan koon, jolloin kuusi ottaa lopulta niiden pituusetumatkan kiinni. (Valkonen 2014, 23–24.)

### 2.2.3 Mänty

Mänty on Lapissa yleisimmin viljelty puulaji, koska sen tuotos on tuoreella kankaallakin suurempi kuin kuusen, eikä koivun viljely ole yleensä mahdollista erilaisten eläintuhojen takia (Hyppönen 2002, 648). Mänty menestyy kaikenlaisilla kasvupaikoilla, mutta tavoitellessa laadukasta tukkipuuta ovat kuivahkot ja sitä karummat kankaat, rämeet sekä karut korvet männylle sopivia kasvupaikkoja (Äijälä ym. 2019, 75).

Männyn uudistamisen menetelmiä ovat viljely kylväen tai istuttaen sekä luontainen uudistaminen siemenpuiden tai reunametsän siemennystä hyödyntämällä. Uudistusalojen heinittyminen on Pohjois-Suomessa hitaampaa, jolloin kylvö sopii kuivahkojen ja kuivien kivennäismaiden sekä puolukka- ja varputurvekankaiden

lisäksi karkeille ja keskikarkeille tuoreille kankaille. Istutusta suositellaan hienojakoisille kuivahkoille kangasmaille sekä puolukaturvekankaille ja ohutturpeisille mustikkaturvekankaille. Myös tuoreet keskikarkeat tai karkeat kankaat soveltuvat männyn istutukselle varsinkin silloin, kun vaihdetaan puulajia. (Äijälä ym. 2019, 75–76.)

Pohjois-Suomessa uudistettavaa alaa on suhteellisen paljon, jolloin männyn luontainen uudistaminen siemenpuumenetelmällä on kustannuksiltaan suhteellisen alhainen menetelmä. Männyn luontainen uudistaminen soveltuu kuiville ja kuivahkoille kankaille sekä kalliolle ja erityisen kivisille kohteille sekä kylvön tapaan myös tuoreille kankaille. Luontainen uudistaminen onnistuu Pohjois-Suomessa yleensä hyvin, vaikkakin hitaasti johtuen lyhyestä kasvukaudesta ja viileästä ilmastosta. (Rautio, Hyppönen, Hallikainen & Niemelä 2013, 13.)

Kangasmailla männyn maanmuokkaukseksi soveltuvat maanpintaa paljastavat menetelmät ja turvemaille kohoumia muodostavat menetelmät. Istutustiheydeksi suositellaan 2000–2400 tainta hehtaarille. Istutusmännikön laatu kehittyy paremmaksi, jos puusto on taimikkovaiheessa tiheä. Männylle sopiva pituus taimikonharvennukseen on 3–5 metriä ja tiheys 2000–2200 tainta. (Äijälä ym. 2019, 75–76.)

### 2.3 Metsätuhot

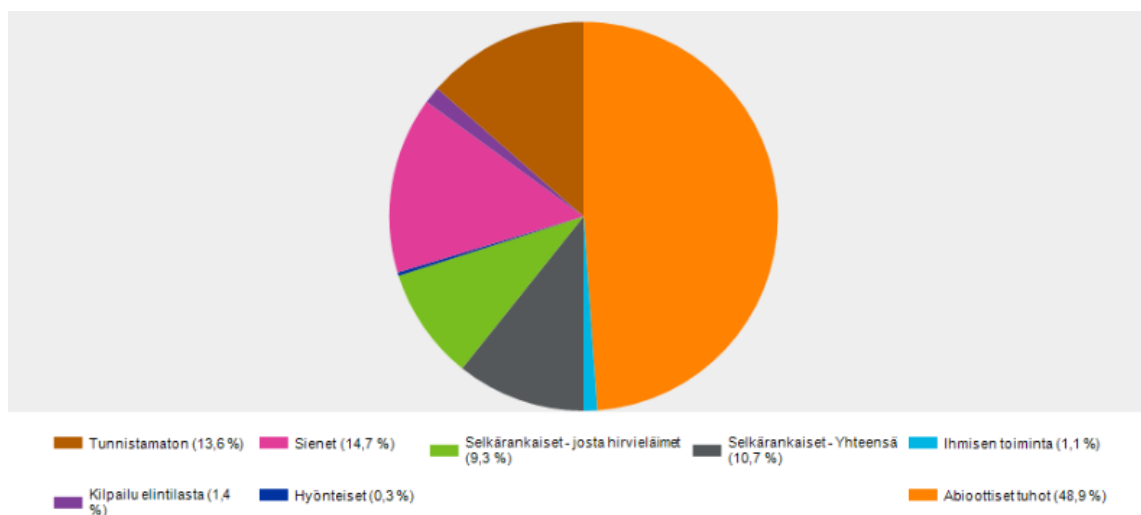
Metsissä esiintyy aina tuhonaiheuttajia, jotka ovat osa luonnon normaalia kiertoa. Metsätalouden kannalta tuhoista on merkittävää haittaa niiden ollessa laajoja ja toistuvia. Yksittäisiä puita sairastuu ja kuolee, mutta tilanteet, joissa tuho voi vaikuttaa laajalti, tulisi tunnistaa ja ryhtyä ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin. Metsätuhot voidaan jakaa aiheuttajansa perusteella elollisiin (biottisiin) ja elottomiin (abiottisiin) tekijöihin. Elolliset tuhonaiheuttajat jaetaan sieni-, hyönteis- ja selkärankaistuhoihin. Elottomia tuhonaiheuttajia ovat esimerkiksi sää- ja maaperätekiijät. (Honkaniemi & Huuskonen 2014, 167.)

Suomessa metsien tilasta saadaan tietoa kahdesta eri lähteestä: yleiseurooppalaisesta metsien terveydentilan seurantaohjelmasta (ICP) ja valtakunnan metsien

inventoinnista (VMI). Puuntuotannollisen metsämaan pinta-alasta oli 26,6 prosentin osuudella metsikön laatua alentavia tuhoja Valtakunnan metsien 12. inventoinnin tulosten perusteella. (Nuorteva 2019, 3.)

Metsätuhoille ominaista on niiden esiintymisen alueelliset ja ajalliset vaihtelut. Tuhon syynä on harvoin yksittäinen tekijä; kuolema tai kasvun heikkeneminen on seurausta monen eri tuhonaiheuttajan yhteisvaikutuksesta. Metsänhoidolla voidaan vaikuttaa metsän vastustuskykyyn tuholaisia vastaan ja rajoittaa tuhoja. (Honkaniemi & Huuskonen 2014, 167.)

Tuhonaiheuttajien leviämistä ja lisääntymistä joko edistävät tai rajoittavat ilmastotekijöistä kosteus, lämpö ja sateisuus. Pohjois-Suomessa ilmasto on humidiinen, kesä lyhyt ja talvi pitkä, kylmä ja luminen. Hyönteisille suotuisa ilma on lämmin, kun taas sienille ilmaston lämmöstä riippumatta merkittävämpää on riittävä kosteus. Tunnistetuista tuhonaiheuttajista pohjoisessa korostuvat tällöin elottomat tuhotekijät ja sienituhot (Kuvio 1), kun taas etelässä korostuvat hyönteis- ja sienituhot. (Jalkanen 2005, 150–151.)



Kuvio 1. Metsikön laatua alentavien metsätuhojen aiheuttajat Pohjois-Suomessa valtakunnan metsien 12. inventoinnin mukaan (Luonnonvarakeskus 2021)

### 2.3.1 Elottomat tuhot

Elottomista tuhoista taloudellisesti merkittävimpiä tuhonaiheuttajia ovat tuuli- ja lumituhot. Lumituhoja esiintyy Pohjois-Suomessa tyypillisesti korkeilla, yli 250 metriä merenpinnan yläpuolella mailla. Raskasta lunta kertyy puihin mistä joh-tuen oksat ja latvukset voivat katketa. Kuuset ovat mäntyä kestävämpiä lumen ja tykyn painoa vastaan, sillä taakka kertyy kuusella koko puun pituudelle. Myös voimakkaat tuulet voivat katkoa oksia ja runkoja, mutta myös repiä puita juurineen maasta. Tyypillisesti tuulituhoja esiintyy metsiköiden reunoilla, kun lumituhoja esiintyy metsiköiden keskellä. Molemmat tuhot kohdistuvat erityisesti vastikään harvennettuihin metsiköihin. (Honkaniemi & Huuskonen 2014, 174–175.)

Muita tuhoille altistavia ilmastotekijöitä ovat esimerkiksi halla, kuivuus ja rouste, jotka vaikuttavat etenkin pieniin taimiin hidastaen kasvua tai pahimmillaan tappa-malla taimia. Hallalla tarkoitetaan ilman kylmenemistä nollan celsiusasteen ala-puolelle lämpimänä vuodenaikana. Hallaa esiintyy alavilla mailla sekä painan-teissa, ja erityisesti kuusentaimet ovat arkoja hallalle. (Väkevä & Kankaanhuhta 2012.)

