



**TURUN
YLIOPISTO**

Matemaattis-luonnontieteellinen
tiedekunta

Lahopuun merkitys taajamametsissä ja sen määrään vaikuttavat tekijät

Liinu-Sofia Hiljanen

Biologia
LuK-tutkielma
Laajuus: 8 op

19.11.2024
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pääaine: Biologia

Tekijä: Liinu-Sofia Hiljanen

Otsikko: Lahopuun merkitys taajamametsissä ja sen määrään vaikuttavat tekijät

Ohjaaja: Timo Vuorisalo

Sivumäärä: 15 sivua

Päivämäärä: 19.11.2024

Lahopuuta käyttää elinympäristönään tai kasvualustanaan usea eri laji ja lahopuulla onkin suuri vaikutus metsäluonnon monimuotoisuuteen. Jopa yksi neljäsosa suomalaisen metsän eliöstöstä on riippuvainen lahopuusta. Metsien kasvava kulutus on vähentänyt lahopuun määrää erityisesti talousmetsissä, mutta myös kaupunkialueen metsissä. Rakennetussa ympäristössä metsän kasvuolosuhteet ovat erilaiset, sillä ne poikkeavat luonnonympäristöstä. Kaupunkialueiden metsänhoidossa onkin huomioitava metsän vaatimat biologiset tekijät sekä metsän viihtyvyys sen käyttäjien näkökulmasta. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella lahopuun määrää ja siihen vaikuttavia tekijöitä taajamametsissä Turun alueella, sekä selvittää lahopuulla elävän lajiston habitaattivaatimuksia. Keräsin aineiston kolmelta tutkimusalueelta: Runosmäestä, Varrissuolta ja Puistomäestä. Tein jokaiselle alueelle kaksi koealaa, joista mittasin lahopuuston määrää sekä laadullisia ominaisuuksia. Kirjasin myös ylös, mikäli havaitsin puun rungolla jotakin kääpäälajia. Lahopuuhavaintoja tein yhteensä 196, joista kääpää esiintyi 19 puukappaleella. Suurin osa havaituista puukappaleista oli vastaikään lahonneita ja ohuita rankoja. Aineistossa esiintyi yhteensä seitsemää puulajia, joista yleisin oli mänty (*Pinus sylvestris*). Aiempiin tutkimustuloksiin verrattuna kuusen (*Picea abies*) määrä oli yllättävän vähäinen. Tutkimusalueilla pysty- ja maalahopuun määrät olivat tasaiset, mikä oli myös poikkeavaa. Eniten lahopuuta oli Puistomäen linjoilla, joissa mitattiin 32,4 ja 14,1 kuutiota lahopuuta hehtaarilla. Muilla koealoilla määrä pysyi alle kahdeksassa. Määrä on suuri verrattuna aikaisempaan tietoon, jonka mukaan Turun alueen metsien keskiarvollinen lahopuun määrä on 4,3 m³/ha. Tätä eroavaisuutta saattaa selittää linjoille osuvien erittäin isokokoisten puiden suuri osuus koko aineiston lahopuun määrästä, sekä menetelmälliset erot tässä tutkielmassa ja aiemmissä tutkimuksissa käytettyjen menetelmien välillä. Aiempien tutkimusten mukaan suurin osa lahopuuta hyödyntävästä lajistosta vaatii lahopuuta vähintään 20 m³/ha ja rungon tulee olla paksu ja pitkälle lahonnut. Tässä tutkielmassa tutkituilla koealoilla nämä vaatimukset eivät suurimmilta osin kuitenkaan täyty.

Sisällys

1. Johdanto	1
2. Aineisto ja menetelmät	3
2.1. Aiemmat tutkimustulokset	3
2.2. Menetelmät.....	4
2.2.1. Aineiston keruu.....	4
2.2.2. Aineiston analysointi	6
3. Tulokset.....	8
3.1. Lahopuun määrä ja laatu	8
3.2. Alueiden välinen vertailu	11
3.3. Käävät.....	11
4. Pohdinta	13
4.1. Lahopuun määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.....	13
4.2. Lahopuulla elävän lajiston habitaattivaatimukset	14
Lähteet.....	15

1. Johdanto

Lahopuu tarkoittaa kuollutta puuta, joka hajoaa lahottajasierien toiminnan seurauksena (Metsähallitus 2020). Puun kuoleman aiheuttaa usein vanhuus, taudit, hyönteistuhot tai erilaiset luonnonhäiriöt, kuten myrskyt ja metsäpalot. Kun puu alkaa lahota, siinä alkaa primaarisukessio, jonka edetessä puun rungolla elävä lajisto vaihtuu (Pasanen ym. 2022). Puun lahoaminen voi kestää useita kymmeniä vuosia. Lahopuun tarjoamaa resurssia hyödyntävät siis monet eri lajit sukcession eri vaiheissa ja puun eri osissa. Myös rungon laatu ja paksuus, lahoaste, ympäröivät luonnonolosuhteet, sekä puun asento (pysty- vai maalahopuu) vaikuttavat puulla elävään lajistoon.

