



ETELÄ-SUOMEN KUUSIKOT JA NIIDEN TULEVAISUUS

Metsätalousinsinööri (AMK) opinnäytetyö

Metsätalouden koulutus

Kevät 2024

Vilma Hakanen

Metsätalous

Tekijä Vilma Hakanen

Työn nimi Etelä-Suomen kuusikot ja niiden tulevaisuus

Ohjaaja Esa Lientola

Tiivistelmä

Vuosi 2024

Ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilan nousu vaikuttaa suomalaisissa metsissä erityisesti kuuseen. Kuusi, joka menestyy kosteilla ja ravinteikkailla kasvupaikoilla, kohtaa lisääntyviä haasteita ja uhkia niin elottomilta kuin elollisiltakin tekijöiltä. Lämpötilan noustessa esimerkiksi roudattomat talvet kasvattavat tuuli- ja myrskytuhoriskejä, kuumat ja pitkät kesät taas aiheuttavat kuivuutta. Näiden elottomien tekijöiden takia kuusen tila heikkenee ja on entistä alttiimpi elollisille tekijöille, kuten tuohyönteisille ja sienitaudeille. Pahimmillaan yksittäiset tekijät aiheuttavat yhdessä monituhokierteitä, jotka koituvat viimeistään kuusen kohtaloksi.

Tiedetään, että kuusen kasvattaminen liian karulla kasvupaikalla altistaa kuusen tuhoille ja yhden puulajin metsässä kirjanpainaja levittää tuhoa nopeasti ja tehokkaasti. Kirjanpainajan iskeymälle alttiimmat alueet sijaitsevat Suomen eteläisimmässä maakunnissa. Näiden syiden takia tämä tutkimus keskittyy selvittämään nuorten, ”puhtaiden” kuusikoiden määrää Etelä-Suomessa. On todennäköistä, että kyseiset kuusikot tulevat kohtaamaan ilmastonmuutoksen mukanaan tuomia haasteita ennen kuin puustot saavuttavat uudistuskypsyyden. Puhtaiden kuusikoiden määrän tutkimisen lisäksi tämä työ pyrkii selvittämään, miten metsäalan tutkijat ja metsäteollisuuden edustajat näkevät kuusen tulevaisuuden ja millaisin toimenpitein kuusen tulevaisuuteen valmistaudutaan.

Puhtaiden kuusikoiden määrän tutkimiseen on hyödynnetty Suomen Metsäkeskuksen ylläpitämää paikkatietomuotoista metsävarakuviotietoa, joka sisältää puustotietoja metsikkökuviokohtaisesti. Aineistoanalyysi on toteutettu QGIS-paikkatietojärjestelmällä ja tulokset on raportoitu Microsoft Power BI:llä. Puhtaalle, yhden puulajin metsikölle ei ole virallista määritelmää ja tässä tutkimuksessa käytetään määritelmää, jonka mukaan kuvion puuston pohjapinta-alasta vähintään 90 prosenttia tulee olla kuusta. Lisäksi tutkimus keskittyy metsiin, jotka ovat kehitysluokiltaan nuoria tai varttuneita metsiköitä. Asiantuntijahaastattelut toteutettiin keskustelumutoisina ja keskusteluiden sisällöt vaihtelivat kunkin haastateltavan asiantuntijuuden mukaan.

Aineistoanalyysin mukaan Etelä-Suomessa on noin 42 000 hehtaaria puhtaita, yhden puulajin kuusikoita, mikä vastaa noin 1,8 prosenttia alueen metsämaasta. Tämä määrä ei ole merkittävä ja todellisuudessa kuusikoiden määrä on todennäköisesti korkeampi. Asiantuntijat tunnistavat puhtaiden kuusikoiden riskit, erityisesti kun ne kasvavat karuilla kasvupaikoilla. Puhtaiden kuusikoiden hoidossa suositellaan harvennuskertojen minimointia ja täsmämetsänhoitoa. Tulevaisuudessa kuusta suositellaan kasvatettavan sekametsissä. Metsäteollisuuden toimijat tähtäävätkin sekametsien kasvatukseen ja panostavat tutkimus- ja kehitystyöhön parantaakseen mm. kirjanpainajatuhojen ennakointia ja seuranta.

Avainsanat kuusi, ilmastonmuutos, eteläsuomalaiset kuusikot, kuusen tulevaisuus

Sivut 46 sivua ja liitteitä 3 sivua

Climate change will challenge Finnish forests, especially Norway spruce, which succeeds in moist and nutrient-rich sites. The future brings an increasing number of abiotic and biotic factors that will threaten species. As temperatures rise, frost-free winters increase the risk of wind and storm damage, while heat waves during summer seasons cause drought. Due to these factors, the health of the spruce decreases, making it more exposed to pests and fungal diseases, potentially leading to multiple damage cycles that ultimately prove fatal for the spruce.

Spruce stands growing in overly barren sites make them more vulnerable to damage, and in monoculture spruce forests, the bark beetle spreads its damage quickly and efficiently. Additionally, the most sensitive areas to bark beetle infestations are in Southern Finland where stands are likely to face the challenges caused by climate change before their trees reach maturity. For these reasons, this thesis focuses on determining the number of young, pure, and single-species spruce stands in Southern Finland. In addition to assessing the number of pure spruce stands, this work aims to study how forest experts, including researchers and forest industry representatives, see the future of spruce and what kind of actions they take or recommend taking for preparing for the future.

The study utilizes spatial forest inventory data maintained by the Finnish Forest Centre to define the number of pure spruce stands. The utilized data includes tree stand information at the forest compartment level. The analysis is conducted with the QGIS geographic information system, and the results are reported with Microsoft Power BI. There is no official definition for a pure, single-species stand, and in this thesis, a stand is defined as pure if at least 90 percent of the basal area is spruce. Additionally, the thesis focuses on forests that are classified as young or mature stands. Expert interviews were held in a discussion format, with the content varying according to each interviewee's expertise.

According to the data analysis, Southern Finland has approximately 42,000 hectares of pure, single-species spruce stands, which corresponds to about 1.8 percent of the region's forest land. This amount is insignificant, and the actual area of pure spruce stands is likely higher, as the 90 percent requirement for spruce dominance was deemed too high after analysis. Experts recognize the risks of pure spruce stands, especially when they grow in barren sites. For the management of pure spruce stands, minimizing thinning events and utilizing precision forestry are recommended. In the future, it is recommended to grow spruce in mixed forests. Forest industry operators aim to promote mixed forests and invest in research and development to improve, among other things, the prediction and monitoring of bark beetle damage.

Keywords Norway Spruce, climate change, the future of spruce

Pages 46 pages and appendices 3 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite ja tutkimuskysymykset	3
1.2	Opinnäytetyön rakenne	3
2	Teoreettinen viitekehys	4
2.1	Kuusi Suomessa	4
2.2	Kuusen kasvatus	8
2.3	Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuuselle	10
2.3.1	Elottomat tekijät	10
2.3.2	Elolliset tekijät	12
2.4	Kuusen tulevaisuus	14
2.5	Kuusi Etelä-Suomessa -tilastot	16
3	Tutkimusmenetelmät	19
3.1	Aineistoanalyysi	19
3.1.1	Tutkimusaineisto	19
3.1.2	Määrittelyt ja rajaukset	21
3.1.3	Tutkimusaineiston käsittely	22
3.1.4	Tutkimusaineiston raportointi	23
3.2	Asiantuntijahaastattelut	24
4	Tutkimustulokset	25
4.1	Aineistoanalyysin tulokset	26
4.1.1	Kuusivaltaisuuden vaikutus puuston määrään	26
4.1.2	län vaikutus puuston määrään	29
4.1.3	Kehitysluokka ja kasvupaikat	29
4.2	Asiantuntijakommentit	30
4.2.1	Aineistoanalyysin tarkastelu	30
4.2.2	Puhtaisiin kuusikoihin liittyvä riski	31
4.2.3	Kuusikoiden hoitaminen	32
4.2.4	Kuusen tulevaisuus	33
4.2.5	Kuusta hyödyntävien toimijoiden toimenpiteet	34
5	Johtopäätökset ja pohdinta	36
5.1	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen	38
5.2	Tutkimuksen onnistuminen	40
5.3	Jatkotutkimusaiheita	41
	Lähteet	42

Kuvat, taulukot ja kaaviot

Kuva 1. Metsäkuusi eli kuusi.....	5
Kuva 2. Kirjanpainajan iskeymälle alttiit alueet. (Metsäkeskus, n.d.-a.....	14
Kuva 3. Koostettu raportti perustuen Metsäkeskuksen metsävarakuviotietoon	24
Kuva 4. Puhtaiden kuusikoiden osuus metsämaasta (kuusivaltaisuus ≥ 90 %).....	27
Kuva 5. Laserkeilauksen tuotannon tilanne (9.5.2024) (Maanmittauslaitos, n.d.-a).....	27
Taulukko 1. Metsämaan ja kuusivaltaisen metsämaan määrä (Luonnonvarakeskus,n.d-b)	17
Taulukko 2. Kuusivallitsevuuden määrät metsämaalla (1000 ha) (Luonnonvarakeskus, n.d-c)	18
Taulukko 3. Puuston kasvu metsä- ja kitumaalla. (Luonnonvarakeskus,n.d-d).....	18
Taulukko 4. Analyysin kannalta olennaiset tietotaulut. (Suomen Metsäkeskus, 2022).	21
Taulukko 5. Tutkimusaineiston rajaaminen metsävarakuviotiedoista.	21
Taulukko 6. Asiantuntijakommentteja varten haastateltavat henkilöt.....	25
Taulukko 7. Kuusikoiden puustotietoja maakunnittain (Kuusivaltaisuus ≥ 90 %).....	26
Taulukko 8. VMI 12/13 kuusivaltaisen puuston määrä ja analyysin tuottama tulos.....	36
Kaavio 1. Istutukseen toimitettujen taimien määrä vuosina 1966–2022. (Ruokavirasto, 2023)	6

Kaavio 2. Kuusen hakkuukertymä 2015–2023 ja osuus kokonaishakkuumäärästä (Luonnonvarakeskus, n.d-b)	7
Kaavio 3. Metsäteollisuuden kuusen kuitu- ja tukkipuun osuudet puunkäytöstä vuosina 1955– 2022. (Luonnonvarakeskus, n.d. -f).....	8
Kaavio 4. Ilmastonmuutoksen vaikutukset juurikääpätuhoihin (Mukaihen Asikainen yms., 2019)	12
Kaavio 6. Puuston ikäjakauma metsämaalla (kuusivaltaisuus \geq 90 %, ei ikärajausta) 29	
Kaavio 7. Metsämaan jakautuminen kasvupaikkaluokittain	30
Kaavio 5. VMI 12/13 kuusivaltainen metsämaa ja analyysin puhtaiden kuusikoiden määrä suhteutettuna metsämaan kokonaismäärään.....	37

Liitteet

- Liite 1. Metsävarakuviotiedon käsittelyprosessi
- Liite 2. Metsävarakuviotiedon käsittelyprosessissa käytetyt kyselyt
- Liite 3. Tiedonhallintasuunnitelma

1 Johdanto

Kuusen tulevaisuus puhututtaa metsäalalla hyvin paljon. Lähes jokaisessa alan julkaisussa käsitellään tavalla tai toisella ilmastonmuutoksen uhkaa ja kuinka siihen tulisi varautua. Yksi konkreettisimmista ilmaston lämpenemisen seurauksista on kiistämättä kirjanpainajan aiheuttamat tuhot, joita metsänomistajat tapaavat metsissään vuosi vuodelta enemmän. Keskustelua ovat vauhdittaneet myös Keski- ja Itä-Euroopasta kantautuvat uhkakuvat, jossa kirjanpainajan aiheuttamat tuhot ovat kasvaneet moninkertaisiksi aikavälillä 1945–2015. (Hlásny ym., 2021). Keski- ja Itä-Euroopan kuusituhoon on vaikuttaneet monet tekijät ja, joita Luonnonvarakeskuksen tukija Markus Melin kommentoi näin:

“Kuusi kyllä kasvoi, kuivuus ja kirjanpainajat vain söivät sadon ennen sen korjuuta. Monimuotoisemmassa metsässä kirjanpainajakin joutuu sekä kilpailemaan elintilastaan että välttelemään saalistajiaan. Yksipuolinen tasaikäinen kuusikko taas mahdollistaa kannan kasvun paremmin kuin mikään muu metsämaisema.” (Melin, 2023)

Vaikka Suomessa tuhot eivät ole vielä ole samassa mittaluokassa kuin Keski- ja Etelä-Euroopassa, Luonnonvarakeskuksen, myöhemmin Luke, metsätuhoraportin mukaan kirjanpainajaa tavattiin vuonna 2022 aiempaa enemmän ja laajemmin. Lisäksi tuhojen takia puustoa hakattiin Suomen Metsäkeskuksen (myöhemmin Metsäkeskus) metsänkäyttöilmoitusten mukaan enemmän kuin kertaakaan tilastointihistorian aikana (Terhonen & Malin, 2023, s. 3). Tilanteen vakavuutta alleviivaa Etelä-Suomen osalta Metsäkeskuksen Kirjanpainajariskikohteet-karttapalvelu, jonka mukaan kirjanpainajan iskeymälle alttiit alueet painottuvat Etelä-Suomeen ja erityisesti Kaakkois-Suomeen, Venäjän rajan tuntumaan (Suomen Metsäkeskus, n.d., -a). Tutkimuksen mukaan kirjanpainaja suosii Etelä-Suomessa uudistuskypsiä metsiköitä (korkea ikä ja rinnanympärysmitta). Lisäksi kasvupaikkatyypin, maalajin ja etäisyyden avohakkuisiin on havaittu vaikuttavan kirjanpainatuhorisktiin (Pulgarin Diaz, Melin, Ylioja, Lyytikäinen-Saarenmaa, Peltola & Tikkanen, 2024).

Kuusen suosiminen taimikonhoidossa ainoana puulajina ja puhtaan kuusikon kasvattaminen oli pitkään suositeltavaa, mikä johti siihen, että varsinkin Etelä-Suomessa kasvaa paljon yhden puulajin metsiä. Kuusen kasvattaminen ainoana puulajina ei nykytiedon valossa ole enää kannattavaa. Esimerkiksi Keski-Euroopassa on havaittu, että kirjanpainajan kurittamissa metsiköissä puuston kuolleisuus on suurinta puhtaissa istutuskuusikoissa

(Melin, 2023). Tilanteeseen on Suomessa reagoitu ja nykyisin monet metsäalan vaikuttajat puhuvat monimuotoisempien metsien puolesta.

Kiihtyvästä tuhonopeudesta ja ilmastonmuutoksesta johtuen metsäalalla on alettu etsiä keinoja tulevaisuuden varalle. Sopeutumiseen liittyen on muodostunut pari nyrkkisääntöä siitä, kuinka metsistä saataisiin ilmastokestävämpiä, ja niiden resilienssiä kirjanpainajaa kohtaan voitaisiin vahvistaa. Ensimmäisenä, jo kauemmin alalla vallalla ollut ohje: *”Oikea puulaji oikealle kasvupaikalle”*, jolloin kuusta ei pidä uudistaa liian karulle kasvupaikalle. Melin ym. (2023) kritisoi, ettei mantra ole vielä toistaiseksi saanut kuusettumisen trendiä kääntymään. Tätä puoltaa myös se, että yhä edelleen suurin osa Etelä-Suomen taimikoista on kuusta. Toisena, hieman uudempana keinona on nostettu sekapuustoisten metsien suosiminen.

Yllä mainittuja keinoja on mahdollista noudattaa, kun metsää uudistetaan tai taimikkoa hoidetaan ja harvennetaan ensiharvennuksessa. Mutta miten käy niiden puhtaiden kuusikoiden, joita on hoidettu ”vanhaan tapaan” yhtä puulajia suosien, mutta joiden tulisi vielä selvittää läpi monien vuosikymmenien ennen kuin ne saavuttavat uudistuskypsyyden? Ja kuinka paljon tällaisia korkean tuhoriskin kuusikoita on varsinkin kuusettumisen ydinalueella Etelä-Suomessa? Näiden kuusioiden tulisi kestää ilmastonmuutoksen tuomat haasteet, joita ovat muun muassa, kuumista ja kuivista kesistä hyötyvä kirjanpainajakanta, leudoista ja roudattomista talvista aiheutuvat tuulituhot sekä lahoa aiheuttavan juurikäävän yleistyminen.

Suomen metsiä mitataan aktiivisesti. Tietoa julkaistaan paljon ja se on jokaisen saatavilla, mutta vastauksia yllä mainittuihin kysymyksiin ei ole yleisesti tarjolla. Luonnonvarakeskus julkaisee valtakunnan metsien inventoinnin (VMI) tilastoja. ”Puhtaalle” kuusikolle ei ole virallista määritelmää. Tilastoissa käsitellään kuusivaltaisia metsiä, joiden havupuuosuus on alle 75 %, 75–95 % tai yli 95 %. Huomioitavaa on se, että havupuu voi olla joko kuusta tai mäntyä. Tilastoissa ei ole tarkkaa tietoa puulajijakaumasta milläkin kasvupaikalla, eikä siitä, minkä ikäistä puusto on. Näiden seikkojen takia tämän opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä eteläsuomalaisiin yhden puulajin kuusikoihin ja selvittää, kuinka paljon niitä on olemassa. Lisäksi pohditaan alan asiantuntijoiden kanssa, miltä puhtaiden kuusikoiden ja kuusen tulevaisuus näyttää.

1.1 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa tulevaisuuden tuhoille alttiiden kuusikoiden määrää Etelä-Suomessa. Nykytiedon valossa nämä kuusikot tulevat olemaan riskialttiita niin kirjanpainajatuhoille, kuin muillekin ilmastonmuutoksen tuomille haasteille. Tutkittaviksi puustoiksi valikoituvat kehitysluokiltaan nuoret (02) ja varttuneet kuusikot (03), sillä näiden puustojen uudistuskypsyys on vielä vuosikymmeniä aikaa. Kirjanpainajatuhojen on todettu etenevän tehokkaimmin kuusivaltaisissa metsissä, joissa puulajien vaihtelu on alhaista. Tämän takia opinnäytetyössä keskitytään metsiköihin, joiden kuusivaltaisuus on korkea. Maantieteellinen raja on Etelä-Suomi, joka sisältää suuralueet Helsinki-Uusimaa ja Etelä-Suomi (Tilastokeskus, 2024). Maakunnista tähän alueeseen kuuluvat Etelä-Karjala, Kymenlaakso, Kanta-Häme, Päijät-Häme, Uusimaa ja Varsinais-Suomi. Maantieteellinen raja perustuu nykyiseen kirjanpainajaturiskiin ja siihen, että alue on hyvin kuusivaltaista. Tutkimuksen tavoitteisiin pyritään pääsemään kahden tutkimuskysymyksen avulla:

- 1) Voidaanko avoimen metsävarakuviotiedon perusteella selvittää, kuinka paljon Etelä-Suomen metsistä on puhtaita, nuoria kuusikoita, joiden tulisi selviytyä vielä monia vuosikymmeniä saavuttaakseen uudistuskypsyyden, ja kuinka paljon kyseisiä kuusikoita on?
- 2) Miten metsäalan asiantuntijat näkevät eteläsuomalaiset puhtaat kuusikot, sekä niiden tulevaisuuden?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan toteuttamalla aineistoanalyysi perustuen Metsäkeskuksen ylläpitämään avoimeen metsävarakuviotietoon.

Tutkimuspainotteisessa työssä kehitetään aineiston käsittelyprosessi ja arvioidaan sen tuottamia tuloksia. Toiseen kysymykseen etsitään vastauksia keräämällä kommentteja metsäalan asiantuntijoilta. Asiantuntijahaastatteluiden ja niiden tulosten analysointi jäljittelee kvalitatiivisen tutkimuksen piirteitä, vaikka kyseessä ei varsinaisesti ole haastattelututkimus.