Pienet kuusentaimet kärsivät herkimmin myös kuivuudesta, kun juuret eivät enää pysty ottamaan vettä maasta latvuston haihduntaa vastaavaa määrää tai vettä ei kulkeudu tarpeeksi nopeasti latvukseen. Kuivuuden aiheuttamia tuhoja esiintyy esimerkiksi kalliomailla, joissa maakerros kalliopintojen päällä on ohut, sekä kar-keajakoisilla lajittuneilla mailla, joilla pohjavesi on huonosti puiden juurten saavu-ttavissa kasvukauden kuivimpaan aikaan. (Väkevä & Kankaanhuhta 2013.)

Puuston ravinteiden niukkuus ei itsessään ole tauti, mutta ravinteiden epätasa-paino ilmenee erilaisina oireina, joita ovat hidastunut kasvu, neulasten tai lehtien värimuutokset ja erilaiset latvusten kasvuhäiriöt (Hytönen 2012). Pääravinteista kaliumin ja fosforin puutos ovat turvemailla yleisimpiä. Hivenaineista boorin puu-tos rajoittaa toisinaan kasvua turvemailla. Typen niukkuus puolestaan on huo-mattava kasvua rajoittava tekijä kangasmailla. (Äijälä ym. 2019, 19.)

### 2.3.2 Elolliset tuhot

Uudistusaloilla merkittäviä tuhoja aiheuttavat myyrät syömällä taimien eri osia. Myyrätuhojen alttiuteen vaikuttavat myyräkannat, kasvupaikka ja taimien koko. Myyrätuhoja tavataan etenkin rehevillä kasvupaikoilla ja pienissä taimikoissa. Myyräkantojen runsaus vaihtelee ja Pohjois-Suomessa kanta on huipussaan tyyppillisesti 4–5 vuoden välein. (Honkaniemi & Huuskonen 169–170.) Varttuneempien männyn- ja koivutaimikoiden merkittävin tuhonaiheuttaja koko Suomessa on hirvi. Hirvi aiheuttaa tuhoja oksa- ja latvakasvaimiin sekä runkoon katkomalla ja vaurioittamalla kuorta. Tuhoja esiintyy etenkin talvilaidunalueilla, joilla taimikko voi tuhoutua kokonaan. Muilla alueilla tuhot keskittyvät yksittäisiin puihin. Hirvi-tuhoille tyypillistä on niiden toistuvuus vuosien aikana. (Honkaniemi & Huuskonen 2014, 171–172.)

Sienitaudit voivat iskeytyä kaikenkokoisiin puihin, ja sienestä riippuen vaikutusalue voi olla neulasista juuriin. Kuusilla latvakasvaimia tappaa sirokokkisienen aiheuttama kuusen koukkulatvatauti. Sieni lisääntyy kuusen kävyissä sekä kuolleilla versoilla, ja sitä esiintyy kaikenikäisissä kuusikoissa alkuperästä riippumatta. Sirokokki tappaa lähes täysimittaisen kehittyvän kasvaimen toispuoleisesti, jolloin puu puolustautuu pihkaamalla kuolion ja kasvain joko kääntyy tai kuolee suorana. Seuraavana kasvukautena yksi tai useampi terve sivukasvain korvaa latvan tehtävän, mutta taudin toistuessaan peräkkäisinä vuosina pituuskehitys häiriintyy ja etenkin taimet pensastuvat (Kuvio 2). (Jalkanen 2015, 8.) Pohjois-Suomessa koukkulatvatautia alkoi esiintymään epidemiana vuodesta 2011 alkaen. Vuonna 2018 lämpimän ja kuivan kesän myötä tartuntojen määrä oli loppunut lähes kokonaan. (Jalkanen 2018, 29.)





Kuvio 2. Kokkulatvataudin sairastuttama puu Naruskalla (vasen) ja taudista toipuva puu (oikea)

Lapissa tavattavista kuusen neulastaudeista yleisin on kuusensuopursuruoste, jota esiintyy taimista täysikasvuisiin kuusiin. Usean vuoden pituiset epidemiat johtavat taimikoiden kehityksen taantumiseen ja puuston kunnon heikkenemiseen, mikä voi johtaa myös kasvainten paleltumiseen. Suopursuruostetta tavataan yleisesti kuusenkoukkulatvataudin vaivaamilla alueilla. (Jalkanen 2003, 62.)

Männyllä on useita merkittäviä versotauteja, joista taloudellisesti merkittävin on surmakkasien aiheuttama versosurma, jota voidaan tavata myös kuusella. Männyllä tauti tappaa kasvaimia ja oksia latvuksen alaosassa, mutta se voi levitä koko latvukseen, jolloin suurikin puu saattaa kuolla. Riukuasteen puut ja alle metriset taimet tuhoutuvat yleensä vuoden kuluessa tartunnasta. Versosurman oireita ovat kasvukauden alussa kellastuneet neulaset, kärkisilmujen kasvun tyrehtyminen ja korojen muodostuminen oksiin ja runkoon. Männyn versosurma-alttiuteen vaikuttavat merkittävästi kasvupaikka- ja ilmastotekijät. Männylle epäedulli-

set kylmät ja sateiset kesät luovat sienien itiölevinnälle ja kasvulle otolliset olosuhteet. Lauhat talvet edesauttavat sienien kasvua versossa. Tuhoriskiä voidaan ehkäistä, kun männikköjä ei kasvateta liian tiheänä, eikä liian rehevillä kasvupaikoilla. (Honkaniemi & Huuskonen 2014, 173.)

Toinen merkittävä versotauti männyn viljelytaimikoissa on männyn talvihome. Sientä suosivat olosuhteet vallitsevat lumenviipymäalueilla, jolloin Pohjois-Suomen vaaramaat ovat alttiimpia talvihomepaikkoja. Sieni tappaa lumen alle jäänyttä neulastoa. Suuret taimet yleensä selviävät lumen yläpuolelle jääneen terveen latvuksen turvin, mutta kokonaan lumen alle jäävät taimet kuolevat. (Jalkanen 2003, 62–63.)

Runkotaudeista tervasroso on Lapissa yksi männyn vakavimmista taudeista. Tervasrosoa aiheuttavaa sientä on kahta tyyppiä, männystä mäntyyn leviävää perinteistä tervasrosoa ja väli-isäntäkasvia leviämiseen käyttävää aggressiivista tervasrosoa. Tervasrosoa esiintyy kaikenkokoisissa niin luontaisesti syntyneissä kuin viljellyissä männiköissä. Ennen tervasrosoa pidettiin varttuneempien metsien tautina, mutta taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä etenkin reheväkasvuilla paikoilla tavataan aggressiivista tervasrosoa, joka leviää Pohjois-Suomessa voimakkaasti. (Väkevä, Kaitera, Kankaanhuhta & Lipponen 2012; Jalkanen 2014, 31–34.)

Tervasrosan aggressiivinen tyyppi viihtyy elinvoimaisissa hyväkasvuissa männiköissä ja sen riskikohteita ovat avohakkuun, maanmuokkauksen ja viljelyn kautta parantuneisiin olosuhteisiin syntyneet männyn taimikot ja ensiharvennussaiheissa olevat männiköt tuoreilla ja lehtomaisilla kankailla usein korkeilla, entisillä kuusimailla. Tauti aiheuttaa puussa laajoja, pitkänomaisia, tummia, pihkaisia koroja runkoon ja oksiin. Sieni leviää sairastuneista puista ympäröiviin puihin ja se voi elää männynsä useita vuosikymmeniä. Useimmiten tervasroso tappaa puun latvan, mutta jos iskeytymiskohta on vihreän latvuksen alapuolella puun tyvellä, voi koko puu kuolla. (Väkevä ym. 2012; Jalkanen 2014, 31–34.)

## 2.4 Metsän kasvatuksen kannattavuus

Kannattavuudella tarkoitetaan taloudellisen toiminnan kykyä tuottaa voittoa, jota syntyy, kun toiminnasta saatavat tuotot ylittävät sen aiheuttamat kulut. Kannattavuus mittaa myös, kuinka tehokkaasti tietty toiminta tuottaa voittoa. Metsätaloudelle on tyypillistä, että tulo- ja menovirrat jakaantuvat epätasaisesti useille vuosikymmenille. (Sved & Koistinen 2019, 6–7.)

Päätehakuutulot muodostavat suurimman tuloerän tasaikäisrakenteisessa kasvatuksessa. Harvennushakuutulot jäävät matalammiksi johtuen puuston pienemmästä järeydestä, hakkuukertymästä ja haastavammista puunkorjuuloista. Tuloja voidaan saada myös metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamisesta sekä kestävän metsätalouden rahoituslain mukaan tuettavista toimenpiteistä. Suurimmat kustannukset puolestaan painottuvat metsikön nuoruusvaiheeseen. Kustannuksiin vaikuttaa uudistamisketjun valinta. Kustannuksia syntyy maanmuokkauksesta, siemen- tai taimimateriaalista sekä kylvö- tai istutustyöstä ja taimikonhoidosta. Myös mahdolliset lannoitukset sekä kunnostusojitukset aiheuttavat kustannuksia. (Huuskonen & Ahtikoski 2014, 36–37.)