Lahopuilla on tärkeä merkitys luonnon monimuotoisuudelle, sillä ne tarjoavat elinympäristön useille eri eliöille, kuten bakteereille, alkueliöille, sienille, jäkälille, sammalille, hyönteisille ja linnuille (Siitonen ym. 2001). Suomen metsien eliöistä arviolta 25 % on riippuvaisia lahopuusta (Metsähallitus 2020). Erityisesti pidemmälle lahonneet ja järeät puunrungot ovat tärkeitä uhanalaisille lajeille (Pasanen ym. 2022). Suomen talousmetsissä lahopuut ovat enimmäkseen ohuita runkoja. Metsähallituksen tavoitteena on saada 10–30 kuutiometriä lahopuuta hehtaarille, metsän käyttötyypistä riippuen (Metsähallitus 2020). Tarjoamansa elinympäristön lisäksi lahopuut toimivat myös hiilivarastoina, sillä jopa puolet niiden biomassasta on hiiltä (Pasanen ym. 2022). Lahoamisprosessin seurauksena luontainen hajoaminen palauttaa puussa olevan hiilen orgaaniseen kiertoon. Lahopuulla on siis energiapuun käyttöön nähden huomattavasti pienemmät ilmastovaikutukset, sillä normaalissa kierrossa hiilidioksidi päätyy hitaammin ilmakehään.

Lahopuussa elävän lajiston määrään ja diversiteettiin vaikuttaa rungon laatu, esimerkiksi valon määrä ja puun lahoaste, sekä sijainti metsän keskiosissa tai reunavyöhykkeellä (Jonsson, Kruys ja Ranius 2005). Myös puun rungon koko korreloi positiivisesti lajimäärän kanssa. Eräät lajit hyödyntävät yksinomaan palaneita runkoja. Koska lahopuu on katoava habitaatti, se vaatii sitä käyttävältä lajilta korkeaa sopeutuneisuutta muuttuvaan ympäristöön. Lahoamisen eteneminen voi aiheuttaa tietyn lajin populaation paikallisen sukupuuton, jos se ei pysty siirtymään rungosta seuraavaan vanhan elinympäristön käydessä epäsopivaksi. Tätä varten lahopuuatutumon turvaaminen on tärkeää lajistodiversiteetin kannalta. Lahopuuatukumo tarkoittaa metsän tilaa, jossa metsässä on eri lahoasteissa olevia puita, ja uutta lahopuuta syntyy lisää

(Metsäteollisuus 2021). Lahopuun vaikutuksen ymmärtäminen myös kaupunkien metsäluonnon monimuotoisuudelle on tärkeää, ja sen määrästä ja laadusta onkin toistaiseksi saatavilla ajankohtaista ja kattavaa tietoa vain niukasti.

Metsien käyttö on vähentänyt lahopuun määrää merkittävästi erityisesti talousmetsissä (Pasanen ym. 2022). Myös taajama-alueen käyttömetsissä lahopuun merkitys on suuri, ja sen määrä on vähentynyt huomattavasti vuosien saatossa. Rakennetussa ympäristössä metsät tarjoavat tärkeitä luonnonvaroja, kuten ekosysteemipalveluita sekä kulttuuri- ja maisema-arvoja (Komulainen 1995). Kaupunkialueilla metsät ovat usein pirstaloituneita ja pieniä saarekkeitä, mikä tekee metsästä pelkkää reunavyöhykettä. Nämä tekijät vaikuttavat negatiivisesti metsien lajistodiversiteettiin alueellisten erojen kadotessa, mikä johtaa kokonaisten elinympäristöjen katoamiseen. Rakennetussa ympäristössä kosteusolot, lämpötila ja tuulisuus poikkeavat luonnonympäristöstä. Maaperän rakenne on tiiviimpi, mikä hankaloittaa veden ja ravinteiden saataavuutta, minkä lisäksi valuma-alueilla tapahtuu usein muutoksia. Erinäiset jätteet, saasteet sekä pöly ja happamuus vaikuttavat metsäekosysteemeihin. Näin ollen metsien lahopuuston määrään vaikuttavat ympäröivä maankäyttö sekä metsäsaarekkeen etäisyys erinäisistä rakennuskohteista.

Taajamametsien suunnittelussa on otettava huomioon monia asioita, joista yksi on lahopuun määrän kasvattaminen monimuotoisuuden säilyttämiseksi (Komulainen 1995). Yksi erityisen tärkeä vaikuttava tekijä on metsän käyttötarkoitus. Virkistyskäytön metsissä keskitytään ennen kaikkea maisemanhoitoon. Hyvin hoidetussa metsässä otetaan myös huomioon biologiset tekijät monimuotoisuuden säilyttämiseksi: hyvinvoiva metsä on suurikokoinen, yhtenäinen ja puustoltaan runsaslajinen. Metsät muuttuvat jatkuvasti, joten yhtenäistä metsän tilaa on tarpeen pitää yllä metsänhoidollisin menetelmin. Virkistysmetsissä on tärkeää huomioida metsän viihtyvyys ja kulkumahdollisuudet. Metsään raivatut polut sekä lisäävät metsän viihtyvyyttä, että suojaavat metsää runsaalta kulutukselta. Harvennuksilla ja uudistuksilla on tärkeää korostaa metsän ominaispiirteitä ja huomioida eri puulajien tarpeet metsätyypin muodostumiselle. Vahingoittuneet puut täytyy kuitenkin poistaa metsälain velvoittamana tietyin rajoituksin, esimerkiksi hyönteistuhojen välttämiseksi ja metsän käyttäjien turvallisuuden takaamiseksi (Vahala ja Mäkitalo 2019).

