

METSÄNKÄSITTELYKETJUJEN KANNATTAVUUDEN  
VERTAILUA AVOIMELLA JA TARKASTETULLA METSÄ-  
VARATIEDOLLA

Heikkinen Jere

Opinnäytetyö

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

2022

Metsätalous  
Metsätalousinsinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Jere Heikkinen	Vuosi	2022
<b>Ohjaaja</b>	Kari Pasanen		
<b>Toimeksiantaja</b>	Suomen metsäkeskus		
<b>Työn nimi</b>	Metsänkäsittelyketjujen kannattavuuden vertailua avoimella ja tarkastetulla metsävaratiedolla		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	56 + 2		

---

Tämä opinnäytetyö syventyy nuorten ja varttuneiden kasvatusmetsien vaihtoehtoisten käsittelyketjujen taloudelliseen vertailuun. Lisäksi tässä opinnäytetyössä tarkastellaan avoimen metsävaratiedon tarkkuutta ja sen pohjalta tehtyjen hakkuupäätösten taloudellisia vaikutuksia. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Suomen metsäkeskus.

Tutkimuksen aineistona on käytetty avointa metsävaratietoa Metsään.fi-verkkopalvelusta sekä 2021 lokakuussa laatimaani metsäsuunnitelmaa. Tutkimuksen hakkuut suoritettiin metsälain ja hyvien metsänhoidon suositusten mukaisesti sekä hakkuutavat keskittyivät jaksollisen kasvatuksen hakkuutapoihin. Hakkuut mallinnettiin simulointisovelluksella kiertoajan loppuun saakka.

Tutkimuksen tuloksista saatiin vertailutietoa jaksollisen kasvatuksen hakkuutapojen taloudellisista eroista sekä metsävaratiedon paikkaansapitävyydestä. Tutkimuksessa hakkuutapojen taloudellista tuotosta kuvattiin nykyarvomenetelmällä. Tutkimuksen tuloksissa havaittiin, kuinka eri hakkuutavoissa yläharvennuksella päästiin jokaisella kuviolla suurimpaan taloudelliseen tuotokseen. Lisäksi harvennuskertojen lisäämisellä oli positiivinen vaikutus nettonykyarvoon. Tutkimuksessa puustotietojen ja hakkuuajankohtien tarkentumisissa nettonykyarvo oli jokaisella kuviolla suurempi kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehdyissä käsittelyketjuissa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on antaa tietoisuutta avoimen metsävaratiedon epävarmuuksista sekä vaihtoehtoisten käsittelyketjujen kannattavuuksista. Näitä tietoja tarvitsevat etenkin ne metsänomistajat, jotka joutuvat mahdollisesti tekemään hakkuupäätöksiä avoimen metsävaratiedon pohjalta.

Avainsanat                      alaharvennus, avoin metsävaratieto, jaksollinen kasvat-  
tus, laatuharvennus, yläharvennus

Forestry  
Forestry engineer

---

<b>Author</b>	Jere Heikkinen	Year	2022
<b>Supervisor</b>	Kari Pasanen		
<b>Commissioned by</b>	The Finnish Forest Center		
<b>Subject of thesis</b>	Comparison of profitability of forest treatment chains with accessible and verified forest resource data		
<b>Number of pages</b>	56 + 2		

---

This thesis is a financial comparison of the alternative development processing chains of young and mature forests. In addition, the thesis examines the accuracy of forest resource policy and the financial implications of felling decisions made based on this information. The study is commissioned by the Finnish Forest Center.

The Forest resource policy information of Metsään.fi is used as research material together with a forest plan prepared by the author in autumn 2021. The felling project was performed under the Forest law and forestry recommendations, the felling focused on periodic cover silvicultural practice. Felling was modeled in simulation throughout the circulation.

The results of the study provided comparative information on the economic differences in the harvesting methods of periodic cultivation and on the accuracy of forest resource data. In this research the financial profit of felling method was described with present value method. Results of this thesis show how thinning from above achieved maximum economic return of each compartment of different felling methods. In addition, increasing the times of thinning had a positive effect on the net present value. In the study of forest information and harvesting time, refinement net present value was larger on each compartment than in those based on open forest resource information processing chains

The aim of the thesis is to allocate information to uncertainty of an open forest resource policy of information and profitability on alternative processing chains. This information is especially for those forest owners who end up making felling decisions based on open forest resource policy information.

**Key words** ecological thinning, high thinning, low thinning, open forest resource policy, periodic cover silviculture

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 METSÄN KASVATUS .....	8
2.1 Jaksollisen kasvatuksen vaiheet .....	8
2.1.1 Päätös uudistamisesta .....	8
2.1.2 Uudistaminen .....	9
2.1.3 Taimikonhoito.....	11
2.1.4 Ensiharvennus .....	12
2.1.5 Kasvatushakkuu.....	12
2.2 Jatkuvan kasvatuksen vaiheet .....	14
2.3 Metsikön kehityksen simulointi.....	14
2.3.1 Kasvumallit.....	15
2.3.2 Motti-simulaattori.....	15
2.4 Nykyarvon laskenta .....	16
3 KUVIOITTAINEN METSÄVARATIETO.....	18
3.1 Avoin metsävaratieto .....	18
3.2 Metsään.fi.....	18
3.2.1 Avoimen metsävaratiedon kerääminen.....	19
3.2.2 Avoimen metsävaratiedon laatu .....	20
3.3 Digitalisaation hyödynnettävyys .....	20
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	22
4.1 Aineiston keruu .....	22
4.2 Avoimet ja maastotarkastetut kuviotiedot sekä niiden erot .....	25
4.2.1 Kuvio 6 .....	25
4.2.2 Kuvio 11 .....	26
4.2.3 Kuvio 14 .....	27
4.2.4 Kuvio 24 .....	28
4.2.5 Kuvio 37 .....	30
4.2.6 Kuvio 82 .....	31
4.3 Simulointi .....	32
5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	37

5.1	Nuoret kasvatusmetsät .....	37
5.1.1	Kuvio 11 .....	37
5.1.2	Kuvio 24 .....	39
5.2	Varttuneet kasvatusmetsät .....	41
5.2.1	Kuvio 6 .....	41
5.2.2	Kuvio 14 .....	42
5.2.3	Kuvio 37 .....	44
5.2.4	Kuvio 82 .....	46
5.3	Yhteenveto .....	47
5.3.1	Nuoret kasvatusmetsät.....	47
5.3.2	Varttuneet kasvatusmetsät.....	49
5.4	Johtopäätökset .....	51
6	POHDINTA.....	53
	LÄHTEET .....	55
	LIITTEET .....	57

## 1 JOHDANTO

Tänä päivänä yhä suurempi osa metsänomistajista asuu metsätilansa sijaintikunnan ulkopuolella, mikä kasvattaa tarvetta yhä enemmän erilaisille sähköisille verkkopalveluille (Karppinen, Hänninen & Horne 2020, 38). Tämän takia kaukana asuvat metsänomistajat joutuvat tekemään hakkuu- ja hoitopäätöksiä joko metsäsuunnitelmasta tai sähköisistä verkkopalveluista. Yleisin metsänomistajia palveleva verkkopalvelu on Metsään.fi, johon Suomen metsäkeskus päivittää ajantasaisesti tilakohtaisia metsävaratietoja. Metsävaratietoja kerätään ilmasta käsin laserkeilaamalla, mikä tuo epävarmuutta tiedon tarkkuuteen. (Suomen metsäkeskus 2022a.)

Lähes jokaisella metsänomistajalla on jotain hyötyjä mitä hän haluaa omistamastaan metsästä saada. Metsänomistaja luo ja päättää tavoitteet sen mukaan, miten hän haluaa metsiään käyttää. Usein metsänomistaja luo tavoitteensa tilakohtaisesti. Näitä tilakohtaisia tavoitteita pyritään toteuttamaan kuviokohtaisesti eri käsittelymenetelmillä. Yhden kuvion sisällä on haastavampaa painottaa useampaa tavoitetta, kun taas koko tilalla tavoitteisiin päästään todennäköisemmin. Näillä tavoitteilla luodaan perustaa metsänä pitkäjänteiselle ja suunnitelmalliselle käytölle. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 18.)

Metsästä on saatavilla paljon erilaisia hyötyjä metsänomistajille ja muuten luonnossa liikkuville. Metsästä saatavat hyödyt lukeutuvat aineellisiin ja aineettomiin hyötyihin. Aineellisia hyötyjä ovat esimerkiksi puun myyntitulot, riista sekä erilaiset keruutuotteet, kuten marjat ja sienet. Aineettomia hyötyjä ovat esimerkiksi metsän virkistyskäyttö, maisema- ja luontoarvot. Näillä aineettomilla hyödyillä on positiivinen vaikutus ihmisen fyysiseen, henkiseen sekä sosiaaliseen terveyteen. (Äijälä ym. 2014, 209–214.)

Metsänomistajat voidaan jakaa tavoitteidensa mukaan viiteen pääryhmään. Näitä ryhmiä ovat monitavoitteiset, virkistyskäyttäjät, metsässä tekevät, turvaa ja tuloja tavoittelevat sekä epätietoiset. Luonnonvarakeskuksen teettämän Metsänomistaja 2020 -tutkimuksen mukaan monitavoitteisille metsänomistajille oli tärkeää taloudellinen hyöty, ulkoilu, työtilaisuudet sekä aineettomat tavoitteet. Virkistyskäyttäjille oli selvästi tärkeintä aineettomat hyödyt. Metsässä tekeville metsänomistajille tärkeää olivat ulkoilu ja metsätyöt. Turvaa ja tuloja tavoitteleville metsänomistajille tärkeää olivat säännölliset puun myyntitulot, taloudellinen turva sekä metsän merkitys sijoituskohteena. Epätietoisilla

metsänomistajia ei ollut mitään erityisiä toiveita tai tavoitteita metsälleen. (Karppinen ym. 2020, 16–18.)

Tässä opinnäytetyössä syvennyttään nuorten ja varttuneiden kasvatusmetsien eri käsittelyketjujen taloudellisiin vaikutuksiin Motti-kasvatussimulaattorin avulla. Lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan Metsään.fi-verkkopalvelussa olevan avoimen metsävaratiedon paikkaansapitävyyttä sekä sen pohjalta tehtyjen hakkuupäätösten taloudellisia vaikutuksia. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Suomen metsäkeskus, joka lähti tähän työhön mukaan omasta ehdotuksestani.

Opinnäytetyöni aihe on kiinnostanut minua jo pitkään seurattuani avoimen metsävaratiedon paikkaansapitävyyttä. Kiinnostuksesta heräsikin ajatus tehdä laajempi tutkimus siitä, mitä jos luottaisin avoimeen metsävaratietoon täysin ja tekisin hakkuupäätökset sen pohjalta. Tämän lisäksi tahdoin vertailla eri käsittelyketjujen kannattavuuksia, koska tulevaisuudessa Kalmumäen tilalla on harvennustarpeita. Avoimen metsävaratiedon vertailuaineistona käytin itse laatimaani metsäsuunnitelmaa, jonka aineistot keräsin syyskuussa 2021. Tutkimuskysymykseni tässä opinnäytetyössä ovat seuraavat:

1. Mikä on avoimen metsävaratiedon tarkkuus Kalmumäen tilalla?
2. Millaisia ovat avoimen metsävaratiedon epävarmuudesta johtuvat taloudelliset vaikutukset metsänomistajalle?
3. Millaiset ovat eri vaihtoehtoisten käsittelyketjujen taloudelliset erot?

## 2 METSÄN KASVATUS

Metsän kasvatusta on käsittelyketju, jolla ohjataan puuston kehitystä metsänomistajan tavoitteiden mukaisesti. Metsän kasvatukseen eri muotoja ovat jaksollinen kasvatusta eli tasaikäisrakenteinen kasvatusta sekä jatkuva kasvatusta eli eri-ikäisrakenteinen kasvatusta. Näissä molemmissa kasvatustavoissa käsittelyt pyritään valitsemaan aina kohteelle metsänomistajan tavoitteiden ja puuston tilan mukaan. Käsittelyt ovat metsikölle hoitotoimenpiteitä, joilla pyritään parantamaan sekä kehittämään puuston tilaa haluttuun suuntaan. Metsänomistaja pystyy halutessaan toteuttamaan eri kasvatustapoja samalla metsätilalla. Eri kasvatustapojen soveltamisella pystytään myös hallitsemaan tuhoriskejä, joista merkittävimmät metsätaloudessa ovat tuuli- ja lumituhot, eläintuhot sekä sienitaudit. (Äijälä ym. 2014, 31–39.)

### 2.1 Jaksollisen kasvatuksen vaiheet

Jaksollinen kasvatusta voidaan jakaa kahteen päävaiheeseen, jotka ovat hoitovaihe ja hyötyvaihe. Hoitovaihe keskittyy pääasiassa uuden metsikön perustamiseen ja taimikonhoitoon. Hoitovaiheen tarkoitus on turvata valitun puulajin kasvu- ja hyötyvaiheen puunmyyntitulot. Hyötyvaihetta voidaan kutsua ”sadonkorjuuksi”, jossa saadaan hoitovaiheessa tehtyjen toimenpiteiden tulos suurempana puunmyyntitulona. Hyötyvaihe alkaa ensiharvennuksesta ja päättyy uudistushakkuuseen. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2019, 33.)

Jaksollisen kasvatuksen metsikkö on yleensä helppo tunnistaa. Jaksollisen kasvatuksen metsikössä puuston pääjakso on yleensä melko samanikäistä ja -kokoista. Jaksollisessa kasvatuksessa metsiköllä on useita eri kasvatustavoita, joita ovat uudistamisvaihe, taimikkovaihe, nuoren ja varttuneen kasvatustavoituksen vaiheet. (Äijälä ym. 2019, 33, 62.)

#### 2.1.1 Päätös uudistamisesta

Jaksollisessa kasvatuksessa uudistushakkuu on uudistuskypsän metsikön hakkuu. Uudistuskypsän metsikön kehitysluokkana käytetään vakiintunutta termiä O4. Kun metsikkö saavuttaa uudistuskypsän metsikön kriteerit, saa metsänomistaja siinä vaiheessa suurempaa taloudellista hyötyä metsän uudistamisesta kuin sen jälleen kasvattamisesta. (Äijälä ym. 2019, 221.)

Uudistamispäätökseen vaikuttaa eniten metsänomistajan tavoitteet ja millaisia hyötyjä hän metsästä haluaa. Uudistushakkuu toteutetaan yleensä silloin, kun metsänomistaja saa metsikön uudistamisesta enemmän hyötyjä kuin metsikön kasvattamisesta. Uudistushakkuu on hyötyvaiheen huipentuma, jolloin metsänomistaja saa kerralla suurimman osan hakkuutuloista koko kiertoajan ajalta. Vuonna 2014 tullut uusi metsälaki mahdollistaa uudistushakkuun suorittamisen missä vaiheessa tahansa metsikön kasvatusta, joten metsänomistajan arvoilla on entistä suurempi rooli uudistamisajankohdan valitsemisessa. (Huuskonen, Hynynen & Valkonen 2014, 46–48.)

Jos metsänomistaja tavoittelee taloudellista tuottoa, voidaan metsän uudistamispäätös tehdä tarkastelemalla suhteellista arvokasvua ja minimituottovaatimusta. Suhteellinen arvokasvu saadaan vertaamalla puuston kasvua sitoutuneeseen pääomaan. Sitoutuneella pääomalla tarkoitetaan kasvavan puuston ja maan arvoa. Suhteellista arvokasvua vertaamalla metsän omistajan asettamaan minimituottovaatimukseen voidaan tehdä päätös kannattavasta uudistamisajankohdasta. (Äijälä ym. 2019, 62–67.)

Ajankohta metsän uudistamiselle voidaan valita myös iän, keskiläpimitan tai puuston terveydentilan mukaan. Ikäperusteista uudistushakkuun ajankohtaa suositellaan käytettäväksi metsiköihin, joiden käsittelyhistoriassa ei ole suoritettu ajallaan harvennuksia ja hoitotoimenpiteitä. Väli-Suomessa suositeltu uudistamisikä havupuilla on noin 70–100 vuotta, riippuen kasvupaikasta sekä puulajista. Keskiläpimitaan perustuvassa päätöksenteossa otetaan huomioon metsänomistajan tuottovaatimus. Metsänhoidon suositusten mukaan tuottovaatimuksen ollessa 2–3 prosenttia, Väli-Suomessa suositeltu uudistamisajankohta keskiläpimitan mukaan on 22–30 senttimetriä, riippuen puulajista sekä kasvupaikasta. Keskiläpimitaan perustuva uudistamisajankohta perustuu pitkään käytössä olleisiin käsittelyketjuihin, jotka on todettu toimiviksi käytännössä. Lisäksi siinä on havaittu olevan pieni epäonnistumisriski. (Äijälä ym. 2019, 62–67.)