Aktiivinen metsänhoito on tärkeä osa kannattavaa puuntuotantoa. Puuston alkukehitykseen panostaminen parantaa kannattavuutta, kun taas hoidon laiminlyöminen heikentää kannattavuutta. Puuston tila päätöksentekohetkellä vaikuttaa kasvatusketjun valintaan. Kannattavuuden näkökulmasta määritellään parhaat ketjut puulajeittain, kasvupaikoittain sekä tarpeen mukaan metsikkökuvioiden eri osiin. Hyvään lopputulokseen voi päästä monellakin eri toimenpideyhdistelmällä. Kuuselle kannattava kasvatus perustuu onnistuneeseen metsänuudistamiseen. Pohjoisessa päätehakkuu kuuselle on suotavaa tehdä kannattavuuden näkökulmasta läpimittasuositusten alarajalla, jottei hitaammin kasvavan puuston kiertoaika pitene liikaa. (Huuskonen ym. 2014, 95–97.)

Jotta metsätalouden kannattavuutta voidaan arvioida, tulee tuntea metsästä saatavat tulot ja kustannukset sekä metsään sijoitetun tai sitoutuneen pääoman määrä. Metsän kasvatuksen kannattavuusvertailuissa käytetään yleisesti netto-

tulojen nykyarvoa (NNA). Nettotulojen nykyarvossa otetaan huomioon sekä ajankohdan että korkokannan vaikutukset tuloihin ja kiertoajan kustannuksiin. Eri aikoina syntyvät tulot ja menot diskontataan nykyhetkeen ottamalla huomioon metsänomistajan tuottovaatimus. Diskontattujen tulojen ja menojen nykyarvojen erotus muodostaa kassavirran netto nykyarvon. Investointi tai toimenpideketju on kannattava, jos netto nykyarvo on positiivinen. Tällöin investointi tai toimenpideketju antaa tuottovaatimusta suuremman tuoton. Negatiivinen nykyarvo ilmaisee vastaavasti, että käytetyllä tuottovaatimuksella investointi tai toimenpideketju ei ole kannattava. (Sved & Koistinen 2019, 26–27.)

Puuston puuntuotannollista laatua voidaan arvioida vain metsämaalla, jossa ensisijainen tavoite on puunkasvatus ja siitä saatavat myyntitulot. Puuntuotannon kannalta taloudellisesti vajaatuottoinen metsikkö voi olla kehityskelpoinen tai kehityskelvoton. Taloudellisesti vajaatuottoisen metsikön katsotaan olevan kehityskelvoton, kun sen odotettavissa oleva arvokasvu on niin alhainen, uudistaminen mahdollisimman pian on kannattavampaa kuin jatkokasvattaminen. Kun metsänhoitotoimenpiteet huomioiden metsikön odotettavissa oleva arvokasvu on vajaatuottoisuudesta riippumatta niin suuri, että kasvattaminen on kannattavampaa kuin välitön uudistaminen, katsotaan metsikön olevan kehityskelpoinen. (Äijälä ym. 2019, 222.)

Taloudellinen vajaatuottoisuuden syitä ovat kasvupaikalle sopimaton puulaji, puuston huono laatu, puuston vähäisyys, yli-ikäisyys ja metsätuhot. Huonolaatuisena metsikkönä pidetään metsikköä, jossa odotettavissa olevan päätehakkupuuston hyvälaatuisten tukkipuurunkojen lukumäärä jää hehtaarille alle 150 rungon. Metsikkö on vajaatuottoinen puuston vähäisyydestä johtuen silloin, kun kasvatuskelpoisten puiden muodostama pohjapinta-ala tai runkoluku on alle 50 prosenttia harvennusohjeen mukaisesta jäävän puuston vähimmäispohjapinta-alasta tai -runkoluvusta. Metsikön tasaisen tilajärjestyksen, hyvän laadun ja kasvukunnon perusteella pohjapinta-alan alittavakin metsikkö voidaan katsoa kasvatuskelpoiseksi. (Metsähallitus 2021, 10.)

Kasvatuskelpoisella puulla tarkoitetaan metsälain (1093/1996) 8 a §:ssä tarkoitettua puulajin latvukseltaan elinvoimaista puuta, jossa ei ole vaurioita ja jonka rinnankorkeusläpimitta on vähintään seitsemän senttimetriä. Hyväksyttävällä taimella sellaista metsälain 8 a §:ssä tarkoitettua puulajin latvukseltaan elinvoimaista ja vaurioitumatonta tainta, joka on pienempi kuin kohdassa 3 tarkoitettu kasvatuskelpoinen puu. (Valtioneuvoston asetus kestävästä hoidosta ja käytöstä 1308/2013 1: 1 §.)

Kehityskelvoton vajaatuottoinen metsikkö uudistetaan puuston vartuttua kuitupuun tai markkinakelpoisen energiapuun mittoihin. Jos kohde ei ole vähäpuustoinen tai huonosti kasvava, on kannattavaa odottaa metsikön ohittavan suurimman tilavuuskasvuvaiheen. Etelä-Suomea lukuun ottamatta Suomessa suurin tilavuuskasvu saavutetaan 50–60 vuoden iässä. Eteläisessä Suomessa suurin tilavuuskasvu saavutetaan kymmenen vuotta aikaisemmin. Kuusikoita voidaan kasvatuttaa männiköitä pidempään taloudellisessa mielessä. (Metsähallitus 2021, 10–11.)

### 3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS JA TULOKSET

#### 3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksen toteutustapa on määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimus perustuu mitattuun aineistoon, ja aineiston käsittelyssä käytettiin tilastollisia menetelmiä. Aineisto kerättiin ja maastomittaukset suoritettiin heinäkuussa 2020. Lähdeaineisto valittiin Sallan yhteismetsän tietokannasta. Aineistosta haettiin Narsuskalta iältään alle 30-vuotiaita ja pinta-alaltaan yli viiden hehtaarin kuusikoita, joita ei ollut käyty maastossa tarkastamassa. Annettujen kriteerien mukaisia kuvioita löydettiin 39 kappaletta.

Maastomittaukset tehtiin ympyräkoealoina, joissa 3,99 metrin vavalla pyörähdetään ympyrä ja lasketaan sisälle jäävät rungot. Koealojen sijainnit valittiin satunnaisesti, ja kultakin kuviolta koealoja otettiin viisi kappaletta. Koealoilla tarkasteltiin vain kasvatettavaksi kelpaavaa puustoa. Puuston katsottiin olevan kasvuskelpoista, kun puulla oli elävä latvus ja riittävä neulasmassa.

Mittauksissa kerättiin puulajeittain lomakkeelle tiedoiksi viidestä koealasta ensimmäiseltä, kolmannelta ja viidenneltä koealalta kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku sekä pääpuulajin mediaanipuusta ikä, pituus ja läpimitta. Puu sahattiin 1,3 metrin korkeudelta poikki, jolloin saatiin mitattua viiden vuoden läpimitan ja pituuden kasvu. Kahdella koealalla mitattiin vain kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku. Alle 1,3 metrin taimikoista mitattiin vain runkoluku. Maastossa kerättiin myös kasvupaikkatiedot, joita tarkennettiin maalajitiedoilla. Mitatut tulokset siirrettiin Exceliin, jossa aineistolle laskettiin tilastolliset tunnusluvut. Inventoiduilta kuvioilta käytiin samoilta koealoilta kesäkuussa 2021 ympyräkoealoina mittaamassa myös todellinen runkoluku.

Aineistoa simuloitiin OpeMotin versiolla 6.0.7. Motti on Luonnonvarakeskuksen ylläpitämä ohjelmisto, jonka alun perin on kehittänyt Metsäntutkimuslaitos. Ohjelmisto tuottaa tuloksia metsänkasvatuksen vaihtoehtojen vertailuun. OpeMotin laskelmat perustuvat keskimääräisille suomalaisille tasaikäisille talousmetsille sopiviksi tuotettuihin ennusteisiin ja kasvumalleihin. Parhaimmillaan kasvumalli

pystyy kuvaamaan puuston kehitykseen liittyvät yleiset säännönmukaisuudet ja riippuvuudet, sekä puuston reaktiot metsänkäsittelyihin varsin realistisesti, mutta todellisissa metsiköissä olosuhteiden ja puuston kehityksen vaihtelu on suurempaa kuin mallien ennusteissa. (Luonnonvarakeskus 2020, 43.)