Turun kaupunki on asettanut metsänhoidollisia tavoitteita turvatakseen luonnon monimuotoisuutta, hillitäkseen ilmastonmuutosta, parantaakseen metsien virkistyskäyttömahdollisuuksia sekä parantaakseen metsien taloudellista tuottavuutta (Vahala ja Mäkitalo 2019). Turun kaupunki on myös julistanut avohakkuukiellon ja hoitaa metsäalueita mahdollisuuksien mukaan jatkuvan kasvatuksen periaatteella, jossa harvennuksia tehdään metsässä pienillä alueilla kerrollaan. Tämän tutkielman tarkoituksena onkin tutkia Turun kaupunkialueen virkistyskäytössä olevien metsien lahopuustoa ja vastata kahteen tutkimuskysymykseen: 1) Kuinka paljon Turun taajamametsissä on lahopuuta ja mitkä tekijät vaikuttavat lahopuun määrään? 2) Onko taajamametsissä tarpeeksi lahopuuta vaativallekin lajistolle? Tietoa lahopuun määrästä kerätään lahopuuston yhtenäisen arviointimenetelmän peruseriaatteita noudattaen (Pasanen ym. 2022). Eri lajien vaatimaa lahopuun määrää ja laatua verrataan kerättyyn aineistoon aiempien tutkimusten pohjalta.

2. Aineisto ja menetelmät

2.1. Aiemmat tutkimustulokset

Valtakunnan metsien 12. inventointihankkeen (VMI 12) raportin mukaan Suomen metsien keskimääräinen lahopuun määrä on 5,7–5,8 m³/ha (Korhonen ym. 2021). Pohjois-Suomessa määrä on selvästi keskimääräistä korkeampi (7,5 m³/ha), kun taas Etelä-Suomessa keskiarvo on vain 4,4 m³/ha. Kaikesta lahopuusta pystylahopuuta on keskimäärin noin 1,6 m³/ha ja maalahopuuta noin 4 m³/ha. Arviolta puolet lahopuusta on mäntyä, neljäsosa kuusta ja 15 % lehtipuita. Loput 10 % on tunnistamatonta pehmennyttä puumassaa. Lahopuusta kaksi kolmasosaa on havaittu mineraalipitoisilla metsänpohjilla ja noin yksi kolmasosa turvemaiilla. Talousmetsissä lahopuun määrä on keskimäärin 4,3 m³/ha ja luonnonsuojelualueilla 19,9 m³/ha (Korhonen ym. 2021). Turussa metsien kokonaispinta-ala on 4846 hehtaaria ja keskiarvoinen lahopuuston määrä 4,3 m³/ha (Vahala ja Mäkitalo 2019). Metsistä noin 61 % on ulkoilu- ja virkistyskäytön metsiä. Runosmäen alueella lahopuuta on noin 3,5 m³/ha ja Varissuon sekä Puistomäen alueella noin 2,5 m³/ha (Vahala ja Mäkitalo 2019).

Tutkimusten mukaan esimerkiksi hyönteiset, erityisesti jotkin kovakuoriaislajit, viihtyvät järeärunkoisissa puissa, joiden lahoaminen on jo pidemmällä (Jonsson ym. 2005). Yksi tällainen laji on esimerkiksi Ruotsin puolella esiintyvä erakkokuoriaisiin kuuluva *Osmoderma eremita* Scopoli. Osa lajeista on myös isäntäspesifisiä käyttämänsä lahoppuun suhteen. Tällaisia lajeja on kuitenkin vähän: Ruotsissa arviolta 7000 lajista noin 130 on isäntäspesifisiä. Suomessa erittäin harvinainen korpikolva (*Pytho kolwensis* Sahlberg) puolestaan vaatii elinympäristöltään tuoreen, 3–4 vuotta sitten lahonneen puun, joka on vasta pintalaho (Siitonen ja Saaristo 1999). Puun täytyy myös olla järeä, rinnankorkeusläpimitaltaan vähintään 20 cm ja sen tulee olla maapu.

Luonnonmetsissä lajistodiversiteetti on huomattavasti korkeampi kuin talouskäytön metsissä (Siitonen ym. 2001). Yksi syy tähän on lahoppuun määrä, sillä lahoppuulla elävät lajit nostavat diversiteetin tasoa metsissä, joissa lahoppuuta on paljon. Esimerkiksi useimpien kovakuoriaislajien tiedetään esiintyvän säännöllisesti metsissä, joissa lahoppuun määrä on vähintään 20 m³/ha. Myös eri kääpä- ja jäkälälajeilla on samat vaatimukset lahoppuuston määrästä. Kääpälajien määrä alkaa selvästi runsastua metsissä, joissa on lahoppuuta yli 50 m³/ha. Uhanalaiset kääpälajit vaativat lahoppuuta vähintään 25 m³/ha, mutta elävät runsaimpina luonnonmetsissä, joissa lahoppuuta on 100 m³/ha tai enemmän. Yleisesti kääpiä esiintyy runsaimpina määrinä koivussa, kuusessa ja haavassa (Hämäläinen ym.2018). Puulajien runsas lukumäärä ja rungon suuri läpimitta ovat myös yhteydessä kääpien määrään. Myös kolopesijät suosivat paksumpia ja järeämpiä puita, joiden rinnankorkeusläpimitan tulisi olla yli 43 cm (Gutzat ja Dormann 2018). Minimivaatimuksena puun läpimitalle on 20 cm. Kolopesijät harvoin pesivät elävissä puissa, vaan suosivat pidemmälle lahonneita pystypuita tai katkenneita kuolleita puita. Nämä vaatimukset pysyvät samana huolimatta muista habitaattitekijöistä, kuten metsätyypistä.