1.2 Opinnäytetyön rakenne

Opinnäytetyö koostuu viidestä pääluvusta: Johdanto, Teoreettinen viitekehys, Tutkimusmenetelmät, Tutkimustulokset sekä Johtopäätökset ja pohdinta. Johdannon tarkoitus on perustella ja taustoittaa opinnäytetyön aihetta ja tarkoitusta. Toisen pääluvun tarkoitus on luoda teoreettinen viitekehys tutkimukselle. Luvussa perehdytään suomalaiseen metsäkuuseen, kuusen kasvattamiseen, kuusen merkitykseen metsäteollisuudelle, tilastoihin eteläsuomalaisista kuusikoista, ilmastonmuutoksen vaikutuksiin kuuselle ja kuusen

tulevaisuuteen. Kolmannessa pääluvussa esitellään aineistoanalyysi toteutus, kuten metsävarakuviotieto, tietojen käsittely QGIS-ohjelmalla ja tietojen koostaminen raportiksi Microsoft Power BI:llä. Luvussa esitellään myös asiantuntijahaastatteluiden toteutus ja haastateltavat asiantuntijat.

Tutkimustulokset-luvun tarkoitus on koota yhteen aineistoanalyysin tulokset ja koostaa asiantuntijakommenttien keskeisimmät näkemykset aiheesta eteläsuomalaiset puhtaat kuusikot ja niiden tulevaisuus. Viimeisessä kappaleessa esitetään johtopäätöksiä, analysoidaan ja pohditaan keskeisimpiä tuloksia, vastataan tutkimuskysymyksiin ja ehdotetaan mahdollisia aiheita tuleville tutkimuksille.

2 Teorettinen viitekehys

Suomen toiseksi yleisin puulaji kuusi on voimistanut asemaansa vahvasti vuosikymmenten ajan. Etelä-Suomen puhtaat nuoret kuusikot ovat tehokkaan kuusettumisen tulosta. Nykyisin myös metsäteollisuus hyödyntää kuusta raaka-aineena hyvin laajasti. Kuusen rooli niin metsätaloudessa kuin osana metsien ekologiaa on merkittävä. Tämän luvun tarkoitus on luoda tietoperusta kuusesta, sen kasvatuksesta, hyödyntämisestä ja miltä kuusen tulevaisuus näyttää ilmastonmuutoksen vaikutusten myötä.

Luku 2.1 aloitetaan käymällä läpi kuusen kasvattamista ja roolia metsätaloudessa. Luku 2.2 käsittelee kuusen kasvatusta metsätalouden käyttöön. Luvussa peilataan uusimpia suosituksia vanhempiin, jotta ymmärretään paremmin puhtaiden kuusikoiden muodostumista ja toisaalta sitä, miten kuusivaltaisia puustoja suositellaan nykyisin hoidettavan. Luvussa 2.3 avataan, miten ilmastonmuutoksen on arvioitu vaikuttavan kuuseen ja luvussa 2.4 tarkastellaan kuusen tulevaisuuden näkymiä. Viimeisessä kappaleessa esitellään Luonnonvarakeskuksen ylläpitämiä tilastoja kuusivaltaisista metsistä Etelä-Suomesta. Näitä tilastoja hyödynnetään vielä myöhemmin, kun analysoidaan ja tulkitaan aineistoanalyysin tuloksia.

2.1 Kuusi Suomessa

Ainavihanta havupuu metsäkuusi (ks. kuva 1.) eli kuusi (*Picea abies*, Norway spruce) on maan toiseksi yleisin puulaji männyn jälkeen. Kuusi on suorarunkoinen puu, joka kasvattaa oksistonsa tyvestä latvaan asti. Puun latvus on malliltaan kartiomainen. Puun neulasmaiset lehdet ovat noin 15–25 mm mittaiset ja kuusi vaihtaa neulasiaan noin seitsemän vuoden

välein. Kuusi kukkii touko-kesäkuussa ja sen punaiset emikukinnot (ks. kuva 1) muuttuvat ajan myötä ruskeiksi kävyiksi (Lehtonen, 2022; Pihlström & Viherä-Aarni, 2020, s. 90). Kuusi kasvattaa laajan juuristonsa lähelle maanpintaa, mikä saa sen kaatumaan kovissa tuulissa helposti (Pihlström ym., 2020, s. 90). Suotuisissa kasvuolosuhteissa kuusi kasvaa 20–25-metriseksi (Ihalainen, 2011, s. 20).

Kuva 1. Metsäkuusi eli kuusi.



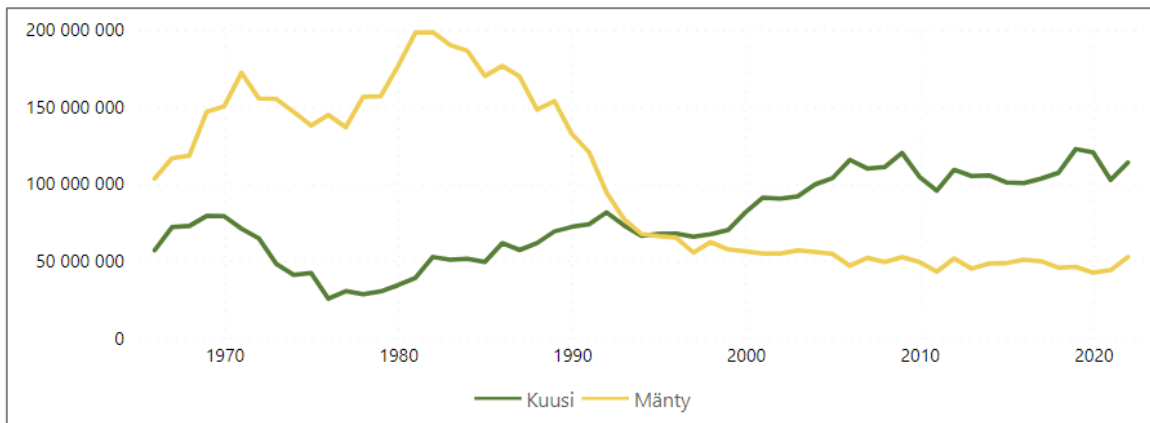
Kuusi menestyy parhaiten melko ravinteikkaalla kasvupaikalla, kuten tuoreella kankaalla tai lehtomaisella kankaalla (Ihalainen, 2011, s. 20). Kuusi suosii puolivarjoista kasvupaikkaa, minkä takia se kasvaa hyvin myös aluspuuna. Äkillinen valon muutos voi aiheuttaa kuuselle valoshokin ja johtaa jopa kuusen kuolemaan. Valon määrän muutoksen saattaa aiheuttaa esimerkiksi liian voimakas puuston harvennus tai viereisen metsäkuvion päätehakkuu (Lehtonen, 2022). Monimuotoisuuden kannalta kuusi on yksi tärkeimmistä puulajeista erityisesti lahoppuissa elävien lajien kannalta. Elävä kuusi tarjoaa suojaa ja elintilaa monille metsälajeille toimien samalla ravinnonlähteenä ja ruokavarastona. (Suomen Metsäkeskus, 2023)

Suomessa kasvava metsäkuusi levittäytyi maahan jääkauden jälkeen noin 5 000 vuotta sitten viimeisenä puulajina. Nykyisin kuusta kasvaa lähes koko maassa, pois lukien aivan pohjoisin Tunturi-Lappi ja ulkosaaristo (Suomen lajitietokeskus, n.d.; Ihamuotila, 2011, s.21). Kuusen suosio kiihtyi metsätaloudessa 1990-luvulla, jolloin istutukseen toimitettujen kuusen taimien määrä ylitti männyn taimien määrän. Kuusikot ovat korvanneet männiköitä kaikkein eniten Etelä-Suomessa (Melin ym., 2023, s.25). Kaaviossa 1 on laskettu yhteen paljasjuuri- ja paakkutaimien tuotantomäärät (Ruokavirasto, 2023). Kuusen suosioon ovat johtaneet

Tapion metsänhoitoasiantuntijan Kalle Vanhatalon (Pantsu, 2021) mukaan seuraavat syyt: mäntyä viljeltiin ennen 1990-lukua liian rehevillä kasvupaikoilla, mikä johti puuaineksen heikkoon laatuun ja oksaisuuteen. Toinen syy oli paakkutaimien tulo markkinoille, mikä helpotti istutustyötä verrattuna avojuuristen taimien istuttamiseen. Kolmantena syynä Vanhatalo nimeää Suomen kasvaneen hirvieläinkannan, joka lisäsi tuhoja mänty- ja koivutaimikoissa.

Ruokaviraston ylläpitämän tilaston mukaan Suomessa tuotettiin vuonna 2022 lähes 114 miljoonaa kuusen tainta, kuten luvun alussa kuvattiin (ks. kaavio 1). Näistä suurin osa (95 %) tuotettiin Etelä-Suomen taimitarhoilla. Tuotettujen taimien määrä on kasvanut noin 12 % verrattuna edellisen vuoden 2022 määrään. Suurin osa nykyisistä eteläisistä taimikoista on kuusien taimikoita, eli tulevaisuudessa, noin 20–30 vuoden tai 50 vuoden päästä, varsinkin Etelä-Suomen vanhemmat metsät ovat huomattavasti kuusivaltaisempia kuin tällä hetkellä 2020-luvun alkupuolella (Oijala, 2021).

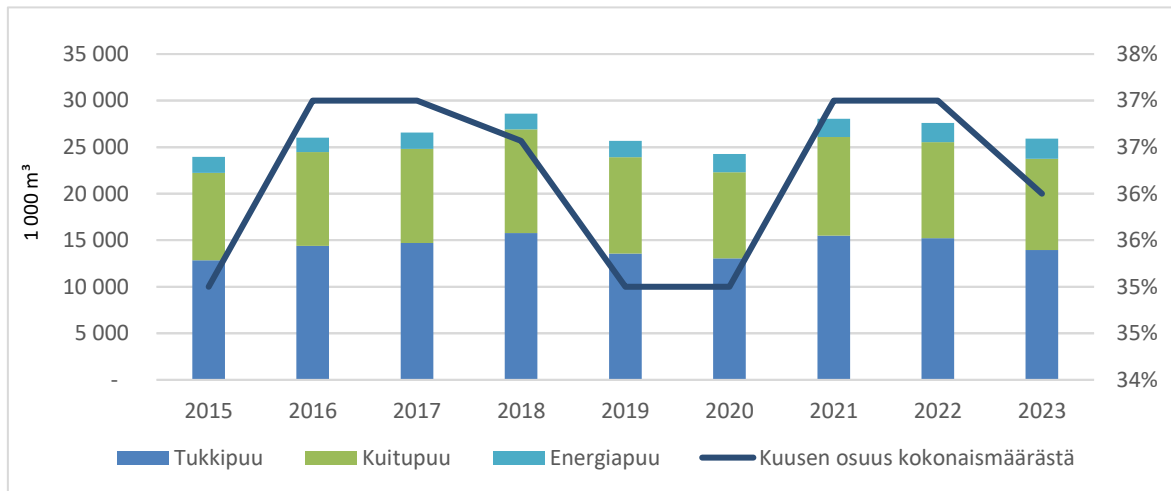
Kaavio 1. Istutukseen toimitettujen taimien määrä vuosina 1966–2022. (Ruokavirasto, 2023)



Kuusen rooli suomalaisessa metsäteollisuudessa on merkittävä sen ominaisuuksien takia. Sitä hyödynnetään massa- ja selluteollisuudessa, sahateollisuudessa sekä energiantuotannossa. Kuusen pitkät puukuidut ja vähäinen pihkaisuus tekevät siitä erityisen sopivan raaka-aineen paperin ja kartongin valmistukseen. Kuusi on suosittu puulaji myös sen esteettisten ominaisuuksien vuoksi; se on vaaleampaa kuin mänty, säilyttää värinsä eikä kellastu, ja sen oksat ovat pienempiä. Edellä mainittujen syiden vuoksi sitä käytetään laajalti sisätilojen näkyvänä puupintana. Suurin osa kuusen sivutuotteista hyödynnetään energiantuotannossa, ja energiapuun osuus on jatkuvasti kasvussa. (UPM Metsä, 2024; Hamara & Hulkko, 2023.)

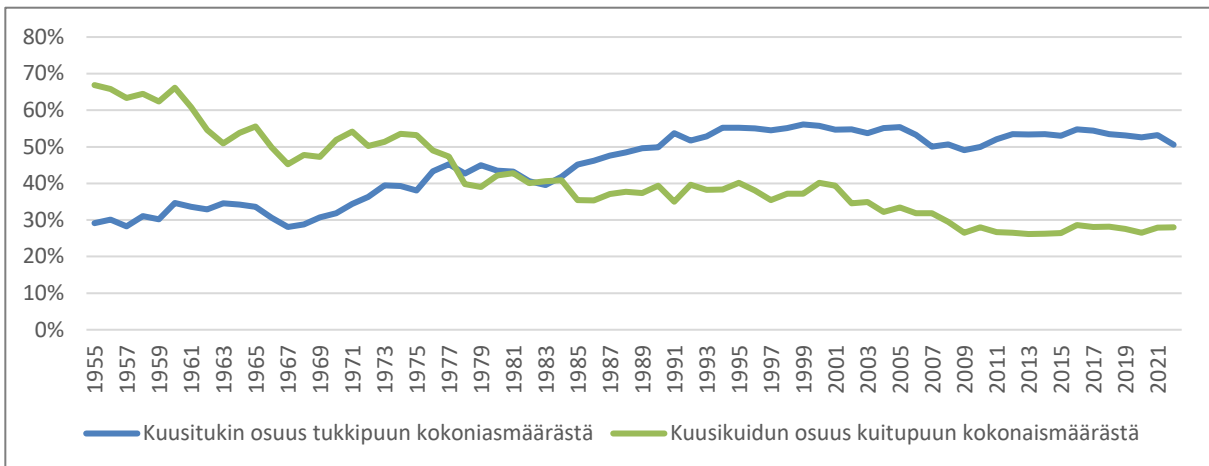
Kuusen osuus kokonaishakkuukertymästä on vaihdellut 35 prosentista 37 prosenttiin vuosien 2015–2023 aikana (ks. kaavio 2). Kyseisellä aikavälillä vuoden kokonaishakkuukertymät ovat vaihdelleet reilusta 23 miljoonasta kuutiosta reiluun 28,5 miljoonaan kuutiota. Energiapuuksi kuusta on hakattu kyseisellä aikavälillä noin 6–8 % kokonaishakkuumäärästä (Luonnonvarakeskus, n.d.-b).

Kaavio 2. Kuusen hakkuukertymä 2015–2023 ja osuus kokonaishakkuumäärästä (Luonnonvarakeskus, n.d-b)



Kaavioon 3 on koostettu kuusitukin ja -kuidun osuudet metsäteollisuuden tukki- ja kuitupuiden kokonaiskäytöstä. Kuusitukin osuus tukkipuun kokonaiskäytöstä on noussut vuodesta 1955 vuoteen 2021 mennessä noin 22 prosenttia. Vuonna 2022 kuusitukin osuus kokonaistukkikäytöstä oli 51 %, eli noin 13,4 miljoonaa kuutiota. Kuusen osuus tukkipuun kokonaismäärästä on ollut korkeimmillaan vuosien 1994–2005 aikana (54 %–56 %). Kuusikuidun osuus kuitupuun kokonaismäärästä vastaavasti on laskenut noin 39 prosenttiyksikköä tarkasteltavan ajanjakson aikana. Vuonna 2022 kuusikuitupuun käyttö oli noin 9,7 miljoonaa kuutiota. (Luonnonvarakeskus, n.d,-f)

Kaavio 3. Metsäteollisuuden kuusen kuitu- ja tukkipuun osuudet puunkäytöstä vuosina 1955–2022. (Luonnonvarakeskus, n.d. -f)



Yhteenvedon voidaan todeta, että kuusi on merkittävä raaka-aine metsäteollisuudelle. Heilahteluja kuusen käytössä on ollut, mutta vaikuttaa siltä, että varsinkin kuusen käytön osuus tukkipuun kokonaiskäytöstä on melko vakiintunutta

2.2 Kuusen kasvatusta

Kuten aiemmassa luvussa kuvattiin, kuusen hyödyntäminen suomalaisessa metsäteollisuudessa on merkittävää. Tässä kappaleessa käydään läpi, miten Tapion metsänhoitosuosituksen mukaan kasvatetaan tasaikäisiä kuusimetsiä taloudellisesti kannattavasti, mutta samaan aikaan kestävästi ja ilmastonmuutos huomioiden. Tapion suositukset on koostettu tutkijoiden ja asiantuntijoiden yhteistyössä ja ne perustuvat sekä tutkimustietoon että käytännön kokemukseen (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen, 2019).

Historiallisesti havupuuta on suosittu, sillä se on taloudellisesti arvokkaampaa kuin lehtipuut, ja on ollut perusteltua tähdätä yhden puulajin talousmetsään (Oijala, 2021). Vielä joitakin vuosia sitten Tapion hoitosuosituksinkin tähtäsivät yhden puulajin kasvatukseen, mutta viime vuosina suositukset ovat muuttuneet sekapuustoisuutta suosiviksi. (Melin yms., 2023) Tämä näkyy muun muassa pääpuulajin istutustiheyden laskuna. Kuusen metsätaloudellista hyödyntämistä harjoitetaan laajasti, ja sen luonnollista kasvua voidaan kiihdyttää istuttamalla valmiita taimia, koska kuusen kasvu on verrattain hidasta. (UPM Forest, 2024). Edellisessä kappaleessa kerrottiin vuoden 2022 kuusen taimituotannon olleen lähes 114 miljoonaa tainta. Nykyään lähes kaikki istutettavat kuusen taimet ovatkin paakkutaimia.

Vuoden 2019 jälkeen Tapio on alentanut kivennäismaan istutustiheyssuositustaan 1 500–1 800 taimeen hehtaaria kohden, ja suosittelee edelleen lähes samoja soveltamisohjeita kuin aiemmin (Tapio, n.d.-a). Ylärajan istutustiheyttä suositellaan, kun halutaan tavoitella suurta puuntuotosta ja/tai hyvää laatua, tai tähdätään korkeaan tukkipuuntuotokseen. Alarajan istutustiheyttä voidaan soveltaa, kun taimikon odotetaan täydentyvän luontaisella taimiaineksella (Äijälä ym., 2019, s. 78; Tapio, n.d.-a). Kuusen istutustiheyden alentaminen oli vuonna 2023 myös suurten metsäteollisuusyritysten tavoitteena. Esimerkiksi Stora Enso ilmoitti laskevansa kuusen istutustiheyden 1 800 taimesta 1 600 taimeen hehtaarilla, tavoitellen metsien monimuotoisuuden ja elinvoimaisuuden parantamista (Metsälehti, 2023). Samoin UPM Metsä kehoittaa vuonna 2023 julkaistussa metsänviljelyn työohjeessaan istuttamaan kuusen taimia 1 600–1 800 kpl/ha (UPM Metsä, 2023).

Taimikot suositellaan hoidettavan varhaisperkauksella, jossa nuoresta taimikosta poistetaan lehtipuusto, joka haittaa kasvatettavien puuntaimien kasvua. Metsänhoitosuositusten mukaan varhaisperkaus on taimikonhoidon tärkein työlaji, joka vaikuttaa puuston kehitykseen, kannattavuuteen ja tuhonkestävyyteen. Perinteisen mallin mukaan kuusitaimikosta poistetaan kaikki lehtipuuainees, mutta nykyisin suositellaan, että jo varhaisperkausvaiheessa taimikkoon tulisi jättää lehtipuuainesta. Sekametsän suosiminen aloitetaan jo uudistamisvaiheessa ja jatketaan varhaisperkauksessa. Luken tutkijan Timo Saksan mukaan optimaalisin aika varhaisperkaukselle on silloin, havupuutaimet ovat noin metrin mittaisia ja lehtipuut ovat samankokoisia tai hieman suurempia kuin havupuutaimet. (Skyttä, 2019)

Tapion vuoden 2019 Metsänhoitosuositusten mukaan nuori kasvatusmetsikkö (02) on metsikkö, jonka keskiläpimitta on 8–16 cm 1,3 metrin korkeudessa, ja jonka ikä vähintään 11 vuotta, ja Etelä-Suomessa keskimäärin 15–50 vuotta. Kehitysluokan valtapituus on havupuuvaltaisissa metsissä seitsemän metriä. Nuoreen kasvatusmetsikköön suositellaan toteutettavan ensiharvennus, jonka hakkuukertymä on pääasiassa kuitupuuta. Tarpeen mukaan nuorta kasvatusmetsikköä voidaan myös lannoittaa, kunnostusojittaa ja pystykarsia. (Äijälä ym., 2019, s. 62; MML, 2021) Varttunut kasvatusmetsikön puuston keskiläpimitta on 1,3 korkeudella on yli 16 cm ja puuston keski-ikä on vähintään 25 vuotta. Varttuneeseen kasvatusmetsikköön suositellaan toteutettavan 1–2 kasvatusharvennusta harvennusmalleja hyödyntäen. Varttuneen puuston kasvua voidaan pyrkiä lisäämään lannoituksella sopivissa kasvu- ja olosuhteissa. (Äijälä. ym, 2019, ss.62, 221, 230)

Uudistuskypsäksi metsikkö määritellään, kun sen uudistaminen on taloudellisesti kannattavampaa kuin metsän edelleen kasvattaminen. Tapion metsänhoitosuosituksissa on

määritetty uudistuskypsälle puustolle keskiläpimitat, jotka vaihtelevat puulajeittain, kasvupaikoittain ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Etelä-Suomessa kuusi katsotaan uudistuskypsäksi, kun läpimitta on 28–32 cm lehtomaisella tai viljavammalla kankaalla tai turvemaalla. Tuore kankaalla ja mustikkaturvekankaalla vastaava mitta on 26–30 cm. Kuusi voi elää jopa 200-vuotiaaksi, mutta metsätaloudellisesti kannattavaa kuusi on uudistaa huomattavasti aiemmin. Uudistamisikää suositellaan, kun puusto on epätasaista, harventamatonta tai laadultaan heikkoa. Etelä-Suomessa kuusen uudistamisiät ovat lehtomaisella tai ravinteikkaammalla kasvupaikalla 60+ vuotta ja tuore kankaalla 70+ vuotta. (Äijälä ym., 2019, ss.63, 66; Tapio, n.d-b).