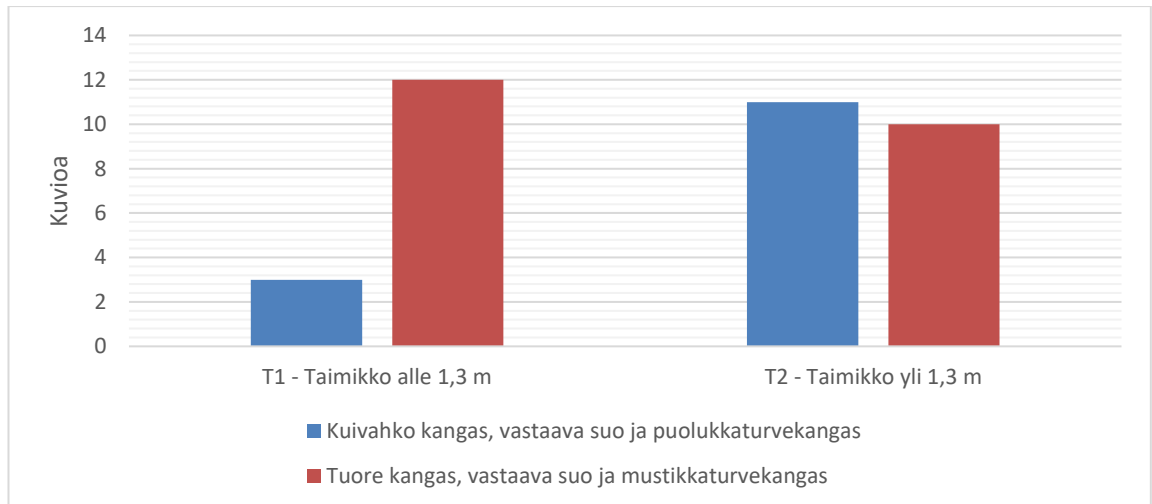
Ohjelmiston käyttö alkaa joko metsätietostandardin tai kuviotietojen syöttämisellä. Kuviotietoja syöttäessä valitaan metsikön sijaintikunta, lämpösumma, koordinaatit, korkeusasema sekä kasvupaikka ja käsittelytiedot. Lopuksi syötetään puustotiedot. Lähtöpuuston luonnin jälkeen metsikköä kasvatetaan joko luomalla kasvatusohjelma tai määrittämällä kasvatus itse. Kasvatusohjelmassa määritellään etukäteen metsänhoitotoimenpiteet ja OpeMotti kasvattaa puuston automaattisesti metsänhoitotoimenpiteineen kiertoajan loppuun asti. Määrittämällä kasvatuksen itse voidaan viiden vuoden aika-akseleissa simuloida eri hoitotoimenpiteitä.

Ohjelmistolla voidaan simuloida varhaisperkauksen, taimikonharvennuksen, harvennus- ja päätehakuun sekä lannoituksen ja turvemaille kunnostusojituksen vaikutuksia. Ohjelmisto antaa tuloksina tietoja puun- ja biomassantuotoksesta, kertymistä puutavaralajeittain, hakkuukerroittain ja puulajeittain sekä laskee kasvatusohjelman taloustulokset annetuilla kantohinnoilla, metsänhoitotoimenpiteiden kustannuksilla ja laskentakorkokannalla kasvatettavalle puusukupolvelle.

### 3.2 Aineisto

Maastossa kolmen kuvion pääpuulajin todettiin olevan mänty, joten aineistoksi kuvioita kertyi yhteensä 36 kappaletta. Kehitysluokaltaan puusto on pientä (T1) ja varttunutta taimikkoa (T2). Pieniä taimikoita on 15 kappaletta, joista kolme kasvupaikaltaan kuivahkoja ja 12 tuoretta. Varttuneita taimikoita on 21 kappaletta, joista kasvupaikaltaan kuivahkoja 11 ja tuoreita kymmenen (Kuvio 3). Varttuneilta taimikoilta puita mitattiin yhteensä 63 kappaletta. Kuvioista pienin on kooltaan 5,08 hehtaaria ja suurin 27,61 hehtaaria. Kuvioiden keskimääräinen pinta-ala on kymmenen hehtaaria. Yhteensä kuusikoita inventoitiin 340 hehtaarin verran. Kuvioista vanhimmat on istutettu 1990-luvun puolella välissä ja puuston ikäja-

kauma on 1–26 vuotta. Kaikki kuviot on uudistettu istuttamalla ja maanmuokkauksena on ollut säätöauraus. Osalle kuvioista oli myös istutettu mäntyä. Taimia on istutettu kuviolle keskimäärin 2000 kappaletta hehtaarille. Kuvioista kahdelle oli tehty taimikonharvennus.

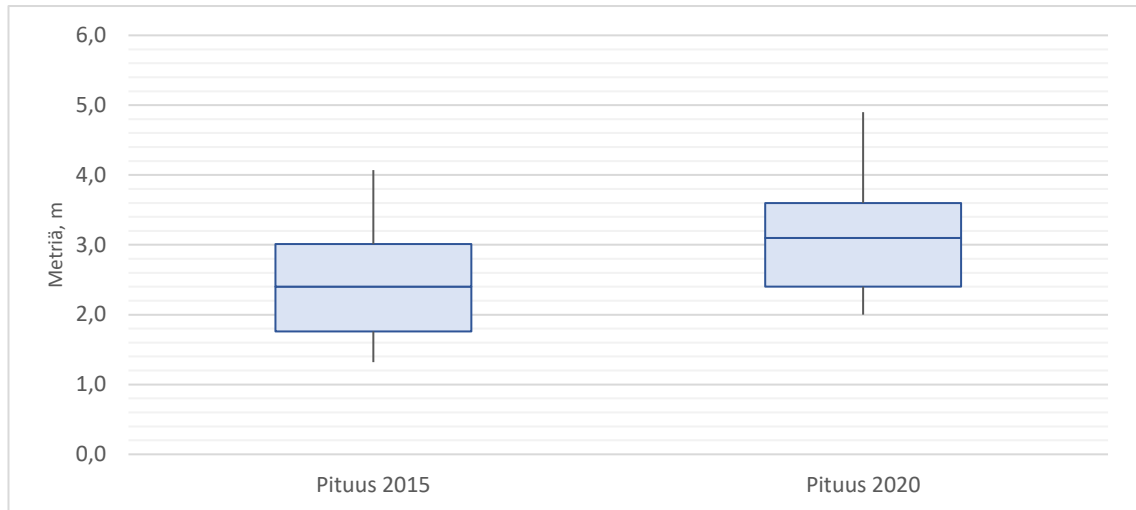


Kuvio 3. Kuvioiden määrä kehitysluokittain ja kasvupaikan mukaan

### 3.2.1 Puuston pituus

Kuviossa 4 esitetään kehitysluokaltaan T2 taimikoiden puuston keskipituuden jakaumaa vuosina 2015 ja 2020. Vuonna 2015 lyhin kuusi on ollut pituudeltaan 1,4 metriä ja pisin 4,1 metriä. Samana vuonna puuston mediaanipituus on ollut 2,4 metriä. Vuonna 2020 lyhin kuusi on ollut pituudeltaan 2,0 metriä ja pisin 4,9 metriä. Puuston mediaanipituus on ollut 3,1 metriä ja puusto on keskimäärin kasvanut viidessä vuodessa 67 senttimetriä. Lyhin mitattu kasvu on 47 senttimetriä ja pisin 1,13 metriä.

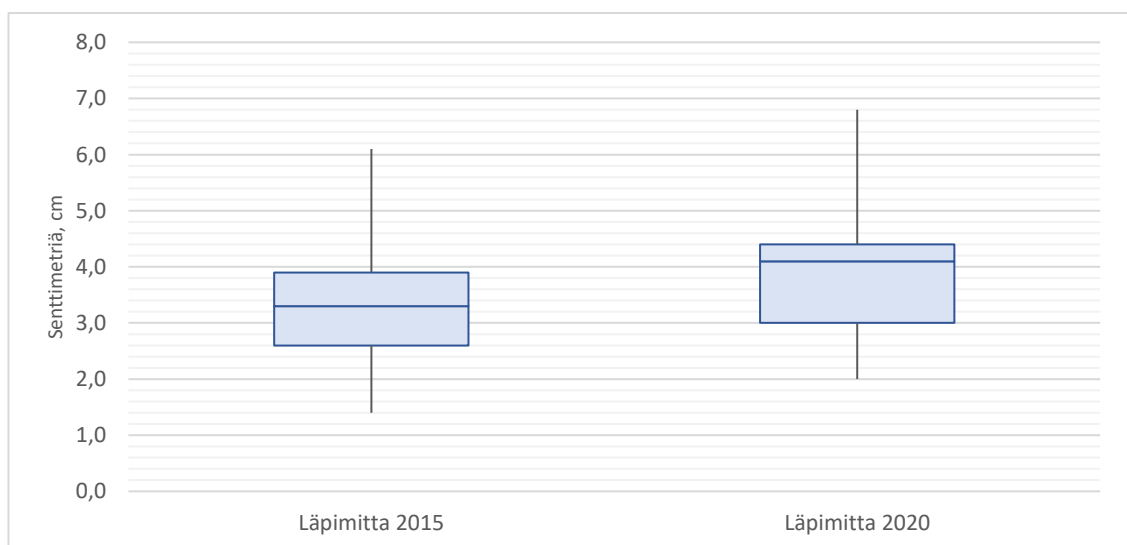




Kuvio 4. Kehitysluokaltaan varttuneiden taimikoiden (T2) puuston keskipituuden jakauma vuosina 2015 ja 2020

### 3.2.2 Puuston läpimitta

Kuviossa 5 nähdään T2 puuston keskiläpimitta vastaavasti vuosina 2015 ja 2020. Vuonna 2015 pienin mitattu läpimitta on ollut 1,4 senttimetriä ja suurin 6,1 senttimetriä. Vuonna 2015 puuston mediaaniläpimitta on ollut 3,3 senttimetriä. Vuonna 2020 pienin mitattu läpimitta on kaksi senttimetriä ja suurin 6,8 senttimetriä. Puuston mediaaniläpimitta on 4,1 senttimetriä. Viidessä vuodessa keskimääräinen läpimitankasvu on kuusi millimetriä vaihteluvälillä 4–12 millimetriä.