2.2. Menetelmät

2.2.1. Aineiston keruu

Keräsin aineiston Turun taajama-alueen virkistyskäytön pienehköistä metsäsaarekkeista Runosmäen ja Varissuon kerrostaloalueilta sekä Puistomäen puutaloalueelta (Taulukko 1) huhtitoukokuussa 2024. Tutkimusalueista on saatavilla aiempaa tietoa esimerkiksi orava- ja lintulaskennoista, minkä perusteella kyseiset alueet valittiin. Tein jokaiselle tutkimusalueelle kaksi

erillistä koealaa, jotka valitsin sattumanvaraisesti siten, että pystyin vetämään lähtöpisteestä 100 metriä pitkän, suoran linjan. Tein linjat erillisinä, sillä 200 m pitkän linjan vetäminen haluamilleni metsäpaloille osoittautui maasto-olosuhteiden takia haastavaksi. Näin ollen otoskooksi tuli kuusi. Linjan vedon apuna käytin nauhaa, jotta koealan tarkasteleminen helpotuisi. Vedin linjan jalkamitalta, karttasovellusta apuna käyttäen. Linjan vedon jälkeen kävin koealan läpi kulkemalla linjan molemmin puolin kymmenen metrin leveydeltä, jolloin yksittäisen koealan suuruudeksi tuli 100 m x 20 m eli 0,2 ha. Kävin jokaisen koealan läpi tekemällä halutut mittaukset jokaiseen koealalla olleeseen lahoppuukappaleeseen.

Taulukko 1. Jokaisen linjan alku- ja loppupisteen koordinaatit ilmoitettuna WGS84-koordinaattijärjestelmällä, sekä linjojen etäisyys mitattuna Turun Kauppatorilta.

Linja	Alkupisteen koordinaatit	Loppupisteen koordinaatit	Etäisyys Kauppatorilta
Varissuo 1	60,454370°N; 22,356568°E	60,455177°N; 22,356163°E	5060 m
Varissuo 2	60,456032°N; 22,355393°E	60,455203°N; 22,355625°E	5030 m
Runosmäki 1	60,488921°N; 22,273279°E	60,488095°N; 22,272362°E	4320 m
Runosmäki 2	60,488907°N; 22,272133°E	60,489732°N; 22,272868°E	4230 m
Puistomäki 1	60,429665°N; 22,260021°E	60,428793°N; 22,259680° E	2400 m
Puistomäki 2	60,428722°N; 22,259392°E	60,427772°N; 22,258975°E	2510 m

Mittauksessa käytin Tapion lahoppuuston arviointimenetelmän (Pasanen ym. 2022) mukaista puuston kokonaismittausta, jonka avulla sain tarkan tiedon lahoppuun määrästä ja laadusta. Koealojen puista mittasin sekä korkeuden (h) että läpimitan (d). Kokonaisista pystypuista mittasin korkeuden hypsometrin avulla ja lyhyiden puiden kohdalla silmämääräisellä arvioinnilla. Kokonaisista maapuista sekä maapuukappaleista mittasin rungon pituuden mittanauhan avulla yhden desimetrin tarkkuudella. Pystypuista sain mitat metrin tarkkuudella menetelmän hankaluuden ja epätarkkuuden vuoksi. Kokonaisista maa- ja pystypuista mittasin läpimitan mittasaksien avulla rinnankorkeudelta eli 1,3 metrin korkeudelta maantasosta. Lahoppuukappaleista otin

läpimitan puukappaleen tyvestä. Mittaustarkkuus oli yksi millimetri. Mittasaksien suurin mitaama halkaisija oli 50 cm, joten puista, joiden läpimitta ylitti tämän, mittasin rungon ympäröimän mittanauhalla. Tästä laskin ympyrän kaavan avulla puun halkaisijan. Tällaisia puita tutkimuksessa oli vain yksi.

Määritin puista myös lahoasteen puukkomittauksen avulla, valtakunnan metsien inventoinnin mukaisella luokituksella, jossa luokka-asteikko vaihtelee yhdestä neljään. Luokassa yksi puukko uppoaa puun pintaan vain muutaman millimetrin, ja luokassa neljä puukko uppoaa puuhun yli 5 cm (Pasanen ym. 2022). Määritin myös puun laadun eli ulkoasun VMI:n mukaisella luokka-asteikolla, jossa luokkia on nolasta kahdeksaan. Tämän lisäksi kirjasin tietoa lahohoiden rungoilla kasvavista käävistä asteikolla kyllä tai ei. Tutkin koelaitteita myös ympäröivää maankäyttöä maastokarttoja apuna käyttäen, sekä mittasin jokaisen linjan keskikohdan etäisyyden Turun keskustasta Kauppatorilta. Kirjasin ylös jokaisen linjan molemmissa päissä paikan koordinaatit karttasovelluksen avulla WGS84-koordinaattijärjestelmällä (Taulukko 1). Mittasin etäisyydet koordinaattien avulla paikkatietoikkunaa apuna käyttäen (paikkatietoikkuna.fi).