2.3 Ilmastonmuutoksen vaikutukset kuuselle

Kuusen tulevaisuutta tuottoisana puulajina haastavat ilmastonmuutos ja sen seurannaisvaikutukset. Ilmastonmuutoksesta tehtyjen mallinnoksien mukaan kuuselle suotuisat elinolosuhteet tulevat muuttumaan monella tavalla vähemmän suotuisiksi ja lisäksi tuhot tulevat yleistymään nykyisestä. Melin on kiteyttänyt tuhojen riskin teoksessa *Metsät ja ilmastonmuutos (2023)* seuraavasti: *”Ilmastonmuutoksen myötä yleistyvät puustotuhot voivat vaikuttavaa metsiin enemmän kuin se, miten puut onnistuvat sopeutumaan muuttuvaan ilmastoon”*.

Tuhonaiheuttajia on niin elottomia kuin elollisia. Elottomia tuhonaiheuttajia ovat esimerkiksi lumi, tuuli, kuivuus ja metsäpalot. Elollisia taas ovat esimerkiksi sienet ja hyönteiset, kuten kuusenuurikäppä ja kirjanpainaaja. Näihin tekijöihin tutustutaan seuraavissa alakappaleissa.

2.3.1 Elottomat tekijät

Maa- ja metsätalousministeriön (n.d) mukaan ilmastonmuutos tulee muuttamaan suomalaisia metsiä, sillä lämpötilat tulevat nousemaan ja ääri-ilmiöt yleistymään. Tätä näkemystä tukee myös Ilmatieteenlaitos (n.d), jonka mukaan Suomen keskilämpötila on kohonnut noin 0,2–0,4 astetta vuosikymmenessä viimeisten 40 vuoden ajan. Suomi ja muut pohjoiset alueet lämpenevät maailman keskiarvoa nopeammin ja talvet lämpenevät enemmän kuin kesät. Suomessa lämpötilat vaihtelevat luontaisesti vuodesta toiseen, mutta talvet tulevat olemaan lauhjoja ja vähälumisia varsinkin maan etelä- ja keskiosissa. Tulevaisuudessa, noin 2060-lukuun mennessä, Pohjois-Euroopan talvien keskilämpötilojen odotetaan nousevan 2–7 astetta. Lämpötilan nousun myötä Pohjois-Euroopan kasvukausi pitenee, mistä hyötyvät myös haittakasvit. (Ilmatieteenlaitos, n.d.)

Kuumuudesta seuraa kuivuus, joka johtaa kohonneeseen metsäpalariskiin. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa on kaikissa päästy samaan lopputulemaan, jonka mukaan maaperän kosteussisällön ennustettu pieneneminen kesäisin johtaa metsäpalariskin nousuun. Tutkimuksissa pidetään todennäköisenä, että metsäpalot tulevat yleistymään tulevaisuudessa, mutta epävarmaa on, kuinka paljon ilmaston lämpeneminen tulee todellisuudessa nostamaan metsäpalariskin määrää Suomessa. (Lehtonen, Venäläinen & Gregow 2020, s. 28). Melin ym. (2023, s.13) mukaan metsäpalariskiä on ennakoitava myös Suomessa, vaikka maan metsiä todennäköisemmin uhkaavat voimakkaammin hyönteiset ja sienet.

Lumituhojen määrä ei ole varsinaisesti lisääntynyt tai vähentynyt Suomessa, vaan kyseessä on satunnainen ja hyvin alueellinen ilmiö. Etelä-Suomessa on vähälumisten ja leutojen talvien takiat vähän lumituhoja, sen sijaan lumituhoista eniten kärsivät Pohjois-Karjala, Pohjois-Savo ja Kainuu. Lumituhoja syntyy esimerkiksi usein silloin, kun painavaa lunta sataa runsaasti ja se jäätyy puiden latvuksiin. (Melin 2023 ym., s.12) Mikäli tulevien talvien sademäärät kasvavat, myös lumituhojen määrä tulee lisääntymään alueilla, jotka jo nykyisin kärsivät tuhoista (Asikainen, ym., 2019).

Tuulituhoriski kasvaa myös tulevaisuudessa, vaikka tuulet eivät varsinaisesti ole voimistuneet. Laurilan (2022, s.5) väitöskirjan mukaan Pohjois-Euroopan ja Suomen tuuli- ja myrskyilmasto vaihtelee vuosittain ja vuosikymmenittäin suuresti, eikä siinä ole pitkän aikavälin lineaarista trendiä. Ei voida siis suoranaisesti yleistää, että tuulet olisivat voimistuneet tai myrskyt lisääntyneet merkittävästi viimeisten vuosikymmenien aikana. Vuodenaikojen välillä Laurila havaitsi vaihtelevuutta: tuulet ja myrskyt ovat voimakkaimpia ja yleisimpiä talvella, ja kesällä voimakkaat tuulet ovat harvinaisempia (Laurila, 2022, s.5). Talven kovat tuulet ovat tuhoisimpia etenkin silloin, jos kyseessä on lauha talvi, eikä routa ankkuroi puiden juuria maahan, jolloin myrskytuulet saavat aikaan suuria tuhoja varsinkin kuusikoissa kuusen pinnallisen juuriston takia. (Melin ym., 2023, s. 12) Suomen ilmastopaneeli -raportin mukaan elottomista tekijöistä tuulituhot ovat kaikista yleisimpiä (Asikainen ym., 2019). Vaikka rajuilmat ovat harvinaisia yksittäistapauksia, ne saattavat saada lyhyessä ajassa aikaan kovia tuhoja. Esimerkiksi elokuussa vuonna 2021 riehunut Paula-myrsky kaatoi yli 4 miljoonaa kuutiota puuta 20 minuutin aikana Koillismaalla ja Ylä-Kainuussa (Rönty, 2023).

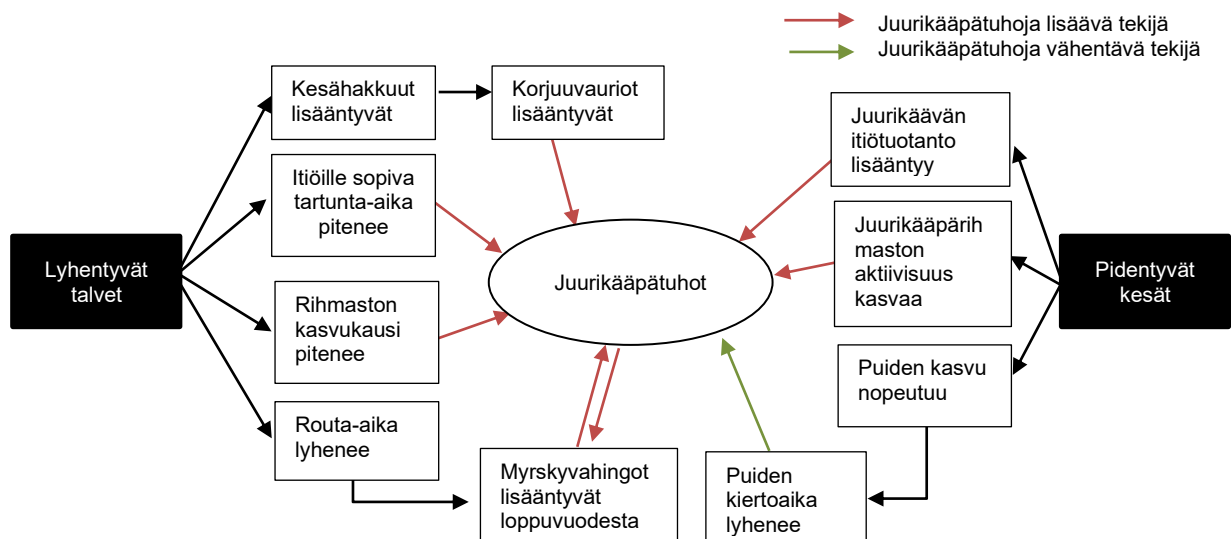
2.3.2 Elolliset tekijät

Tällä hetkellä erityisesti kuuselle tuhoisimpia elollisia tekijöitä ovat kuusenjuurikäpää ja kirjanpainaja, minkä takia tässä kappaleessa tutustutaan näihin. Tulevaisuudessa on todennäköistä, että uusia tuholaisia, niin sieniä kuin kuoriaisia, tulee lisää ja olemassa olevat tuholaiset vahvistuvat. Ilmastonmuutoksesta hyötyvät esimerkiksi tukkimiehentäi ja kuusentähtikirjaaja. (Melin ym., 2023, s.14; Asikainen ym., 2019)

Ilmateitse leviävät itiöt ja maassa kasvavat rihmastot ovat tehneet kuusenjuurikäävistä (*Heterobasidion parviporum*) tehokkaan tuhonaiheuttajan kuuselle. Kuusenjuurikäpää lahottaa puun juuria, laho nousee edelleen juurista puun tyveen ja aiheuttaa taloudellisia menetyksiä varsinkin pilaantuneen tyvitukin takia. Juurikäpää onkin eniten taloudellista tuhoa aiheuttava tuholainen (Melin ym., 2023 s.13).

Ilmastonmuutos tulee lisäämään juurikäpätuhoja, koska juurikäpää tulee tulevaisuudessa hyötymään elottomien tekijöiden vaikutuksista. Vaikka juurikäpää ei tule suoraan hyötymään kuivuudesta, ovat kuivuudesta heikentyneet kuuset aiempaa heikompia puolustautumaan juurikäpää vastaan, jolloin sen leviäminen voimistuu (Melin ym., 2023, s. 14). Samoin juurikäpää hyötyy myös myrskytuhojen heikentämästä puustosta. Lisäksi kasvukauden pidentyessä juurikäävällä on mahdollisuus levittäytyä yhden kasvukauden aikana entistä laajemmalle alueelle (Asikainen ym., 2019). Kaavioon 4 on tiivistetty ilmastonmuutoksen takia lyhentyneen talven ja pidentyneen kesän välilliset vaikutukset juurikäpätuhoihin.

Kaavio 4. Ilmastonmuutoksen vaikutukset juurikäpätuhoihin (Mukaillen Asikainen yms., 2019)

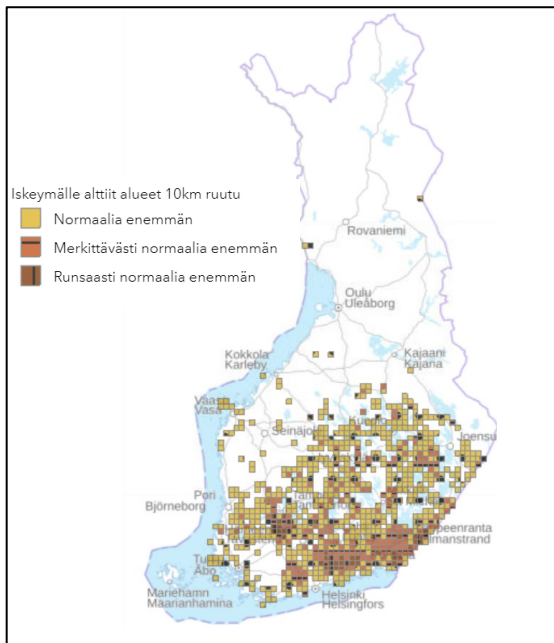


Nykyisin suurimmat juurikäävän aiheuttamat tyvilahotukset kohdataan eteläisessä Suomessa. Mallinnuksien avulla on kuitenkin arvioitu, että kaikki juurikäävän tuhoja edistävät tekijät johtavat tilanteeseen, jossa kuusenjuurikäävän yleinen esiintyminen tulee siirtymään huomattavasti pohjoisemmaksi (Asikainen ym. 2019). Pahimmassa tapauksessa juurikäpäongelma kroonistuu, mikä tarkoittaa sitä, että juurikäpä estää kuusen kasvattamisen samalla kasvupaikalla ja ainoa vaihtoehto on lehtipuusukupolven kasvattaminen (Asikainen ym., 2019; Melin ym., 2023, s. 14)

Kirjanpainaja on kaarnakuoriainen, joka käyttää ravinnokseen tuoretta kuusen puuainesta. Ravinnoksi kelpaa kaadettu, kaatunut tai elävä puu. Kirjanpainaja lisääntyy, kasvaa ja elää hyödyntäen kuusen kuoren alla olevaa nilaa. Kirjanpainajan mukana puuhun leviää myös sinistäjäsieni, joka vaikeuttaa veden kulkua latvaan. Kun puun nilayhteydet ovat tarpeeksi heikentyneet aikuisten kuoriaisten ja toukkien kaivamien käytävien takia, puu kuolee. Alttiimpia kirjanpainajan iskeymälle ovat uudistuskypsät metsät, joiden tila on heikentynyt esimerkiksi kuivuuden takia. Kirjanpainajat pystyvät iskeytymään myös terveisiin puihin, kun kirjanpainajien määrä on suuri. Tällöin puun puolustusmekanismina toimiva pihkantuotanto ei riitä puolustautumiseen. (Melin ym. 2023, s. 18; Terhonen ym. 2023, s. 56)

Ilmastonmuutoksen arvioidaan lisäävän massiivisten kirjanpainajatuhohäyökkäyksien määrää kuusimetsissä (Müller, Olsson, Eklundh, Jamli & Ardö, 2022). Kirjanpainaja tulee hyötymään lämpötilan noususta, sillä kirjanpainaja kehittyy toukasta aikuiseksi huomattavasti nopeammin lämpimämmässä lämpötilassa kuin viileämmässä. Lisäksi leudommat talvet mahdollistavat kirjanpainajien paremman talvehtimisen. Pidempi kasvukausi hyödyttää myös kirjanpainajakantojen kasvua, jolloin kirjanpainaja voi hyödyntää pidemmän ajan ravinnonottoon ja lisääntyä useasti muodostaen useita sukupolvia yhden kasvukauden aikana (Asikainen ym., 2019; Melin ym. 2022; Melin 2023, s.15). Kirjanpainaja tulee hyötymään kuivuudesta vastaavalla tavalla kuin juurikäpä: heikentynyt ja stressaantunut puusto ei pysty puolustautumaan kirjanpainajaa vastaan samalla tavalla kuin terve puusto.

Kuva 2. Kirjanpainajan iskeymälle alttiit alueet. (Metsäkeskus, n.d.-a)



Kuten luvussa 1.1 on mainittu, vuonna 2022 metsiä hakattiin kirjanpainajatuhojen takia metsänkäyttöilmoitusten perusteella enemmän kuin koskaan aiemmin tilastointihistorian aikana (Terhonen ym., 2023). Kirjanpainajan uhkaan on reagoitu monin tavoin ja yksi tapa ennakoita tuhoja on seurata kuusikoiden tilannetta. Kirjanpainajatuhojen ennakointiin ja seurantaan on kehitetty myös työkaluja. Esimerkiksi Metsäkeskuksen tarjoaman karttapalvelun avulla voidaan seurata iskeymälle alttiita alueita (ks. kuva 2). Riskialueet päätellään metsänkäyttöilmoituksiin perustuen. Palvelun mukaan riskialueet painottuvat Etelä- ja Kaakkois-Suomeen.

2.4 Kuusen tulevaisuus

Meteorologi Kerttu Kotakorpi (2021) kuvailee kirjassaan Suomen luonnon tulevaisuutta noin 80 vuoden päästä, vuonna 2100. Kotakorven kuvauksessa eteläisessä Suomessa olosuhteet ovat muuttuneet merkittävästi mm. kesät ovat pidempiä ja kuumempia, talvet ovat leutoja ja roudattomia, myrskyt ovat yleisiä ja voimakkaampia kuin ennen. Muutokset ovat johtaneet siihen, että eteläisessä Suomessa lehtipuut ovat vallanneet alaa havupuiden siirtyessä kohti pohjoista elinolojen muuttuessa sopimattomiksi. Kuusen osuus puuston määrästä on tippunut alle 10 prosenttiin, kun taas männyn määrä on noussut 60 prosenttiin. (Kotakorpi 2021, s. 178–179).

Muuttuvien olosuhteiden lisäksi kuusen tulevaisuuteen vaikuttavaa se, millaisia valintoja ja toimia tehdään kuusen kasvatukseen liittyen: kasvatetaanko kuusta sekametsässä ja miten kuusikoita hoidetaan?

Metsänhoitosuositukset ovat muuttuneet sekapuustoa suosivimmiksi ja taimikonhoidossa suositellaan säästettäväksi lehtipuuta sekapuustoinen metsän muodostumiseksi.

Sekapuustoinen metsä määritellään metsänhoidon suositusten mukaan olevan metsä, jossa pääpuulajia on enintään 75 % puustosta (Äijälä ym., 2019). Sekapuustoisuudella parannetaan metsän monimuotoisuutta, sillä puhdas kuusikko on pimeä ja lajistoltaan niukempi, kuin valoisampi sekapuumetsä, joka on sopivampi kasvupaikka monille lajeille. Tätä tukevat havainnot Saksasta, jossa kirjanpainajatuhot ovat tuhonneet suuren määrän kuusikoita: sekapuustoinen metsä kestää kirjanpainajatuhoja paremmin kuin yhden puulajin metsä (Melin 2023). Vielä ei kuitenkaan ole pystytty määrittämään tarkkaa sekapuustoisuuden määrää, joka selvästi vaikuttaisi kirjanpainajan leviämiseen puustossa.

Sekapuustoisuuteen vaikutetaan uudistamisen ja hoitotöiden kautta. Sekapuustoinen metsä saadaan aikaiseksi sekaviljelemällä mäntyä ja kuusta, ja antamalla tilaa luontaiselle lehtipuun taimiainekselle. Puulajisuhteisiin vaikutetaan monien hoitotöiden myötä.

Varhaisperkauksessa voidaan poistaa lehtipuista valtaosa, mutta ei kaikkia. Kun puusto on noin 4–5 metristä, taimikonhoidolla pyritään saavuttamaan sekapuustoisuus.

Ensiharvennuksessa pidetään huolta, ettei hakata kaikkia vähemmistöpuulajeja, vaan jätetään 10–20 % lehtipuuta, ja pääpuuksi jätetään joko mänty tai kuusi, riippuen siitä kumpi kasvaa kasvupaikalla paremmin. (Äijälä ym., 2019; Oijala, 2021).

Metsänhoitotöiden laiminlyönti altistaa puustoa tuhoille, joten metsänhoidon voimakkuudella ja oikea-aikaisuudella tulee olemaan tärkeä rooli kestävässä metsätaloudessa. Esimerkiksi tuulituhoriski kasvaa, mikäli ylitieänä kasvatettua metsää harvennetaan voimakkaasti.