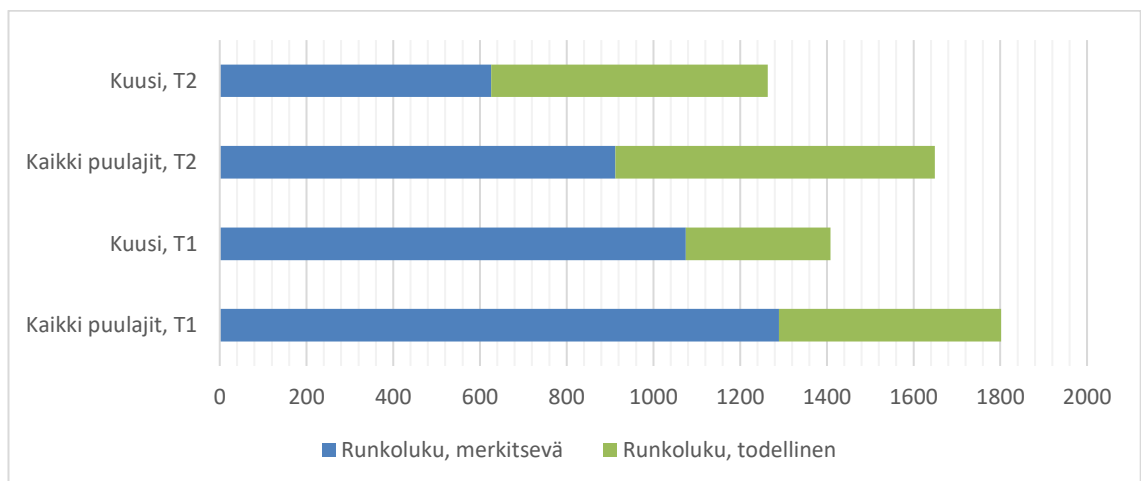


Kuvio 5. Kehitysluokaltaan varttuneiden taimikoiden (T2) puuston keskiläpimitan jakauma vuosina 2015 ja 2020

### 3.2.3 Puuston runkoluku

Kesällä 2021 mitatun runkoluvun perusteella kehitysluokaltaan T1 täydennysviljelyn tarvetta oli kahdella kuviolla. Alhaisin runkoluku oli 880 runkoa hehtaarille ja suurin runkoluku oli 2800 runkoa. Mediaanirunkoluku on 1760 runkoa. Kuusien mediaani on 1390 runkoa hehtaarille. Kuusien osuus kokonaisrunkoluvusta on keskimäärin 83 prosenttia. Viidellä kuviolla kasvoi ainoastaan kuusta. Vuonna 2020 mitattu pienin kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku on 520 ja suurin 2880.

Vastaavasti T2 alhaisin runkoluku vuonna 2021 on 900 runkoa hehtaarille ja suurin 2200 runkoa hehtaarille. Mediaani on 1650 runkoa. Kuusien mediaani on 1300 runkoa hehtaarille. Keskimäärin kuusia on 77 prosenttia kokonaisrunkoluvusta. Vuonna 2020 mitattu pienin kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku on 80 ja suurin 1520. Mediaani on tuhat runkoa hehtaarille. Pienillä taimikoilla kasvatettavaksi kelpaavan kuusen osuus kuusen todellisesta runkoluvusta on 78 prosenttia ja varttuneilla taimikoilla 49 prosenttia (Kuvio 6).



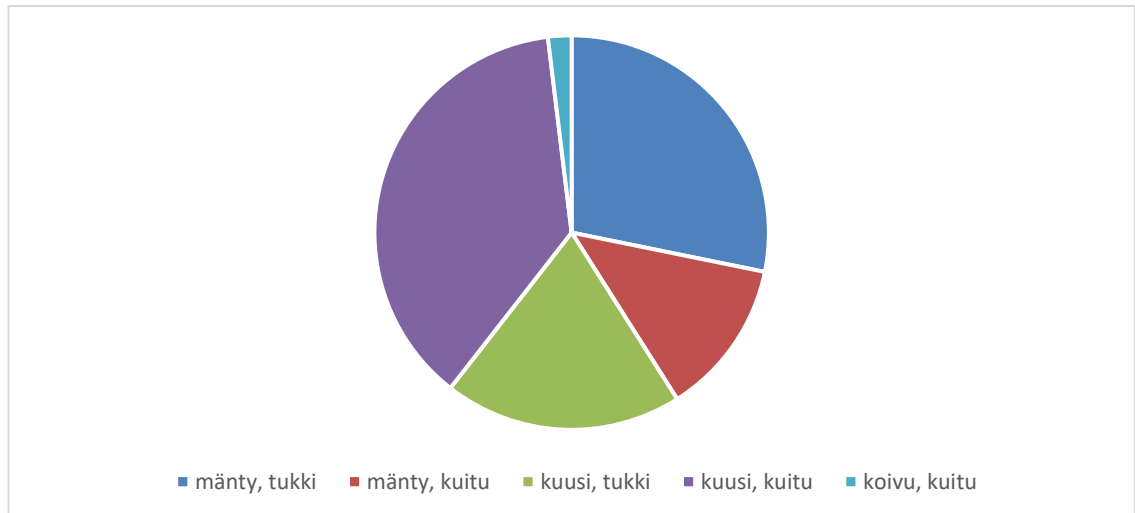
Kuvio 6. Kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluvun osuus todellisesta runkoluvusta

### 3.3 Simuloinnit

Simulointiin valittiin satunnaisesti aineiston joukosta 13 kuvioa, joiden kehitysluokka on T2 (Liite 1). Kaikissa simuloinneissa käytettiin kasvatuskuntana Pohjois-Sallaa ja lämpösummat sekä korkeus merenpinnan yläpuolelta tarkastettiin kuviokohtaisesti. Kuvioille simuloitiin taimikonharvennus puuston tiheyden ollessa yli 2000 runkoa hehtaarille, yksi harvennus harvennusmallien mukaan sekä päätehakkuu puuston keskiläpimitan ollessa 21–25 senttimetriä tai puuston iän saavuttaessa yli sata vuotta. Puuston runkoluvun ollessa alle 1200 runkoa hehtaarille tai kasvatettavaksi kelpaavaa puustoa alle 500 runkoa hehtaarille simuloitiin puuston kasvatus ilman harvennuksia.

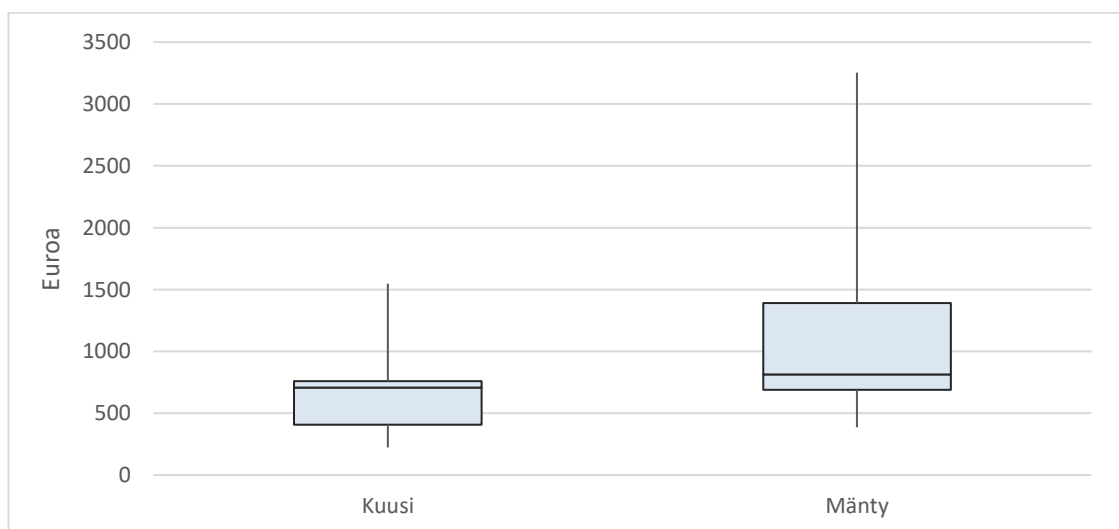
Yhteismetsän metsävaratiedon perusteella vertailuksi simuloitiin kuusitaimikoiden läheisyydessä kasvavia vastaavan ikäisiä ja vastaavissa olosuhteissa kasvavia männyntaimikoita. Kuvioille, joille oli istutettu mäntyä, simuloitiin maastomittausten perusteella tilanne, jossa koko kuvio olisi istutettu männylle. Männyntaimikot simuloitiin yhdellä harvennuksella harvennusmallien mukaisesti ja päätehakkuu tehtiin puuston keskiläpimitan ollessa 22–27 senttimetriä tai puuston iän saavuttaessa 90–100 vuotta.