2.2.2. Aineiston analysointi

Aineiston keruun jälkeen laskin tilavuudet kullekin kokonaiselle ja katkenneelle puulle ja analysoin aineiston käyttäen Microsoft Excel ja SAS Enterprise Guide 8.3 -ohjelmistoja. Kokonaisille puille, jotka olivat saaneet luokka-asteikossa arvon 1, 3 tai 8 (Taulukko 2), laskin tilavuudet Tapion oppaan mukaisesti Laasasenahon valmiilla tilavuusyhtälöillä (Laasasenaho 1982). Yhtälöt perustuvat puusta mitattuun korkeuteen (h) ja rinnankorkeusläpimittaan (d_r). Yhtälöt oli erikseen määritelty männylle (*Pinus sylvestris* L.), kuuselle (*Picea abies* (L.) H. Karst.) ja koivulle (*Betula* spp. L.). Tapion oppaan mukaisesti kaikkien lehtipuiden tilavuudet laskettiin koivun laskentakaavalla, eikä eri koivulajeja eritelty. Muita aineistossa esiintyneitä lehtipuita olivat tammi (*Quercus robur* L.), haapa (*Populus tremula* L.) ja pihlaja (*Sorbus aucuparia* L.). Aineistossa oli myös yksi kataja (*Juniperus communis* L.), jonka tilavuuden päädyin laskemaan koivun laskentakaavalla, sen rungon haaroittavuuden vuoksi.

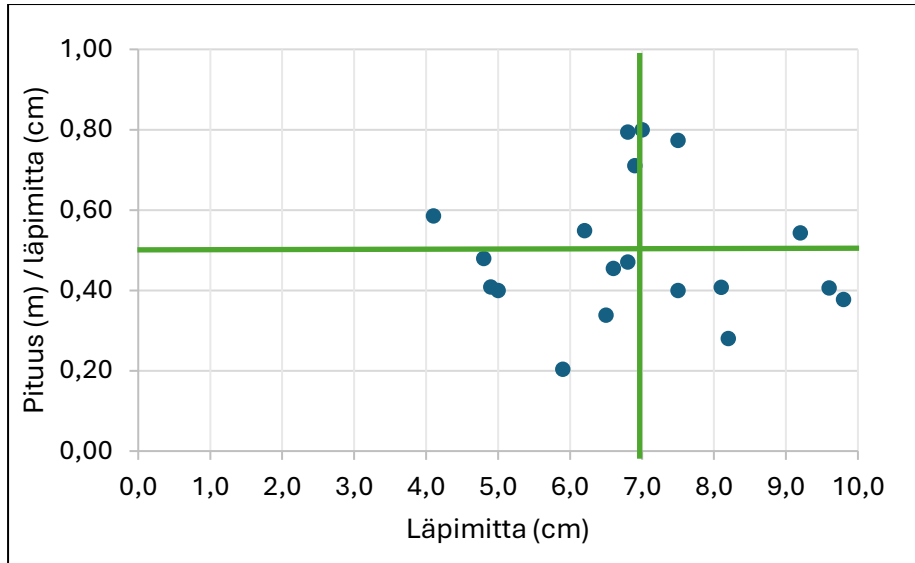
Taulukko 2. Valtakunnan metsien inventoinnin mukainen puun laatuluokitus (Pasanen ym. 2022).

Laatu	Selite
0	Ei tietoa
1	Kokonainen pystyyn kuollut puu
2	Pötkelö tai korkea luonnonkanto, yli 1/3 rungon pituudesta murtunut
3	Kokonainen juurineen kaatunut maapuu
4	Katkennut puu
5	Ihmisen tekemä korkea kanto tai tekopötkelö (huom. minimipituus 1,3 metriä)
6	Tyveys tai jätetty pölli
7	Ihmisen tekemä latvaosa (esim. hakkuutähde)
8	Kokonainen katkaistu puu

Yksittäisistä puukappaleista, jotka olivat saaneet luokka-asteikossa arvon 2 tai 4 (Taulukko 2), laskin Tapion oppaan mukaisesti tilavuuden lieriön kaavalla kappaleen keskiläpimitan avulla. Laskin keskiläpimitan (d_k) kappaleista mitatun tyviläpimitan (d_t) perusteella, kun puukappaleen kapenemiseksi oletettiin yksi senttimetri jokaista metriä kohden. Eli kappaleen keskikohtaan mennessä läpimitta on pienentynyt senttimetreinä puolet puun korkeudesta (h) metreinä. Näin ollen: $d_k = d_t - \frac{h}{2}$. Lieriön tilavuus laskettiin kaavalla $V = A \cdot h$, jossa kappaleen pohjan

pinta-ala oli $A = \pi \cdot r^2$, jolloin kaavaksi saatiin $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$. Tässä $r = \frac{d_k}{2} = \frac{d_t - \frac{h}{2}}{2}$. Laasase-nahon (1982) tilavuusyhtälöissä kokonaistilavuus on ilmoitettu litroina (dm^3). Jotta puukappaleille johdetussa kaavassa tilavuus saatiin myös laskettua yhdenmukaisilla yksiköillä kuutio-desimetreinä, kerroin läpimitan 0,1:llä ja korkeuden 10:llä. Näin ollen kaavaksi saatiin $V = \pi \cdot (0,1r)^2 \cdot 10h = \pi \cdot (0,1 \frac{d_t - \frac{h}{2}}{2})^2 \cdot 10h$.