### 2.1.2 Uudistaminen

Hoitovaihe lähtee liikkeelle, kun edellisen puusukupolven kiertoaika päättyy ja suoritetaan uudistushakkuu. Uudistushakkuu voidaan toteuttaa avohakkuuna tai luontaiseen uudistamiseen tähtäävänä siemenpuu-, suojuspuu- tai kaistalehakkuuna. (Äijälä ym. 2019, 121.)

Avohakkuussa metsiköstä poistetaan lähes kaikki puusto, lukuun ottamatta säästöpuita tai pienvesistön suojavyöhykettä, mikäli sellainen metsikössä on. Avohakkuu on uudistamismenetelmistä kaikkein radikaalein, jolloin sillä on suurin vaikutus vallitsevaan ekosysteemiin. Mikäli uudistusalalla verho- tai pienpuustoa on alle viisi kuutiota hehtaarilla, alueen kehitysluokka on A0 eli aukea. Avohakkuun etuja ovat alhaiset korjuukustannukset, soveltuvuus jokaiselle kohteelle, toteutuksen nopeus ja mahdollisuus jalostettujen taimien käyttöön. Avohakkuun haittapuolia ovat aukkojen reunametsien herkkyys tuuli- ja hyönteistuhoilille. (Äijälä ym. 2019, 121–122, 221.)

Jos metsänomistajalle avohakkuu on liian radikaali toimenpide, uudistaminen on myös mahdollista toteuttaa luontaisesti siemen-, suojuspuu- tai kaistalehakkuulla. Näissä jokaisessa vaihtoehdossa uudistaminen perustuu uudistusalalle jätettyjen puiden siementämisen vaikutukseen, jolla luodaan uusi puusukupolvi. Kun taimettumista on riittävästi tapahtunut, siemenpuut poistetaan varjostamasta taimien kehitystä. (Äijälä ym. 2019, 121–124.)

Siemenpuuhakkuu on luontaisen uudistamisen yleisintöimenpide. Tämä uudistamismenetelmä soveltuu parhaiten männyn sekä rauduskoivun uudistamiseen. Siemenpuuhakkuussa jätetään kaikkein parhaimman laatuista valtapuita siemenpuuksi, männyllä 50–100 kappaletta hehtaarille ja rauduskoivulla 10–20 kappaletta hehtaarille. Jos metsiköön toteutetaan siemenpuuhakkuu, on metsikön kehitysluokka silloin S0 eli siemenpuumetsikkö. Siemenpuuhakkuussa taimettumista voidaan tehostaa rikkomalla maan pintaa kevyesti, jotta siemenet saavat paremman taimettumisalustan. Siemenpuuhakkuun etuna ovat sen edullisuus uudistamismenetelmänä sekä sen lievemmat maisemavaikutukset. Haittoja ovat taimettumisen epävarmuus siemenvuosien vaihteluiden johdosta, kalliimmat korjuukustannukset verrattuna avohakkuuseen sekä herkkyys tuulituhoihin. (Äijälä ym. 2019, 122, 221.)

Suojuspuuhakkuu on kuusen luontainen uudistamismenetelmä. Suojuspuuhakkuu sopii kohteille, joissa on jo yhtenäinen kuusialikasvos tai taimettumista on merkittävästi havaittavissa. Suojuspuuhakkuussa puita jätetään 100–300 kappaletta hehtaarille, pääasiassa mäntyjä ja koivuja. Suojuspuut poistetaan taimettumisen edetessä yhdessä tai kahdessa vaiheessa. Suojuspuuhakkuun jälkeen metsikön kehitysluokka on O5 eli suojuspuumetsikkö. Suojuspuuhakkuussa on samat hyödyt ja haitat kuin siemenpuuhakkuussa verrattuna avohakkuuseen. (Äijälä ym. 2019, 124, 221.)

Siemen- ja suojuspuumetsikön saavuttaessa metsälain mukaisen kasvatuskelpoisen vakiintuneen taimikon, metsikön kehitysluokasta käytetään termiä Y1 eli ylispuustoinen taimikko. Vakiintuneen taimikon synnyttyä voidaan tehdä ylispuuhakkuu, jossa taimikon päältä poistetaan ylispuut. Ylispuuhakkuuta voidaan käyttää myös kaksijaksoisessa metsässä, jossa alikasvos vapautetaan poistamalla suuremmat puut eli ylispuut. (Äijälä ym. 2019, 145, 221.)

Kaistalehakkuu on myös kuusen luontaisen uudistamisen menetelmä. Kaistalehakkuuta voidaan paikoin käyttää jopa männyn luontaisessa uudistamisessa lajittuneilla kangasmailla. Kuuselle tätä menetelmää käytetään korpinotkelmien luontaisessa uudistamisessa sekä hyvin taimettuvilla kohteilla. Kaistalehakkuussa tehdään 50 metriä leveitä puuttomia kaistaleita, mieluiten itä- länsisuunnassa. Näiden kaistaleiden tavoitteena on saada siemennettyä puuton kaistale luontaisesti. Tässäkin luontaisen uudistamisen menetelmässä hyödyt ja haitat ovat samat verrattuna avohakkuuseen. (Äijälä ym. 2019, 123.)

Uudistushakkuun jälkeen suoritetaan metsän uudistaminen, joka voidaan suorittaa istuttamalla, kylvämällä tai luontaisesti uudistamalla. Uudistamisen tavoitteena on saada uusi puusukupolvi kasvamaan mahdollisimman nopeasti ja kustannustehokkaasti. Istutuksen yhteydessä suoritetaan usein maanmuokkaus, joilla parannetaan taimen kasvuolosuhdetta, luontaisessa uudistamisessa se ei ole välttämätöntä. (Äijälä ym. 2014, 71–84) Uudistaminen on metsänomistajan velvollisuus, joka on määrätty metsälakiin pykälässä viisi (Metsälaki 1093/2013 2: 5 a§).

### 2.1.3 Taimikonhoito

Metsän uudistamisen jälkeen taimikon ensimmäinen hoitotyö etenkin rehevillä kasvu- mailla on heinäntorjunta, joka voidaan tehdä mekaanisesti tai kemikaalisesti. Heinäntorjunnan jälkeen taimikkoon täytyy suorittaa vielä varhaisperkuu sekä taimikonhoito. Hoitotoimenpiteiden tarkoituksena on turvata uudistamalla saatujen taimien elinmahdollisuudet poistamalla kasvua haittaava lehtipuusto. (Äijälä ym. 2014, 86–91.)

Varhaisperkaus suoritetaan yleensä taimikon ollessa noin yhden metrin mittainen. Taimikonhoito suoritetaan valtapituuden ollessa 3–5 metriä ja samalla taimikko harvennetaan tavoitetiheyteen puulajista riippuen 1600–2200 kappaleeseen hehtaarille. (Helén P, Luoranen J, Miina J & Saksa T. 2018, 143–147.) Näillä hoitotoimenpiteillä pystyy

vaikuttamaan merkittävästi tulevaisuuden hakkuutuloihin sekä puuston laatuun. (Äijälä ym. 2019, 84–85).

#### 2.1.4 Ensiharvennus

Ensiharvennus on toimenpide, jonka tavoitteena on vähentää puuston kilpailua sekä parantaa puuston tilavuuskasvua. Sen vuoksi ensiharvennus on välttämätön toimenpide, jos puuston halutaan järeytyvän tukkipuun mittoihin. Ensiharvennus on nuoren kasvatusmetsän hakkuu, joka suoritetaan valtapituuden ollessa 12–15 metriä. Nuoren kasvatusmetsän (02) kriteerinä on, että sen rinnankorkeusläpimitta on 8–16 senttimetriä, havupuiden pituus yli seitsemän metriä ja koivikoissa yli yhdeksän metriä. Nuoressa kasvatusmetsässä ikäkriteerinä on, että sen rinnankorkeusiän on oltava vähintään 11 vuotta ja enintään se saa olla Etelä-Suomessa 120 vuotta ja Pohjois-Suomessa 200 vuotta. (Äijälä ym. 2019, 221.)

Ensiharvennus toteutetaan yleensä parempaan laatuun tähtäävänä harvennuksena. Sen tarkoituksena on poistaa kaikkein huonokuntoisimmat puut, joita ovat sairaat, kaksihaaraiset, mutkaiset sekä paksuksaiset puut. Ensiharvennuksessa käytettäviä hakkuutapoja ovat ala-, ylä-, laatu-, yhdistelmäharvennus sekä energiapuunkorjuu. Ensiharvennuksessa puita jätetään kasvamaan puulajista ja harvennustavasta riippuen 700–1300 kappaletta hehtaarille. (Äijälä ym. 2019, 87–94.)

Ensiharvennuksen aikaan ollaan osittain sekä hoitovaiheessa että hyötyvaiheessa. Jos aikaisempia hoitotoimenpiteitä on laiminlyöty, ensiharvennuksesta ei todennäköisesti tule hakkuutuloja kalliiden korjuukustannuksien takia. Jos hoitotoimenpiteet on suoritettu ajallaan, ensiharvennus on ensimmäinen hakkuutulonlähde metsänomistajalle. Ensiharvennuksessa on mahdollisuus kasvattaa hakkuutuloja viivästyttämällä hakkuuta antamalla puuston kasvaa 15 metrin valtapituuteen, mikäli puustontila sen mahdollistaa. (Äijälä ym. 2019, 87–94.)

#### 2.1.5 Kasvatushakkuu

Kasvatushakkuu on varttuneiden kasvatusmetsien käsittelyä. Varttunut kasvatusmetsä tarkoittaa sitä, että puuston keskiläpimitta rinnankorkeudella on yli 16 senttimetriä ja puuston ikä on vähintään 25 vuotta. Jaksollisessa kasvatuksessa varttuneen kasvatusmetsän kehitysluokka on 03. (Äijälä ym. 2019, 221.) Kasvatushakkuuta toteutetaan met-

siköstä riippuen yksi tai kaksi kertaa ennen päätehakkuuta. Kasvatushakkuu on jo selkeästi hyötyvaihetta, josta metsänomistaja saa ensimmäiset suuremmat hakkuutulot. Ensiharvennuksen jälkeiseen kasvatushakkuun tulon määrään vaikuttaa merkittävästi aikaisempien hoitotoimenpiteiden oikea-aikainen suorittaminen. Mikäli aikaisemmat hoitovaiheet on toteutettu ajallaan, kasvatushakkuusta saadaan reilusti arvokasta tukkipuuta ja sen myötä suuremmat hakkuutulot. (Äijälä ym. 2019, 139, 144–145.)

Kasvatushakkuussa yleisin hakkuutapa on alaharvennus. Alaharvennuksessa poistetaan parhaimpien lisä- ja päävaltapuiden kasvua haittaava pienempi puusto sekä sairaat tai muuten epäedulliset puut. Alaharvennuksen tavoitteena on kasvattaa tulevaisuudessa saatavia hakkuutuloja. Alaharvennuksen suurin etu on se, että se käy lähes kaikille kohteille ja se lyhentää kiertoaikaa. (Huuskonen ym. 2014, 79.)

Toinen kasvatushakkuutapa on yläharvennus, jossa metsiköstä poistetaan pienempien puiden lisäksi kaikkein järeimpiä lisä- ja päävaltapuita, jolloin kasvamaan jätetään vielä hyvässä arvokasvussa olevia pienempiä puita. Yläharvennuksella saadaan yleensä suurempi kokonaistuotto kuin alaharvennuksella, mutta kiertoaika pitenee noin 5–20 vuodella. Yläharvennuksen korkeampi tuotto perustuu korkeampaan tukkipuukertymään, sillä tukkipuusta maksetaan korkeampaa kuutiohintaa kuin kuitupuusta. Yläharvennus sopii kaikkein parhaiten hyvin hoidettuihin varttuneisiin kasvatusemetsiin, kun taas liian tiheästi kasvaneissa hoitamattomissa metsiköissä tätä hakkuutapaa tulisi välttää suuren tuuli- ja lumituhoriskin takia. (Äijälä ym. 2019, 146–147.)

Kasvatushakkuu voidaan suorittaa myös laatuharvennuksena. Laatuharvennuksen tavoitteena kasvatushakkuussa on jättää kasvamaan kaikkein suurimmat ja pienioksaisimmat puut. Tällä menetelmällä pystytään nostamaan merkittävästi puuston laatua sekä laadukkaan tukkipuun osuutta. Laatuharvennus sopii parhaiten hyvin hoidettuihin männiköihin. (Huuskonen ym. 2014, 80.)

Kasvatushakkuun ajankohtaan vaikuttaa eniten metsänomistajan tavoitteet sekä metsän käsittelyhistoria. Kasvatushakkuussa on paljon enemmän joustoa ajan suhteen kuin muissa hoitotoimenpiteissä. Harvennusta suositellaan yleensä silloin, kun puuston tiheys ylittää harvennusmallien mukaisen harvennusrajan. (Äijälä ym. 2014, 101–105.) Hakkuuajankohta voidaan määrittää myös talousperusteisella arvokasvuprosentilla. Tässä menetelmässä hakkuuajankohta määräytyy suhteellisen arvokasvun mukaan, jota verrataan metsänomistajan asettamaan tuottovaatimukseen. Metsätaloudessa käytetään yleisesti kolme prosentin tuottovaatimusta. Esimerkiksi jos metsikön suhteellinen

arvokasvu on enää kaksi prosenttia ja tuottovaatimus kolme prosenttia, metsikköön olisi hyvä toteuttaa kasvatushakkuu. Kasvatushakkuun tavoitteena on kiihdyttää puuston tilavuuden kasvua ja sen myötä kasvattaa puuston suhteellista arvokasvua. (Huuskonen ym. 2014, 38–43, 46–47.)

## 2.2 Jatkuvan kasvatuksen vaiheet

Jatkuva kasvatus on metsän käsittelymuoto, jonka tavoitteena on pitää metsikkö jatkuvasti peitteisenä. Tämä tarkoittaa sitä, että jatkuvassa kasvatuksessa ei tehdä missään vaiheessa päätehakkuuta, vaan uudistaminen perustuu luontaiseen uudistamiseen. Jatkuvassa kasvatuksessa ei pyritä metsikön tasaiseen ikärakenteeseen, vaan tavoitteena on saada mahdollisimman monta eri puujaksoa. Jatkuvan kasvatuksen hakkuussa tavoitteena on poistaa metsikön suurimpia valtapuita, joissa arvokasvu on hidastunut. Hakkuussa suurimpien puiden poistolla saadaan myös tilaa pienemmille suuressa arvokasvussa oleville puille. Lisäksi hakkuilla pyritään aina edistämään luontaista taimetumista. (Pukkala, Lähde & Laiho 2011, 188–192.)

Jatkuvan kasvatuksen terminologia ei ole vielä tänä päivänä täysin vakiintunutta. Siitä käytetään muun muassa nimityksiä jatkuva kasvatus, jatkuvapeitteinen kasvatus sekä eri-ikäiskasvatus. Esimerkiksi hyvien metsänhoidon suositusten mukaan jatkuva kasvatus on sama asia kuin eri-ikäsirakenteinen kasvatus (Äijälä ym. 2019, 105). Professori Timo Pukkalan mukaan eri-ikäismetsätalous on jatkuvan kasvatuksen yksi muoto (Pukkala 2018, 10). Termistöstä välittämättä näiden jokaisen termien sanoman päätavoitteena on pitää aina metsä peitteellisenä.

## 2.3 Metsikön kehityksen simulointi

Metsikön käsittelyn päätöksenteon tukena voidaan käyttää erilaisia tietokonesimulaattoreita. Simulaattorit ovat tietokoneistettuja malleja, joilla ennustetaan metsän kasvua sekä sen tulevaa kehitystä. Simulaattorit pitävät sisällään lukuisia monimutkaisia kasvumalleja, joilla pyritään ennustamaan puuston kasvu ja kehitys mahdollisimman tarkasti. Kasvatussimulaattoreilla pystytään vertailemaan eri käsittelyketjujen taloudellisia vaikutuksia, jonka avulla voidaan löytää metsänomistajan tavoitteiden mukainen käsittelyketju tarkastelussa olevalle metsikkökuviolle. Metsikön kasvatus simulaattorit ovat erittäin hyviä apuvälineitä esimerkiksi metsäsuunnitelmien laatimisen tueksi. (Niemi, Mäkinen, Viitala & Lumperoinen 2020, 43–45.)

### 2.3.1 Kasvumallit

Metsikön kasvua kuvaavilla kasvumalleilla on tarkoitus mallintaa puuston kasvua sekä muita luonnonprosesseja. Luonnonprosesseilla tarkoitetaan esimerkiksi puiden välistä kilpailusta, myrsky- sekä lumituhoista johtuvaa puuston kuolleisuutta. Erilaisia kasvumalleja löytyy paljon, mutta Suomessa käytetään yleisimmin empiirisiä eli tilastollisia kasvumalleja. Empiiriset kasvumallit voidaan jakaa kolmeen eri pääkategoriaan, niitä ovat staattiset, dynaamiset ja spatiaaliset kasvumallit. (Niemi ym. 2020, 47–49.)