Tällöin jäljelle jäävä puusto on altis tuulituhoille, kun tuuli pääsee vaikuttamaan puuston läpi aiempaa voimakkaammin. Avainasemassa on siis myös hoitotoimenpiteiden oikea-aikaisuus, eikä hoitorästejä saisi päästä syntymään (Oijala, 2021). Sloveniassa tehdyn tutkimuksen mukaan, metsänhoidolla on yhteys kirjanpainajatuhoihin. Tutkimuksen mukaan, säännölliset harvennukset, joissa poistetaan huonokuntoiset ja vaurioituneet puut, ja suositetaan kasvupaikalle hyvin sopeutuneita terveitä puita, vähentävät puuston kokonaisaltiutta tuholaisille. (De Groot, Diaci & Ogris, 2018)

Maa- ja metsätalousministeriön (2023) mukaan metsätuhoihin voidaan varautua parhaiten hoitamalla metsiä, ja välttämällä kesäisin puutavaran ja vahingoittuneen puun varastointia

metsissä. Nykyinen laki metsätuhojen torjunnasta pyrkii nimensä mukaisesti torjumaan metsätuhoja, ja määrittää muun muassa puutavaran poistamisesta hakkuupaikalta ja välivarastosta, sillä ne houkuttelevat tuhohyönteisiä (Finlex 2013). Vuonna 2022 lakiin kirjattiin lisäyksiä, joiden keskeisimmät muutokset koskevat juurikäpää- ja kirjanpainajatuhojen ennakoitua. Juurikäpäää pyritään torjumaan torjuntavelvoitteella, eli hakkuualueiden kannot tulee käsitellä juurikäävän torjunta-aineella. (Suomen Metsäkeskus 2021)

Yhteenvetona voidaan todeta, että tulevaisuudessa puhtaita kuusikoita tulee kasvamaan yhä vähemmän, mikäli sekametsien suositaan yhtä vahvasti kuin tällä hetkellä. Sekametsien suosiminen on kaiken kaikkiaan hyvinkin perusteltua, varsinkin taloudellisesta näkökulmasta: vaikka tuholaiset veisivät kaikki kuuset, muut puulajit voisivat selviytyä ja tuoda vielä tuloja metsästä. Oikea-aikaisella metsänhoidon toimenpiteillä voidaan lisätä metsän tuhokestävyyttä ja pyrkiä turvaamaan metsätalouden kannattavuutta.

2.5 Kuusi Etelä-Suomessa -tilastot

Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on määrittää puhtaiden, nuorien kuusikoiden määrä Etelä-Suomessa. Luonnonvarakeskus (Luke) ylläpitää valtion metsien inventointitilastoja (VMI), joita esitellään tässä luvussa. Vaikka VMI-tilastojen määritelmät eivät täysin täsmää opinnäytetyön määrittelyihin, voidaan tuloksia silti verrata VMI-tilastoihin, kun arvioidaan aineistoanalyysin oikeellisuutta.

Metsäteollisuus ry:n ja Sahateollisuus ry:n monimuotoisuusseminaarissa (28.2.2023) esiteltiin metsäluonnon monimuotoisuudelle tärkeiden rakennepiirteiden kehitystä vuosina 1980–2020. Osatutkimus perustuu VMI-aineistoon (VMI13 2019-2021) ja siinä tarkasteltiin muun muassa puulajeja ja sekametsiä. Tutkimuksessa Etelä-Suomi rajautuu Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun eteläpuolelle ja nuoret metsät on määritelty olevan iältään 1–20-vuotiaita. Tutkimuksen tuloksien mukaan Etelä-Suomen mäntyvaltaisten metsien osuus on laskenut 75 prosentista 40 prosenttiin, vastaavasti kuusivaltaisten metsien osuus on noussut 20 prosentista 50 prosenttiin. Lehtipuuvaltaisten metsien osuus on noussut kyseisellä aikavälillä viidestä prosentista 12 prosenttiin. Yhteenlaskettu määrä on yli 100 % pyörityksien takia. Tämän tutkimuksen mukaan Etelä-Suomessa kasvatetaan edelleen kuusta hyvin paljon.

Luonnonvarakeskuksen metsävarainventointitilastojen (VMI 12/13 2018-2022) mukaan Etelä-Karjalassa, Kanta-Hämeessä, Kymenlaaksossa, Päijät-Hämeessä ja Varsinais-

Suomessa on yhteensä 932 000 hehtaaria kuusivaltaista metsämaata (kts taulukko 1.). On hyvä huomata, että tässä VMI-aineistossa Etelä-Suomi on määritelty tarkoittavan maantieteellisesti eri aluetta, sillä tilastopalvelu antaa kuusivaltaista metsämaata Etelä-Suomelle 3 685 000 hehtaaria (vrt. aiempi kappale). Tämän opinnäytetyön mukaan määritetyn Etelä-Suomen alueella kuusivaltaisen metsän osuus metsämaasta on noin 37 %. Kun keskimääräinen kuusivaltaisuus määritetään maakuntien metsäalaa painottaen, saadaan kuusivaltaisen metsän osuudeksi 32 %.

Taulukko 1. Metsämaan ja kuusivaltaisen metsämaan määrä (Luonnonvarakeskus,n.d-b)

Maakunta	Metsämaa 1 000 ha	Kuusivaltainen metsämaa 1 000 ha	Kuusivaltaisen metsämaan osuus %
Uusimaa	505	189	37 %
Varsinais-Suomi	560	143	26 %
Kanta-Häme	341	176	52 %
Päijät-Häme	391	208	53 %
Kymenlaakso	307	86	28 %
Etelä-Karjala	414	130	31 %
Etelä-Suomi	2 518	932	37 %

Maakuntien välillä on huomattavia eroja, niin kuusivaltaisen metsän absoluuttisessa kuin metsämaan kokonaismäärään suhteutetuissa määrissä. Päijät-Hämeessä on absoluuttisesti ja suhteellisesti eniten kuusivaltaisia metsiä. Kymenlaaksossa on vähiten kuusikoita absoluuttisia määriä vertailtaessa ja Varsinais-Suomessa suhteellisia lukuja vertailtaessa.

Eteläsuomalaisista kuusikoista ja niiden puulajien vallitsevuuksista on tilastoja, mutta kuusivaltainen metsämaa, jolla havupitoisuus on 95 % tarkoittaa sitä, että puulaji voi olla kuusta tai mäntyä. Luken tilastoissa ei siis ole määritetty yhden puulajin metsiköiden määrää. Huomattavaa on se, että kun aluetta analysoidaan kokonaisuutena, suuremman havupuuston osuuden omaavia metsiä (havupuuston osuus yli 95 %) on (418 000 ha) enemmän kuin havupuusto-osuudeltaan 75–95 % tai alle 75 % omaavia metsiä (344 000 ha). Tämä saattaa olla aiemmin kuvatun, nykyään jo vanhanaikaseksi katsotun taimikonhoidon ja harvennushakkuiden tulosta, missä pyrittiin minimoimaan lehtipuun osuus ja tähdättiin yhden puulajin metsiin.

Toisaalta kun tilastoa tarkastellaan maakuntakohtaisesti, trendi ei ole kaikissa maakunnissa sama. Kuitenkin vähiten kuusivaltaisia metsiä on luokassa *Kuusivaltainen - havupuun osuus*

alle 75 %, mikä taas voidaan tulkita niin, ettei kuusta suosita kasvatettavan kovinkaan sekapuustoisissa metsissä.

Taulukko 2. Kuusivallitsevuuden määrät metsämaalla (1000 ha) (Luonnonvarakeskus, n.d-c)

Maakunta	Kuusivaltainen metsämaa Havupuuston osuus yli 95 %	Kuusivaltainen metsämaa Havupuuston osuus 75–95 %	Kuusivaltainen metsämaa Havupuuston osuus alle 75 %	Kuusivaltainen metsämaa Yhteensä
Uusimaa	67	79	44	189
Varsinais-Suomi	69	47	27	143
Kanta-Häme	65	77	33	176
Päijät-Häme	105	66	36	208
Kymenlaakso	38	32	15	86
Etelä-Karjala	74	43	13	130
Etelä-Suomi	418	344	168	932

Taulukkoon 3 on koostettu kuusen kasvu, koko puuston kasvu ja keskikasvu vuodessa Etelä-Suomen maakunnissa. VMI 12/13 mukaan kuusi kasvaa tarkasteltavissa maakunnissa yhteensä 7,55 miljoonaa kuutiota vuosittain, mikä on noin 42 % alueen puuston kokonaiskasvusta. Koko maan osalta kuusi kasvaa noin 35,67 miljoonaa kuutiota vuodessa, eli suhteutettuna koko maan kasvuun, Etelä-Suomen kuuset kasvavat 21 % koko maan kuusikoiden vuotuisesta kasvusta. Eteläiset maakunnat soveltuvat siten hyvin kuusen kasvatukseen, minkä takia sitä on varmasti puulajina suosittu metsätaloudessa.

Taulukko 3. Puuston kasvu metsä- ja kitumaalla. (Luonnonvarakeskus,n.d-d)

Maakunta	Kuusen kasvu milj.m ³ /v	Koko puuston kasvu milj. m ³ /v	Koko puuston keskikasvu m ³ /ha/v
Uusimaa	1,52	3,66	6,9
Varsinais-Suomi	1,22	3,40	5,5
Kanta-Häme	1,44	2,60	7,6
Päijät-Häme	1,53	2,90	7,3
Kymenlaakso	0,73	2,20	7,2
Etelä-Karjala	1,11	2,97	7,1
	7,55	17,73	6,9

Kuten todettu jo aiemmin, Luken tilastot eivät tarjoa tarkkaa tietoa puulajijakaumasta, siitä kuinka paljon mitäkin puulajia kasvaa milläkin kasvupaikalla, tai minkä ikäistä puusto on. Tämän takia tehdään luvussa 3 kuvattu aineistoanalyysi, jonka tavoitteena on selvittää kuinka paljon Etelä-Suomessa on tuhoalltiita puhtaita kuusikoita, joita ilmastonmuutos tulee haastamaan tulevien vuosikymmenien aikana.

3 Tutkimusmenetelmät

Työn tutkimusosion pääpaino on aineistoanalyysissä, jossa hyödynnetään Suomen Metsäkeskuksen tarjoamaa metsävarakuviotietoa. Aineistoanalyysin tarkoitus on vastata ensimmäiseen tutkimuskysymykseen eli voidaanko avoimen metsävarakuviotiedon perusteella selvittää, kuinka paljon Etelä-Suomen metsistä on puhtaita, nuoria kuusikoita, joiden tulisi selviytyä vielä monia vuosikymmeniä saavuttaakseen uudistuskypsyys, ja kuinka paljon kyseisiä kuusikoita on. Aineistoanalyysissä esitellään käytetty tutkimusaineisto, analyysin rajaukset sekä määrittelyt, tutkimusaineiston käsittely ja analyysin tulosten raportointi.

Toinen käsittelee asiantuntijakommenttien keräämistä aineistoanalyysin tueksi, mutta tutkimus ei ole varsinaisesti haastattelututkimus. Haastatteluiden tarkoitus on lisätä ymmärrystä eri asiantuntijoiden avulla ja lisätä työhön syvyyttä, Etelä-Suomalaisista kuusikoista ja niiden tulevaisuudesta. Osiossa esitellään lyhyesti haastateltavat henkilöt, haastatteluiden toteutus ja haastattelukeskusteluiden teemat.

3.1 Aineistoanalyysi

Kuten kappaleessa 2.5 on kerrottu, tämän opinnäytetyön mukaan määritellyssä Etelä-Suomessa on 932 000 hehtaaria kuusivaltaista metsämaata, joka kattaa 37 % alueen metsämaasta. Luken julkaisemissa aineistoissa ei ole tilastoja, siitä, minkä ikäisiä kyseiset kuusikot ovat tai millaisilla kasvupaikoilla metsiköt kasvavat. Tämän takia on tarpeellista pyrkiä tekemään tarkempi analyysi Metsäkeskuksen tarjoaman metsävarakuviotiedon pohjalta.

Aineistoanalyysi ei varsinaisesti sisällä tilastollisia analyysejä, eikä aineistosta tulkita eri tekijöiden välisiä korrelaatioita tai kausaliteetteja. Aineistoista halutaan yksinkertaisesti selvittää metsämaan määrä tiettyjen kriteerien täytyessä. Työn aineistohallintasuunnitelma on liitteenä 3.

3.1.1 Tutkimusaineisto

Metsävaratiedon kerääminen ja ylläpitäminen on Suomen metsäkeskuksen lainmukainen tehtävä. Metsävaratieto julkaistaan avoimena metsävaratietona, joka on kaikkien hyödynnettävissä, eikä se sisällä omistajatietoja. Metsävaratieto kerätään hyödyntäen laserkeilausta, ortokuvia ja maastossa tehtäviä koealamittauksia, joiden tehtävänä on

varmistaa, että laserkeilaus- ja ortokuva-aineistoja tulkitaan oikein. Metsävaratieto vanhenee parissa vuodessa muun muassa metsänhoitotöiden ja hakkuiden takia. Laserkeilaus toteutetaan kuuden vuoden ja ilmakeilaus kolmen vuoden välein. Metsävaratietoa päivitetään myös metsänkäyttöilmoitusten, hakkuukoneiden mittausten ja tukihakemuksien perusteella. Puuston kasvu määritetään Luken kasvumallien avulla (Kjyllberg, 2023; Suomen Metsäkeskus, 2023b).

Nykyisin metsävaratiedon luotettavuus on melko hyvää ja luotettavinta metsävaratietoa saadaan kerättyä tasaikäisrakenteisista metsistä. Puustotulkinnan mukaan puuston kokonaistilavuuden, pohjapinta-alan ja keskiläpimitan keskivirhe (RMSE) on nykyisin noin 10 %:n tasolla ja keskipituuden noin 5 %. Toisaalta vaikeinta on tulkita laserkeilausaineistoa, jossa metsä on hyvin moninaista. Erikoiset puut ja monet puulajit vaikeuttavat datan tulkintaa. Mitä pienempää puusto on, sitä vaikeampi sitä tulkita. Alle kahden metrin mittaisista taimikoista ei saada kerättyä tietoa laserkeilauksella. Kasvupaikkatiedot perustuvat maastotyöhön. (Kjyllberg, 2023; Suomen Metsäkeskus, 2023b)

Opinnäytetyön kuusianalyysi on tehty Metsäkeskuksen tarjoamasta metsävarakuviotiedosta, jota on saatavilla maakunta-, kunta- ja karttalehtitasolla. Metsäkeskuksen mukaan metsävarakuviotietoa voidaan käyttää esimerkiksi paikkatietoanalyysissä, metsänhoito- ja hakkuutoimenpidesuunnittelussa. Metsäkeskuksen tietojärjestelmästä peräisin oleva metsävarakuviodata on vektorimuotoista paikkatietoaineistoa. Tietotuotekuvauksen mukaan datan kattavuus vaihtelee alueittain. Laserinventoinnissa kokonaistilavuuden tarkkuusvaatimuksena kasvatusmetsissä ja uudistuskypsissä on, että kokonaistilavuuden tulee olla 20 prosentin sisällä oikeasta 80 prosentilla kuvioista. Kokonaispuuston keskipituudelle, keskiläpimitalle ja pohjapinta-alalle on määritetty Metsäkeskuksen mukaan seuraavat laatuvaatimukset, eli niin sanotut virhemarginaalit: keskipituus ± 2 metriä, keskiläpimitta ± 3 senttimetriä ja pohjapinta-ala ± 3 m²/ha, ja nämäkin virhemarginaalit tulee täyttyä 80 prosentilla kuvioista. (Suomen Metsäkeskus, 2023c)

Puuston ikä on haastavin tunnus, sillä laserkeilaus perustuu puun näkyviin piirteisiin ja samankokoisen puuston ikä voi eri kasvupaikoista ja muista tekijöistä johtuen vaihdella jopa kymmeniä vuosia. Usein puuston ikä ja koko ovat verrannollisia toisiinsa, jolloin ikätieto on yleensä oikean suuntainen. Puuston pituustieto on tarkin, puuston läpimittatieto on yleensä hyvä ja pohjapinta-alakin useimmiten mainitun vaihteluvälin sisällä. Tasaikäisrakenteisten metsien pääpuulaji on oikein noin 95 prosentilla kuvioista (Suomen Metsäkeskus, 2023c).

Metsävarakuvioiden tietomalli koostuu 10 tietokantataulusta. Puustotietojen lisäksi tietokantatauluissa on tietoja tietolähteestä, toimenpide-ehdotuksia, toimenpiderajoituksia ja erityispiirteitä. Tässä työssä olennaisimmat tietotaulut ovat metsikkökuvio, puustotieto ja puusto-osite. Taulukossa 4 on esitetty työn kannalta olennaisimmat tietotaulut ja niiden muuttujat.

Taulukko 4. Analyysin kannalta olennaiset tietotaulut. (Suomen Metsäkeskus, 2022).

Tietokantataulu	Suomennos	Keskeinen sisältö	Keskeisimmät kentät
Stand	Metsikkökuvio	Metsikkökuvion perustiedot ja kuvio geometria	standid - viiteavain mesikkökuvion: pääryhmä alaryhmä, kasvupaikkaluokka, kehitysluokka, pääpuulaji, pinta-ala
Treestand	Puustotieto	Puustotietojen tyyppi ja puustotietojen pvm.	standid - viiteavain treestandid - viiteavain type: puustotietojen tyyppi
Treestratum	Puusto-osite	Inventoitu puusto, nykyhetken laskettu puusto ja tulevaisuuteen ennustettu (10 v päähän) puustoyhteenveto	treestandid - viiteavain Puusto-ositteen: puulaji, ikä (v), kokonaistilavuus m ³ , pohjapinta-ala (m ² /ha)

3.1.2 Määritykset ja rajaukset

Ennen aineiston käsittelyä paikkatietojärjestelmällä määritellään millaisia kuusikoita metsävarakuviotiedoista on tarkoitus löytää. Tutkimuksen tarkoitus on tunnistaa kuusikot, jotka kasvavat metsämaalla, joiden pääpuulaji on kuusi, ja jotka kuuluvat kehitysluokkiin 02 (nuori kasvatusmetsikkö) tai 03 (varttunut kasvatusmetsikkö). Lisäksi halutaan tutkia puuston nykytilaa, eli metsikkökuvion puustotietojen tyyppi on 2. Nykypuuston käyttö perustuu siihen, että inventointipäivämäärät vaihtelevat, eikä inventointipuuston käyttö ole siten mielekästä.

Taulukko 5. Tutkimusaineiston rajaaminen metsävarakuviotiedoista.

Kenttä	Kuvaus FI	Koodi	Selite
Maingroup	Metsikkökuvion pääryhmä	1	Metsämaa
Maintreespecies	Metsikkökuvion pääpuulaji	2	Kuusi
Development class	Metsikkökuvion kehitysluokka	02 & 03	Nuori kasvatusmetsikkö Varttunut kasvatusmetsikkö
Type	Metsikkökuvion puustotietojen tyyppi	2	Nykyhetken laskettu puusto

Taulukossa 5 esiteltyjen rajauksien lisäksi on tärkeää määritellä, mikä on ”puhdas kuusikko”. Määritelmää laatiessa kävi ilmi, että puhtaan kuusikon määrittäminen ei ole aivan yksinkertaista. Korhonen ym. (2021) ovat käyttäneet määritelmää, jonka mukaan puhtaat tai lähes puhtaat havumetsät ovat metsiä, joissa dominoiva puulajiosuus on yli 95 % kasvavasta puustosta, kun puulajiosuus lasketaan puuston pohjapinta-alasta. Suomen Metsäkeskuksen metsävaratiedon johtavan asiantuntijan Juho Heikkilän (5.4.2024, henkilökohtainen tiedonanto) mukaan virallista määritelmää puhtaalle, yhden puulajin metsikölle ei ole. Johtuen tavasta, jolla metsävarakuvioiden puulajimääritelmä tehdään, on yleistä, että metsikkökuvioille saattaa päätyä pieniä määriä puulajia, jota siellä ei todellisuudessa ole. Heikkilän mukaan on perusteltua määrittää puhdas kuusikko, kun kuusen osuus metsikkökuvion pohjapinta-alasta on yli 90 %.