Simulointien perusteella kuvioiden nettotulojen nykyarvo kolmen prosentin korkokannalla jää positiiviseksi. Harvennuksen ajankohta kuvioilla saavutettiin keskimäärin 56 vuoden iässä. Päätehakkuut tehtiin kuvioille iän perusteella. Päätehakkuussa hakkuukertymäksi saatiin keskimäärin 28 % mäntytukkia, 20 % kuusitukkia, 13 % mäntykuitua, 38 % kuusikuitua ja 2 % koivukuitua (Kuvio 7). Päätehakkuissa männyn hakkuukertymä oli viidellä kuviolla suurempi kuin kuusen ja parhaat tulot saatiin, kun kuusikoiden seassa kasvoi mäntyä (Liite 2).



Kuvio 7. Päätehakkuun hakkuukertymien suhteelliset osuudet puutavaralajeittain kaikilla simuloituilla kuvioilla

Verratessa kuusikoiden ja männiköiden netto nykyarvoja kolmen prosentin korkokannalla saadaan simuloitien perusteella männylle 11 kuviolla kuusta paremmat tulot (Kuvio 8). Kuusikoista saadut mediaanitulot olivat 708 euroa ja tulojen keskiarvo 667 euroa. Männystä saatujen tulojen mediaani oli 814 euroa ja keskiarvo 1250 euroa. Simuloitien perusteella taloudellisesti kannattavampaa on kasvat-  
taa mäntyjä ja metsänhoidossa suosia mäntyjä kuusien seassa.



Kuvio 8. Simuloitujen kuvioiden nettotulojen nykyarvon kolmen prosentin korkokannan jakauma

### 3.4 Riippumattomien otosten t-testi

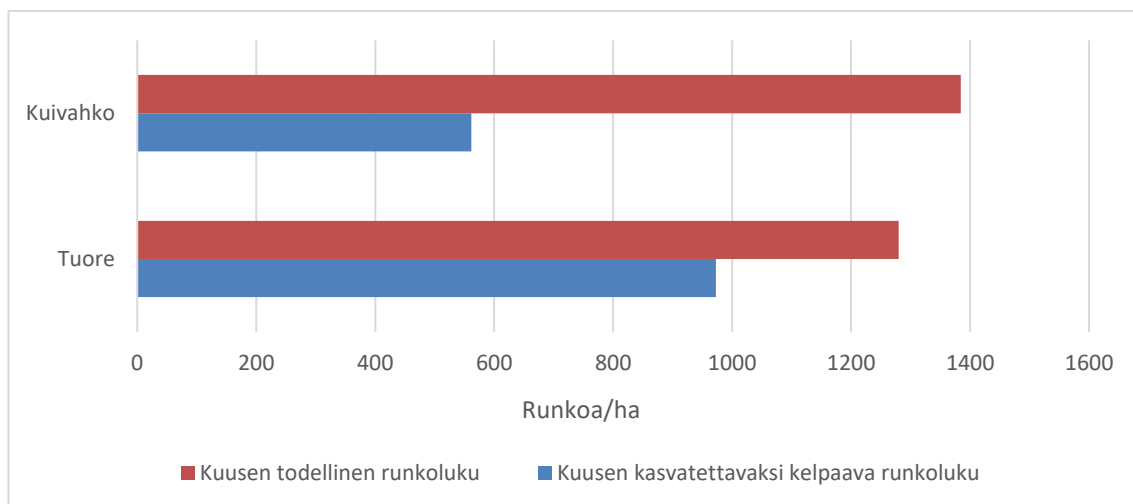
Riippumattomien otosten t-testillä testataan, poikkeavatko kahden toisistaan riippumattoman populaation keskiarvot toisistaan. T-testiä voidaan käyttää yhden otoksen keskiarvon testaamiseen, kahden riippumattoman otoksen tai kahden riippuvan otoksen keskiarvojen yhtäsuuruuden testaamiseen. T-testin tuloksena saadaan p-arvo. P-arvo on todennäköisyys sille, että erojen keskiarvon poikkeama nolasta selittyy pelkästään otantavirheellä. Tilastollisena merkittävyysrajana p-arvona käytetään yleisesti  $<0,05$ . (Tietoarkisto, 2022.)

Excelissä riippumattomien otosten t-testillä arvioitiin kasvupaikan sekä maalajin kivisyyden merkitystä kaikkien puulajien ja kuusen todelliseen runkolukuun sekä kasvatettavaksi kelpaavaan runkolukuun. T-testillä arvioitiin myös varttuneiden taimikoiden kasvuja, mutta niin pituuden- kuin läpimitankasvun erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ( $p > 0,05$ ). Taulukossa 1 esitellään tämän tutkimuksen tuloksia.

Taulukko 1. T-testin p-arvot

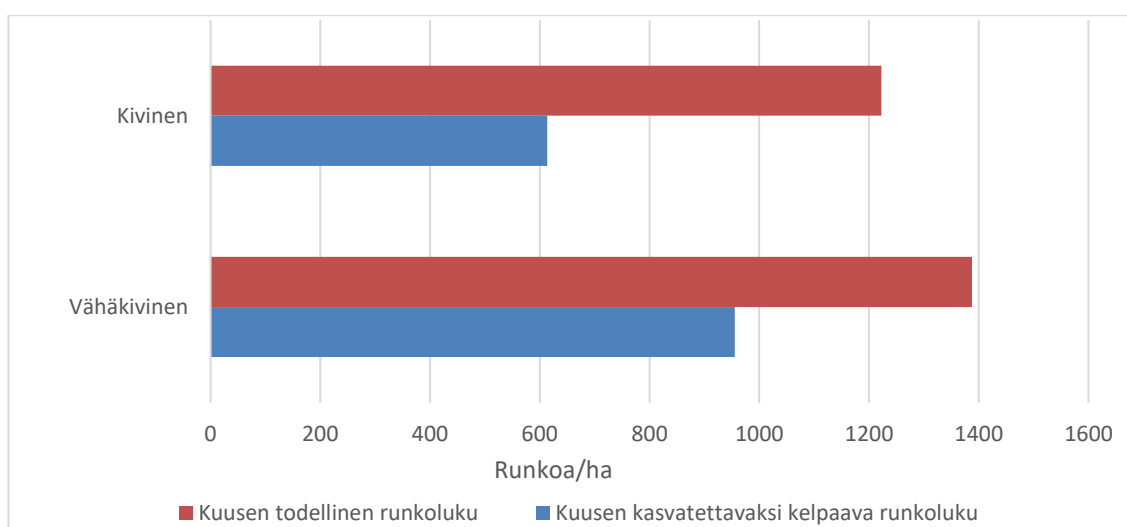
P-arvo	Kuusen todellinen runkoluku, maalajin kivisyys	Kasvatettavaksi kelpaavan kuusen runkoluku, maalajin kivisyys
	0,14	0,02
P-arvo	Kaikkien puulajien todellinen runkoluku, maalajin kivisyys	Kaikkien puulajien kasvatettavaksi kelpaava runkoluku, maalajin kivisyys
	0,0076	0,0025
P-arvo	Kuusen todellinen runkoluku, kasvupaikka	Kasvatettavaksi kelpaavan kuusen runkoluku, kasvupaikka
	0,73	0,0008
P-arvo	Kaikkien puulajien todellinen runkoluku, kasvupaikka	Kaikkien puulajien kasvatettavaksi kelpaava runkoluku, kasvupaikka
	0,98	0,0023

Kasvupaikalla ei ole tilastollista merkitystä kaikkien puulajien todelliseen kokonaisrunkolukuun ( $p = 0,98$ ) eikä todelliseen kuusen runkolukuun ( $p = 0,73$ ). Kasvupaikalla on kuitenkin merkitystä molemmissa tapauksissa kasvatettavaksi kelpaavaan puustoon. Kaikkien puulajien kasvatettavaksi kelpavaa kokonaispuustoa ( $p = 0,0023$ ) on 60 prosenttia enemmän tuoreella kankaalla kuin kuivahkolla ja kasvatettavaksi kelpavia kuusia on ( $p = 0,008$ ) 77 prosenttia enemmän tuoreella kankaalla kuin kuivahkolla (Kuvio 9).



Kuvio 9. Kuusen todellinen runkoluku sekä kuusen kasvatettavaksi kelpaava runkoluku tuoreella ja kuivahkolla kankaalla

Tulosten perusteella havaitaan, että maalajin kivisyydellä on vaikutusta kaikkien puulajien todelliseen runkolukuun ( $p=0,0076$ ), mutta sillä ei ole vaikutusta kuusen todelliseen runkolukuun ( $P=0,14$ ). Kivisillä kuvioilla kokonaispuuston runkoluku on 16 prosenttia pienempi kuin vähäkivisillä. Maalajin kivisyydellä on vaikutusta sekä kaikkien puulajien kasvatettavaksi kelpaavaan runkolukuun ( $p=0,0025$ ), että kasvatettavaksi kelpaavan kuusen runkolukuun ( $p=0,02$ ). Kaikkien kasvatettavaksi kelpaavien puulajien runkoluku on kivisillä kuvioilla 38 prosenttia ja kuusella 36 prosenttia pienempi kuin vähäkivisillä (Kuvio 10).