Staattiset kasvumallit ovat yksinkertaisia tulostaulukoita, joissa kasvumalliin suurin vaikuttavin tekijä on puuston ikä. Staattisten kasvumallien etuna on yksinkertaisuus ja helppo soveltuvuus, mutta ne toimivat luotettavasti vain tietyllä tavalla hoidetuissa istutsmetsiköissä. (Niemi ym. 2020, 47–49.)

Dynaamisissa kasvumalleissa puuston keskitunnuksilla on suurin rooli kasvumallin toimivuuteen. Keskitunnuksia ovat keskiläpimitta, valtapituus, pohjanpinta-ala sekä tilavuuden kehitys iän suhteen. Dynaamiset kasvumallit soveltuvatkin paremmin vaihtoehtoisten käsittelyketjujen mallinnukseen. Dynaamisissa kasvumalleissa kuvataan teoreettista puustojoukkoa, jossa huomioidaan staattista kasvumallia paremmin puuston erirakenteisuudesta johtuvaa kilpailun vaikutusta. Tämän vuoksi dynaamiset kasvumallit ovat monimutkaisia kokonaisuuksia ja niiden käyttö onnistuu ainoastaan laskentaohjelmistojen avulla. (Niemi ym. 2020, 47–49.)

Spatiaaliset kasvumallit ovat dynaamisten kasvumallien kaltaisia. Spatiaalisissa kasvumalleissa kuvataan yksittäisten puiden sijainnista johtuvaa kilpailua valosta sekä muista resursseista. Tämän vuoksi spatiaaliset kasvumallit ovat tarkempia ja realistisempia kuin dynaamiset ja staattiset kasvumallit. Spatiaalisten kasvumallien heikkoutena ovat lähtötiedon hankinnan työläys sekä korkeat kustannukset. Spatiaalisten kasvumallien käyttö yleistyy kumminkin tulevaisuudessa laserkeilaustekniikan kehityksen myötä. (Niemi ym. 2020, 47–49.)

### 2.3.2 Motti-simulaattori

Motti on metsiköiden kehitystä kuvaava kasvatussimulaattori. Motti on alun perin Metlan eli Metsäntutkimuslaitoksen ja nykyään Luken eli Luonnonvarakeskuksen kehittämä ja ylläpitämä metsikön kasvatussimulaattori. Motti-simulaattorin peruseräite on tuottaa tietoa metsien käsittelyn vaikutuksista puuston kasvuun. Motti-simulaattorilla voidaan

vertailla esimerkiksi taimikonhoidon, eri harvennustapojen ja voimakkuuksien vaikutuksia puuston kehitykseen. Lisäksi Motti-simulaattorilla voidaan vertailla taloudellista tuotosta sekä hakkuukertymiä eri käsittelyketjujen välillä. Motti-simulaattorilla voidaan myös havainnollistaa hyvin harvennuksen ennenaikaisuuden tai viivästymisen puuntuotannollisia sekä taloudellisia vaikutuksia. (Luonnonvarakeskus 2013; Luonnonvarakeskus 2020, 3–45.)

Motti-simulaattorin toiminta perustuu kasvumalleilla toteutettuihin puuston kasvuennusteisiin. Kasvumalli on aina yksinkertaistettu ja yleistetty kuvaus todellisuudesta. Kasvumalleilla toteutetut ennusteet ovat lähes aina keskiarvoistavia, joten metsikkökuvion ominaisuuksista riippuen malli antaa usein joko yli- tai aliarvion. Kasvumallit voivat joissain tapauksissa antaa hyvinkin realistisen kuvan metsikön todellisesta kehityksestä. Tähän vaikuttaa suuresti malliaineistojen samankaltaisuus simuloitavaan metsikkökuvioon. (Luonnonvarakeskus 2020, 3–45.)

Motti-simulaattorissa kasvumallit perustuvat laajoihin maasto- ja inventointiaineistoihin sekä pitkään seurattuihin metsien käsittelykokeisiin. Kasvumalleissa on pyritty huomioimaan tarkkaan maantieteellisten vaihteluiden, kasvupaikkojen sekä puulajien kasvun eroavaisuuksia. Kasvumalleissa on myös pyritty huomioimaan mahdollisimman tarkkaan metsikön käsittely- ja hoitotoimenpiteiden vaikutus puuston kehitykseen. Kasvumallit ovat maantieteellisesti kaikkein luotettavimpia Etelä- ja Väli-Suomessa, puuston valtapituuden ollessa yli kahdeksan metriä. Hakkuutavalla ja voimakkuudella on myös suuri vaikutus kasvumallien luotettavuuteen. Kasvumallit ovat luotettavimmillaan nykyisin vallassa olevilla käsittelytoimenpiteillä. Luotettavimmat harvennustavat ovat ala- ja yläharvennukset, joiden harvennus voimakkuus jää alle 40 prosentin. (Luonnonvarakeskus 2020, 3–45.)

## 2.4 Nykyarvon laskenta

Metsätalouden kannattavuutta voidaan mitata esimerkiksi nettotulojen nykyarvomenetelmällä. Nykyarvolaskennassa voidaan käyttää joko diskonttaus- tai prolongausermenetelmää. Diskonttauksessa kaikki kiertoajan tulevat tulot ja menot lasketaan nykyhetkeen ja prolongauksessa menneisyyden tulot ja menot lasketaan nykypäivän arvoon. Nykyarvolaskennassa huomioidaan myös kuluva tai kulunut aika sekä valittu tuottovaatimus eli korkokanta inventoinnille. Metsätaloudessa käytetään yleisesti 1–5 prosentin reaalkorkoa. Nykyarvolaskennassa kuluva aika vaikuttaa merkittävästi tulevaisuudessa saatavaan tuottoon, koska mitä kauempana mahdollinen hakkuutulo on, sitä pienemmäksi

nykyarvo painuu. Metsätaloudessa reaalikoron määrittämisessä pitää huomioida vastaavien pitkäaikaissijoitusten korkotasot sekä mahdolliset lainojen korot. Näiden tuloksena metsänomistaja saa muodostettua oman tuottovaatimuksen sijoitukselleen. (Huuskonen & Ahtikoski 2014, 38–41.)

### 3 KUVIOITTAINEN METSÄVARATIETO

#### 3.1 Avoin metsävaratieto

Avoin metsävaratieto on Suomen metsäkeskuksen julkisin varoin ylläpitämää ja keräämää tietoa Suomen yksityismetsistä. Jokaisen saatavilla olevasta avoimesta metsävaratiedosta löytyy tietoa muun muassa metsien kasvupaikoista, puustosta, metsänkäyttöilmoituksista, vesiensuojelusta sekä metsälain erityisen tärkeistä elinympäristöistä. (Suomen metsäkeskus 2022b.)

Metsävaratieto tuli käyttöön kaikille pääministeri Juha Sipilän hallituksen metsätieto ja sähköisten palveluiden kärkihankkeesta. Tämä hanke alkoi vuonna 2016. Hankkeen päätavoitteena oli tehostaa metsävaratiedon hyödyntämistä ja saada muutettua vanha metsätietolaki, joka esti metsävaratiedon avoimen jakamisen. Hankkeen ansiosta metsätietolain muutos astui voimaan 1.3.2018 ja avoimet metsävaratiedot ovat kaikkien saatavilla Metsäkeskuksen Metsään.fi-verkkopalvelussa. (Tillikainen 2019.)

#### 3.2 Metsään.fi

Metsään.fi on Suomen metsäkeskuksen ylläpitämä ja tuottama verkkopalvelu, jota voi käyttää jokainen metsää omistava henkilö. Metsänomistajana palvelussa voi esimerkiksi tarkastella omien metsätilojen kuviokohtaisia puustotietoja, maastokarttoja, ilmakuvia, hakkuu- ja hoitotoimenpide ehdotuksia sekä tilojen luontokohteita. Asiointipalvelussa metsänomistaja voi itse asioida sähköisesti ja lähettää esimerkiksi metsäkäyttöilmoituksen, Kemera-tukihakemuksen eli kestävän metsätalouden rahoitushakemuksen, hirvieläinvahinkoilmoituksen tai ehdottaa jotain aluetta suojeltavaksi. (Suomen metsäkeskus 2022c.)

Metsäalan toimijat voivat käyttää Metsään.fi-verkkopalvelua esimerkiksi Kemera-tuen hakuun, metsävaratietojen selailuun tai siirtoon, ajantasaisiin ilmakuviin, puustotietoihin sekä luonto- ja ympäristötietoihin. Nämä toiminnot ja tiedot ovat toimijalle luvanvaraisia, jolloin metsänomistajan täytyy antaa suostumus tietojen käyttöön palvelussa. (Suomen metsäkeskus 2022c.)

### 3.2.1 Avoimen metsävaratiedon kerääminen

Metsäkeskus yhdessä Maanmittauslaitoksen kanssa inventoi vuosittain Suomen metsiä. Inventointia tehdään lentokoneesta laserkeilaamalla, ilmakeilaamalla sekä maastossa koealamittauksin. Suomessa vuonna 2020 alkoi toinen kaukokartoitusperusteinen inventointikierto. Koko Suomen laserkeilaaminen kestää yhteensä kuusi vuotta. Lisäksi ilmakeilausta tehdään kolmen vuoden sykleissä, mikä tarkoittaa sitä, että inventointikierron aikana sama alue ilmakeilataan kaksi kertaa. (Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

Lentokoneella 1,5–2 kilometrin korkeudesta tuotetaan laserkeilaamalla kolmeulotteista tietoa puustosta ja maastonmuodoista. Laserkeilauksessa lentokoneesta lähetetään maata kohti laserpulsseja, joiden pistetiheys on yhteensä viisi pulssia neliömetrille. Tällä tiedolla saadaan luotua kolmiulotteinen kuva puustosta, jolla saadaan laskettua puuston pituus. Puuston analysoinnin apuna käytetään ilmakeilattua, jota kuvataan 7–8 kilometrin korkeudesta. Tiedon maastotarkkuus on 40 senttimetriä. Ilmakeilauksella saadaan parannettua puulajien tunnistettavuutta toisistaan. (Kangas, Päivinen, Holopainen & Malmamo. 2011, 136–143; Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

Laserkeilausella ja ilmakeilauksella saaduilla tiedoilla jalostetaan tarkempaa puustotietoa. Puustotietojen tarkentamisen apuna käytetään maastotarkastettuja referenssikoealoja, joiden avulla saadaan tarkennettua tietoa sekä tarkastettua laserkeilatun tiedon paikkansapitävyyttä. Maastoinventoinnissa käytetään joko ympyräkoealoja tai puukarttakoealoja. Kaukokartoitusalue on yhteensä 300 000 hehtaaria, josta ympyräkoealoja otetaan 700–800 kappaletta tai 150–200 puukarttakoealaa. (Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

Laserkeilausaineistolla, ilmakeilavilla ja referenssikoealoilla voidaan suorittaa varsinainen puustotulkinta. Puustotulkinnassa inventointiyksikkönä käytetään 16 x 16 metrin hilaruutua. Jokaisen metsikkökuvion sisällä olevasta hilaruudusta lasketaan puustotiedot laskentamallien avulla, joiden paikkansapitävyyttä varmennetaan vertaamalla laserkeilatun tietoa maastotarkastettuun tietoon. Puustotietojen analysoinnin Metsäkeskus on ulkoistanut kaukokartoitukseen erikoistuneille yrityksille. Näiden tietojen ja analyysien avulla luodaan kuvioittaiset puustotiedot sekä yksittäisen metsänomistajan tilakohtaiset puustotiedot. (Kangas ym. 2011, 136–143; Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

### 3.2.2 Avoimen metsävaratiedon laatu

Avoimen metsävaratiedon tuottamiseen on asetettu tiettyjä laatukriteeristöjä, joihin pyritään pääsemään mahdollisimman hyvin. Maastotarkastetut referenssikoealat ovat yksi keino tarkentaa laserkeilausaineiston tarkkuutta ja paikkansapitävyyttä. Referenssikoealat hajaantuvat melko suurelle alueelle keilausalueella, joten yksittäisten tilojen ja kuvioiden virheet voivat sen vuoksi olla suuriakin. Suuremmilla kuvioilla puustotietojen tarkkuus on tarkempaa, koska tietoa yleistäessä virheet yleensä kumoavat toisiaan. Lisäksi suuremmilla kuvioilla kuvion reunahilaruutujen suurempien vaihtelujen merkitys on pienempi kuin pienemmillä kuvioilla. Lisäksi puuston pituudella ja tiheydellä on suuri merkitys tiedon tarkkuuteen. Kaukokartoitus on sitä haastavampaa, mitä pienempää puusto on. Sen vuoksi taimikoissa ja harventamattomissa nuorissa kasvatusmetsissä puustotietojen tarkkuus on heikointa. (Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

Laserkeilauksen tarkinta aineistoa on pituus ja haastavinta aineistoa on pohjanpinta-ala. Puustotulkinnassa pituudella, joka on tarkinta tietoa, pyritään korreloimaan muut puustotunnukset mahdollisimman hyvin. Se saadaan vertaamalla referenssikoealoilta saatua tietoa laserkeilattuun tietoon. (Suomen metsäkeskus, 3–9.)

Avoimenmetsävaratiedon kokonaispuuston tavoitetarkkuudeksi on asetettu nuorissa ja varttuneissa kasvatusmetsissä seuraavat puustotunnukset:

- pohjanpinta-ala  $\pm 3 \text{ m}^2/\text{ha}$
- keskiläpimitta  $\pm 3 \text{ cm}$
- keskipituus  $\pm 2 \text{ m}$
- keskitilavuus  $\pm 20 \%$
- iälle ei kriteeriä, mutta yleensä tarkkuus  $\pm 25 \%$
- runkoluvulle ei tavoitetarkkuutta

(Suomen metsäkeskus 2021, 3–9.)

### 3.3 Digitalisaation hyödynnettävyys

Vuonna 2019 metsänomistajista 37 prosenttia asui metsätilan sijaintikunnan ulkopuolella. Tämä tarkoittaa sitä, että sähköisille palveluille on enemmän tarvetta. (Karppinen

ym. 2020, 21.) Sähköisten asiointipalveluiden ansiosta metsäomistajat pystyvät tekemään puukauppaa ja hoitamaan hallinnollisia asioita paikasta ja ajasta riippumatta. Tänä päivänä lähes kaikilla metsäalan organisaatioilla on käytössään jokin sähköinen asiointipalvelu. Sähköisistä asiointipalveluista metsänomistajilla yleisimmin käytössä ovat verohallinnon sivut, Metsään.fi-verkkoasiointipalvelu sekä vakuutusyhtiöiden asiointipalvelut. (Hänninen, Valonen & Haltia 2020, 29–30.) Kaikkien käytössä olevista puukauppapalveluista keskeisin on Kuutio. Kuution on linkitetty lähes kaikki Suomen puunostajat, joten sitä kautta puukaupan kaikki vaiheet voidaan hoitaa täysin etäyhteydellä (Suomen Puukauppa Oy 2021).

Sähköisistä metsävaratietojen verkkopalveluista yleisin on Suomen metsäkeskuksen ylläpitämä Metsään.fi-verkkopalvelu. Metsään.fi-verkkopalvelussa jokaisella metsänomistajalla on mahdollisuus tarkastella omistamiensa metsätilojen metsävaratietoja ilmaiseksi. Metsään.fi-verkkopalvelussa metsävaratieto on kerätty laserkeilaamalla, joista tiedot on mallinnettu metsävaratiedoksi. (Suomen metsäkeskus 2022a.)

## 4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

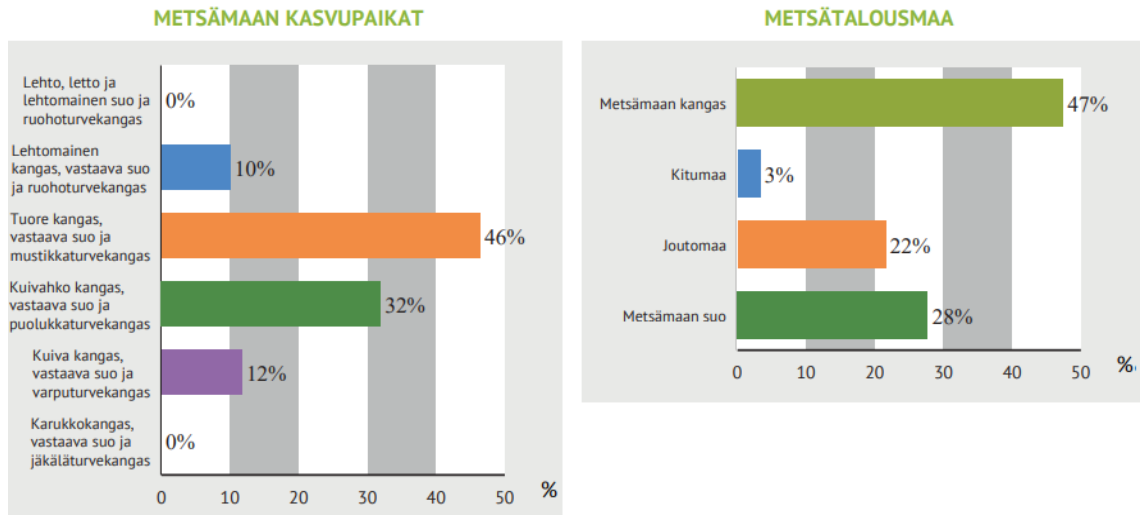
### 4.1 Aineiston keruu

Tutkimuksessa käytettävä aineisto on kerätty Etelä-Sotkamosta Kalmumäen tilalta (Kuvio 1). Tilan pinta-ala on yhteensä 143 hehtaaria, joka jakautuu kolmeen toisiaan lähellä olevaan palstaan.