Lisäksi aineistoanalyysi keskittyy nuorehkoihin puustoihin, sillä näiden puustojen tulisi kasvaa keskimäärin vielä vähintään 30 vuotta saavuttaakseen uudistuskypsyyden, joka Tapion mukaan kuuselle on Etelä-Suomessa (lämpösumma yli 1200 d.d.) 60+ - 70+ vuotta. Johtavan asiantuntijan Seppo Kilpiäisen mukaan puuston ikätieto ei ole kovinkaan luotettava, eikä puuston rajaaminen iän perusteella ole suositeltavaa. Puuston ikätekijän epäluotettavuuden takia päätettiin, että kehitysluokan avulla puuston ikää voidaan epäsuorasti rajata riittävällä tasolla.

3.1.3 Tutkimusaineiston käsittely

QGIS on paikkatietojärjestelmä, jonka avulla voidaan käsitellä paikkatietoainestoa. Tässä työssä muokataan ja rajataan metsävarakuviotietoja, jotta sitä on helpompi jatkojalostaa ja visualisoida Microsoft Power BI:llä.

Maakuntakohtaiset metsävarakuviotiedot käsitellään kaikkien maakuntien osalta toistamalla samat toimenpiteet. Aineiston käsittelyprosessi muodostui niin sanotusti yrityksen ja erehdyksen kautta. Päijät-Hämeen metsävarakuviodata toimi pilottiaineistona, ja sitä käsiteltäessä luotiin liitteen 2 mukainen prosessi. Tiivistettynä aineistoa yhdisteltiin taulusta toiseen, rajattiin tiettyjen raja-arvojen mukaan sekä tehtiin laskelmia. QGIS-ohjelmassa hyödynnettiin toimintoja kuten Join attributes by field value, Select attributes by expression, Statistics by categories ja DB Manegerin avulla voitiin hyödyntää SQL-kyselyitä (ks. liite 2).

Stand-taulussa jokainen metsikkökuvio on listattu kerran. Jokaista metsikkökuvioita kohden on standid-tieto, joka on metsikkökuvioita yksilöivä tunnus. Aineiston käsittelyn tavoitteena oli

saada muodostettua taulu edellä mainituin ehdoin niin, että jokaista kuviota kohden on yksi rivi ja tällä rivillä on kaikki tarvittava tieto yhdestä metsikkökuvioista.

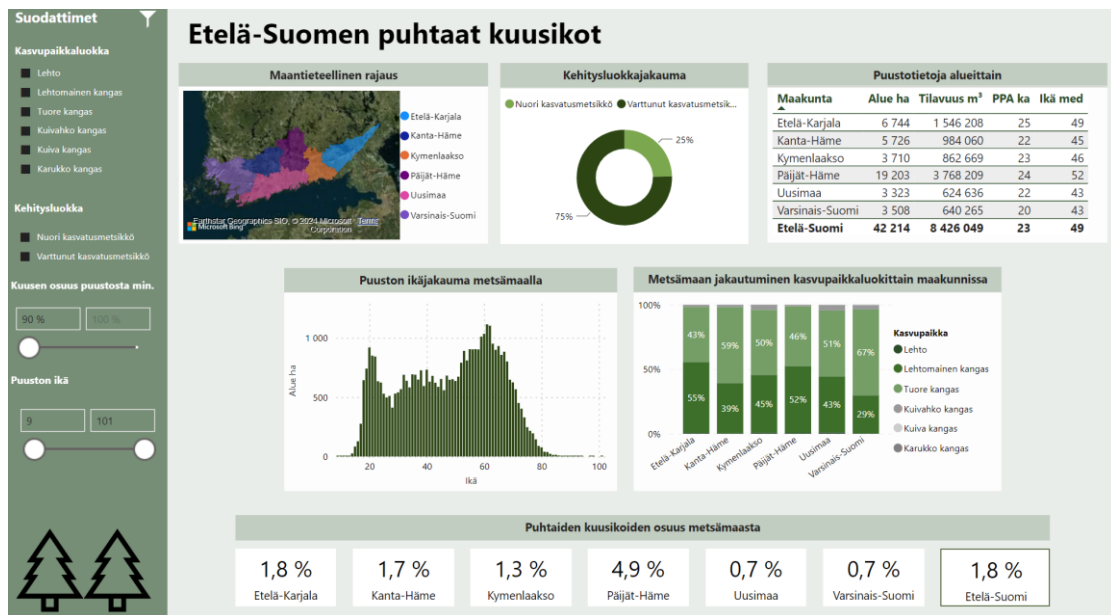
Lähes jokaista metsikkökuvioita kohden on useampi puusto-ositerivi, esimerkiksi useamman puulajin takia. Näistä puusto-ositteista haluttiin analysoidaan aineistoon päätyvän vain ne, joilla on kuvion suurin kuusen pohjapinta-ala. Eli jos kuviolla oli esimerkiksi kuusta kahdessa jaksossa, vallitseva jaksona ja alempana jaksona, haluttiin aineistoon vallitsevan jakson rivi. Kuviokohtaisella rivillä on siis tieto kuvion kuusen tilavuudesta, pohjapinta-alasta, iästä ja kasvupaikkatyypistä. Kun kaikki työvaiheet on suoritettu liitteen 1 mukaisesti maakuntakohtaisille aineistoille, tiedot viedään excel-tiedostoksi ja siirrytään raportointivaiheeseen.

3.1.4 Tutkimusaineiston raportointi

Ennen kuin QGIS-ohjelmistolla muokatut aineistot luetaan Microsoft Power BI-ohjelmaan (myöhemmin PBI), maakuntakohtaisista tauluista poistetaan epäolennaisia tietosarakkeita, esim. tyhjät, sillä niiden lataaminen ohjelmaan on turhaa. Kun maakuntakohtaiset excel-tiedostot on viety PBI:hin, tauluja käsitellään Power Query -työkalulla. Esimerkiksi maakuntakohtaisiin tauluihin lisätään tietosarake "maakunta" ja tiedostot yhdistetään yhdeksi tauluksi. Tämän jälkeen tehdään laskelmia, eli mittareita DAX-kieltä hyödyntäen.

Raportti (ks. kuva 3) on rakennettu niin, että puuston metsiköiden alueellista määrää voi tutkia erilaisten osittajien (kasvupaikan, kehitysluokan, kuusen osuus puustosta, iän) avulla. Vallitsevan puulajin osuuden suhteen tehtiin päätös, että raportille luetaan ne kuusikot, joiden kuusen osuus kuvion puustosta on 90 % ja 100 % välillä. Tätäkin rajausta voi raportilla muokata vielä osittajan avulla. Kuusen ikää kuviolla ei sen sijaan ole rajattu raporttiin tuodussa aineistossa. Aineiston käsittelyn ensimmäisessä vaiheessa QGIS-ohjelmassa puustoa rajattiin kehitysluokalla ja raportilla sitä voi rajata lisää osittajan avulla

Kuva 3. Koostettu raportti perustuen Metsäkeskuksen metsävarakuviotietoon



Raporttiin laskettiin tunnuslukuja koko tarkastelualueelle sekä maakuntakohtaisesti. Esimerkiksi puhtaiden kuusikoiden määrää hehtaareissa verrataan kunkin alueen metsämaan kokonaismäärään, joka on laskettu maakuntakohtaisista metsävarakuviotiedoista.

3.2 Asiantuntijahaastattelut

Metsävarakuviotietoihin perustuvan analyysiraportin valmistuttua oli vuorossa asiantuntijoiden haastattelut. Opinnäytetyön tarkoitus ei ole tehdä haastattelututkimusta, joten asiantuntijahaastattelut keskittyvät keräämään asiantuntijoilta kommentteja eteläsuomalaisista kuusikoista ja niiden tulevaisuudesta. Haastattelut olivat muodoltaan keskustelupainotteisia ja jokainen haastattelukeskustelu muokkaantui kunkin haastateltavan asiantuntijuuden ympärille.

Haastateltavat valikoituivat heidän edustamansa tahon tai asiantuntijuuden mukaan. Potentiaalisia haastateltavia oli alussa seitsemän, joista kaikki vastasivat myönteisesti sähköpostitse lähetettyyn haastattelupyyntöön. Lopulta viiden asiantuntijan kanssa saatiin haastattelut järjestettyä huhti- ja toukokuun 2024 aikana. Haastattelut järjestettiin Teams-tapaamisina, ja ne kestivät noin 40–55 minuuttia. Haastatteluista tehtiin muistiinpanot, joista on poimittu keskeisimmät näkemykset 4.3. Asiantuntijakommentit -lukuun. Haastateltaville

esitettiin tehty raportti ja kerättiin siihen kommentteja, sekä keskusteltiin muun muassa seuraavista aiheista:

- Eteläsuomalaiset puhtaat kuusikot: riskit ja tulevaisuuden näkymät.
- Puhtaiden kuusikoiden hoito.
- Metsäteollisuuden varautuminen tulevaan: onko varauduttu kuusen riittävyyteen tulevaisuudessa, jos ilmastonmuutos vähentää merkittävästi kuusen määrää Suomessa?

Haastateltavilta pyydettiin lupa kommenttien käyttöön osana opinnäytetyötä ja opinnäytetyöhön sisällytetyt kommentit lähetettiin haastateltaville tarkistettavaksi ennen työn julkaisua. Haastateltavat henkilöt on listattu taulukkoon 6 haastatteluiden toteutusjärjestyksessä.

Taulukko 6. Asiantuntijakommentteja varten haastateltavat henkilöt.

Nimi	Titteli	Organisaatio	Asiantuntemusalue
Jari Miina	Erikoistutkija	Luonnonvarakeskus	Metsänhoito, nuorten metsien kehitys, metsien ei-puuaineiset tuotteet
Markku Remes	Metsänhoidon johtava asiantuntija	Suomen Metsäkeskus	Metsänhoito
Tiina Laine	Metsänhoitopäällikkö	Metsä Group	Metsänhoito
Anniina Kostilainen	Yhteiskuntasuhdepäällikkö	Sahateollisuus ry	Laaja metsäalan tuntemus
Sami Oksa	Sidosryhmäsuhdejohtaja	UPM Metsä	Laaja metsäalan tuntemus

4 Tutkimustulokset

Tämän pääluvun tarkoituksena on esitellä luvussa kolme kuvaillun aineistoanalyysin tulokset, sekä koostaa asiantuntijahaastatteluiden keskeisimmät kommentit. Aineistoanalyysin tulokset esitellään kolmen alaluvun kautta. Asiantuntijahaastatteluiden kommentit on koostettu teemoittain.

4.1 Aineistoanalyysin tulokset

Aineistoanalyysin tarkoitus on selvittää puhtaiden kuusikoiden määrää eteläisissä maakunnissa. Rajattua aineistoa tarkastellaan erilaisten muuttujien mukaan, vaikka analyysin päätarkoitus onkin selvittää vain puhtaiden kuusikoiden määrää eteläisissä maakunnissa. Laajempi tarkastelu eri muuttujien kautta on myös välttämätöntä, kun arvioidaan tuloksien luotettavuutta ja oikeellisuutta. Tulokset on kerätty Power BI -raportilta (ks. kuva 3).

Aineistoanalyysin tuloksia analysoitiin yhdessä Metsäkeskuksen asiantuntijoiden kanssa. Metsätiedon johtavan asiantuntijan Juho Heikkilän ja kaukokartoituksen johtavan asiantuntijan Seppo Kilpiäisen kanssa pidettiin Teams-palaveri, jossa esiteltiin tehdyn aineistoanalyysin tulokset ja pohdittiin mitkä tekijät ovat mahdollisesti vaikuttaneet tuloksiin.

4.1.1 Kuusivaltaisuuden vaikutus puuston määrään

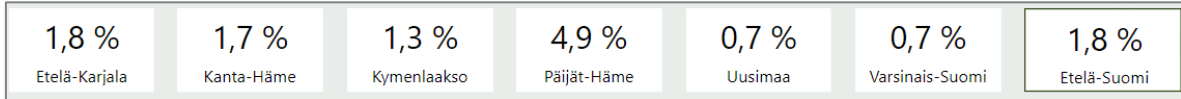
Tässä tutkimuksessa puhtaan kuusikon määritelmän mukaan kuusikon pohjapinta-alasta täytyy olla vähintään 90 prosenttia kuusta. Tähän määritelmään päästiin yhdessä Heikkilän kanssa ennen analyysiä käydyn sähköpostikeskustelun kautta. Taulukossa 7 on koostettu tietoja kuusikoiden muun muassa määrästä ja tilavuudesta. Taulukon lukuja ei ole rajattu puuston iän mukaan, vaan puuston ikä vaihtelee 9–101 vuoden välillä. Etelä-Suomen maakunnissa on tällöin 42 214 hehtaaria puhtaita kuusikoita, kun tarkastellaan metsämaata ja kasvatusluokkia nuori 02 ja varttunut kasvatusmetsikkö 03. Puuston yhteistilavuus on yli 8,4 miljoonaa kuutiota. Metsikkökuvuioiden pohjapinta-ala on keskimäärin 23 ja mediaani-ikä on noin 49 vuotta.

Taulukko 7. Kuusikoiden puustotietoja maakunnittain (Kuusivaltaisuus \geq 90 %).

Maakunta	Alue ha	Tilavuus m ³	PPA ka	Ikä med
Etelä-Karjala	6 744	1 546 208	25	49
Kanta-Häme	5 726	984 060	22	45
Kymenlaakso	3 710	862 669	23	46
Päijät-Häme	19 203	3 768 209	24	52
Uusimaa	3 323	624 636	22	43
Varsinais-Suomi	3 508	640 265	20	43
Etelä-Suomi	42 214	8 426 049	23	49

Suhteutettuna puhtaiden kuusikoiden määrä Etelä-Suomen alueen metsämaahan, saadaan puhtaiden kuusikoiden osuudeksi 1,8 prosenttia (ks. kuva 4). Analyysin mukaan puhtaiden kuusikoiden määrä on korkeimmillaan absoluuttisesti ja suhteellisesti Päijät-Hämeessä.

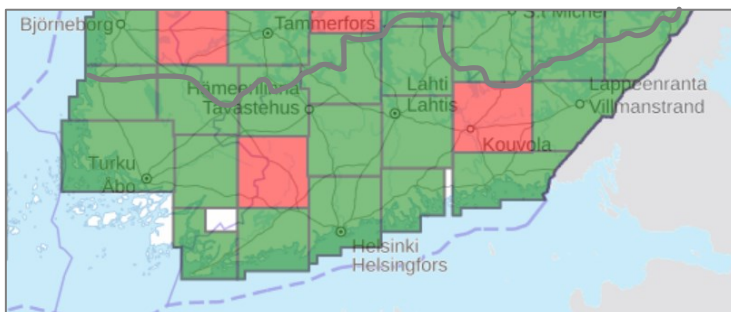
Kuva 4. Puhtaiden kuusikoiden osuus metsämaasta (kuusivaltaisuus ≥ 90 %).



Tutkimustuloksia analysoitaessa analyysin jälkeen todettiin Heikkilän ja Kilpiäisien kanssa, että 90 prosentin vaatimus kuusipitoisuudelle on liian korkea, sillä ”puhtaiden” kuusikoiden todellinen määrä on luultavasti vähintään kymmenkertainen. Tähän vaikuttaa muun muassa tapa, jolla puustotiedot kerätään ja tulkitaan. Tuloksiin saattaa vaikuttaa myös se, milloin alueen keilausaineisto on tuotettu. Esimerkiksi puulajin tunnistaminen on kehittynyt vuonna 2020 alkaneessa kuusi vuotta kestävässä koko maan keilauskierroksessa.

Etelä-Suomen alueella on muutamia alueita, joilta keilausaineisto on tuotettu edellisen keilauskierroksen (2013–2019) aineistoon perustuen (Heikkilä & Kilpiäinen, henkilökohtainen tiedonanto, 6.5.2024). Kuvan 5 on laserkeilauksen tuotantotilanteesta nähdään, että suurimmalta osin tutkimuksen alueista on saatavilla uusimman kaukokartoituksen tuottamaa tietoa (vihreät laatikot). Kouvolan ympäristössä ja Lohjan pohjoispuolella on alueet, joiden keilaus aloitetaan vuoden 2024 aikana (punaiset laatikot), eli näiltä alueilta analyysissä käytetään edellisen keilauskierroksen tietoja (Maanmittauslaitos, n.d.-a). Heikkilä ja Kilpiäinen kuitenkin arvioi, ettei kyseisten alueiden laserkeilauksen ajankohdalla ole luultavasti suurtakaan vaikutusta tämän tutkimuksen tuloksiin.

Kuva 5. Laserkeilauksen tuotannon tilanne (9.5.2024) (Maanmittauslaitos, n.d.-a)



Aineistoanalyysin tulosten tulkinta on haasteellista, koska tarjolla ei ole vastaavia tuloksia, joihin tuloksia voisi verrata. Kuten on todettu jo aiemmin, valtion metsäinventoinnin kuusivaltaisessa puustossa on kyse havupuupitoisuudesta, ei pelkästään kuusipitoisuudesta. Heikkilä ehdotti, että kuusen pitoisuusvaatimusta alentamalla olisi voinut testata, millä prosentilla puuston määrä olisi lähellä VMI-tilastojen määrää. Aineiston käsittelytavan takia kuusen pitoisuuden muuttaminen ei ole mahdollista ilman koko aineistomäärän muokkaamista, jonka arvioitiin olevan liian suuri muutos tehtäväksi työn laajuus ja aikataulu huomioiden.

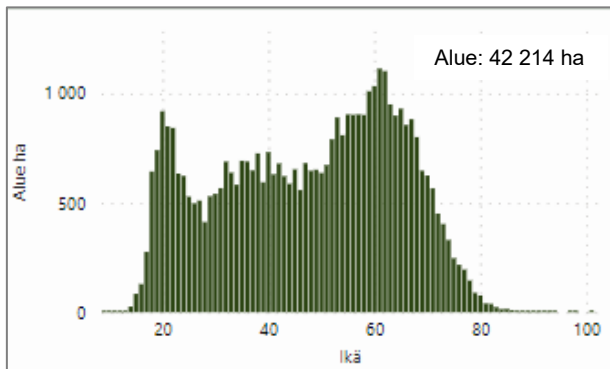
Kilpiäisen (henkilökohtainen tiedonanto, 6.5.2024) mukaan kuusipitoisuuden määrittäminen olisi voitu toteuttaa perustuen puuston tilavuuteen. Tätä hän perustelee sillä, että puuston pituustieto on tiedoista tarkin. Puustotulkinnassa kaikki muuttujat (pituus, läpimitta, pohjapinta-ala, tilavuus jne.) tuotetaan k-MSN -menetelmällä (k-Most Similar Neighbour). Menetelmä tuottaa kaikki puustomuuttujat yhdellä mallilla, joka perustuu laser- ja ilmakuvapiirteisiin. k-MSN-menetelmä on parametrivapaa lähimmän naapurin menetelmä, jota käytetään lajikohtaisten metsikön ominaisuuksien arviointiin (Packalén & Maltamo, 2007). Toiseksi puuston läpimitta korreloi vastaavasti voimakkaasti puun pituuden kanssa, minkä vuoksi läpimitta on tarkka muuttuja. Laseraineistosta laskettavat tiheyttä ja pituutta kuvaavat lasermuuttujat (piirteet) taas kuvaavat hyvin puuston tilavuutta. Pohjapinta-alaa laserpiirteet kuvaavat heikommin kuin tilavuutta (Kilpiäinen, henkilökohtainen tiedonanto, 17.5.2024). Lisäksi Kilpiäinen nostaa merkittäväksi tekijäksi metsäkuvioiden rajojen oikeellisuuden, kun puustotietoja analysoidaan kuviokohtaisesti. Kun kuvioiden rajat eivät ole täysin tarkkoja, viereiseltä kuviolta tulee helposti ”väärää” puulajia toiselle kuviolle. Pienikin rajan virheellinen sijainti voi johtaa vääristöneeseen kuvion puulajitietoon. Jos kuvioiden rajat eivät ole tarkat, ja korkean kuusivaltaisen kuvion vieressä on sekapuustoinen kuvio, sekapuustoisesta kuvion tietoja siirtyy helposti ”puhtaan” kuusikon tietoihin.

Heikkilän ja Kilpiäisen (henkilökohtainen tiedonanto, 6.5.2024) kanssa tultiin tulokseen, ettei metsävarakuviotieto sovellu kovin hyvin tämän tutkimuksen metodologian mukaiseen analyysiin, eikä tuloksien oikeellisuutta voida yksiselitteisesti arvioida. Tuloksien oikeellisuuden epävarmuudesta huolimatta analyysin tuloksia tarkastellaan seuraavaksi lisää, sillä tällä tämän tutkimuksen metodien ja määritelmien perusteella ne ovat tutkimustuloksia.