Kuvio 10. Kuusen todellinen runkoluku sekä kuusen kasvatettavaksi kelpaava runkoluku kivisillä ja vähäkivisillä kuvioilla

#### 4 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuusen kasvatuksen kannattavuutta Naruskalla. Lisäksi pohdittiin kasvuun vaikuttavia tekijöitä sekä, kuinka kannattavuutta voidaan parantaa.

Kaikkia tutkittavien taimien kasvuun vaikuttavia vaihtuvia tekijöitä ei voida määrittää. Etenkin suuremmilla kuvioilla maaperän viljavuus voi vaihdella suurestikin taimikoiden sisällä, joten vaikka kasvupaikkatyypiksi määritettiin tuore kangas ei maaperän viljavuuden vaihtelua voitu sulkea täysin pois. Myös maalajien sekä kivisyyden välillä oli samanlaisia kasvuun vaikuttavia tekijöitä. Vesitalouden vaihtelu saattoi osaltaan vaikuttaa taimien kasvuun, sillä osa taimikkokuvioista oli selkeästi kosteampia kuin toiset. Myös reunametsän varjostus voi vaikuttaa taimikoihin.

Kaikkien kuvioiden ollessa säättöaurattuja, maanmuokkauksen vaikutusta ei voida vertailla puuston kasvuun. Maanmuokkauksen merkitys metsänuudistamisen onnistumisessa on suuri, ja osalla kohteilla olisikin ollut perusteltua käyttää eriä maanmuokkausmenetelmää.

Simulointi tulevaisuuteen sisältää aina epävarmuustekijöitä, joista merkittävimpiä ovat erilaiset tuhot. Naruskan kuusikoissa on vaikuttanut muun muassa koukkulatvatauti, jolloin simuloinneista saadut tulokset poikkeavat todellisesta tilanteesta. Vuoden 2021 inventoineissa havaittiin silmämääräisesti, että puusto on elpymässä ja kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku olisi suurempi kuin edeltävänä vuonna. Simuloinneissa valitsemalla useampia harvennuksia sekä muuttamalla kiertoaikaa olisi voitu saada parempia tuloksia. Eri kasvatuksetujen painoarvo lopputuloksen kannalta olisi kuitenkin vähäpätöisempi aineiston ja simulointien epävarmuustekijöiden vuoksi.

Tietyillä alueilla, kuten hirvien laidunalueilla, männyn kasvattaminen tuottavaksi laadukkaaksi metsäksi voi olla taloudellisesti hyvin kannattamatonta. Myös muilla tuhoille alttiilla alueilla kuusi on yleisesti taloudellisesti järkevämpi ratkaisu. Niin

kuusen kuin myös männynkin kasvatuksen kannattavuutta voidaan parantaa kasvattamalla metsät sekametsinä, joka lisää puuston kykyä sietää erilaisia tuhoja sekä parantaa maaperän ominaisuuksia. Myös kuvioiden viljavuuden ja vesitalouden vaihtuvuutta voidaan pyrkiä kompensoimaan joko viljelemällä useampaa puulajilla tai hyödyntämällä mahdollisuuksien mukaan jatkuvan kasvatuksen menetelmiä viljelyn ohella.

Kuusen kasvatuksen kannattavuuden parantaminen alkaa jo uudistusvaiheessa. Uudistamismenetelmissä tulee huomioida maaperän ja puulajin vaatimukset, sillä väärin valittu uudistamismenetelmä voi johtaa ylimää räisiin kustannuksiin tai moninkertaistaa hoidon kustannukset. Uuden taimikon kehitystä kannattaa seurata, jotta mahdollisiin toimenpiteisiin voidaan tarttua. Taloudellisia menetyksiä syntyy, kun uudistetun alan hoitoa laiminlyödään. Mahdollisella taimikon varhaishoidolla sekä taimikonharvennuksilla parannetaan kannattavuutta, kun ne tehdään ajallaan riittävän voimakkaina. Myöhästyessään taimikonhoidon kustannukset nousevat. Vesoja on silloin enemmän ja ne ovat paksumpia. Hoidetut metsät kestävät paremmin tuhoja ja tuottavat yleisesti laadukkaampaa puutavaraa.

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa olennaisesti otoksen koko. Mitä pienempi otos kerätään, sitä suurempi todennäköisyys on virheille. Opinnäytetyön luotettavuutta olisi voitu parantaa ottamalla kuvioilta enemmän koealoja. Kuvioiden suureen koon, runsaan laadullisen vaihtelun sekä epätasaisen tilajärjestyksen vuoksi olisi ollut tarkempien tuloksien vuoksi merkittävää ottaa useampia koealoja järjestelmällisesti käyttämällä esimerkiksi linjoittaista koeala-arviointia.

Toisena tekijänä työn luotettavuuteen, otoskoon lisäksi vaikuttaa mittaustulosten oikeellisuus. Kuvioilta otettiin kasvatettavaksi kelpaavan puuston runkoluku ja näistä puista valittiin mediaanipuu, josta kasvutunnukset mitattiin. Vuonna 2020 kesällä kuvioilla oli havaittavissa vikaisuuksia niin latvuksissa kuin neulasissa, jolloin koealoilta valittu mediaanipuu oli pienempi tai suurempi kuin todellinen mediaanipuu tai koealalla oli vain yksi kasvatettavaksi kelpaava puu, joka valikoitui suoraan mittauksiin. Tutkimuksen kannalta merkittävämpää olisi ollut mitata todellinen runkoluku ja sen mukaiset kasvut sekä laskea vikaiset puut erikseen ja määritellä vikaisuuden syy.



Opinnäytetyön tulosten perusteella ei voida luotettavasti eikä yksiselitteisesti sanoa kumman puulajin kasvattaminen olisi kannattavampaa, mutta opinnäytetyöhön on kuitenkin koostettu tietoa yleisesti kuusen sekä männyn kasvatuksesta. Työstä saakin yleiskäsityksen pohiessa eri vaihtoehtoja uudistusmenetelmiin Pohjois-Suomessa.

## LÄHTEET

Honkaniemi, J. & Huuskonen, S. 2014. Metsän tuhoriskit ja niiden hallinta. Teoksessa S. Huuskonen, J. Hynynen, & S. Valkonen (toim.) Metsänkasvatus – menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy ja Metsäntutkimuslaitos, 167–188.

Hotanen, J. 2018. Metsien luokitus. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. 26. painos. Metsäkustannus Oy, 235–247.

Huuskonen, S. & Ahtikoski, A. 2014. Metsän kasvatuksen kannattavuus. Teoksessa S. Huuskonen, J. Hynynen, & S. Valkonen (toim.) Metsänkasvatus – menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy ja Metsäntutkimuslaitos, 33–44.

Huuskonen, S., Kojola, S., Niemistö, P., Saarinen, M., Hökkä, H. & Hynynen, J. 2014. Tasaikäisen metsän kasvatus. Teoksessa S. Huuskonen, J. Hynynen, & S. Valkonen (toim.) Metsänkasvatus – menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy ja Metsäntutkimuslaitos, 45–98.

Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Hyppönen, M. 2002. Lapin metsätalouden erityispiirteet. Metsätieteen aikakauskirja 4/2002, 647–650. Viitattu 6.4.2022 <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6207.pdf>.

Hyppönen, M. 2005. Pohjois-Suomen metsätalous. Teoksessa M. Hyppönen, V. Hallikainen, & R. Jalkanen (toim.) Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 28–34.

Hyppönen, M. 2005. Metsänuudistaminen kangasmailla. Teoksessa M. Hyppönen, V. Hallikainen, & R. Jalkanen (toim.) Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 56–62.

Hytönen, J. 2012. Ravinnepuute. MetINFO-Metsien terveys. Luonnonvarakeskus. Viitattu 19.8.2021 [http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit\\_kansi/rapuut-p.htm](http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/rapuut-p.htm).

Jalkanen, R. 2003. Havupuutaimikoiden tuhojen esiintyminen ja merkittävyys Suomessa. Metsätieteen aikakauskirja 1/2003, 61–64.

Jalkanen, R. 2005. Metsätuhot ja metsänuudistaminen. Teoksessa M. Hyppönen, V. Hallikainen, & R. Jalkanen (toim.) Metsätaloutta kairoilla – Metsänuudistaminen Pohjois-Suomessa. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 150–172.

Jalkanen, R. 2014. Ensiharvennus vai uudistaminen – aggressiivinen tervasroso mäntytaimikoiden ja nuorten metsien kimpussa. Teoksessa R. Jalkanen, I. Murtovaara & M. Varmola (toim.) Pusikoita vai puuntuotantoa? Metlan työraportteja 321, 31–37. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp321.pdf>.

Jalkanen, R. 2015. Koukkulatvaiset pohjoisen kuuset. Joulupuusanomat 2/2015, 8–9.

Jalkanen, R. 2018. Pohjoisen kuusi vapautui kurituksesta. Metsälehti 16/2018, 29.

Kersalo, J. & Pirinen, P. 2009. Suomen maakuntien ilmasto. Raportti 2009:8. Helsinki: Ilmatieteen laitos. Viitattu 31.8.2021 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/15734>.

Luonnonvarakeskus. 2020. OpeMotti 6.0.7 käyttöohje. Viitattu 20.8.2021.