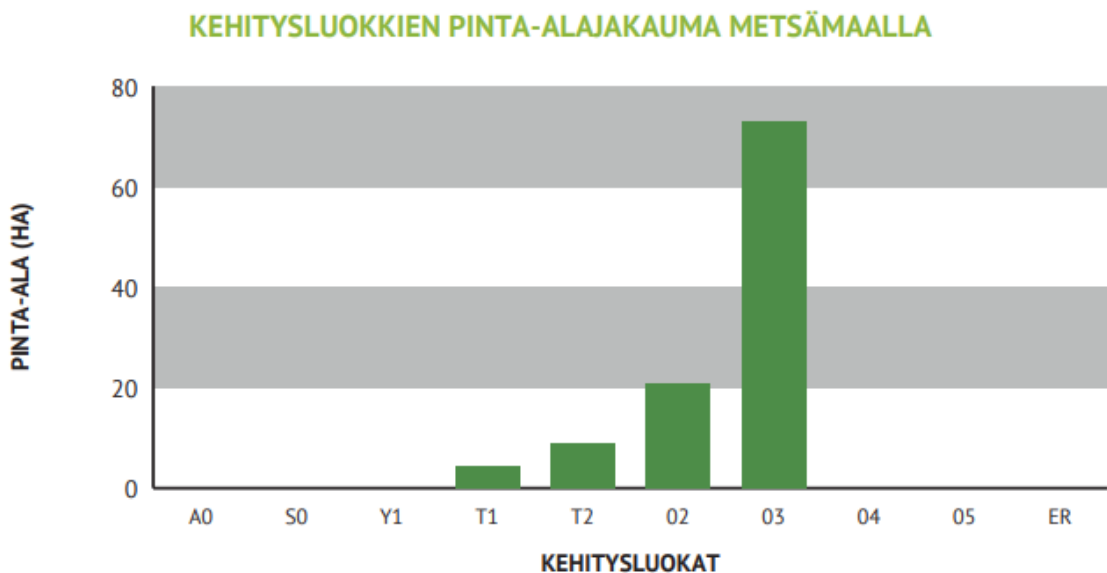
Kuvio 1. Kalmumäen tila kartalla (Suomen metsäkeskus 2020)

Metsäsuunnitelman mukaan tilalla metsämaata on yhteensä 107,4 hehtaaria. Kirtumaata tilalla on 4,7 hehtaaria ja joutomaata 30,9 hehtaaria. Tilan yleisin kasvupaikka on tuore kangas tai sitä vastaava mustikkaturvekangas, jota on yhteensä 46 prosenttia metsämaan pinta-alasta. Metsätalousmaasta 47 prosenttia on kangasta ja 28 prosenttia ojitettua turvemaata (Kuvio 2). (Heikkinen 2021, 1–3.)



Kuvio 2. Metsämaan kasvupaikkojen ja metsätalousmaan yhteenveto (Heikkinen 2021, 3)

Tilan kehitysluokkajakauma painottuu selvästi varttuneisiin kasvatusmetsiin, joita on yhteensä 68 prosenttia koko metsämaapinta-alasta. Nuoria kasvatusmetsiä on yhteensä 19,5 prosenttia koko metsämaapinta-alasta (Kuvio 3). (Heikkinen 2021, 4.)



Kuvio 3. Kehitysluokkien pinta-alajakauman yhteenveto (Heikkinen 2021, 4)

Maastomittaukset on suoritettu relaskoopikoealoina, joissa mitattiin puuston pohjanpinta-ala, keskiläpimitta, keskipituus ja keski-ikä puulajeittain. Koealamit-

tauksissa pohjanpinta-alan mittaamiseen käytettiin ketjurelaskooppia. Keskipituuden mittaamisessa käytettiin hypsometriä ja metsurinmittaa ja mittaus suoritettiin 15 metrin päästä mitattavasta puusta. Keskiläpimitta mitattiin Talmeter-mittanauhalla, jolla mediaanipuun läpimitta mitattiin 1,3 metrin korkeudelta. Puuston keski-ikä mitattiin ikäkairalla 1,3 metrin korkeudesta, saatuun tulokseen lisättiin noin 5–10 vuotta lisää, riippuen metsikkökuvion uudistamistavasta ja kasvupaikasta.

Koealamittaukset suoritettiin lokakuussa 2021 kasvukauden päätyttyä, jolloin puustotiedot ovat yhtä ajantasaisia kuin kasvumalleilla päivitetty avoin metsävaratieto vuoden 2021 lopussa. Lisäksi koealamittaukset toteutettiin samalla periaatteella ja tarkkuudella, kuin ne olisi tehty metsäsuunnitelmaa tehdessä. Koealoja tuli hehtaaria kohden noin 3–5 kappaletta, riippuen puuston rakenteesta. Tarkoituksena ei ollut saada liian tarkkoja tuloksia, koska tutkimuksen yhtenä tavoitteena oli selvittää normaalista maastotarkastuksesta saatava hyöty.

Tutkimuksessa käytetty avoin metsävaratieto on otettu Metsään.fi-verkkopalvelusta. Verkkopalvelusta on hyödynnetty kuvioittaiset puustotiedot, joita on käytetty puustotietojen vertailussa sekä simuloinneissa. Kuviossa 4 on esitetty kuinka kuvioiden perustiedot ja puustotiedot on esitetty Metsään.fi-verkkopalvelussa.

#### KUVION 6 PERUSTIEDOT

Tiedot kuvion puustosta ja maaperästä.

Pinta-ala:	10,2 ha	Kasvupaikka:	Tuore kangas, vastaava suo ja mustikkaturvekangas
Kokonaiskasvu:	62,3 m <sup>3</sup> /v	Maaperä:	Keskikarkea tai karkea kangasmaa
Kehitysluokka:	03 Varttunut kasvatusmetsikkö	Saavutettavuus:	Vain kun maa on jäässä
Puuston tilavuus:	Kuviolla 1 048 m <sup>3</sup> Hehtaarilla 103 m <sup>3</sup> /ha		

#### PUUSTO

Ikä:	54 v
Keskiläpimitta:	16 cm
Keskipituus:	14 m
Runkoluku:	900 kpl/ha
Pohjapinta-ala:	15 m <sup>2</sup> /ha
Tilavuus:	1 048 m <sup>3</sup>
Puulajijakauma:	69 % mänty, 19 % kuusi, 12 % lehtipuu
Tukki (puusto):	mänty 118 m <sup>3</sup> , kuusi 35 m <sup>3</sup>
Kuitu (puusto):	mänty 588 m <sup>3</sup> , kuusi 148 m <sup>3</sup> , koivu 121 m <sup>3</sup>

Kuvio 4. Kuvion 6 perustiedot Metsään.fi-verkkopalvelussa (Suomen metsäkeskus 2022)

Tutkimukseen valikoitiin yhteensä kuusi metsikkökuviota. Näistä kuudesta kuvista neljä oli varttuneita kasvatusmetsiköitä ja nuoria kasvatusmetsiköitä oli kaksi. Kasvupaikoista tuoreita kankaita oli kolme, kuivahkoja kankaita kaksi sekä yksi lehtomainen kangas. Tutkimus siis keskittyy pääosin tuoreilla kankailla oleviin varttuneisiin kasvatusmetsiin, joita tilalla on selvästi eniten suhteessa muihin kehitysluokkiin ja kasvupaikkoihin. Tutkimukseen valikoin metsikkökuviot niiden käsittelyhistorian ja puustotietojen eroavaisuuksien perusteella.

#### 4.2 Avoimet ja maastotarkastetut kuviotiedot sekä niiden erot

##### 4.2.1 Kuvio 6

Kuvio 6 on tuoreen kankaan varttunutta kasvatusmetsikköä, jonka pääpuulaji on mänty ja sen pinta-ala on yhteensä 10,2 hehtaaria. Kuvio 6 on uudistettu 44 vuotta sitten kylvämällä männylle, jolloin maanmuokkauksena on käytetty säätöauraa. Kuviolle 6 on historian aikana tehty kaksi kertaa taimikonhoito sekä ensiharvennus on tehty vuonna 2015.

Kuviolla 6 lähes jokaisessa puustotietojen osa-alueessa oli suurta heittoa. Maastotarkastuksessa ilmeni, että puuston ikä oli 10 vuotta nuorempaa, keskiläpimitta kaksi senttimetriä suurempi, keksipituus yhden metrin suurempi ja pohjanpinta-ala viisi neliötä hehtaarilla suurempi. Tämän vuoksi kuvion kokonaispuusto oli 542 kuutiota suurempi, kuin avoimen tiedon perusteella. Puulajisuhteet olivat melko lähellä toisiaan avoimen ja maastotarkastetun tiedon välillä (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Kuvion 6 avoimen metsävaratiedon (avoim) ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 19; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala ha	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvupaikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoin	6	10,2	Mänty	03	Tuore	Keskikarkea kangasmaa	6,1
Tarkastettu	6	10,2	Mänty	03	Tuore	Hienojakoinen kangasmaa	7,8

Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimittam	Keskipituus cm	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha	Tilavuus/kuviolla
Avoin	54	16	14	900	15	103	1048
Tarkastettu	44	18	15	867	20	156	1590
Erotus	-10	2	1	-33	5	53	542

Avoin	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	69 %	19 %	12 %
	Tukki m <sup>3</sup>	12	3	
	Kuitu m <sup>3</sup>	58	15	12
	Yhteensä:	99		
Tarkastettu	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	72 %	22 %	7 %
	Tukki m <sup>3</sup>	33	5	
	Kuitu m <sup>3</sup>	76	28	10
	Yhteensä:	152		

#### 4.2.2 Kuvio 11

Kuvio 11 on tuoreen kankaan nuorta kasvatusmetsikköä, jonka pääpuulaji on mänty. Kuvion 11 pinta-ala on yhteensä 2,3 hehtaaria. Kuvio 11 on uudistettu 22 vuotta sitten kylvämällä ja maanmuokkauksena on käytetty äestystä. Kuvion historiassa taimikonhoidot on tehty kaksi kertaa, mikä näkyy puuston hyvässä laadussa. Avoimen metsävaratiedon perusteella kuvion kehitysluokka olisi vielä taimikko yli 1,3 metriä eli (T2), mutta maastotarkastuksessa saatujen tietojen perusteella kehitysluokka olikin nuori kasvatusmetsikkö (02) (Taulukko 2.)

Kuviolla 11 puustotiedot pitivät paikkansa hyvin, kun huomioidaan, että kyseessä oli melko nuori ja tiheä metsikkö, jossa avoin metsävaratieto on epävarminta.

Pohjanpinta-alassa, runkoluvussa sekä keskiläpimitassa olivat suhteessa suurimmat erot, muutoin puustotiedot pitivät hyvin paikkansa. Puulajisuhteissa erot olivat merkittävämpiä kuin kuvion perustiedoissa. Avoimentiedon mukaan puusto olisi ollut monipolista, mutta maastotarkastuksessa ilmeni selkeästi, että kuvio oli mäntyvaltainen (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Kuvion 11 avoimet ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 26; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvu- paikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoim	11	2,3	Mänty	T2	Tuore	Keskikarkea kangasmaa	5,9
Tarkastettu	11	2,3	Mänty	02	Tuore	Keskikarkea kangasmaa	8,2

Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimita cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha m <sup>3</sup>	Tilavuus/kuvion m <sup>3</sup>
Avoim	25	8	7	2510	10	40	93
Tarkastettu	22	11	8	2117	19	81	191
Erotus	-3	3	1	-393	9	41	98

Avoim	<b>Puulajijakauma:</b>	<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>	<b>Lehtipuu</b>
	Tilavuus%	35 %	35 %	30 %
	Tukki m <sup>3</sup>			
	Kuitu m <sup>3</sup>	15	6	13
	<b>Yhteensä:</b>	<b>34</b>		
Tarkastettu	<b>Puulajijakauma:</b>	<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>	<b>Lehtipuu</b>
	Tilavuus%	84 %	11 %	4 %
	Tukki m <sup>3</sup>			
	Kuitu m <sup>3</sup>	59	8	3
	<b>Yhteensä:</b>	<b>70</b>		

#### 4.2.3 Kuvio 14

Kuvio 14 on lehtomaisen kankaan puhdas kuusikko, jonka kehitysluokka on vartunut kasvatusmetsikkö. Kuvion pinta-ala on yhteensä 1,3 hehtaaria. Kuvio 14 on entinen kotitalouseläimien laidunmaa, joka on metsitetty 41 vuotta sitten. Puusto on kasvanut tiheässä ennen ensiharvennusta, joka on suoritettu vuonna 2015.

Kuviolla 14 on iässä, keskiläpimitassa, runkoluvussa ja pohjanpinta-alassa suurimmat erot avoimen ja maastotarkastetun tiedon välillä. Puuston keskipituus ja tilavuus olivat melko tarkasti avoimessa tiedossa. Puulajisuhteissa oli paljon eroja siihen nähden, että kuviolla ei ollut muita puulajeja kuin kuusta (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Kuvion 14 avoimet ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 31; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvupaikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoin	14	1,3	Kuusi	02	Lehtomäinen	Keskikarkea kangasmaa	6,7
Tarkastettu	14	1,3	Kuusi	03	Lehtomäinen	Keskikarkea kangasmaa	7,6

Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimita cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha m <sup>3</sup>	Tilavuus/kuviolla m <sup>3</sup>
Avoin	52	16	13	1090	17	104	135
Tarkastettu	41	19	12	818	21	118	153
Erotus	-11	3	-1	-272	4	14	18

Avoin	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	12 %	78 %	10 %
	Tukki m <sup>3</sup>	3	12	
	Kuitu m <sup>3</sup>	9	65	10
	Yhteensä:	100		
Tarkastettu	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	0 %	100 %	0 %
	Tukki m <sup>3</sup>		18	
	Kuitu m <sup>3</sup>		97	
	Yhteensä:	115		

#### 4.2.4 Kuvio 24

Kuvio 24 on kuivahkon kankaan männikkö, jonka kehitysluokka on nuori kasvatusmetsä. Kuvion pinta-ala on 0,9 hehtaaria. Kuvio on uudistettu 48 vuotta sitten kylvämällä, maanmuokkausmenetelmästä ei ole tarkkaa tietoa. Puusto on kasvanut liian tiheässä ja tämän takia se on riukuuntunutta, joten ensiharvennus tulisi

tehdä välittömästi. Taimikonhoidot on tehty kuviolle ajallaan, mutta puusto runkoluku on jäänyt liian suureksi.

Kuviollla 24 avoin metsävaratieto piti hyvin paikkansa iän ja keskipituuden suhteen, mutta keskiläpimitan runkoluvun ja pohjanpinta-alan suhteen erot olivat suuria. Tämän vuoksi myös puuston tilavuudessa oli myös suuri ero avoimen ja maastotarkastetun välillä. Puuston hehtaarikohtainen runkoluku erosi 1070 kappaletta hehtaarilla ja pohjanpinta-ala kahdeksalla neliöllä hehtaarilla. Puulajisuhteet pitivät hyvin paikkansa avoimen ja tarkastetun tiedon välillä (Taulukko 4.)

Taulukko 4. Kuvion 24 avoimet ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 41; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvupaikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoin	24	0,9	Mänty	02	Kuivahko	Kivinen keskikarkea kangasmaa	5,7
Tarkastettu	24	0,9	Mänty	02	Kuivahko	Kivinen keskikarkea kangasmaa	8,7

Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimita cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha m <sup>3</sup>	Tilavuus/kuviollla m <sup>3</sup>
Avoin	51	15	13	1480	21	130	117
Tarkastettu	48	13	13	2550	29	190	165
Erotus	-3	-2	0	1070	8	60	48

Avoin	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	90 %	10 %	
	Tukki m <sup>3</sup>	1		
	Kuitu m <sup>3</sup>	111,1	11	
	<b>Yhteensä:</b>	<b>123,1</b>		
Tarkastettu	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	94 %	6 %	
	Tukki m <sup>3</sup>			
	Kuitu m <sup>3</sup>	169	10	
	<b>Yhteensä:</b>	<b>179</b>		

## 4.2.5 Kuvio 37

Kuvio 37 on 0,7 hehtaarin tuoreen kankaan mäntyvaltainen sekametsä, jonka kehitysluokka on varttunut kasvatusmetsä. Kuvio on uudistettu 50 vuotta sitten männylle, mutta jäänyt vähemmälle hoidolle, jolloin luontaisesti syntynyttä lehtipuuta ja kuusta on syntynyt männikön alle. Puusto on harvennettu noin 20 vuotta sitten metsurityönä.