4.1.2 Iän vaikutus puuston määrään

Kilpiäinen (henkilökohtainen tiedonanto, 6.5.2024) ei suosittele puuston ikään perustuvaa analyysia, mutta kaavioon 6 on siitä huolimatta koostettu tutkimusaineiston kuusikoiden hehtaarimäärä ikäjakauman mukaan, kun kuusivaltaisuus on ≥ 90 %. Kehitysluokissa nuori ja varttunut metsikkö, puuston ikä on välillä 9–101 vuotta. Puuston ikäjakauma painottuu vanhempaan puustoon ja puuston mediaani-ikä on 49 vuotta

Kaavio 5. Puuston ikäjakauma metsämaalla (kuusivaltaisuus ≥ 90 %, ei ikärajausta)



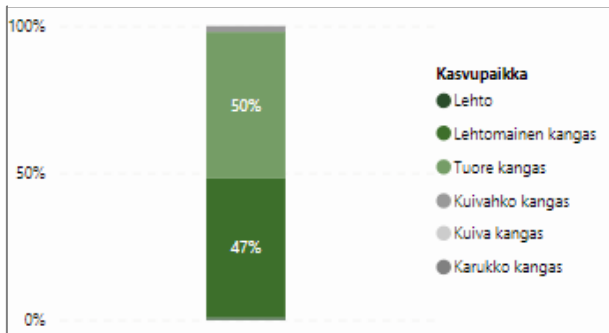
Tämän työn tarkoitus on keskittyä nuoriin kuusikoihin. Kun puuston ikä rajataan olevan enintään 40 vuotta, kuusikoiden määrä Etelä-Suomessa on 15 361 hehtaaria, joka on 0,6 % alueen metsämaasta. Puuston mediaani-ikä odotetusti laskee ja on noin 30 vuotta. Sen lisäksi, ettei aineiston ikätieto ole kovinkaan luotettavaa, myös nuoren havupuun tunnistaminen kaukokartoitusaineistosta on haastavaa, koska nuoret puut ovat rakenteiltaan samankaltaisia (Kilpiäinen, henkilökohtainen tiedonanto, 6.5.2024).

4.1.3 Kehitysluokka ja kasvupaikat

Suurin osa puustosta (75 %) on varttunutta kasvatusmetsikköä, kun tarkastellaan kuusikoita (kuusivaltaisuus ≥ 90 %, ilman ikärajausta) kehitysluokan mukaan. Vastaavasti nuorta kasvatusmetsikköä on alueen pinta-alasta 25 %. Varttuneesta kasvatusmetsiköstä 50 % kasvaa lehtomaisella kankaalla ja 47 % tuoreella kankaalla. Vain kolme prosenttia puustosta kasvaa karuilla kasvupaikoilla. Vastaavasti nuori kasvatusmetsiköstä 38 prosenttia kasvaa lehtomaisella kankaalla, 59 prosenttia kasvaa tuoreella kankaalla ja karuimmilla kasvupaikoilla kasvaa kolme prosenttia. Kaavioon 7 on koostettu koko Etelä-Suomen kasvupaikkajakauma huomioiden molemmat kehitysluokat. Koska varttuneen

kasvatusmetsän osuus aineistosta on vallitseva, myös kokonaisaineiston kasvupaikkajakauma noudattaa varttuneen metsikön kasvupaikkajakaumaa.

Kaavio 6. Metsämaan jakautuminen kasvupaikkaluokittain



Kuusen kasvattamisen karuilla kasvupaikoilla on todettu olevan huonoa metsätaloutta korkean tuhoriskin ja heikon puutuotoksen takia. Karujen kasvupaikkojen puhtaita kuusikoita (kuusivaltaisuus ≥ 90 %, ilman ikärajausta) on Etelä-Suomessa tutkimuksen mukaan vain 877 hehtaaria, ja niistä suurin osa on varttunutta kasvatusmetsikköä. Suhteellisesti eniten puhtaita kuusikoita on karuilla kasvupaikoilla Uudellamaalla, mikä tarkoittaa noin 4,3 prosenttia karujen kankaiden kuusikoiden kokonaismäärästä.

4.2 Asiantuntijakommentit

Asiantuntijahaastatteluiden kommentit on koottu tähän lukuun aihepiireittäin. Haastattelujen sisältö vaihteli hieman asiantuntijoiden asiantuntijuuden mukaan, minkä takia kaikilta asiantuntijoilta ei välttämättä ole kommenttia kaikista aihealueista. Keskusteluiden keskeisimmät kommentit on jaettu viiden teeman alle: Aineistoanalyysin tarkastelu, Puhtaisiin kuusikoihin liittyvä riski, Kuusikoiden hoitaminen, Kuusen tulevaisuus ja Kuusta hyödyntävien toimijoiden toimenpiteet.

4.2.1 Aineistoanalyysin tarkastelu

Asiantuntijoille esiteltiin metsävaratiedosta tehty raportti puhtaista Etelä-Suomen alueen kuusikoista. Raportin taustoja ja rajauksien määrittelyä esiteltiin lyhyesti. Asiantuntijat pitivät rajauksia perusteltuina ja aihetta ajankohtaisena. Muutamia kommentteja analyysistä saatiin.

Luonnonvarakeskuksen erityistutkija Jari Miina (henkilökohtainen tiedonanto, 16.4.2024) kommentoi aineistoanalyysia kasvupaikkamäärityksen osalta. Miina toi esiin, että kuviokohtaiset kasvupaikkatyytit eivät välttämättä aina päde koko kuvion alueella. Tämä on hyvä pitää mielessä, varsinkin silloin kun arvioidaan puhtaiden kuusikoiden määrää karummilla kasvupaikoilla. Karujen kasvupaikkojen lisäksi olisi perusteltua tutkia, kuinka paljon kuusikoita kasvaa kasvupaikaltaan tuoreella kankaalla, jonka maalaji on karkea. Miina pohti myös, onko 40-vuotiaat karumpien kasvupaikkojen kuusikot todella tarkoituksella uudistettu, vai voiko kyseessä olla männikön aluspuusto, joka on jäänyt kuvioille mäntyjen poistamisen jälkeen.

UPM Metsän sidosryhmäsuhdejohtaja Sami Oksan (henkilökohtainen tiedonanto, 23.4.2024) mukaan aineistoanalyysin kuusikoiden määrä vaikuttaa matalalta. Miinan tavoin hän nosti esille kasvupaikan oikeellisuuden metsävaratiedossa sekä maalajin vaikutuksen kuusen menestymiseen kasvupaikan lisäksi.

4.2.2 Puhtaisiin kuusikoihin liittyvä riski

Etelä-Suomen puhtaat kuusikot nähdään riskinä, varsinkin jos kasvupaikka on väärä. Kun puhutaan puhtaiden kuusikoiden tulevaisuudesta Etelä-Suomessa, niiden määrän kasvattaminen ei ole asiantuntijoiden mielestä tavoiteltavaa. Samanaikaisesti kuusen riittävydestä sekä ollaan että ei olla huolissaan. Edustamastaan tahosta riippumatta asiantuntijat näkevät erityisesti puhtaaseen kuusikkoon liittyvän riskejä. Kuusen uhkatekijät tiedostetaan ja tunnistetaan laajasti. Asiantuntijat listasivat haastatteluissa kuusen nykyisiä ja tulevaisuudessa voimistuvia uhkia, kuten kuivat ja lämpimät jaksot, roudattomat talvet ja tuulituhot sekä lahoa aiheuttavan juurikäävän ja kirjanpajan.

Metsäkeskuksen Metsänhoidon johtavan asiantuntijan Markku Remeksen (henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024) näkemyksen mukaan tilanne on muuttunut paljon verrattain lyhyessä ajassa viimeisen 30 vuoden aikana. Esimerkiksi lämpösumma on noussut ja säätilastot osoittavat muutosta sääolosuhteissa, joiden myötä myös riskit kasvavat. Sahateollisuus ry:n yhteiskuntasuhdepäällikkö Kostilainen (henkilökohtainen tiedonanto, 18.4.2024) nostaa esiin mahdollisuuden, että Suomessa on 50 vuoden päästä Keski-Euroopan nykyiset ilmasto-olosuhteet. Tällä muutoksella olisi merkittävät vaikutukset muun muassa maaperään, sadantaan, lämpösummaan, hyönteisiin, sieniin, eli ihan koko kokonaisuuteen – eikä kukaan tiedä varmasti, mitä tulevaisuus tuo tullessaan.

Remeksen (henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024) mukaan kuivat ja lämpimät jaksot käynnistävät mahdollisesti metsätuhokierteen, jossa heikentynyt puusto altistuu tuholaisten hyökkäyksille. Miinan (henkilökohtainen tiedonanto, 16.4.2024) mukaan esimerkiksi kuusen tuulituhot luovat optimaalisen pohjan muun muassa kirjanpainajan kannan vahvistumiselle. Vaikka kirjanpainajat ovat suurempi uhka jo selvästi varttuneemmille kuusikoille, vahvistuneet tuholaiskannat voivat alkaa uhata myös nuorempia ja hyväkuntoisempia kuusikoita.

MetsäGroupin metsähoitopäällikön Tiina Laineen (henkilökohtainen tiedonanto 19.4.2024) mukaan kuuseen liittyvä riski on todellinen, siihen on herätty ja havahduttu. Riski kuusen riittävydestä metsäteollisuuden tarpeisiin tiedostetaan, mutta pelkoa kuusen katoamisesta ei ole. Myös Oksa (henkilökohtainen tiedonanto, 23.4.2024) arvioi, että eteläiset puhtaat kuusikot sekä ovat, että eivät ole riski. Oikealla kasvupaikalla puhdas ja elinvoimainen kuusikko on edelleen hyväksyttävää. Kuitenkaan UPM Metsän tavoitteena ei ole lisätä puhtaiden kuusikoiden määrää, vaan tavoitteena on lisätä sekapuustoisuutta.

4.2.3 Kuusikoiden hoitaminen

Asiantuntijoiden ajatukset ovat yhteneviä siitä, miten nuoria kuusikoita tulisi hoitaa, jotta niillä olisi mahdollisimman hyvät selviytymismahdollisuudet uudistuskypsäksi asti.

Miinan (henkilökohtainen tiedonanto, 16.4.2024) mukaan nuorien, puhtaiden kuusikoiden harvennusten määrä olisi hyvä minimoida. Hän suosittelee vain yhden harvennuksen tekemistä kuusikoissa, joissa puusto on harvaa (alle 1 600 runkoa/ha). Harvennuksen tulee olla tarpeeksi voimakas, jotta tarvetta toiselle harvennukselle ei ole. Miina ei suosittele puhtaan kuusikon kiertoajan pidentämistä. Miina perustelee suosituksiaan juurijäävän aiheuttamalla tyvilaholla: harvennukset ovat riski juurikäävän leviämisen kannalta ja toisaalta pidennetty kiertoaika mahdollistaa tyvilahon laajan leviämisen aiheuttaen taloudellista tappiota.

Remeksen (henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024) mukaan puhtaan kuusikon harvennuksessa voidaan poistaa pohjapinta-alasta enintään kolmannes. Jos poistettavan puuston määrä ylittää 40 %, tuulituhoriski sekä valoshokista johtuvat seurannaistuhot kasvavat huomattavasti. Yläharvennusta ei tulisi tehdä voimakkaana ja sen kanssa Remes suosittelee käyttämään harkintaa. Remes nosti esille myös tuulituhonille alttiit aukkojen reuna-alueet, jotka tulisi hänen mukaansa jättää käsittelemättä tai käsitellä hyvin lievästi.

Puhtaita kuusikoita ei suositella enää kasvatettavan, vaan tulisi pyrkiä kasvattamaan sekapuustoja. Onnistuneeseen sekapuustoisuuteen Remes (henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024) mainitsee huomionarvoisina asioina oikean puulajin uudistaminen oikealle kasvupaikalle, missä myös maalaji täytyy ottaa huomioon uudistamisesta suunniteltaessa. Sekapuustoisuuden suosiminen uudistamisesta lähtien on tärkeää. Sekapuustoisuutta aletaan varmistamaan jo sillä, että muokatusta maasta jätetään osa istuttamatta ja jätetään tilaa luontaiselle taimiainekselle. Varhaisperkauksessa ei raivata kaikkea lehtipuuta pois, vaan lehtipuita voidaan jättää ryhmiksi ja säästöpuiksi. Taimikko on suositeltavaa hoitaa varhaisperkauksen jälkeen vielä toisen kerran. Kaikissa puustolle tehtävissä harvennuksissa on tärkeää jättää metsään myös lehtipuuta.

Metsänhoidossa Remes (henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024.) suosittelee mikrokuvioinnin hyödyntämistä. Pienemmät, tarkemmin rajatut mikrokuviot huomioisivat vaihtelevat kasvupaikat paremmin. Nämä ohjaisivat siihen, että hyödynnettäisiin niin sanottua täsmämetsänhoitoa, eli puustoa käsiteltäisiin eri tavoin (käsittelyn voimakkuus yms.), vaikka kokonaisuudessaan käsiteltävä alue olisikin yhtenäinen ja suurempi. Myös Oksa (henkilökohtainen tiedonanto, 23.4.2024) nostaa esille mikrokuvioinnin ja täsmämetsänhoidon tarpeellisuuden. Oksan mukaan kuvioiden sisällä osataan jo melko hyvin säätää käsittelytoimenpiteitä puuston ja kasvupaikan vaihtelun mukaan, missä esimerkiksi kosteikkojen huomiointi on tärkeää. Täsmämetsänhoidon tärkeys korostuu tulevaisuudessa entisestään.

4.2.4 Kuusen tulevaisuus

Vaikuttaa siltä, ettei puhtaiden kuusikoiden tavoittelu ole haastateltavien mielestä tulevaisuudessa enää suositeltavaa. Sen sijaan sekapuustoisuus on keino, jolla kuusta voidaan viljellä tulevaisuudessakin, sillä sekapuustoisuus hidastaa esimerkiksi kirjanpainajan leviämistä. Jos tuholaiset tuhoavat metsästä kuusen, sekapuustoisuuden myötä jäljelle jää vielä silloinkin muita taloudellisesti hyödynnettäviä puulajeja.

Laine (henkilökohtainen tiedonanto, 19.4.2024) kertoo, että Metsä Groupilla halutaan toimia hyvän metsänhoidon mukaisesti, jotta kuusen kasvu olisi turvattu myös tulevaisuudessa. Laineen mukaan on tärkeää ennakoida ja seurata kuusen tilannetta. Metsä Group on vähentänyt ja tulee yhä vähentämään kuusen viljelyä. Tänä vuonna tähdätään siihen, että alle puolet uudistettavista aloista uudistetaan kuuselle. Sen sijaan tullaan lisäämään sekaviljelyä, jossa kuusta ja mäntyä uudistetaan rinta rinnan. Laine painottaa, että kuusen viljelystä ei tulla luopumaan kokonaan, vaan suositaan sekaviljelyä.

UPM Metsän strategia ilmastonmuutoksen varalle on muun muassa luoda sekapuustoisia metsiä luontaisesti, tavoitellen kuusi-koivusekametsiä. Koivu on myös tärkeä raaka-aine UPM Metsälle, joten sen kasvattaminen on sekä monimuotoisuuden että talouden kannalta motivoivaa, sillä sekametsissä kasvaa korkealaatuista koivua. Sekapuustoisissa metsissä tavoitellaan 20 prosentin lehtipuuosuutta. (Oksa, henkilökohtainen tiedonanto, 23.4.2024)

4.2.5 Kuusta hyödyntävien toimijoiden toimenpiteet

Kun puhutaan metsäteollisuuden valmistautumisesta tulevaan, näkemyksiä on erilaisia. Kuusi on yksi tärkeimmistä puulajeista, jonka saatavuus raaka-aineena tulee heikkenemään lisääntyvien metsätuhojen, mutta myös muiden tekijöiden, kuten luonnonsuojelun takia (Remes, henkilökohtainen tiedonanto, 17.4.2024).

Yksi tapa, jolla Metsä Group pyrkii ennakoimaan ja seuraamaan kuusituhoja, on hyönteistuhosovellus. Sovellus hyödyntää tekoälyä, koneoppimista ja avointa kaukokartoitusdataa. Sovelluksen avulla pyritään seuraamaan puuston kehitystä ja havaitsemaan puuston vauriot, kuten kirjanpainajavauriot, mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta tilanteeseen voidaan reagoida ja tuhojen laajeneminen estää (MetsäGroup, 2023). Laineen (Laine, henkilökohtainen tiedonanto, 19.4.2024) mukaa olennaisinta on havaita sovelluksen avulla puustot, joiden elinvoima on alkanut hiipumaan, mutta jotka eivät ole vielä kuolleita. Tällöin puuston jalostusarvoa ei ole vielä menetetty ja tilannetta on mahdollisuus seurata tarkemmin ja päättää mahdollisista toimenpiteistä.

Metsä Group on aktiivisesti mukana hankkeissa, joissa etsitään ratkaisuja tulevaisuuden varalle, ei ainoastaan kuusen osalta, vaan myös muiden puulajien osalta. Esimerkiksi juurikäpää vastaan taistelevat niin kuusi kuin mänty varsinkin Etelä-Suomessa. Kuusen taimien jalostaminen juurikäpää ja kuivuutta vastaan on ajankohtaista juuri nyt. Lisäksi tutkimusta tehdään parhaillaan niin virustuhojen torjumiseksi kuin vähentämiseksi. Laine (henkilökohtainen tiedonanto, 19.4.2023) summaa myös, että Keski-Euroopan tilanne kuusen osalta on tiedostettu. Toiminta- ja elinympäristöt kuitenkin eroavat suuresti toisistaan, eikä Keski-Euroopan tilanteen odoteta realisoituvan samanlaisena Suomessa. Suomessa kuusi on luontainen puulaji, toisin kuin Keski-Euroopan alueilla, joissa suuria tuhoja on tapahtunut. Päätökset Suomessa pohjataan suomalaiseen tietoon, mutta Keski-Euroopan tilannetta seurataan ja pyritään ottamaan opiksi niissä asioissa, joissa tiedon soveltaminen Suomen ympäristöön on mahdollista.

UPM Metsä pyrkii toimimaan niin, ettei nosteta tuhoriskejä, eli toimitaan metsätuholain mukaan, mahdollisesti lyhennetään puuston kiertoaikaa ja tunnistetaan aktiivisesti potentiaalisia tuhoalueita. Oksa (henkilökohtainen tiedonanto, 23.4.2023.) korostaa metsätuhojen seuraamisen ja ennakkoinnin tärkeyttä. Seuraamiseen ja tunnistamiseen pitäisi hyödyntää laserkeilaus- ja satelliittikuva-aineistoa. Lisäksi metsänomistajien koulutuksen ja ymmärryksen lisäämisen kautta voitaisiin aktivoida myös metsänomistajia seuraamaan omien metsien tilannetta aktiivisemmin.

Sahateollisuuden toimijat ovat nykyisin painottuneet havupuiden hyödyntämiseen, eikä tämä rakenne jouta helposti. Kostilainen (henkilökohtainen tiedonanto, 18.4.2024) selventää, että siirtyminen lehtipuiden sahaukseen vaatisi suuria investointeja ja uutta osaamista, eikä alalla ainakaan toistaiseksi ole merkkejä kiinnostuksesta lehtipuiden hyödyntämistä kohtaan. Alalle voisi olla hyödyllistä alkaa pohtia tulevaisuuden puulajien kirjoa, jota on ylipäättään mahdollista jalostaa Suomessa ja jotka menestyvät tulevaisuuden muuttuvassa ilmastossa. Laadukasta, sahateollisuudelle potentiaalista lehtipuuta on ollut vähän tarjolla, eikä sille ole myöskään ollut kaupallista kysyntää. Kostilaisen mukaan lehtipuita pystyttäisiin kasvattamaan suuremmassa mittakaavassa, jos niistä pystyttäisiin jalostamaan kannattavasti markkinakelpoisia tuotteita. Lehtipuiden kasvattaminen jalostustarkoituksiin monipuolistaisi metsien puulajikirjoa. Se lisäisi kiertoajan aikaista monimuotoisuutta sen lisäksi, että lehtipuita jätetään metsiin säästöpuiksi ja lahoppuiksi.