Luonnonvarakeskus. 2021. Tilastotietokanta. Viitattu 31.8.2021 <http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db>.

Metsähallitus. 2021. Metsänhoito-ohje. Viitattu 6.4.2022 [https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2021/05/Metsanhoito-ohje\\_052021.pdf](https://www.metsa.fi/wp-content/uploads/2021/05/Metsanhoito-ohje_052021.pdf).

Nuorteva, H. (toim.) 2019. Metsätuhot vuonna 2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 85/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus.

Rautio, P., Hyppönen, M., Hallikainen, V. & Niemelä, J. 2013. Pintakasvillisuuden vaikutus männyn luontaiseen uudistamiseen Koillis-Lapissa. Teoksessa M. Hyppönen & S. Salminen (toim.) Metsänuudistaminen pohjoisen erityisolosuhteissa. Metlan työraportteja 255, 13–19. Viitattu 7.4.2022 <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp255.pdf>.

Saksa, T., Miina, J. & Uotila, K. 2016. Taimikonhoito – tavoitteet, menetelmät ja kustannukset. Metsäkustannus Oy & Luonnonvarakeskus.

Sved, J. & Koistinen, A. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset kannattavaan metsätalouteen, työopas. Tapion julkaisuja. [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon\\_suosituks\\_kannattavaan\\_metsatalouteen\\_TAPIO\\_2019.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituks_kannattavaan_metsatalouteen_TAPIO_2019.pdf).

Tietoarkisto. 2022. Varianssianalyysi. Viitattu 5.4.2022 <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/metelmaopetus/kvanti/varianssi/anova/>.

Valkonen, M. 2014. Puun kehitys. Teoksessa S. Huuskonen, J. Hynynen, & S. Valkonen (toim.) Metsänkasvatus – menetelmät ja kannattavuus. Porvoo: Metsäkustannus Oy ja Metsäntutkimuslaitos. 21–26.

Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 30.12.2013/1308.

Väkevä, J., Kaitera, J., Kankaanhuhta, V. & Lipponen, K. 2012. Tervasroso (Cronartium flaccidum, Peridermium pini). MetINFO-Metsien terveys. Luonnonvarakeskus. Viitattu 19.8.2021 [http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit\\_kansi/crflac-n.htm](http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/crflac-n.htm).

Väkevä, J. & Kankaanhuhta, V. 2012. Halla. MetINFO-Metsien terveys. Luonnonvarakeskus. Viitattu 19.8.2021 [http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit\\_kansi/abhall-n.htm](http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/abhall-n.htm).

Väkevä, J. & Kankaanhuhta, V. 2013. Kuiva kasvukausi. MetINFO-Metsien terveys. Luonnonvarakeskus. Viitattu 19.8.2021 [http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit\\_kansi/abkuiv-n.htm](http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/abkuiv-n.htm).

Yhteismetsälaki 14.2.2003/109.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja. [https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon\\_suosituksset\\_Tapio\\_2019.pdf](https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksset_Tapio_2019.pdf).

## LIITTEET

- Liite 1. Simuloitujen kuvioiden puustotiedot
- Liite 2. Päätehakuun kertymät (m<sup>3</sup>), nettotulojen nykyarvo 3 % korkokannalla (€) ja päätehakkuutulojen nettotulojen %-osuus puutavaralajeittain simuloituilta kuvioilta

## Liite 1. Simuloitujen kuvioiden puustotiedot

Ku- vio	Pint- a- ala	Maa- laji	Läm- pö- sum- ma	Kor- keu- s	Kasvupaikka	Ikä	Mä	Ku	Ko	Yht	Kes- kiläpi- mitta, cm	Kes- kipi- tuus , m
1	14, 78	Kes- kikar- kea	680	250	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	26	200	960	520	1680	4,4	3,4
2	10, 03	Kivi- nen	646	300	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	18	320	1560	120	2000	3,9	3,3
3	15, 75	Kes- kikar- kea	663	275	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	22	800	1400	0	2200	3,9	3,7
4	7,2 9	Kes- kikar- kea	680	250	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	26	650	1000	0	1650	6,8	4,9
5	12, 96	Kivi- nen	612	350	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	26	166	1300	66	1532	6,5	4,7
6	6,4 8	Hie- noja- koi- nen	646	300	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	19	200	1320	0	1520	3	2,9
7	5,2 3	Kes- ki- kar- kea	646	300	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	19	750	1300	0	2050	2,9	2,5
8	14, 46	Kivi- nen	646	300	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	23	440	1640	0	2080	5,1	3,5
9	6,7 9	Kivi- nen	646	300	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	21	480	640	80	1200	4	3
10	19, 25	Kes- ki- kar- kea	646	300	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	26	200	1200	160	1560	4,4	3,7
11	5,7 8	Kivi- nen	646	300	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas	22	300	1300	0	1600	4,2	3,1
12	7,5 3	Kes- ki- kar- kea	612	350	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	13	40	1320	0	1360	4,1	2
13	7,6 9	Kes- ki- kar- kea	612	350	Kuivahko kangas, vastaava suo ja puolukkatu- vekangas	13	150	1700	0	1850	4,4	2,5

Liite 2. 1(2) Päätehakkuun kertymät (m3), nettotulojen nykyarvo 3 % korkokannalla (€) ja päätehakkuutulojen nettotulojen %-osuus puutavaralajeittain simuloituilta kuvioilta

Kuvio	PÄÄTEHAK- KUU	Määrä, m3	NA 3 %	%-osuus NA3 %
1	mänty, tukki	17,76	128,5	18 %
	mänty, kuitu	11,88	25,47	4 %
	kuusi, tukki	52,7	409,58	58 %
	kuusi, kuitu	52,15	132,77	19 %
	hieskoivu, kuitu	5,41	11,59	2 %
	yht.	139,9	707,91	100 %
2	mänty, tukki	67,76	324,12	54 %
	mänty, kuitu	18,34	25,99	4 %
	kuusi, tukki	24,36	125,14	21 %
	kuusi, kuitu	73,46	123,64	21 %
	hieskoivu, kuitu	0,51	0,72	0 %
	yht.	184,43	599,61	100 %
3	mänty, tukki	57,05	307,17	40 %
	mänty, kuitu	36,72	58,57	8 %
	kuusi, tukki	47,58	275,14	36 %
	kuusi, kuitu	64,95	123,04	16 %
	yht.	206,3	764,64	100 %
4	mänty, tukki	186,65	1004,9	90 %
	mänty, kuitu	41,03	65,44	6 %
	kuusi, tukki	6,14	35,49	3 %
	kuusi, kuitu	5,09	9,64	1 %
	yht.	238,91	1115,47	100 %
5	mänty, tukki	6,91	28,51	10 %
	mänty, kuitu	8,32	10,17	3 %
	kuusi, tukki	28,79	127,59	44 %
	kuusi, kuitu	86,91	126,19	43 %
	yht.	130,93	292,46	100 %
6	mänty, tukki	30,27	149,13	26 %
	mänty, kuitu	12,19	17,8	3 %
	kuusi, tukki	54,41	287,95	51 %
	kuusi, kuitu	62,94	109,11	19 %
	yht.	159,81	563,99	100 %
7	mänty, tukki	46,92	224,45	51 %
	mänty, kuitu	43,03	60,99	14 %
	kuusi, tukki	13,5	69,34	16 %
	kuusi, kuitu	52,2	87,86	20 %
	yht.	155,65	442,64	100 %

## Liite 2. 2(2)

8	mänty, tukki	23,78	144,1	22 %
	mänty, kuitu	12,39	22,25	3 %
	kuusi, tukki	50,62	329,46	51 %
	kuusi, kuitu	69,84	148,9	23 %
	hieskoivu, kuitu	2,73	4,9	1 %
	yht.	159,36	649,61	100 %
9	mänty, tukki	36,97	152,53	45 %
	mänty, kuitu	31,42	38,41	11 %
	kuusi, tukki	20,91	92,67	27 %
	kuusi, kuitu	40,14	58,28	17 %
	yht.	129,44	341,89	100 %
10	mänty, tukki	23,45	142,08	23 %
	mänty, kuitu	12,34	22,15	4 %
	kuusi, tukki	46,25	301,04	48 %
	kuusi, kuitu	72,4	154,35	25 %
	hieskoivu, kuitu	2,68	4,81	1 %
	yht.	157,12	624,43	100 %
11	mänty, tukki	23,63	127,24	25 %
	mänty, kuitu	16,16	25,78	5 %
	kuusi, tukki	36,37	210,33	42 %
	kuusi, kuitu	73,32	138,9	28 %
	yht.	149,48	502,25	100 %
12	mänty, tukki	1,51	5,89	3 %
	mänty, kuitu	6,25	7,2	4 %
	kuusi, tukki	8,83	36,9	20 %
	kuusi, kuitu	96,43	131,97	70 %
	hieskoivu, kuitu	4,74	5	3 %
	yht.	117,76	187,41	100 %
13	mänty, tukki	87,73	384,02	77 %
	mänty, kuitu	27,21	35,29	7 %
	kuusi, kuitu	52,67	81,12	16 %
	yht.	167,61	500,43	100 %