Pitkille ja kapeille puukappaleille (Taulukko 2) lieriön laskukaavat eivät toimineet, sillä jos puun läpimitta senttimetreinä oli vähemmän kuin puolet puun pituudesta metreinä, keskiläpimitta sai negatiivisen arvon. Näin ollen lahoppuukappaleissa puun keskiläpimitan ja pituuden suhteen oli oltava enemmän kuin 0,5 (Kuva 1). Saadun kuvaajan perusteella päätin, että tyviläpimitaltaan alle 7 cm kappaleissa tilavuuden laskussa ei huomioida kappaleen oletettua kapenemista, vaan kappaleen pohjan pinta-ala laskettiin suoraan tyviläpimitan perusteella, jolloin $r = \frac{d_t}{2}$ ja $V = \pi \cdot (0,1 \frac{d_t}{2})^2 \cdot 10h$.



Kuva 1. Pituuden ja keskiläpimitan välinen suhde verrattuna puun tyviläpimittaan. Vihreällä on merkitty y-akselille raja arvoon 0,5 (pituuden ja läpimitan välisen suhteen minimiarvo) ja x-akselille arvoon 7,0 (arvo, jota pienemmillä luvuilla puukappaleen kapenemista ei huomioida).

Puille, jotka on tilastoitu kahdessa eri osassa, eli niillä on sekä pötkelö (laatu 2) että maapuusa (laatu 4), laskin Laasasenahon tilavuusyhtälöiden avulla koko puun tilavuuden rinnankorkeusläpimitan avulla. Tämän jälkeen laskin pötkelöosan tilavuuden lieriön kaavalla ja maapuusosan tilavuuden vähentämällä pötkelöosan tilavuuden koko puun tilavuudesta. Koska tässä kohtaa puukappaleista on mitattu rinnankorkeusläpimitta (d_r), lieriön laskukaavaa tuli muuttaa. Kun edelleen oletettiin, että puu kapenee latvaa kohti yhden senttimetrin metriä kohti, niin aiemmin

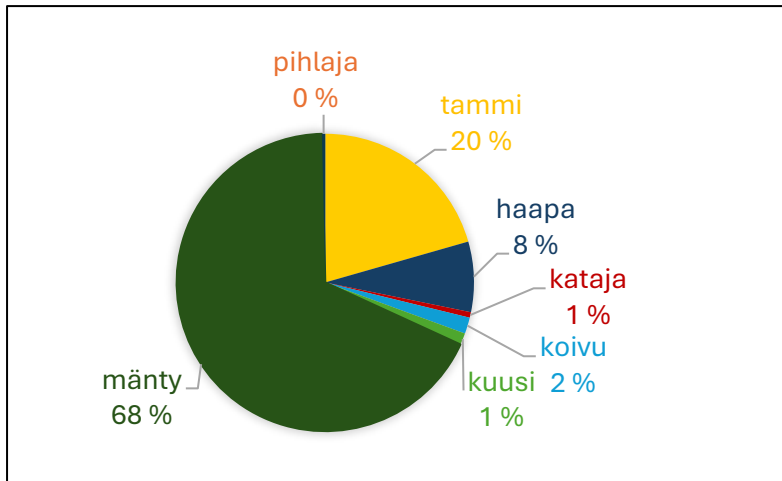
johdetussa kaavassa $V = \pi \cdot \left(0,1 \frac{d_t - \frac{h}{2}}{2}\right)^2 \cdot 10h$, pätee $d_t = d_r + 1,3$, jolloin $V = \pi \cdot \left(0,1 \frac{d_r + 1,3 - \frac{h}{2}}{2}\right)^2 \cdot 10h$. Laatuja 5, 6 ja 7 (Taulukko 1) ei mittauksissa esiintynyt lainkaan.