Kostilaisen mielestä ilmastonmuutoksen vaikutuksia alaan ei ole vielä käsitelty tarpeeksi. Olisi tärkeää laatia selvitystyö, jossa tutkittaisiin ilmastonmuutokseen sopeutumista metsäteollisuuden näkökulmasta. Ajankohtaisia kysymyksiä olisivat esimerkiksi, miten kasvuolosuhteiden muutos ja tuhot vaikuttavat puunsaantiin tai mitä puulajeja Suomessa tulisi ylipäänsä kasvattaa. (Kostilainen, henkilökohtainen tiedonanto, 18.4.2024)

5 Johtopäätökset ja pohdinta

Viimeisessä pääluvussa vertaillaan teoreettista viitekehystä tutkimuksen tuloksia toisiinsa, sekä vastataan tutkimuskysymyksiin. Lisäksi pohditaan tutkimuksen rajausta, toteutusta ja luotettavuutta ja lopuksi esitetään jatkotutkimusaiheita. Aineistoanalyysin onnistumista on osittain analysoitu jo luvussa 4.1 tuloksien esittelyn yhteydessä.

Aineistoanalyysin tulosten vertaaminen aiempaan tietoon ei ole yksiselitteistä. Aiemmin on kuvailtu, että valtion metsien inventointi eroaa määritelmiltään tämän tutkimuksen määritelmistä. Kaikissa kehitysluokissa VMI-tilastojen mukaan kuusivaltaista puustoa on Etelä-Suomen alueella 418 000 hehtaaria. Määrä on lähes 10 kertaa enemmän kuin tämän tutkimuksen mukaan saatu puhtaiden kuusikoiden määrä. Huomioitavaa on, että tämän tutkimuksen aineisto on rajattu kehitysluokkien osalta nuoreen ja varttuneeseen kehitysluokkaan, kun taas VMI-tilastot sisältävät kaikki kehitysluokat. Eli aineistoanalyysin tulos tuleekin olla pienempi kuin VMI-tilastojen tulos.

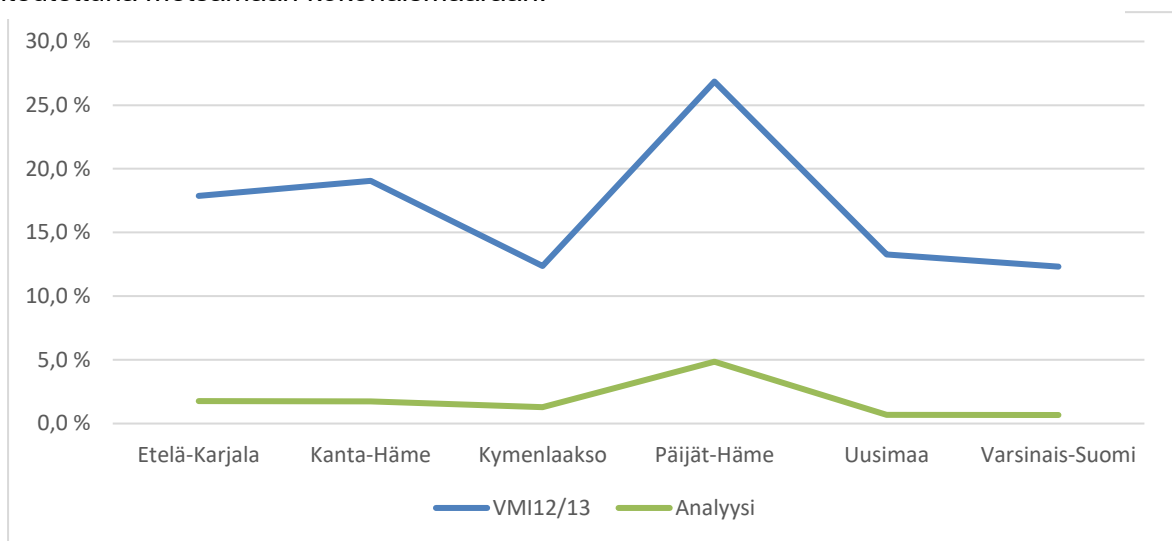
Aineistoanalyysin tuloksia voidaan verrata VMI 12/13 tuloksiin niin, että kuusivaltaisen metsämaan, jonka havupuun osuus on yli 95 %, suhteutetaan VMI-tilaston metsämaan kokonaismäärään. Tutkimusaineiston osalta samat luvut on esitelty jo aiemmin luvussa 4.4.1. Nämä kaikki luvut on koottu taulukkoon 8 alla. Huomattavaa on se, että metsämaan kokonaismäärä VM 12/13 -tilaston ja metsävarakuviotiedosta johdetun metsämaan määrät eroavat toisistaan. MVI 12/13 -tilaston mukaan metsämaata on alueella lähes 123 000 hehtaaria enemmän.

Taulukko 8. VMI 12/13 kuusivaltaisen puuston määrä ja analyysin tuottama tulos.

Maakunta	VMI 12/13 (1 000 ha)			Analyysi perustuen metsävarakuviotietoon (1000 ha)		
	Kuusivaltainen - havupuun osuus yli 95 %	Metsämaa	Osuus metsämaasta	Puhdas kuusikko	Metsämaa	Osuus metsämaasta
Etelä-Karjala	74	414	17,9 %	7	382	1,8 %
Kanta-Häme	65	341	19,1 %	5	328	1,7 %
Kymenlaakso	38	307	12,4 %	4	289	1,3 %
Päijät-Häme	105	391	26,9 %	19	395	4,9 %
Uusimaa	67	505	13,3 %	3	478	0,7 %
Varsinais-Suomi	69	560	12,3 %	34	522	0,7 %
Etelä-Suomi	418	2 518	16,6 %	42	2 395	1,8 %

Suhteutettujen kuusikoiden määriä on helpompi tulkita, kun luvut laitetaan viivadiagrammiin (ks. kaavio 5). Kaaviota tarkasteltaessa huomataan, että eri aineistoihin perustuvat viivat seuraavat hieman toisiaan, vaikka VM-tilaston määrät ovatkin huomattavasti korkeammat. Molemmista aineistoista esimerkiksi erottuu kuusikoiden korkea määrä Päijät-Hämeessä. Toisaalta metsävarakuviotietoon perustuvan analyysin ei jäljittele Kanta-Hämeen kohdalla VMI 12/13-tuloksia yhtä voimakkaasti. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että aineiston käsittely on jokseenkin onnistunut, sillä maakuntakohtaiset luvut ovat johdonmukaisesti matalammat kuin VMI-aineiston tilastot.

Kaavio 7. VMI 12/13 kuusivaltainen metsämaa ja analyysin puhtaiden kuusikoiden määrä suhteutettuna metsämaan kokonaismäärään.



Alan asiantuntijoiden näkemysten mukaan Etelä-Suomen puhtaisiin kuusikoihin liittyy riski, varsinkin kun puhtaat kuusikot kasvavat karummilla kasvupaikoilla. Kuusen uhkatekijät tunnistetaan laajasti ja keskusteluissa nousivat samat teemat kuin mitä teoreettiseen viitekehykseen on nostettu: ilmastonmuutoksen myötä nouseva lämpötila lisää kuivuutta, mikä lisää kuusien stressiä ja vähentää tuhojen sietokykyä. Roudattomat talvet altistavat kuusikot myrsky- ja tuulituhoille. Elottomista uhkatekijöistä hyötyvät elolliset tekijät, kuten kirjanpainaja ja kuusen juurikäpää. Kun asiantuntijat pohtivat tulevaisuutta, myös epävarmuuden määrä lisääntyy, sillä kukaan ei voi tietää, mitä metsät tulevat kohtaamaan vuosikymmenien päästä.

Asiantuntijoiden mukaan puhtaiden kuusikoiden hoito on melko yhteneväistä metsänhoitosuosituksien kanssa. Metsänhoitosuosituksissa mainitaan, että kasvatushakkuita voidaan toteuttaa 1–2, mutta puhtaita kuusikoita tulisi hoitaa mahdollisimman vähäisin harvennuksin. Joissain tilanteissa saattaa pärjätä vain yhdellä harvennuksella eli ensiharvennuksella. Ajallaan ja oikein hoidettu, terve ja hyvinvoiva kuusikko on tuhokestävämpi ja se pystyy puolustautumaan paremmin tuholaisia vastaan, kuin hoitamattomuuden takia heikentynyt puusto.

Täsmämetsänhoidon tarve nousi esille monissa haastatteluissa. Täsmämetsänhoidosta ei ole mainintaa vielä vuonna 2019 julkaistussa Metsänhoidon suosituksissa, mutta kehittämishankkeita aiheesta on käynnissä. Esimerkiksi Maa- ja metsätalousministeriö rahoittaa Monitavoitteiseksi täsmämetsätalouden osajaksi – etänä, eli lyhyemmin E-Täsmä-hanketta. Hankkeen tavoitteena on, että koulutusmateriaali ja aktiivinen viestintä kannustavat metsänomistajia ja metsäalan ammattilaisia parantamaan täsmämetsänhoidollisilla toimenpiteillä ympäristön ja vesien tilaa, edistämään luonnon monimuotoisuutta ja vaikuttamaan omalla toiminnallaan ilmastonmuutoksen hillintään ja siihen sopeutumiseen (Turun yliopisto, 2023).

Kuusen tulevaisuus ei asu puhtaissa, yhden puulajin kuusikoissa, vaan sekametsissä. Tulevaisuudessa kuusta tullaan kasvattamaan yhdessä joko männyn tai koivun kanssa. Puulajivalintojen mukaan sekametsää joko viljellään tai sen annetaan muodostua luontaisesti. Lisäksi kuusen istuttaminen sopivalle kasvupaikalle nousee esille niin asiantuntijoiden kommentteissa kuin teoreettisessa viitekehyksessäkin. Metsäteollisuuden toimijat, kuten Metsä Group ja UPM Forest valmistautuvat muuttuviin elinolosuhteisiin uudistamalla sekametsiä. Metsä Group pyrkii seuraamaan ja ennakoimaan tuhoja muun muassa erilaisten digitaalisten työkalujen avulla. Toimijat panostavat myös tutkimus- ja kehitystyöhön, kuten puulajien jalostukseen, jonka tavoitteena on kehittää puulajeja siihen suuntaan, että ne kestäisivät ilmastonmuutoksen seurauksia paremmin.

5.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Johdantoluvussa määritellyt tutkimuskysymykset ovat määrittäneet työn sisältöä ja toteutusta. Ensimmäinen kysymys määrittelee tutkittavaksi, onko nuorten, puhtaiden kuusikoiden määrää mahdollista määrittää metsävarakuviotiedosta Etelä-Suomen maakuntien alueella, ja kuinka paljon kyseisiä kuusikoita on? Tässä tutkimuksessa puhtas kuusikko on määritelty olevan sellainen metsikkö, jonka puuston pohjapinta-alasta vähintään 90 % on kuusta. Tutkimuksen mukaan määritellyn Etelä-Suomen alueella on yhteensä

42 214 hehtaaria puhtaita kuusikoita metsikön kehitysluokissa nuori ja varttunut metsikkö. Puhtaiden kuusikoiden määrä on noin 1,8 prosenttia alueen metsämaasta. Kuten aiemmin on jo esitelty, analyysin tulos on luultavasti todellista määrää huomattavasti matalampi. Matalien tuloksien ja Metsäkeskuksen asiantuntijoiden kanssa käydyn keskustelun perusteella voidaan todeta, ettei avoin metsävarakuviotieto välttämättä sovellu ihanteellisesti tämän tutkimuksen mukaisilla metodeilla tehdyn analyysin aineistoksi.

Analyysin tuloksien tulkintaa haastaa se, ettei vastaavanlaista analyysia ole saatavilla, eikä tuloksia voida suoraan verrata muiden analyysien tuloksiin. Toisaalta, kun analyysin tuloksia verrataan VMI 12/13-tuloksiin huomataan aineistosta samankaltaisuuksia. Koska aineisto käsittelee samaa aluetta, on luontevaa, että tuloksissa on yhtenäisyyttä. Kun arvioidaan tämän tutkimuksen luotettavuutta, voidaan menetelmää pitää jokseenkin luotettavana, koska samankaltaisuuksia on havaittavissa.

Toinen tutkimuskysymys pyrkii löytämään vastauksen, miten metsäalan asiantuntijat näkevät eteläsuomalaiset puhtaat nuoret kuusikot ja niiden tulevaisuuden. Asiantuntijat sekä ovat, että eivät ole huolissaan puhtaista kuusikoista ja niiden tulevaisuudesta. Huolta aiheuttavat ne puhtaat kuusikot, jotka kasvavat liian karulla kasvupaikalla. Toisaalta ilmastonmuutoksen aiheuttama lämpötilan nousu saattaa muuttaa nykyisiä optimaalisia kasvupaikkoja tulevaisuudessa vähemmän optimaaliseksi. Pidentyvä kasvukausi vahvistaa myös tuholaiskantoja, jolloin esimerkiksi kirjanpainaja voi tuottaa jopa kolme sukupolvea yhden kesän aikana. Kun kirjanpainajan kannat ovat suuria, ne uhkaavat vanhojen, huonokuntoisten kuusikoiden lisäksi myös nuoria ja terveitä kuusikoita.

Haastateltavat asiantuntijat olivat yksimielisiä siitä, että tulevaisuudessa kuusta tullaan kasvattamaan enenevässä määrin sekametsissä, mikä on perusteltavaa tuhokestävyuden ja monimuotoisuuden kannalta. Metsäteollisuuden toimijasta riippuen kuusen rinnalle halutaan nostaa koivu tai mänty. Tulevaisuudessa kuusta tullaan viljelemään ja kasvattamaan yhä vähemmän, koska pyritään kasvattamaan sekametsiä. Kuusen saatavuuden vähentyminen tulevaisuudessa tapahtuisi kasvavien tuhojen, pienentyvien viljelymäärien ja lisääntyvän suojelun takia. Kuitenkin toimijat uskovat kuusen saatavuuden riittävyyteen myös tulevaisuudessa.

5.2 Tutkimuksen onnistuminen

Opinnäytetyössä tutkittu aihe on eittämättä hyvinkin ajankohtainen ja ansaitsee enemmän huomiota myös tulevaisuudessa. Ilmastonmuutos haastaa monella tapaa suomalaisia metsiä ja puulajeja, joista kuusta jopa enemmän kuin muita puulajeja. Etelä-Suomen alueelle painottuu Suomen nykyiset kirjanpainajatuhot, minkä takia tämän opinnäytetyön maantieteellinen raja-alue on Suomen eteläisimmät maakunnat. Maantieteellistä rajausta aineistoanalyysille voidaan pitää onnistuneena.

Puhtaiden kuusikoiden määritelmä ei ole vakiintunut ja se piti määritellä perustuen aiempaan tutkimukseen, mutta ottaen huomioon myös käytettävä aineisto. Puhtaan kuusikon määrittely tehtiin yhdessä metsätiedon johtavan asiantuntijan Heikkilän kanssa, mutta siitä huolimatta tuloksia koostettaessa huomattiin, että kuusivaltaisuuden vaatimus oli liian korkea (kuusivaltaisuus kuviolla $\geq 90\%$). Mahdollisimman oikeellisen kuusivaltaisuuden määrittäminen puhtaalle kuusikolle, kun analysoidaan avointa metsävarakuviotietoa, olisi vaatinut enemmän tutkimista. Esimerkiksi aineiston käsittely olisi pitänyt rakentaa toisella tavalla, jotta kuusivaltaisuuden säätäminen olisi ollut mahdollista vielä raportointivaiheessa. Toiseksi olisi voitu tehdä maastokäyntejä, joissa olisi nähty miltä eri kuusivaltaisuudet todellisuudessa näyttävät. Näiden keinojen avulla olisi voitu määritellä määritelmä, joka kuvaisi todellisuutta paremmin ja olisi ollut paremmin sovellettavissa kyseiseen aineistoon.

Kuusikoiden osalta haluttiin keskittyä nuoreen puustoon. Nuoren puuston määritelmä tai sen soveltaminen metsävarakuviotietoon ei myöskään ole yksiselitteistä. Kehitysluokka ei aina korreloi suoraan puuston ikään, vaan on enemmänkin suuntaa antava. Luvussa 4.1.2 todettiin, että puuston ikätieto ei ole kovinkaan luotettavaa, joten puuston analysointi ikätiedon perusteella ei ehkä ole kannattavaa. Puuston rajaaminen ikätiedon perusteella ei välttämättä ole kovin onnistunutta, mutta iällä rajattuja tuloksia esiteltiin siitä huolimatta.

Asiantuntijoiden kanssa käydyt keskustelut olivat hyvin mielenkiintoisia ja lisäsivät merkittävästi ymmärrystä aiheesta. Asiantuntijavalinnat haastatteluita varten pyrittiin tekemään niin, että asiasta saataisiin mahdollisimman monipuolinen katsaus, kuitenkin ottaen huomioon, ettei kyseessä ole haastattelututkimus. Asiantuntijat ovat taustoiltaan hyvin erilaisia, he jakaantuvat niin tutkijoihin, metsäteollisuuden kuin yhdistyksen edustajiin. Asiantuntijavalintoja pidetään onnistuneena, sillä lopputuloksena saatiin kattavasti kommentteja käsitellyistä aiheista. Haastatteluissa käydyt aiheet olivat laajuudeltaan sopivia ottaen huomioon haastatteluun käytetty aika ja haastattelutapa. Metsäalan asiantuntijoiden

kanssa käydyt keskustelut täyttivät niille asetetut tavoitteet: eri toimijoiden kanssa käydyt keskustelut lisäsivät ymmärrystä kuusen tilanteesta ja tulevaisuudesta.

5.3 Jatkotutkimusaiheita

Työtä tehdessä aiheesta löytyi jatkuvasti uusia ulottuvuuksia ja tulokulmia. Suomalaisissa kuusikoissa ja ilmastonmuutoksen vaikutuksista tehdään varmasti vielä paljon tutkimuksia ja tutkielmia. Tässä kappaleessa on lyhyesti listattu aiheita, joiden on tunnistettu olevan potentiaalisia tuleville opinnäytetöille.

Tässä tutkimuksessa tutkittiin puhtaita kuusikoita ja yhdeksi tekijäksi otettiin myös kasvupaikka, ja kuinka paljon puhtaita kuusikoita kasvaa karuilla kasvupaikoilla. Karujen kasvupaikkojen kuusikoiden lisäksi voitaisiin tutkia myös kuinka paljon kuusikoita kasvaa kasvupaikaltaan tuore kankaalla, jonka maalaji on karkea tai keskikarkea. Karkeat maalajit läpäisevät hyvin vettä ja kuivuvat helpommin kuin hienommat maalajit. Voidaan siis sanoa, että karkea maalaji voi nostaa kuivuuden riskiä kuuselle.

Metsäsijoittaminen perustuu tulevaisuuden tuottoihin. Kassavirtalaskelmat tehdään monien vuosikymmenien päähän, mutta onko perusteltua odottaa tulevaisuuden kuusikoista yhtä hyvää tuottoa kuin nykyisin? Vai pitäisikö kuusen tuotto-odotuslaskelmiin lisätä riskikerroin? Toteuttamisen kannalta riskikertoimen kehittäminen ei välttämättä ole mahdollista, mutta ajatuksena kiehtova.

Haastatteluiden perusteella voidaan sanoa, että kuusen tulevaisuudessa riittää vielä paljon tutkittavaa. Eikä ainoastaan kuusen tulevaisuudessa, vaan puulajijakaumassa laajemmin: mitkä puulajit soveltuvat parhaiten tulevaisuudessa suomalaisiin olosuhteisiin? Lisäksi olisi voitaisiin tutkia miten metsä- ja sahateollisuus valmistautuvat muiden puulajien kuin havupuiden hyödyntämiseen, mikäli erityisesti kuusen saanti tulevaisuudessa heikentyy merkittävästi?