Kuvion 37 puustotiedot pitivät hyvin paikkansa avoimessa metsävaratiedossa. Maastomittauksessa ei ilmennyt suurempia eroavaisuuksia, lukuun ottamatta ikää, joka oli avoimessa tiedossa yliarvio. Puulajisuhteissa oli pientä eroavaisuutta, mutta havupuiden ja lehtipuiden suhde oli melko lähellä toisiaan avoimessa ja maastotarkastetuissa puustotiedoissa (Taulukko 5.)

Taulukko 5. Kuvion 37 avoimet ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 52; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvupaikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoin	37	0,7	Lehtipuu	03	Tuore	Hienoainesmoreeni	6,3
Tarkastettu	37	0,7	Mänty	03	Tuore	Hienojakoinen kangasmaa	5,4
Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimitta cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha m <sup>3</sup>	Tilavuus/kuviolla m <sup>3</sup>
Avoin	59	17	15	1120	20	136	95
Tarkastettu	50	17	15	1085	21	143	97
<b>Erotus</b>	<b>-9</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-35</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>2</b>
<b>Avoin</b>	<b>Puulajijakauma:</b>			<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>	<b>Lehtipuu</b>	
	<b>Tilavuus%</b>			37 %	20 %	43 %	
	<b>Tukki m<sup>3</sup></b>			23	7		
	<b>Kuitu m<sup>3</sup></b>			26	19	56	
	<b>Yhteensä:</b>			<b>130</b>			
<b>Tarkastettu</b>	<b>Puulajijakauma:</b>			<b>Mänty</b>	<b>Kuusi</b>	<b>Lehtipuu</b>	
	<b>Tilavuus%</b>			50 %	13 %	37 %	
	<b>Tukki m<sup>3</sup></b>			38	1		
	<b>Kuitu m<sup>3</sup></b>			30	17	50	
	<b>Yhteensä:</b>			<b>136</b>			

#### 4.2.6 Kuvio 82

Kuvio 82 on neljän hehtaarin kuivahkon kankaan männikkö, jonka kehitysluokka on varttunut kasvatusmetsä. Kuvio on uudistettu 49 vuotta sitten istuttamalla, jolloin maanmuokkauksena on käytetty laikutusta. Historiatiedon mukaan kuviota on raivattu useamman kerran, mutta ensiharvennusta ei ole koskaan suoritettu kaukaisen sijainnin takia. Kuvio on kärsinyt harventamattomuuden takia suurista lumituhoista vuonna 2017.

Kuvion 82 puustotiedot olivat oikein avoimessa tiedossa keskiläpimitan ja keskipituuden osalta. Ikä oli tällä kuviolla yliarvio avoimessa tiedossa. Runkoluvussa ja pohjanpinta-alassa oli suuret erot avoimen ja maastotarkastetun tiedon välillä. Tämän johdosta puuston tilavuus koko kuviolla oli yhteensä 260 kuutiota suurempi. Puulajijakauma oli tällä kuviolla lähellä oikeaa avoimessa metsävaratiedossa, verrattuna tarkastettuun puustotietoon (Taulukko 6.)

Taulukko 6. Kuvion 82 avoimet ja tarkastetut puustotiedot (Heikkinen 2021, 103; Suomen metsäkeskus 2022)

Perustiedot:	Kuvionumero	Pinta-ala	Pääpuulaji	Kehitysluokka	Kasvupaikka	Maalaji	Kokonaiskasvu m <sup>3</sup> /ha/v
Avoin	82	4	Mänty	03	Kuivahko	Karkea moreeni	5,3
Tarkastettu	82	4	Mänty	03	Kuivahko	Karkea moreeni	6

Puustotiedot:	Ikä v	Keskiläpimitta cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus/ha m <sup>3</sup>	Tilavuus/kuviolla m <sup>3</sup>
Avoin	58	17	14	1010	18	126	505
Tarkastettu	49	17	14	1409	27	191	765
Erotus	-9	0	0	399	9	65	260

Avoin	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	81 %	13 %	6 %
	Tukki m <sup>3</sup>	27		
	Kuitu m <sup>3</sup>	74	15	7
	Yhteensä:	122		
Tarkastettu	Puulajijakauma:	Mänty	Kuusi	Lehtipuu
	Tilavuus%	90 %	6 %	3 %
	Tukki m <sup>3</sup>	43		
	Kuitu m <sup>3</sup>	124	12	6
	Yhteensä:	185		

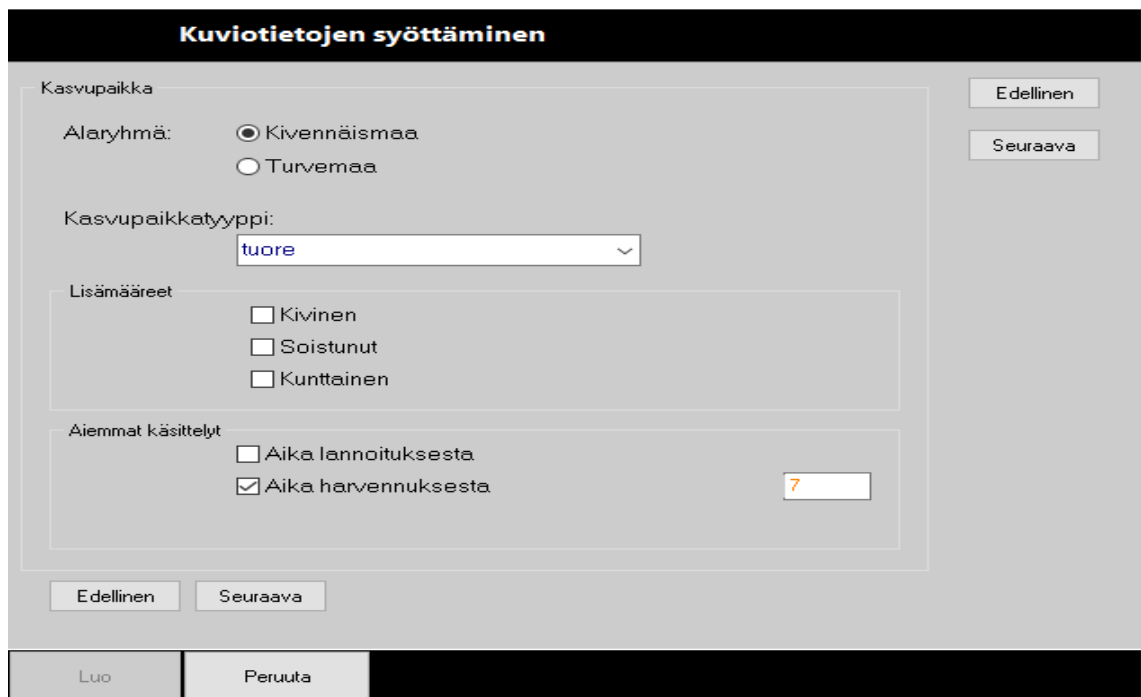
#### 4.3 Simulointi

Tässä tutkimuksessa metsikkökuvioiden simulointi toteutettiin Luonnonvarakeskuksen ylläpitämällä Motti-simulaattorilla. Tutkimuksessa käytettävän Motti-simulaattorin tarkempi mallikuvaus on OpeMotti 6.0.9. Simulointien tarkoituksena on havainnollistaa metsikkökuvioiden puuston kehitystä, eri käsittelyketjujen taloudellisia vaikutuksia jaksollisessa kasvatuksessa sekä saada selville maastokäynnillä saatavaa taloudellista hyötyä (Luonnonvarakeskus 2013.) Erilaisilta käsittelyketjuilta saatavaa hehtaarikohtaista taloudellista hyötyä on kuvattu nettonykyarvolla kolmen prosentin korkokannalla kiertoajan lopussa. Maastokäynnin taloudellinen hyöty saadaan vähentämällä avoimen metsävaratiedon pohjalta tehty

käsittelyketjun nettohykyarvo tarkastetun tiedon käsittelyketjusta saatavalla nettohykyarvolla.

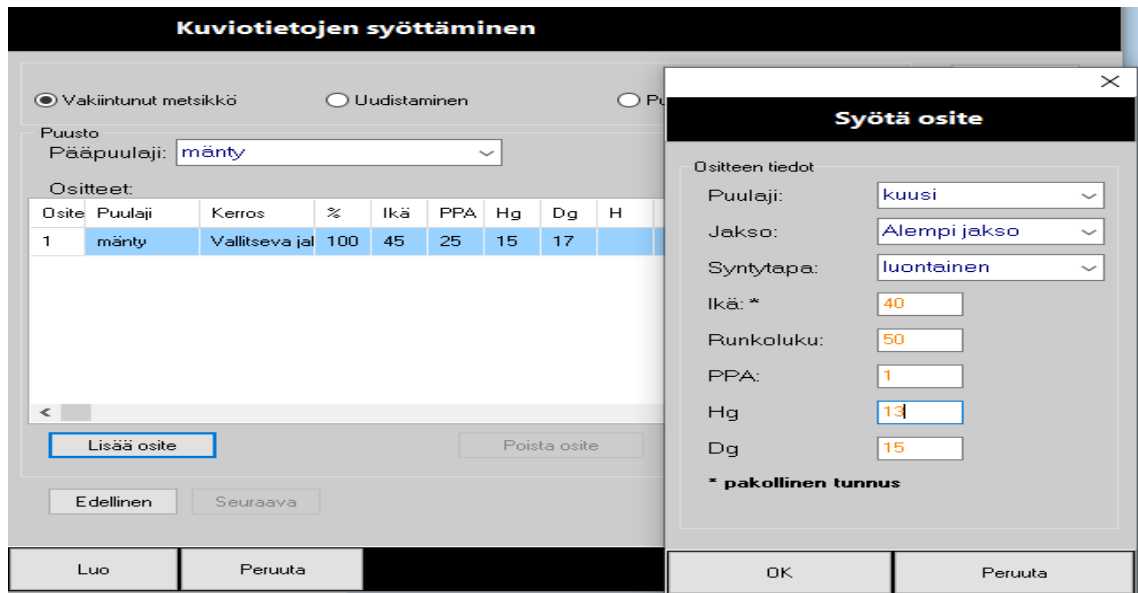
Tässä tutkimuksessa simulointien hakkuutapoina käytettiin ala-, ylä- ja laatuharvennusta, jotka ovat yleisesti käytössä olevia metsänhoidonsuositusten mukaisia jaksollisen kasvatuksen hakkuutapoja (Äijälä ym. 2019, 145–147). Motti-simulaattori valikoitui käytettäväksi tähän tutkimukseen, koska se soveltuu erinomaisesti jaksollisen kasvatuksen mallintamiseen. Lisäksi Motti-simulaattorin luotettavuutta parantaa sen pitkä kehitystyö, laajat maasto- ja inventointiaineistot sekä pitkään seuratut metsien käsittelykokeet. (Luonnonvarakeskus 2020, 3–45.)

Simulointi Motilla alkaa ensiksi kuviotietojen syöttämisellä ohjelmistoon. Syötettävät perustiedot ovat tilan sijainti, kasvupaikka- ja sen lisämääreet sekä kulunut aika aikaisemmasta lannoituksesta tai harvennuksesta (Kuvio 5.)



Kuvio 5. Kuviotietojen syöttäminen esimerkkikuviosta OpeMotissa

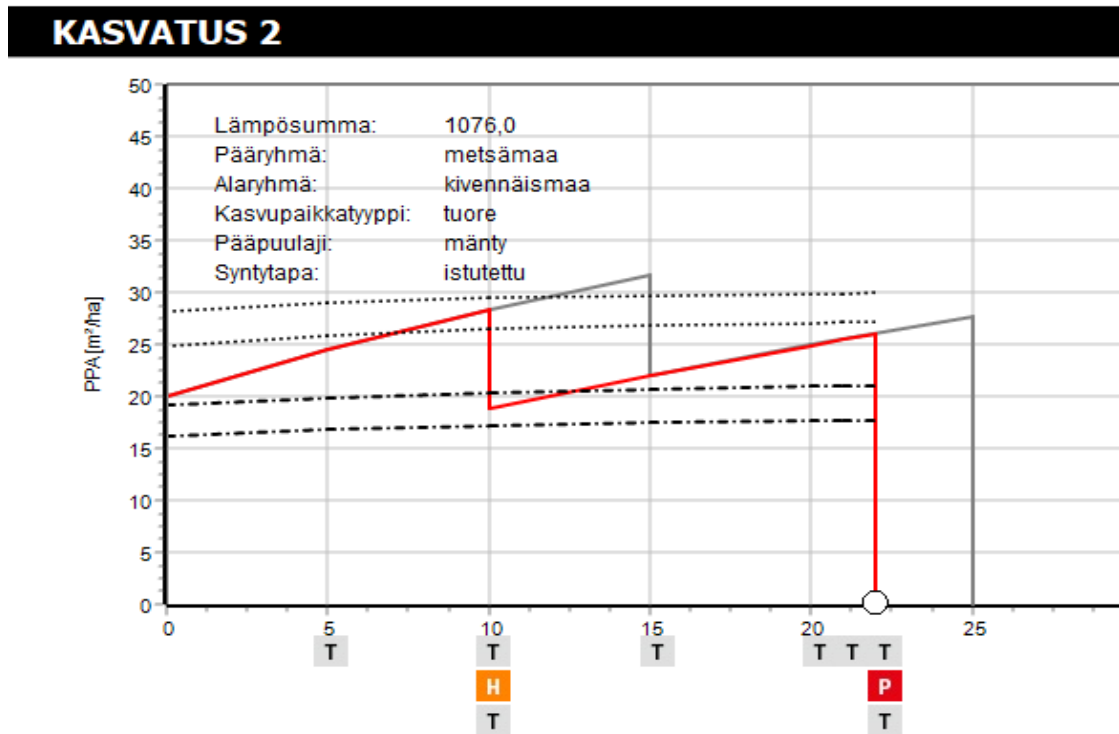
Perustietojen jälkeen syötetään puustotietoja, jotka voidaan lisätä joko valmiista tiedostosta tai manuaalisesti. Esimerkkitapauksessa käytin manuaalista puustotietojen syöttämistä. Puustotiedot lisätään ositteeseen puulajeittain, mihin tarvittavia tietoja ovat seuraavat: puulaji, jakso, synty tapa, ikä, runkoluku, pohjanpinta-ala, keskipituus ja keskiläpimitta (Kuvio 6.)



Kuvio 6. Kuviotietojen syöttäminen esimerkkitapauksessa OpeMotissa

Puustotietojen syöttämisen jälkeen simulointi aloitetaan ensiksi luomalla metsänhoidon suositusten mukainen käsittelyketju avoimen metsävaratiedon pohjalta. Sovelluksessa käytin valmista kasvatusohjelmaa, joka noudatti metsänhoidon suositusten raja-arvoja keskiläpimitan, keskipituuden ja iän suhteen. Kasvatusohjelmassa hakkuutapana toimi metsänhoidon suositusten mukainen perinteinen alaharvennus. Tällä simuloinnilla sain esimerkkikuvion tiedon, minä vuonna metsänhoidonsuositusten mukaan pitää suorittaa kuvion harvennushakkuu ja milloin päätehakkuu. Tämän jälkeen suoritin identtisen käsittelyketjun, millainen muodostui aikaisemman käsittelyketjun kasvatusohjelmasta. Tämän käsittelyketjun tuloksesta sain netto nykyarvon, joka kuvastaa avoimen metsävaratiedon pohjalta tehtyjä hakkuuajankohtien päätöksiä metsänhoidonsuositusten mukaan.

Ensimmäisen käsittelyketjun jälkeen suoritin kasvatusohjelmalla metsänhoidonsuositusten mukaisen käsittelyketjun tarkastetuilla puustotiedoilla. Tässäkin simuloinnissa käytin samaa kasvatusohjelmaa ja samoja raja-arvoja kuin ensimmäisessä simuloinnissa. Näiden kahden ensimmäisen käsittelyketjun netto nykyarvojen erotuksesta saadaan puustotietojen tarkentumisesta sekä sen myötä hakkuuajankohdan tarkentumisesta saatu hehtaarikohtainen tulos kolmen prosentin korokannalla (Kuvio 7.)