3. Tulokset

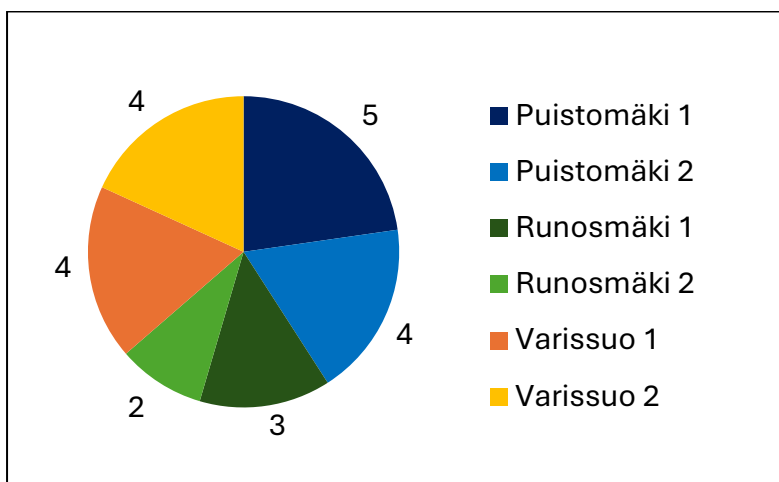
3.1. Lahopuun määrä ja laatu

Keräsin kaikilta kuudelta linjalta yhteensä 196 havaintoa. Mitattujen puukappaleiden minimiläpimitta oli 3 cm ja pituus 1 m, sillä tätä pienempien kappaleiden vaikutus aineistossa olisi jäänyt olemattoman pieneksi. Suurin mitattu läpimitta oli 66,8 cm ja korkeus 23 m. Keskimääräinen läpimitta oli 10,5 cm ja korkeus 6,9 m. Puukappaleille laskettu tilavuus vaihteli välillä 0,9 l ja 1586,4 l. Keskiarvo tilavuudelle oli 72,4 l. Männyn määrä oli ehdottomasti suurin, sillä

se kattoi jopa kaksi kolmasosaa koko aineistosta (Kuva 2). Linjakohtaisesti suurin diversiteetti puulajien kohdalla oli linjalla Puistomäki 1 (Kuva 3). Runosmäen alueella lajeja oli vähiten. Myöskään alueiden sisällä eri linjoissa ei ollut samoja lajeja, eli lajiston määrä vaihteli aluekohtaisesti.



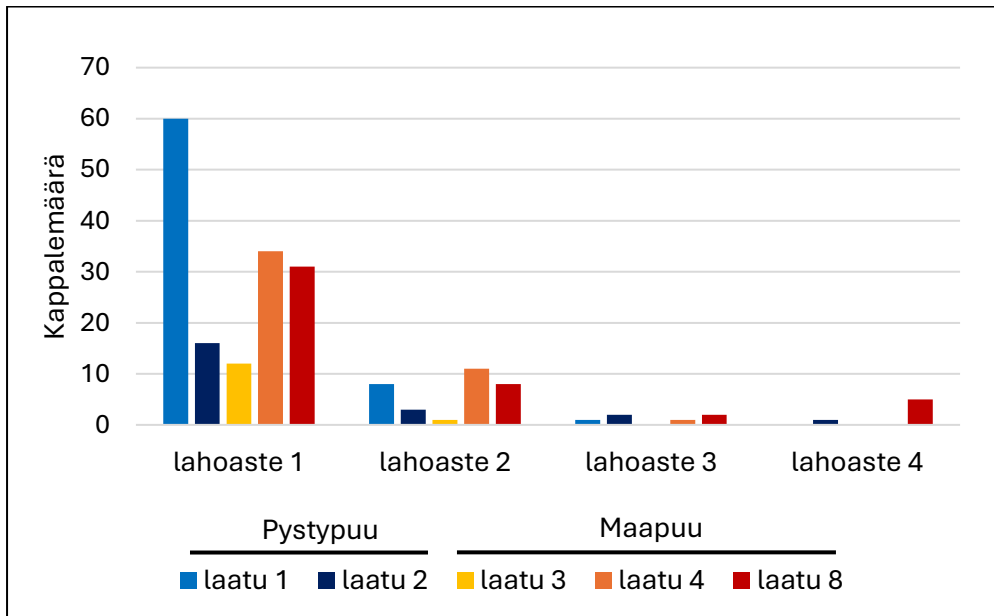
Kuva 2. Koko aineiston puulajien tilavuuksien suhteellinen jakautuminen. Pihlajan osuus kuvaajassa on 0 %, sillä sen kokonaistilavuus verrattuna muihin puulajeihin oli hyvin pieni.



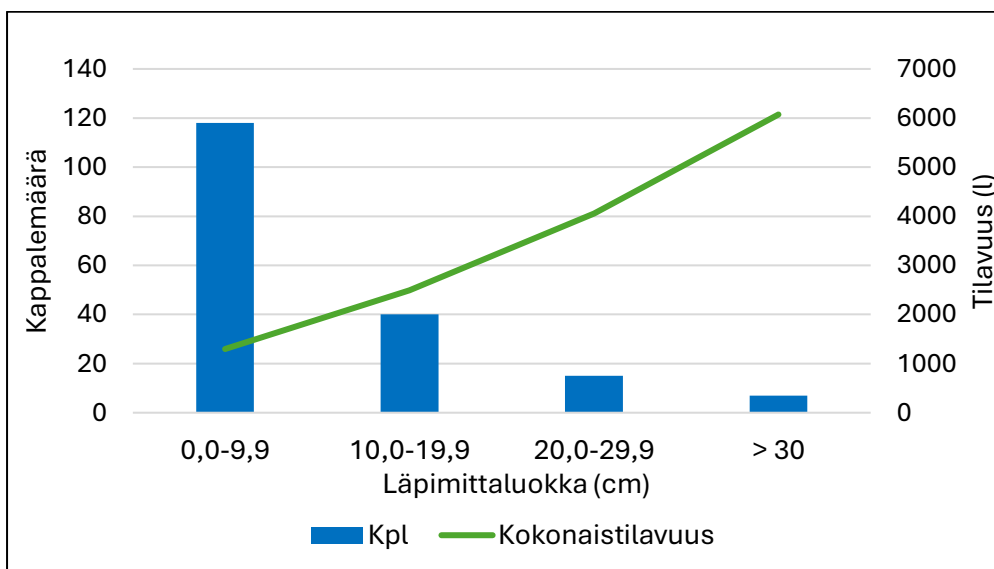
Kuva 3. Puulajien linjakohtainen kokonaismäärä, yksikkönä kappale.