Lähteet

- Asikainen, A., Viiri, H., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Lintunen, J., Laturi, J., Uusivuori, J., Venäläinen, A., Lehtonen, I., & Ruosteenoja, K. (2019). Ilmastonmuutos ja metsätuhot – analyysi ilmaston lämpenemisen seurauksista Suomen osalta. Suomen ilmastopaneelin raportti 1/2019.
- De Groot, M., Diaci J., & Ogrisa, N. (2018). Forest management history is an important factor in bark beetle outbreaks: Lessons for the future. *Forest Ecology and Management* 433 (2019) 467–474.
- Hamara, J. & Hulkko, L. (2023). Kuinka käy kuusen? Viitattu 1.5.2024. Saatavilla: <https://www.sll.fi/2023/11/17/kuinka-kay-kuusen/>
- Hlásny, T., Zimov, S., Merganiová, K., Štěpánek, P., Modlinger, R., & Turčani, M. (2021). Devastating outbreak of bark beetles in the Czech Republic: Drivers, impacts, and management implications. *Forest Ecology and Management*. 119075
- Ihamuotila, R. (2011). 300 kasvia Suomen luonnossa. *Otava*. SBN: 9789511240952. S.224.
- Ilmatieteenlaitos. (n.d,-a). Ilmastokysymyksiä. Viitattu 22.4.2024. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ilmastonmuutoskysymyksia>
- Kellomäki, S., Peltola, H., Nuutinen, T., Korhonen, K. T., & Strandman, H. (2007). Sensitivity of managed boreal forests in Finland to climate change, with implications for adaptive management. *Philosophical Transactions of The Royal Society*. 363(1501):2341-51. <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2007.2204>
- Korhonen K. T., Ahola A., Heikkinen J., Henttonen H. M., Hotanen J.-P., Ihalainen A., Melin M., Pitkänen J., Räty M., Sirviö M., Strandström M. (2021). Forests of Finland 2014–2018 and their development 1921–2018. *Silva Fennica* vol. 55 no. 5 article id 10662. <https://doi.org/10.14214/sf.10662>
- Laurila T. (2022). Pohjois-Euroopan ja Suomen tuulisuus ja myrskyt. Ilmatieteenlaitos Contributions 181, FMI-CONT-181.

- Lehtonen T. (2022). Puulajien ABC: Kuusi viihtyy varjoisemmilla kasvupaikoilla. Terve Metsä. Stora Enso. Saatavilla:
<https://www.lukusali.fi/?p=Terve%20Mets%C3%A4&i=15cafb60-2398-11ed-95c4-00155d64030a>
- Lehtonen, I., Venäläinen, A., & Gregow, H. (2020). Ilmastonmuutoksen vaikutukset Suomessa metsänhoidon näkökulmasta. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2020:5.
<http://hdl.handle.net/10138/319348>
- Luonnonvarakeskus. (n.d, -a). Puulajien vallitsevuus ja metsiköiden sekapuustoisuus metsämaalla (1000 ha). [https://statdb.luke.fi:443/PxWeb/api/v1/fi/LUKE/04 Metsa/06 Metsavarat/1.12 Puulajien vallitsevuus ja metsikoiden.px](https://statdb.luke.fi:443/PxWeb/api/v1/fi/LUKE/04%20Metsa/06%20Metsavarat/1.12%20Puulajien%20vallitsevuus%20ja%20metsikoiden.px)
- Luonnonvarakeskus. (n.d, -b). Hakkuukertymä omistajaryhmittäin ja maakunnittain 2015-
muuttujina Vuosi, Maakunta, Omistajaryhmä, Puutavaralaji ja Puulaji. Viitattu 29.4.2024.
https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_10%20Hakkuukertyma%20ja%20puuston%20poistuma/01b_Hakkuukertyma_maak.px/table/tableViewLayout2/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0
- Luonnonvarakeskus. (n.d, -c). Puuston vuotuinen kasvu metsä- ja kitumaalla muuttujina inventointi, maakunta ja puulaji. Viitattu 15.4.2023.
[https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_06%20Metsavara/1.24 Puuston vuotuinen kasvu metsa ja kitu.px/table/tableViewLayout2/](https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_06%20Metsavara/1.24%20Puuston%20vuotuinen%20kasvu%20metsa%20ja%20kitu.px/table/tableViewLayout2/)
- Luonnonvarakeskus. (n.d.,-d). Metsänjalostus puulajeittain. Viitattu 11.2.2024.
<https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsanjalostus/metsanjalostus-puulajeittain#kuusi>
- Luonnonvarakeskus. (n.d., -e). Kirjanpainaja. Viitattu 12.5.2024.
<https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/tiedetta-ja-tietoa/metsatuhot/metsatuhonaiheuttajat/hyonteiset/kirjanpainaja>
- Luonnonvarakeskus. (n.d.,-f). Metsäteollisuuden puunkäyttö maakunnittain. Viitattu 13.3.2024.
https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_04%20Talous_0

[7%20Puun%20kaytto_08%20Metsateollisuuden%20puunkaytto/01_metsateol_puun_k_alue.px/table/tableViewLayout2/](https://www.metsateol.fi/7%20Puun%20kaytto_08%20Metsateollisuuden%20puunkaytto/01_metsateol_puun_k_alue.px/table/tableViewLayout2/)

Maa- ja metsätalousministeriö. (2023). Metsänhoito ja hakkuut Suomessa. Viitattu 11.5.2024.

<https://mmm.fi/documents/1410837/22836561/Mets%C3%A4nhoito+ja+hakkuut+Suomessa.pdf/43f3d0ac-85b8-b138-80d4-440c20f22cb6/Mets%C3%A4nhoito+ja+hakkuut+Suomessa.pdf?t=1689751808431>

Maa- ja metsätalousministeriö. (n.d.-a). Metsät ja ilmastonmuutos. Viitattu 20.4.2024.

<https://mmm.fi/metsat/metsatalous/metsat-ja-ilmastonmuutos>

Maanmittauslaitos. (2021). Arviointi- ja korvaustiedot 2021. Viitattu 15.4.2024. Saatavilla:

<https://ak.maanmittauslaitos.fi/2021/metsatalous/metsatalouden-perusteet-ja-kasitteet#Puuston%20kehitysluokat>

Maanmittauslaitos. (n.d.-a) Tuotannon tilanne. Viitattu 9.5.2024. Saatavilla:

<https://tilannekartta.maanmittauslaitos.fi/>

Melin, M. (2023). Kuusen kyseenalainen voittokulku. Metsälehti. Viitattu 15.1.2024.

Saatavilla: <https://www.metsalehti.fi/kolumnit/ylakerta-kuusen-kyseenalainen-voittokulku/#e91c6eb6>

Melin, M., Kulha, N., Ylioja, T., Honkaniemi, J., & Koivula, M. (2022). Kirjanpainajatuhojen riskeistä erilaisissa metsissä ja niille altistavista tekijöistä. Metsätieteen aikakauskirja 2022-10722. <https://doi.org/10.14214/ma.10722>

Melin, M., Mäkilä, P., Ässämäki, A., & Uusilehto, J. (2023). Metsät ja ilmastonmuutos.

Metsäkeskus Tapio.

Metsä Group. (2023). Metsä Groupin ja CollectiveCrunchin tekoälysovellus hyönteistuhojen tunnistamiseen on otettu käyttöön. Viitattu 28.4.2024.

<https://www.metsagroup.com/fi/puunhankinta/uutiset-ja-julkaisut/tiedotteet/2023/metsa-groupin-ja-collectivecrunchin-tekoalysovellus-hyonteistuhojen-tunnistamiseen-on-otettu-kayttoon/>

- Metsälehti. (2023). Stora Enso väljentää kuusen istutustiheyttä, tavoitteena monimuotoisuuden parantaminen. Viitattu 9.4.2024.
<https://www.metsalehti.fi/uutiset/stora-enso-valjentaa-kuusen-istutustiheytta-tavoitteena-monimuotoisuuden-parantaminen/#ec9d5843>
- Metsäteollisuus ry & Sahateollisuus ry. (2023). Metsäteollisuus ry:n ja Sahateollisuus ry:n Monimuotoisuus-seminaari. Lainattu 23.4.2024. <https://assets-global.websitefiles.com/5f44f62ce4d302179b465b3a/63fcd648e8259202e1681a24/MONIMUOTOISUUSSEMINAARI%2028.2.2023.pdf>
- Oijala. T. (haastateltava) (3.12.2021). Mitä kirjanpainaja tekee sekametsässä? [audiopodcast]. Metsä Group. Spotify.
<https://open.spotify.com/episode/2L00ljOqtfAEzq2MSGfgS0>
- Packalén, P. & Maltamo, M. (2007). The k-MSN method for the prediction of species-specific stand attributes using airborne laser scanning and aerial photographs. *Remote Sensing of Environment*. Volume 109. Issue 3. Pages 328-341. ISSN 0034-4257.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.01.005>.
- Pantsu, P. (2022). Suomi kuusittuu liikaa etenkin Etelä-Suomessa – istutetuista taimista jopa 80 prosenttia on kuusta: metsätuhoriskit kasvavat. Haastateltu Kalle Vanhatalo. YLE. Viitattu 11.2.2024. <https://yle.fi/a/3-12549613>
- Pihlström, K. & Viherä-Aarni, A. (2020). *Suomalaisten puut arjessa ja ajatuksissa*. Metsäkustannus. ISBN: 978-952-338-089-9. s.367,
- Pulgarin Diaz J. A., Melin M., Ylioja T., Lyytikäinen-Saarenmaa P., Peltola H., Tikkanen O.-P. (2024). Relationship between stand and landscape attributes and Ips typographus salvage loggings in Finland. *Silva Fennica* vol. 58.
<https://doi.org/10.14214/sf.23069>
- Ruokavirasto. (2023). Taimituotanto vuonna 2022. Viitattu 1.3.2024.
<https://www.ruokavirasto.fi/kasvit/metsapuiden-siemenet-ja-taimet/tilastot/>
- Rönty H. (2023). Paula pyyhkäisi metsät kumoon. YLE. Viitattu 22.4.2024. <https://yle.fi/a/74-20037884>

- Sarvaala, M., Toivoniemi, J. (2023). Metsien riskit muuttuvassa ilmastossa - Erityistarkastelussa Häme. Viitattu 9.4.2024. <https://lab.fi/sites/default/files/2023-12/Metsien%20riskit%20muuttuvassa%20ilmastossa%2C%20erityistarkastelussa%20H%C3%A4me.pdf>
- Skytta, V. (2019). Näin hoidata taimikkoa. Metsälehti. Viitattu 15.4.2024. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/nain-hoidat-taimikkoa/#ec9d5843>
- Suomen lajitietokeskus. (n.d.). Metsäkuusi (kuusi) – Picea abies. Viitattu 18.2.2024. <https://laji.fi/taxon/MX.37812>
- Suomen Metsäkeskus. (n.d.-a). Kirjanpainajan iskeymälle alttiit alueet. Viitattu: 1.3.2024. <https://www.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ccefe194ce774578a3b55d97e72da4f>
- Suomen Metsäkeskus. (2021). Metsätuholain muutokset tulevat voimaan 1.1.2022. Viitattu 11.5.2024. <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/metsatuholain-muutokset-tulevat-voimaan-112022>
- Suomen Metsäkeskus. (2022). Avoin metsätieto-MV ja ETE koodisto ja tietokantakuvaus. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/mvjaete-koodisto-ja-tietokantakuvaus_0.xlsx
- Suomen Metsäkeskus (2023a). Kuusi on metsälajien ja joulun puu. Viitattu 20.1.2024. <https://www.metsakeskus.fi/fi/ajankohtaista/kuusi-on-metsalajien-ja-joulun-puu>
- Suomen Metsäkeskus (2023b). Metsävaratiedon laatuseloste. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/metsavaratiedon-laatuseloste.pdf>
- Suomen Metsäkeskus. (2023c). Tietotuotekuvus metsävarakuviot. Viitattu 18.2.2024 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/tietotuotekuvus-metsavarakuviot.pdf>
- Suomen Metsäkeskus. (n.d.). Metsävarakuviotiedot. Ladattu: 26.2.2024. <https://avoin.metsakeskus.fi/aineistot/Metsavarakuviot/Maakunta/>

Tapio. (n.d.-a). Metsänviljely istuttamalla. Viitattu 13.3.2024.

<https://metsanhoidonsuositukset.fi/fi/toimenpiteet/metsanviljely-istuttamalla/toteutus#section-283>

Terhonen, E. & Melin, M. (toim.) (2023). Metsätuhot vuonna 2022. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 48/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki

Tilastokeskus. (n.d). Suuralueet 2024. Luettu 15.1.2024.

<https://www.stat.fi/fi/luokitukset/suuralue/>

Turun Yliopisto. (2023). Ilmastokestävyyttä ja luonnon monimuotoisuutta tukevalle koulutus- ja kehittämishankkeelle yli 100 000 euroa

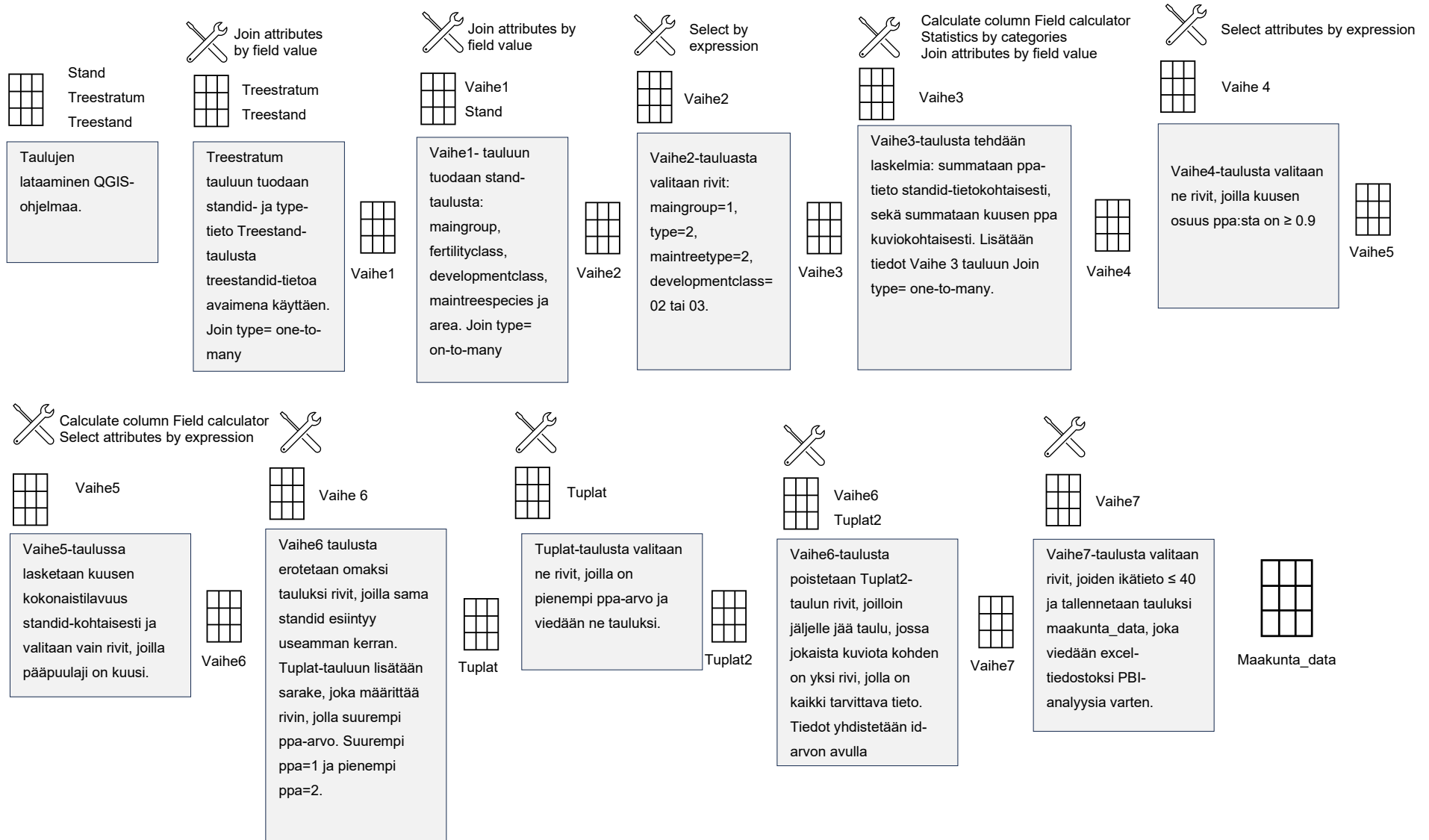
UPM Metsä. (2023). Metsänviljelyn työohje metsänomistajalle. Viitattu 9.4.2024.

<https://www.upmmetsa.fi/siteassets/tiedostot/oppaat/fi-metsanviljelyn-tyoohje-metsanomistajille-v3.pdf>

UPM Metsä. (2024). Kuusi. Viitattu 11.2.2024. <https://www.upmforestlife.com/fi/lajit/kuusi>

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) (2019). Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja

Liite 1. Aineiston käsittelyprosessi



Liite 2. Datan käsittelyprosessissa käytetyt kaavat**Vaihe 2**

```
"maingroup" = 1 AND
"type"=2 AND
"maintreespecies" = 2 AND
("developmentclass" = '02' OR "developmentclass" = '03')
```

Vaihe 3.1. Kuusen ppa:n ja koko kuvion ppa:n määrittäminen standid:tä kohden

```
SELECT
  standid,
  SUM(CASE WHEN treespecies = 2 THEN basalarea ELSE 0 END) AS sum_basalarea_kuusi,
  SUM(basalarea) AS sum_basalarea
FROM
  vaihe3
GROUP BY
  standid;
```

Vaihe 3.2. Kuusen osuus kokonais ppa:sta standid:tä kohden.

```
"kuusippa" / "ppa_summa"
```

Vaihe 4. Valitaan rivit, joilla kuusen ppa:n osuus koko ppa:sta on 0,9

```
"kuusiosuus_ppa" >= 0.9
```

Vaihe 5. Summataan kuusen tilavuus standid-kohtaisesti

```
SELECT standid, SUM(volume) AS kuusi_volume
FROM Vaihe5
WHERE treespecies = 2
GROUP BY standid;
```

Vaihe 6. Tunnistetaan, mitä standid-arvoja on enemmän kuin yksi. Rivit arvotetaan ppa-arvon perustella, niin että suurimman ppa:n omaava rivi saa arvon 1 ja muut siitä suuremman, lopuksi ja jätetään tauluun rivit, joiden rivinnumero arvo on suurempi kuin 1.

```
SELECT *
FROM (
  SELECT *,
    ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY standid ORDER BY basalarea DESC) AS row_num
  FROM Vaihe6
) AS ranked
WHERE row_num > 1
```

Metsämaan määrän laskeminen maakuntakohtaisista metsävarakuviotiedoista

```
SELECT SUM(area) AS total_area
FROM Stand
WHERE maingroup = 1;
```

Liite 3. Aineiston hallintasuunnitelma

Metsävarakuviotiedot

Metsävarakuviotiedot ladataan Suomen Metsäkeskuksen ylläpitämästä palvelusta osoitteesta: <https://avoin.metsakeskus.fi/aineistot/Metsavarakuviot/Maakunta/>.

Maakuntakohtiaset tiedostot tallennetaan OneDrive-kansioon, josta ne luetaan GQIS-paikkatieto-ohjelmaan. Aineiston käsittelyn jälkeen tiedot viedään excel-taulukoiksi, jotka luetaan Microsoft Power BI -työkaluun ja tuotetaan tarvittavia laskentoja. Aineiston käsittely ei vaadi erityistä säilytystapaa tai säilytysajan määrittelyä, sillä metsävaratieto eivät sisällä henkilötietoja ja on julkisesti saatavilla.

Henkilöhaastattelut

Henkilöhaastattelut pidetään Teams-palaverinä, joista kirjoitetaan muistiinpanot. Muistiinpanojen tekemisestä kerrotaan haastateltaville ja muistiinpanot tallennetaan käytettävän tietokoneen paikalliselle C-asemalla. Tietokoneelle ei ole pääsyä muilla henkilöillä kuin opinnäytetyön tekijällä. Haastattelumuistiinpanoihin ei kirjata henkilötietoja, ainoastaan haastateltava etunimi pienen otannan takia. Haastateltavilta pyydetään lupa haastatteluista koostettujen kommenttien julkaisemiseen osana opinnäytetyötä. Ennen opinnäytetyön julkaisua haastateltavilla on ollut mahdollisuus tarkastaa ja kommentoida heidän nimissään julkaistavia kommentteja. Haastattelumuistiinpanot poistetaan, kun opinnäytetyö on julkaistu.