Kuvio 7. Esimerkki kahdesta käsittelyketjusta OpeMotissa

Edellä mainittujen kahden metsähoidon suositusten mukaisten käsittelyketjujen jälkeen tein vielä samalle kuviolle 2–3 kappaletta vaihtoehtoisia käsittelyketjua tarkastetuilla puustotiedoilla, missä pyrin testaamalla ja vertailemalla saamaan käsittelyketjun, jolla saadaan suurin nettonykyarvo hehtaaria kohden kolmen prosentin korkokannalla (Kuvio 8). Vaihtoehtoisissa käsittelyketjuissa hakkuutapoina käytin ylä- ja laatuharvennusta ja kiertoajan lopussa suoritin päätehakkuun, johon simulointi päättyi. Hakkuuvoimakkuus oli luotettavuuden takia suurimmillaan 40 prosenttia, Motti-simulaattorin ohjeiden mukaan. Vaihtoehtoisissa käsittelyketjuissa en käyttänyt lannoituksia, koska aikaisimmissakaan käsittelyketjuissa ei lannoitusta käytetty.



Kuvio 8. Esimerkki nettonykyarvojen vertailuista OpeMotissa

Suoritettuani kaikki käsittelyketjut toin saadut tiedot Motti-simulaattorista Exceliin, jossa oli eriteltyä jokaisen käsittelyketjun tarkat puuntuotannolliset määrät ja nettotulokset usealla eri korkokannalla. Näiden tietojen pohjalta sain laskettua jokaisesta käsittelyketjusta nettotuloksen kolmen prosentin korolla (Taulukko 7.)

simulointivuosi	Event	Event item	Unit price	Units	Total valu	PV 1%	PV 2%	PV 3%	PV 4%	PV 5%	PV 6%
1	15	HARVENN mänty, tukki	48	24,47	1174,71	1011,84	872,83	754	652,27	565,06	490,17
1	15	HARVENN mänty, kuitu	15	32,85	492,82	424,49	366,18	316,33	273,65	237,06	205,64
1	15	HARVENN kuusi, tukki	48	4,15	199,41	171,76	148,17	128	110,73	95,92	83,21
1	15	HARVENN kuusi, kuitu	15	10,85	162,7	140,14	120,89	104,43	90,34	78,26	67,89
1	15	HARVENN hieskoivu, kuitu	14	5,73	80,26	69,13	59,64	51,52	44,57	38,61	33,49
1	25	PÄÄTEHAI mänty, tukki	55	159,24	8758,23	6829,39	5338,41	4182,98	3285,36	2586,33	2040,66
1	25	PÄÄTEHAI mänty, kuitu	19	67,68	1285,88	1002,69	783,78	614,14	482,35	379,72	299,61
1	25	PÄÄTEHAI kuusi, tukki	56	20,64	1155,87	901,31	704,54	552,05	433,59	341,33	269,32
1	25	PÄÄTEHAI kuusi, kuitu	20	7,27	145,5	113,45	88,69	69,49	54,58	42,97	33,9
1	25	PÄÄTEHAI hieskoivu, kuitu	18	2,81	50,61	39,47	30,85	24,17	18,99	14,95	11,79
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta				335,69	Net prese	10703,67	8513,96	6797,1	5446,42	4380,2	3535,66
		Kuitu		127,19	BLV:	9925,38	2237,96	498,45	-11,55	-156,06	-179,57
		Tukki		208,5				7295,55			
2	10	HARVENN mänty, tukki	48	20,2	969,44	877,62	795,28	721,35	654,92	595,15	541,33
2	10	HARVENN mänty, kuitu	15	34,7	520,49	471,19	426,98	387,29	351,63	319,54	290,64
2	10	HARVENN kuusi, tukki	48	3,44	164,9	149,29	135,28	122,7	111,4	101,24	92,08
2	10	HARVENN kuusi, kuitu	15	10,62	159,33	144,24	130,71	118,56	107,64	97,82	88,97
2	10	HARVENN hieskoivu, kuitu	14	5,26	73,68	66,7	60,44	54,82	49,77	45,23	41,14
2	22	PÄÄTEHAI mänty, tukki	55	144,16	7928,74	6369,92	5128,62	4137,95	3345,57	2710,44	2200,26
2	22	PÄÄTEHAI mänty, kuitu	19	63,81	1212,43	974,06	784,25	632,76	511,59	414,47	336,46
2	22	PÄÄTEHAI kuusi, tukki	56	18,4	1030,49	827,89	666,56	537,81	434,82	352,27	285,97
2	22	PÄÄTEHAI kuusi, kuitu	20	7,23	144,67	116,23	93,58	75,5	61,04	49,45	40,15
2	22	PÄÄTEHAI hieskoivu, kuitu	18	3,87	69,6	55,92	45,02	36,32	29,37	23,79	19,31
MHS käsittelyketju tarkastetulla aineistolla				311,69	Net prese	10053,05	8266,71	6825,07	5657,75	4709,4	3936,31
		Kuitu		125,49	BLV:	10226,13	2374,94	544,67	-12,99	-180,66	-213,87
		Tukki		186,2				7369,74			

Taulukko 7. Esimerkki käsittelyketjujen tuloksista Excelissä

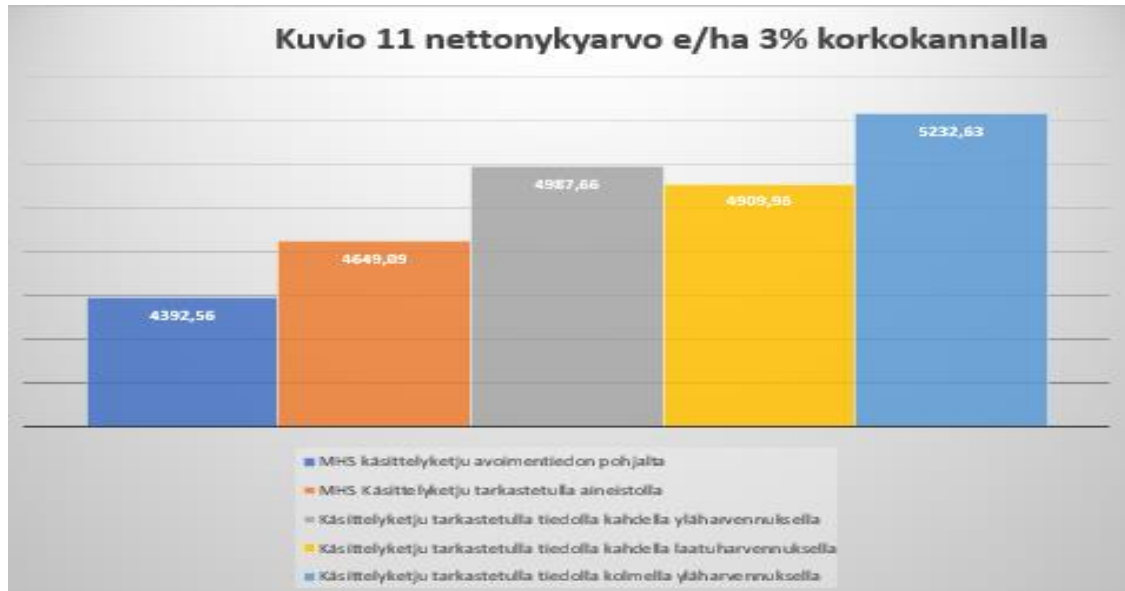
## 5 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Nuoret kasvatusmetsät

#### 5.1.1 Kuvio 11

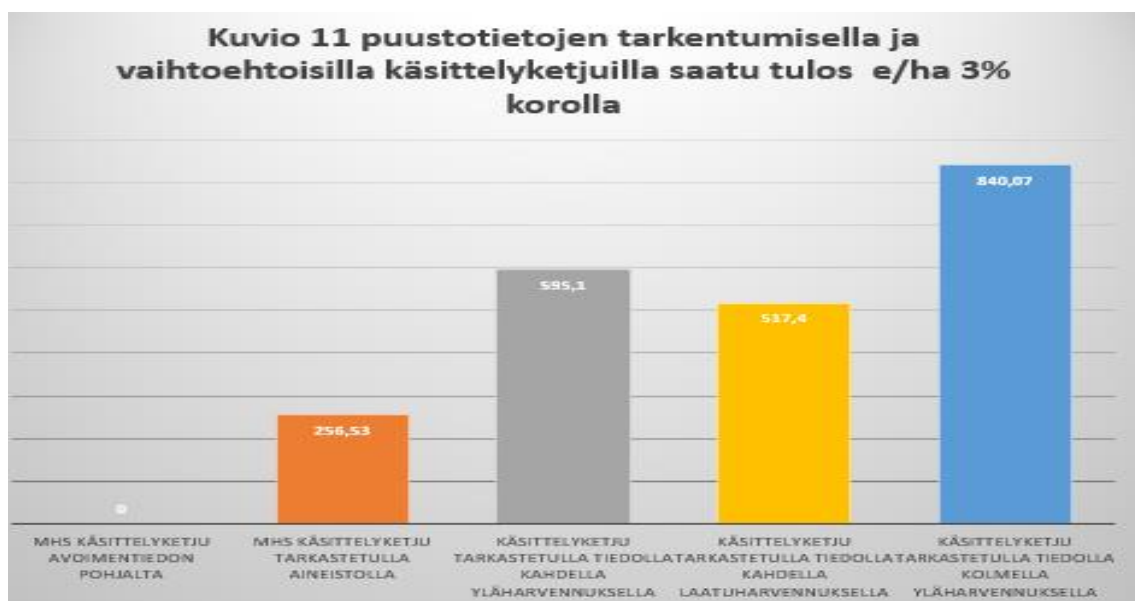
Kuviolla 11 (Liite 1) vaihtoehtoisista käsittelyketjuista simulointien mukaan parhaaseen tulokseen pääsee kolmella yläharvennuksella kiertoajan pidentyessä 55 vuotta nykyhetkestä. Käsittelyketjuissa, joissa tehtiin kaksi yläharvennusta ja kaksi laatuharvennusta, kiertoaika pidentyy 45 vuotta nykyhetkestä. Harvennusajankohdat olivat samat, mutta kahdella yläharvennuksella päästään suurempaan nettonykyarvoon.

Metsänhoidon suositusten mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetulla tiedolla olevalla käsittelyketjulla kuviolla 11 saatiin 256,53 euroa suurempi nykyarvo hehtaarilta kuin avoimen tiedon pohjalta olevassa käsittelyketjussa (Kuvio 9). Avoimen tiedon pohjalta olevassa käsittelyketjussa kiertoaika pidentyy 45 vuotta nykyhetkestä, kun taas tarkastelulla tiedolla kiertoaika pidentyy 41 vuotta nykyhetkestä. Ensiharvennus molemmissa käsittelyketjuissa on kymmenen vuoden kuluttua. Toinen harvennus on avoimen metsävaratiedon pohjalta olevassa käsittelyketjussa 25 vuoden kuluttua ja tarkastetun tiedon käsittelyketjussa 27 vuoden kuluttua. Puustotietojen tarkastuksessa ilmeni, että kuviolla 11 puustoa on selvästi enemmän, mitä avoimesta metsävaratiedosta ilmeni. Tämä vaikuttaa hakkuujankohtien ja kiertoajan lyhentymiseen, joka vaikuttaa positiivisesti nettonykyarvoon (Liite 1.)



Kuvio 9. Kuvion 11 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 11 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimen metsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 256,53 euroa, kahdella yläharvennuksella 595,1 euroa, kahdella laatuharvennuksella 517,4 euroa ja kolmella yläharvennuksella 840,87 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 10.)



Kuvio 10. Kuvion 11 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

### 5.1.2 Kuvio 24

Kuviolla 24 (Liite 1) paras taloudellinen tulos saavutetaan kolmella yläharvennuk-sella kiertoajan pidentyessä 40 vuotta nykyhetkestä. Kolmen laatuharvennuksen käsittelyketjussa kiertoaika on yhtä pitkä, mutta sen taloudellinen tuotos ei yllä kolmen yläharvennuksen tasolle. Kahden yläharvennuksen käsittelyketjun kierto-aika pidentyy 35 vuotta, mutta sen tulos jää kolmen laatuharvennuksen käsittely- ketjua pienemmäksi.

Metsänhoidon suositusten mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetulla tiedolla päästään 265,65 euroa suurempaan hehtaariohtaiseen tulokseen kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehtyyn käsittelyketjuun. Näissä käsittelyketjuissa suu- rimpana erona on, että avoimen tiedon pohjalta metsänhoidon suositusten mu- kaisessa simuloinnissa tulee vain kaksi harvennusta ennen päätehakkuuta, kun taas tarkastetun tiedon pohjalta simulaattori päätyi kolmeen harvennukseen. Kiertoaika pidentyy avoimen tiedon simuloinnissa 30 vuotta nykyhetkestä, kun taas tarkastetun tiedon simuloinnissa 34 vuotta (Liite 1; Kuvio 11.)

Harvennuskertojen ja kiertoaikojen pituuksien selittävinä eroina on suuri muutos puustotiedoissa. Maastotarkastuksessa ilmeni, että avoimen metsävaratiedon paikkansapitävyys on todella heikkoa. Pohjanpinta-ala oli yhteensä kahdeksan neliötä hehtaarilla suurempi sekä runkoja oli 1070 kappaletta enemmän hehta- arilla kuin avoimen metsävaratiedon mukaan (Taulukko 4.) Runkoluvun ollessa to- dellisuudessa noin suuri, niin se mahdollistaa hyvin kolme harvennuskertaa sekä sen myötä päästään korkeampaan taloudelliseen tuotokseen. Tarkastetulla tie- dolla tehdyn käsittelyketjun paremman taloudellisen tuotoksen tukena on myös puuston tilavuuden määrän kasvu maastotarkastuksessa (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Kuvion 24 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 24 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimenmetsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 265,65 euroa, kolmella yläharvennuksella 644,48 euroa, kolmella laatuharvennuksella 439,5 euroa ja kahdella yläharvennuksella 359,58 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 12.)



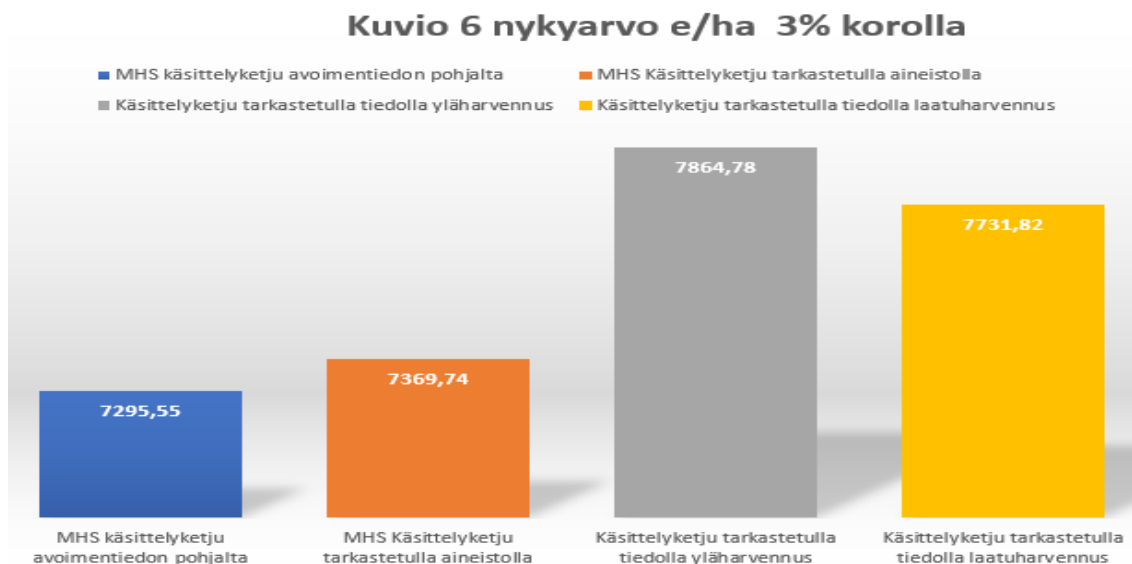
Kuvio 12. Kuvion 24 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

## 5.2 Varttuneet kasvatusmetsät

### 5.2.1 Kuvio 6

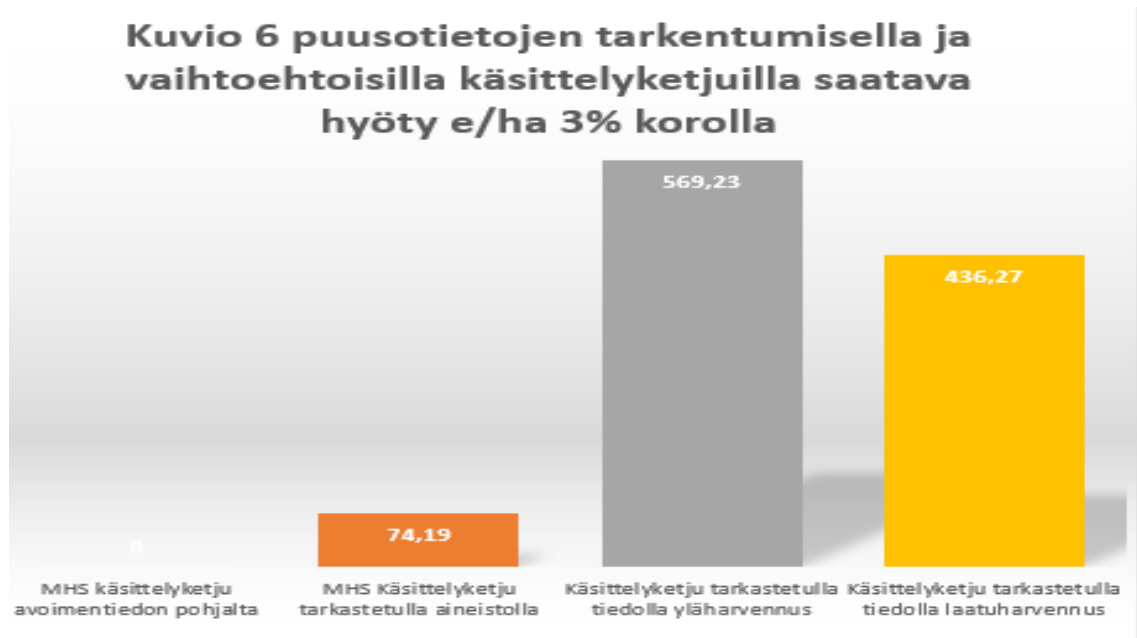
Kuviolla 6 (Liite 2) käsittelyketjuista parhaaseen taloudelliseen tuotokseen päästään yhdellä yläharvennuksella kiertoajan pidentyessä 30 vuodella nykyhetkestä. Toiseksi parhaaseen tulokseen pääsee laatuharvennuksella, samalla 30 vuoden kiertoajan pidentymisellä. Ylä- ja laatuharvennuksissa käsittelyketjut olivat harvennusajankohdilta ja voimakkuuksiltaan samanlaisia.

Metsänhoidonsuositusten mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetulla aineistolla saadaan 74,19 euroa parempi nykyarvo hehtaaria kohden kuin avoimen tiedon pohjalta olevassa käsittelyketjussa. Kuviolla 6 nykyarvon parantumiseen vaikuttaa osittain puustotietojen tarkentuminen sekä hakkuuajankohtien muutokset. Avoimen tiedon pohjalta olevassa käsittelyketjussa harvennus tehdään 15 vuoden kuluttua ja päätehakkuu 25 vuoden kuluttua nykyhetkestä, kun taas tarkastetulla tiedolla olevassa käsittelyketjussa harvennus suoritetaan kymmenen vuoden ja päätehakkuu 22 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Kuviolla 6 maastotarkastuksessa ilmeni, että puusto oli kymmenen vuota nuorempaa ja tilavuutta oli 53 kuutioita hehtaarilla enemmän kuin avoimen tiedon mukaan. Tämä selittää hakkuuajankohtien lyhentymistä, mikä taas vaikuttaa positiivisesti nykyarvoon (Liite 2; Kuvio 13.)



Kuvio 13. Kuvion 6 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 6 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimenmetsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 74,19 euroa, yläharvennuksella 569,23 euroa ja laatuharvennuksella 436,27 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 14.)



Kuvio 14. Kuvion 6 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

### 5.2.2 Kuvio 14

Kuviolla 14 parhaaseen taloudelliseen tuotokseen päästään käsittelyketjulla, jolla tehdään kaksi kertaa yläharvennus ennen päätehakkuuta. Ylä- ja laatuharvennus käsittelyketjuissa kiertoaika pidentyy 30 vuotta nykyhetkestä, eikä hakkuuvoimakkuuksissa ollut eroja (Liite 2; Kuvio 15.)

Metsänhoidonsuositusten mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetulla aineistolla saavutetaan 68,46 euroa suurempi nettonykyarvo tulos hehtaaria kohden kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta. Avoimen tiedon käsittelyketjussa harvennuskertoja tulee kaksi kappaletta ja päätehakkuu on 35 vuoden kuluttua nykyhetkestä, kun taas tarkastetun tiedon käsittelyketjussa harvennuskertoja on vain yksi

ja 16 vuoden kuluttu nykyhetkestä on päätehakkuu. Näin suureen hakkuuajan-kohtien muutoksien vaikuttaa osittain hehtaarikohtaisien runkoluvun pieneneminen ja keskiläpimitan suurentuminen, koska maastotarkastuksessa ilmeni, että runkoluku pieneni 272 kappaletta hehtaarilla ja keskiläpimita nousi kolme senttimetriä. Tämän seurauksena yksi harvennuskerta jää käsittelyketjusta pois ja kiertoaika lyheni, koska puusto saavuttaa keskiläpimitan perusteella uudistuskypsyyden rajan nopeammin (Liite 2; Kuvio 15.)



Kuvio 15. Kuvion 14 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 14 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimenmetsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 68,46 euroa, yläharvennuksella 506,97 euroa ja laatuharvennuksella 402,56 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 16.)



Kuvio 16. Kuvion 14 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

### 5.2.3 Kuvio 37

Kuviolla 37 parhaaseen taloudelliseen tulokseen päästään käsittelyketjulla, jossa tehdään kaksi yläharvennusta ennen päätehakkua. Yhden yläharvennuksen käsittelyketju tuottaa paremman tuloksen, kuin kahden laatuharvennuksen käsittelyketju. Edellä mainituissa käsittelyketjuissa kiertoaika pidentyy molemmissa 30 vuotta nykyhetkestä, sekä niiden hakkuuvoimakkuudet ovat yhtä voimakkaita (Liite 2; Kuvio 17.)

Metsänhoidonsuosituksen mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetun aineiston käsittelyketju tuottaa 115,65 euroa suuremman nettonykyarvon hehtaaria kohden, kuin avoimen tiedon käsittelyketju. Avoimen tiedon käsittelyketjussa alaharvennus on 13 vuoden kuluttua ja päätehakkuu 23 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Tarkastetun aineiston käsittelyketjussa alaharvennus on viiden vuoden kuluttua ja päätehakkuu 20 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Puustotietojen tarkastusten johdosta sekä harvennus että päätehakkua ajankohta aikaistuvat verrattuna avoimentiedon käsittelyketjuun, vaikka puustotiedoissa ei tällä kuviolla ollut niin suurta ero kuin muilla kuviolla (Liite 2; Kuvio 17.)



Kuvio 17. Kuvion 37 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 37 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimenmetsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 115,65 euroa, kahdella yläharvennuksella 722,89 euroa, kahdella laatuharvennuksella 497,47 euroa ja yhdellä yläharvennuksella 583,86 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 18.)



Kuvio 18. Kuvion 37 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

#### 5.2.4 Kuvio 82

Kuviolla 82 parhaaseen taloudelliseen tuotokseen päästään käsittelyketjulla, jossa suoritetaan kaksi yläharvennusta ennen päätehakkuuta. Kahden laatuharvennuksen käsittelyketju tuottaa hieman heikomman tuloksen, vaikka hakkuujankohdat ja niiden voimakkuudet ovat samanlaisia (Liite 2; Kuvio 19.)

Metsänhoidon suositusten mukaisissa käsittelyketjuissa tarkastetun aineiston käsittelyketju tuottaa 286,09 euroa suuremman tuloksen kuin avoimen tiedon käsittelyketju. Avoimen tiedon käsittelyketjussa alaharvennus suoritetaan 11 vuoden ja päätehakkuu 22 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Tarkastetun tiedon käsittelyketjussa suoritetaan yhteensä kaksi alaharvennusta, joista ensimmäinen on heti ja toinen 13 vuoden kuluttua nykyhetkestä. Päätehakkuu suoritetaan 26 vuoden kuluttua, joten tässä käsittelyketjussa kiertoaika pidentyy neljä vuotta. Suurimmat erot näiden käsittelyketjujen välillä aiheuttaa maastotarkastuksessa ilmennyt puuston määrän nousu. Yhdellä hehtaarilla runkoluku on 399 kappaletta- ja pohjanpinta-ala yhdeksän neliötä suurempi. Tämä taas mahdollistaa kuviolla 82 kaksi harvennuskertaa yhden sijaan, jolla saavutetaan parempi nettonykyarvo. Osittain tulokseen vaikuttaa myös puuston tilavuuden lisääntyminen 65 kuutiolla hehtaaria kohden, joka vaikuttaa suoraan positiivisesti nettonykyarvoon (Liite 2; Kuvio 19.)



Kuvio 19. Kuvion 82 vaihtoehtoisten käsittelyketjujen nettonykyarvot (Heikkinen 2022)

Kuviolla 82 puustotietojen tarkentumisella ja vaihtoehtoisilla käsittelyketjuilla päästiin erilaisiin tuloksiin. Avoimen metsävaratiedon pohjalta tehtyyn alaharvennus käsittelyketjuun verrattuna tarkastetulla alaharvennuksella saadaan 286,09 euroa, kahdella yläharvennuksella 687,08 euroa ja kahdella laatuharvennuksella 571,92 euroa parempi tulos hehtaaria kohden (Kuvio 20.)



Kuvio 20. Kuvion 82 nettonykyarvojen ero suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

### 5.3 Yhteenveto

#### 5.3.1 Nuoret kasvatusmetsät

Nuorissa kasvatusmetsissä keskimääräisesti parhaaseen tulokseen päästään käsittelyketjulla, jossa tehdään kolme yläharvennusta ennen päätehakkuuta. Tällä käsittelyketjulla saadaan keskimäärin 742,27 euroa parempi nettonykyarvo hehtaaria kohden, kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta olevassa alaharvennus käsittelyketjussa (Kuvio 21.)

Kahden ylä- ja laatuharvennuksen käsittelyketjuissa saadaan lähes sama keskiarvoinen tulos. Kahden laatuharvennuksen käsittelyketju tuottaa keskimäärin 478,45 euroa paremman tuloksen kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehty alaharvennus käsittelyketju. Kahden laatuharvennuksen käsittelyketju on 1,11 euroa parempi kuin kahden yläharvennuksen käsittelyketju (Kuvio 21.)

Tarkastetulla puustotiedolla tehty alaharvennuskäsittelyketju tuottaa keskimäärin 261,59 euroa paremman nettonykyarvon kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehty käsittelyketju. Näissä käsittelyketjuissa parempaan nettonykyarvotulokseen vaikuttaa osittain puuston tilavuuden ja runkoluvun lisääntyminen. Näillä puustotietojen lisääntymisellä on vaikutusta hakkuuajankohtien aikaistumiseen ja niiden määrään, joilla saadaan positiivinen vaikutus nettonykyarvoon (Kuvio 21.)



Kuvio 21. Nuorien kasvatusmetsien vaihtoehtoisten käsittelyketjujen keskiarvoisten nettonykyarvojen erot suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

Tässä tutkimuksessa nuorissa kasvatusmetsissä suurimmat puustotietoerot tulivat runkoluvussa, pohjanpinta-alassa ja tilavuudessa. Keskimäärin runkolukuja oli 338,5 kappaletta, pohjanpinta-alaa 8,5 neliötä ja tilavuutta 50,5 kuutiota hehtaaria kohden enemmän kuin avoimessa metsävaratiedossa. Puustotiedoista tärkeimpä olivat ikä, keskiläpimitta ja keskipituus (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Nuorten kasvatusmetsien avoimen -ja tarkastetun metsävaratiedon puustotietojen erotusten keskiarvot (Heikkinen 2022)

Nuorten kasvatusmetsien puustotietojen keskiarvoiset erot avoimen- ja tarkastetun tiedon välillä						
Ikä v	Keskiläpimitta cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus m <sup>3</sup> /ha	Tilavuus m <sup>3</sup> /kuviolla
-3	0,5	0,5	338,5	8,5	50,5	73

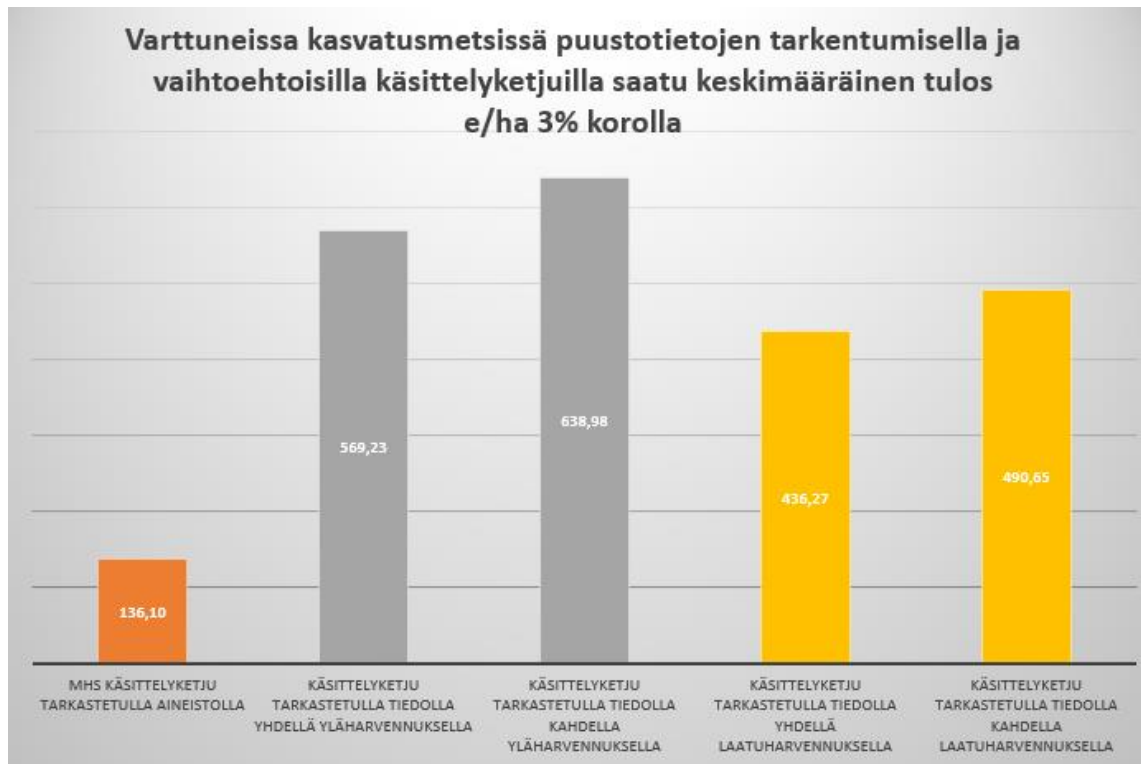
### 5.3.2 Varttuneet kasvatusmetsät

Varttuneissa kasvatusmetsissä keskimäärin parhaaseen taloudelliseen tuotokseen päästiin käsittelyketjulla, jossa tehtiin kaksi yläharvennusta. Kahden yläharvennuksen käsittelyketjussa saadaan keskimäärin 638,98 euroa parempi nettonykyarvo kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehdyssä alaharvennuskäsittelyketjussa. Yhden yläharvennuksen käsittelyketjussa saadaan keskimäärin 569,23 euroa suurempi nettonykyarvo, joka on 69,75 euroa pienempi kuin kahden yläharvennuksen käsittelyketjussa. (Kuvio 22.)

Varttuneissa kasvatusmetsissä yhden ja kahden laatuharvennuksen käsittelyketjuissa jääetään pienempään nettonykyarvotuotokseen kuin millään yläharvennuskäsittelyketjulla. Yhden laatuharvennuksen käsittelyketju tuottaa keskimäärin 436,27 euroa ja kahden laatuharvennuksen käsittelyketju 490,65 euroa suuremman nettonykyarvon kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta oleva alaharvennuskäsittelyketju. Yhden laatuharvennuksen käsittelyketjun nettonykyarvo jää keskimäärin 202,71 euroa pienemmäksi kuin parhaan yläharvennuskäsittelyketjun nettonykyarvo. Kahden laatuharvennuksen käsittelyketjun nettonykyarvo jää keskimäärin 148,33 euroa pienemmäksi kuin parhaan yläharvennuksen käsittelyketjun nettonykyarvo (Kuvio 22.)

Metsänhoidon suositusten mukainen alaharvennuskäsittelyketju tarkastetuilla puustotiedoilla tuottaa keskimäärin 136,10 euroa paremman nettonykyarvon hehtaaria kohden kuin avoimen metsävaratiedon pohjalta tehty alaharvennuskäsittelyketju. Varttuneissa kasvatusmetsissä puustotietojen tarkentumisen johdosta tulevilla hakkuuajankohdan muutoksilla ei enää ole niin suurta roolia kuin nuorissa kasvatusmetsissä, joissa hakkuumahdollisuuksia on enemmän. Tutkimukseen

valituilla varttuneiden kasvatusmetsien kuvioilla on yleisesti mahdollista suorittaa enää yksi tai kaksi harvennusta ennen päätehakkuuta. Varttuneissa kasvatusmetsissä avoimen metsävaratiedon luotettavuus on parempaa kuin nuorissa kasvatusmetsissä, minkä takia puustotietojen tarkentumisella saatava hyöty on pienempää (Kuvio 22.)



Kuvio 22. Varttuneiden kasvatusmetsien vaihtoehtoisten käsittelyketjujen keskiarvoisten nettonykyarvojen erot suhteessa avoimen metsävaratiedon käsittelyketjuun (Heikkinen 2022)

Tässä tutkimuksessa varttuneissa kasvatusmetsissä keskimääräisesti suurimmat puustotietojen erot tulivat sen iässä ja pohjanpinta-alassa. Maastotarkastuksissa ilmeni, että ikää oli keskimäärin yhdeksän vuotta vähemmän kuin avoimessa metsävaratiedossa ilmoitettiin. Pohjanpinta-alaa oli 3,3 neliötä enemmän hehtaaria kohden kuin avoimessa metsävaratiedossa ilmoitettiin. Tarkastetuissa puustotiedoissa keskiläpimitta, keskipituus ja tilavuus olivat hyvin lähellä samaa kuin avoimessa metsävaratiedossa (Taulukko 9.)

Taulukko 9. Varttuneiden kasvatusmetsien avoimen -ja tarkastetun metsävaratiedon puustotietojen erotusten keskiarvot. (Heikkinen 2022)

Varttuneiden kasvatusmetsien puustotietojen keskiarvoiset erot avoimen- ja tarkastetun tiedon välillä						
Ikä v	Keskiläpimitta cm	Keskipituus m	Runkoluku kpl/ha	Pohjanpinta-ala m <sup>2</sup> /ha	Tilavuus m <sup>3</sup> /ha	Tilavuus m <sup>3</sup> /kuviolla
-9	0,83	0	11,5	3,3	24	138,5

#### 5.4 Johtopäätökset

Tässä tutkimuksessa suurimpiin nettonykyarvoihin päästiin käyttämällä hakkuutapana yläharvennusta. Yläharvennuksen kannattavuus perustuu hakkuussa valittavien puiden logiikkaan. Yläharvennuksessa poistetaan metsikön suurimpia lisä- ja päävaltapuita, joiden suhteellinen arvokasvu on pientä. Nämä puut ovat yleensä saavuttaneet tukkipuun mitat, eikä niissä sen vuoksi ole odotettavissa suurta arvosiirtymää. Hakkuussa siis poistetaan tukkipuut ja hakkuun jälkeen metsikköön jää kuiturungot ja pienet tukkipuut, joilla on odotettavissa suurta arvosiirtymää lähitulevaisuudessa, kun kuiturunko saavuttaa tukkipuun mitat. (Pukala ym. 2011.)

Yläharvennus on hakkuutapana kannattavin molemmissa kehitysluokkavaiheissa. Etenkin nuorissa kasvatusmetsissä harvennuskertojen määrä korosti nettonykyarvon parantumista. Sama ilmiö oli myös havaittavissa varttuneissa kasvatusmetsissä. Mikäli metsikössä on mahdollista tehdä runkoluvun suhteen useampi harvennus ennen päätehakkuuta, sillä päästään suurempaan nettonykyarvoon kuin silloin, kun tehtäisiin esimerkiksi yksi voimakas harvennus ennen päätehakkuuta. Tämä ei ole mahdollista kaikissa metsiköissä, mutta tämän tutkimuksen pohjalta useampaan harvennuskertaan kannattaa taloudellisessa näkökulmassa pyrkiä.

Tutkimuksessa puustotietojen tarkentumisella havaittiin olevan myös positiivinen vaikutus nettonykyarvoon. Suurimmat vaikutukset puustotietojen tarkentumisella tulevat ensimmäiseen harvennuksen ajankohtaan. Tällä on suuri vaikutus koko

kiertoajalla tapahtuvien harvennusten ajankohtiin sekä kiertoajan pituuteen. Suurimmalla osalla tässä tutkimuksessa olleista kuvioista puustoa oli todellisuudessa enemmän, kuin mitä avoimesta metsävaratiedosta ilmeni. Tämä itsessään johtaa nettonykyarvon parantumiseen, mutta myös hakkuuajankohtien aikaistumiseen, joilla on suuri positiivinen vaikutus nettonykyarvoon. Tämän takia nykyisen avoimen metsävaratiedon tarkkuuden perusteella ei kannata tehdä hakkuupäätöksiä ilman maastotarkastusta, mikäli tavoittelee metsästä maksimaalista tuottoa. Lisäksi maastotarkistuksen yhteydessä pystytään valikoimaan metsikköön juuri oikea hakkuutapa sekä mahdollisesti hyödyntää alikasvosta, mikäli sellaista on kehittynyt. Tämänhetkinen laserkeilausteknologia ei pysty havaitsemaan alikasvosta.

## 6 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin eri käsittelyketjujen taloudellista kannattavuutta ja avoimen metsävaratiedon paikkaansa pitävyyttä nuorissa ja varttuneissa kasvatusmetsissä. Opinnäytetyössä tavoitteena oli selvittää metsänomistajalle kohdistuvat taloudelliset vaikutukset, mikäli hän tekisi päätöksiä puhtaasti avoimen metsävaratiedon pohjalta. Lisäksi opinnäytetyössä tarkasteltiin avoimen metsävaratiedon tarkkuutta Kalmumäen tilalla. Kaikkiin näihin tutkimuskysymyksiin saatiin vastauksia ja niitä on käsitelty tulosten tarkastelu ja johtopäätökset -osiossa.

Ennen tutkimuksen tekoa oletin, että avoimessa metsävaratiedossa on epävarmuutta etenkin nuorissa kasvatusmetsissä. Avoimen metsävaratiedon tarkkuus ei tuonut suuria yllätyksiä tutkimuksessa. Tarkastetuissa puustotiedoissa oli etenkin iässä, keskiläpimitassa ja keskipituudessa eroa suhteessa avoimeen metsävaratietoon. Runkoluvussa ja pohjanpinta-alassa oli osassa kuvioista suuria eroja avoimen ja tarkastetun tiedon välillä etenkin nuorissa kasvatusmetsissä. Tämänhetkisessä laserkeilauksessa ja avoimen metsävaratiedon tulkinnassa on omat epävarmuutensa, joten niistä saatuihin tietoihin täytyy suhtautua vielä varauksella. Tähän epävarmuuteen on tulossa muutosta nyt käynnissä olevalla uudella inventointikierroksella, jossa käytetään uutta tarkempaa tiheä pulssista laserkeilaus teknologiaa. Tämän teknologian avulla pystytään tunnistamaan tarkemmin puulajijakaumia ja puuston eri jaksoja. Etenkin puuston jaksojen tunnistaminen helpottaa tulevaisuudessa alikasvoksen hyödyntämistä ilman maastotarkastusta.

Toiseen tutkimuskysymykseen ei saatu aivan suoraa vastausta. Avoimen metsävaratiedon epävarmuuksista johtuvia taloudellisia vaikutuksia ei voida suoraan tulkita saatuihin tuloksiin, koska tarkastetulla aineistolla tehty metsänhoidon suositusten mukaisen käsittelyketjun parempi nettonykyarvo piti sisällään puuston määrän lisääntymisen, hakkuuajankohdista sekä määristä johtuvan paremman tuotoksen. Joka tapauksessa sellaisilla kuvioilla, joissa puustotunnuksissa ei ollut suuria eroja avoimen ja tarkastetun tiedon välillä, päästiin tarkastetun tiedon pohjalta tehdyissä käsittelyketjussa aina parempaan nettonykyarvoon. Tässä tutkimuksessa ei saatu selville tarkkaa eroa siitä, kuinka suuri vaikutus puustotietojen

tarkentumisilla ja kuinka suuri hakkuuajankohtien muutoksilla oli nettohykyarvoon. Tässä olisikin hyvä aihe opinnäytetyölle, jossa tutkittaisiin näiden vaikutusten eroja.

Opinnäytetyön kolmanteen tutkimuskysymykseen saatiin hyvin odotusten mukainen vastaus. Ylä- ja laatuharvennuksella saatiin jokaisella kuviolla suurempi nettohykyarvo kuin metsänhoidonsuosituksen mukaisessa alaharvennuskäsittelyketjussa. Merkittävin havainto oli harvennuskertojen positiivinen vaikutus nettohykyarvoon. Tulevaisuudessa tämä havainto ohjaa omaa metsänhoitoa tähän suuntaan.

Tutkimuksessa käytetty Motti-simulaattori toimi erinomaisesti. Puustotietojen syöttäminen, simulointi ja tietojen vieminen Exceliin onnistui hyvin, eikä mitään ongelmia ilmennyt. Motti-simulaattorin kasvumallien paikkansapitävyyteen liittyy jonkin verran epävarmuutta, jotka pitää huomioida tuloksia tulkittaessa. Tämän takia Motti-simulaattorilla saadut käsittelyketjujen tulokset eivät varmasti pidä paikkaansa joka kuviolla, vaan ne ovat todennäköisesti todellisuudessa joko ylitäi aliarvioita metsikön todellisesta kasvusta ja kehityksestä. Mielenkiintoista olisi ollut tehdä vertailua jonkun toisen metsänkasvatussimulaattorin välillä. Tässä voisi olla siis toinen hyvä opinnäytetyön aihe tulevaisuuteen.

Tämä tutkimusta oli erittäin mielenkiintoista toteuttaa, koska aiheesta sai hyviä oppeja omaan metsänhoitoon sekä nykyiseen työhöni, jossa saan päivittäin ratkoa ja selvittää asiakkaiden toiveita ja metsänhoidollisia tavoitteita. Uskon, että lukija saa tästä tutkimuksesta uusia näkemyksiä avoimen metsävaratiedon hyödynnettävyydestä sekä vaihtoehtoja metsikön käsittelyyn jaksollisessa kasvatuksessa.

## LÄHTEET

- Heikkinen, J. 2021. Metsäsuunnitelma vuosille 2021–2031, Kalmumäki. Henkilökohtainen arkisto.
- Heikkinen, J. 2022. Käsittelyketjujen tulokset, Kalmumäki. Henkilökohtainen arkisto.
- Helenius, P., Luoranen, J., Miina, J. & Saksa, T. 2018. Metsänuudistaminen. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. Uudistettu painos. Latvia: Jelgava Printing House, 126–147.
- Huuskonen, S. & Ahtikoski, A. 2014. Metsänkasvatuksen 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, 46–80
- Hänninen, H., Valonen, M. & Haltia, E. 2020. Metsänomistajat palveluiden käyttäjinä. Metsänomistaja 2020-tutkimuksen tuloksia. Helsinki: PunaMusta Oy.
- Kangas, A., Päivinen, R., Holopainen, M. & Maltamo, M. 2011. Metsän mittaus ja kartoitus. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Horne, P. 2020. Suomalainen metsänomistaja 2020. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 30/2020. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Viitattu 10.3.2021 <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/545837>.
- Luonnonvarakeskus 2013. OpeMotti- Uusi oppilaitoksille tarkoitettu MOTTI-ohjelmisto saatavilla. Viitattu 5.3.2021 <http://www.metla.fi/tiedotteet/2013/2013-05-27-opemotti.htm>.
- Luonnonvarakeskus. 2020 OpeMotti 6.0.6- betaversio, käyttöohje.
- Metsälaki 20.12.2013/1085.
- Niemi, M., Mäkinen, A., Viitala, R. & Lumperoinen, M. 2020. Metsäsuunnittelun laskennan perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy. Viitattu 12.4.2022 <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/08/Metsasuunnittelun-laskennan-periaatteet.pdf>.
- Pukkala, T. 2018. Jokametsän hakkuuohjeet. Teoksessa Y. Norokorpi & T. Pukkala (toim.) Jatkovaa kasvatusa jokametsään. Helsinki: NordPrint.
- Pukkala, T., Lähde, E. & Laiho, O. 2011. Metsän jatkuva kasvatus. Porvoo: Bookwell Oy.

Suomen metsäkeskus 2020. Tarkemmat menetelmät käyttöön metsävarojen inventoinnissa. Viitattu 16.4.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/tarkemmat-menetelmat-kayttoon-metsavarojen-inventoinnissa>.

Suomen metsäkeskus 2021. Metsävaratiedon laatuseloste. Viitattu 10.4.2022 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/metsavaratiedon-laatuseloste.pdf>.

Suomen metsäkeskus 2022a. Tiedonkeruu. Viitattu 10.4.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/avoin-metsa-ja-luontotieto/tietojen-yllapito/tiedonkeruu>.

Suomen metsäkeskus 2022b. Metsäkeskus. Viitattu 16.4.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/tietoa-meista/metsakeskus>.

Suomen metsäkeskus 2022c. Metsään.fi. Viitattu 10.4.2022 <https://www.metsakeskus.fi/fi/asiointi/metsaanfi>.

Suomen Puukauppa Oy 2021. Mikä kuutio.fi? Viitattu 25.3.2021 <https://kuutio.fi/kuutio-palvelu/#/>.

Tillikainen, K. 2019. Puu liikkeelle ja uusia tuotteita metsästä, Sipilän hallituksen kärkihankkeet. Viitattu 16.4.2022 <https://mmm.fi/karkihankkeet>.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoito. Hyvän metsänhoidon suositukset. Bookwell.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja. Viitattu 11.4.2022 [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. Nuorten kasvatusmetsien käsittelyketjut ja tulokset

<b>Nuoret kasvatusmetsät</b>					
<b>Kuvio 11</b>	<b>Harven- nus ker- rat kpl</b>	<b>Harven- nus ajan- kohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidenty- minen v</b>	<b>Nettonyky- arvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tie- don käsittelyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	2	10&25	45	<b>4392,56</b>	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	2	10&27	41	<b>4649,09</b>	256,53
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella yläharvennuksella	2	10&25	45	<b>4987,66</b>	595,1
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella laatuharvennuksella	2	10&25	45	<b>4909,96</b>	517,4
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kolmella yläharvennuksella	3	10,25&35	55	<b>5232,63</b>	840,07
<b>Kuvio 24</b>	<b>Harven- nus ker- rat kpl</b>	<b>Harven- nus ajan- kohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidenty- minen v</b>	<b>Nettonyky- arvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tie- don käsittelyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	2	5&20	30	<b>5628,49</b>	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	3	0,13&28	34	<b>5895,14</b>	266,65
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kolmella yläharvennuksella	3	0,15&25	40	<b>6272,97</b>	644,48
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kolmella laatuharvennuksella	3	0,15&25	40	<b>6067,79</b>	439,3
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella yläharvennuksella	2	0&15	35	<b>5988,07</b>	359,58

## Liite 2. Varttuneiden kasvatusmetsien käsittelyketjut ja tulokset

Varttuneet kasvatusmetsät					
<b>Kuvio 6</b>	<b>Harvennus kerrat kpl</b>	<b>Harvennus ajankohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidentymien v</b>	<b>Nettonykyarvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tiedon käsitte-lyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	1	15	25	7295,55	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	1	10	22	7369,74	74,19
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla yhdellä yläharvennuksella	1	10	30	7864,78	569,23
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla yhdellä laatuharvennuksella	1	10	30	7731,82	436,27
<b>Kuvio 14</b>	<b>Harvennus kerrat kpl</b>	<b>Harvennus ajankohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidentymien v</b>	<b>Nettonykyarvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tiedon käsitte-lyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	2	5&20	35	8111,45	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	1	9	16	8179,91	68,46
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella yläharvennuksella	2	5&20	30	8618,42	506,97
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella laatuharvennuksella	2	10&20	30	8514,01	402,56
<b>Kuvio 37</b>	<b>Harvennus kerrat kpl</b>	<b>Harvennus ajankohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidentymien v</b>	<b>Nettonykyarvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tiedon käsitte-lyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	1	13	23	6021,91	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	1	5	20	6137,56	115,65
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella yläharvennuksella	2	5&15	30	6744,8	722,89
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella laatuharvennuksella	2	5&15	30	6519,38	497,47
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla yhdellä yläharvennuksella	1	10	30	6605,77	583,86
<b>Kuvio 82</b>	<b>Harvennus kerrat kpl</b>	<b>Harvennus ajankohdat v</b>	<b>Kiertoajan pidentymien v</b>	<b>Nettonykyarvo e/ha 3% korolla</b>	<b>Ero avoimen tiedon käsitte-lyyn</b>
MHS käsittelyketju avoimentiedon pohjalta	1	11	22	6175,62	0
MHS Käsittelyketju tarkastetulla aineistolla	2	0&13	26	6461,71	286,09
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella yläharvennuksella	2	0&10	30	6862,7	687,08
Käsittelyketju tarkastetulla tiedolla kahdella laatuharvennuksella	2	0&10	30	6747,54	571,92