Huomattava osa puista oli joko puuainekseltaan kovia (lahoaste 1) tai pintalahoja (lahoaste 2) (Kuva 4). Puun laatu maa- ja pystypuiden välillä jakautui tasaisesti, eikä laadussa muutenkaan ollut havaittavissa selkeitä poikkeamia. Suurin osa havainnoista oli kokonaisia, kovia pystypuita (laatu 1 ja lahoaste 1). Lähes kaksi kolmasosaa aineiston puista oli läpimitaltaan alle 10 cm (Kuva 5). Läpimitaltaan yli 30 cm:n kokoisia puita oli vain 7 kpl koko aineiston 196 havainnosta. Näistä puista yksi oli linjalla Varissuo 1 ja kyseinen puu kattoi 30 % koko linjan

puiden tilavuudesta. Kaksi puuta oli linjalla Puistomäki 2 ja ne kattoivat yhteensä 38 % linjan tilavuudesta. Linjalla Puistomäki 1 oli neljä puuta, jotka kuuluivat suurimpaan läpimittaluokkaan ja niiden yhteenlaskettu tilavuus oli jopa 70 % koko linjan tilavuudesta. Kapeiden puiden kokonaistilavuus suhteessa suurien puiden kokonaistilavuuteen olikin moninkertaisesti pienempi. Pidemmälle lahonneita ja jääreunkoisia puita oli aineistossa varsin vähän, eli suurin osa puista oli ohuita rankoja, joiden lahoaminen ei ollut vielä kovin pitkällä.



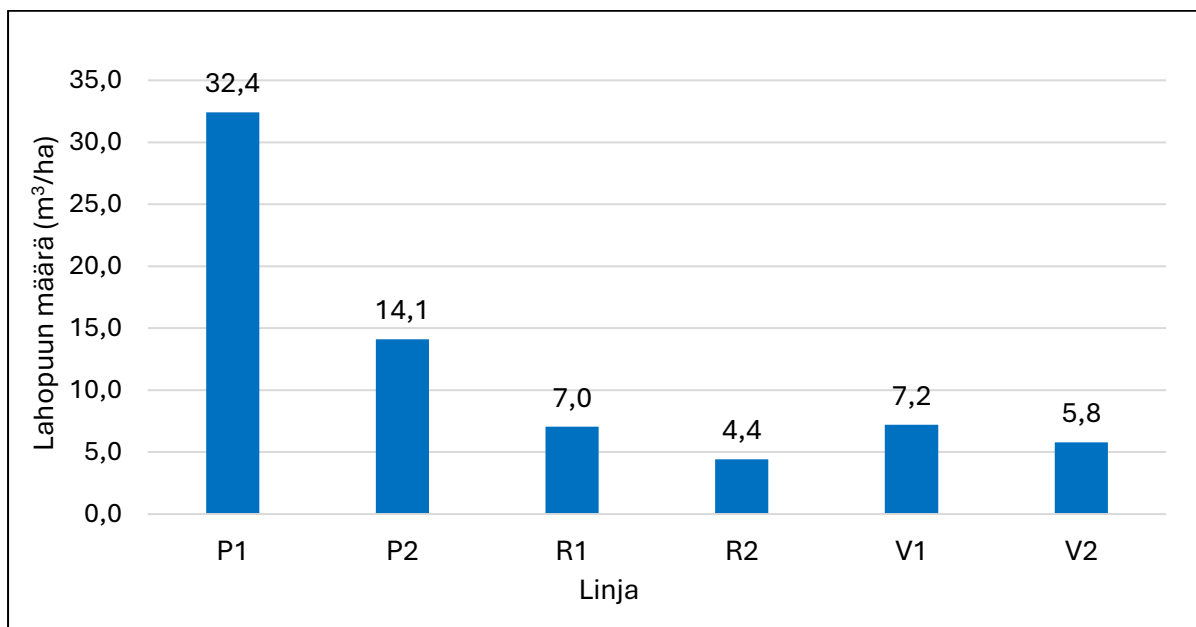
Kuva 4. Puun laadun ja asennon jakautuminen verrattuna puun lahoasteeseen. Sinisillä sävyillä on merkitty pystypuut ja punertavilla maapuut.



Kuva 5. Havaintojen jakautuminen läpimittaluokittain suhteessa luokkien kokonaistilavuuteen.

3.2. Alueiden välinen vertailu

Lahopuun määrä oli suurin Puistomäen alueella linjalla Puistomäki 1 (Kuva 6). Muiden linjojen lahopuumäärä oli tasaisemmin jakautunut välille 4,4–14,1 m³/ha. Vähiten lahopuuta oli linjalla Runosmäki 2. Kaikkien linjojen yhteinen keskiarvo oli 11,8 kuutiota lahopuuta hehtaaria kohden. Linjojen etäisyys Turun keskustasta, Kauppatorilta, vaihteli 2400 metristä 5060 metriin (Taulukko 1). Tutkimusalueiden sisällä, eri linjojen välillä, ei ollut suuria eroja, sillä linjat olivat lähellä toisiaan. Tutkimusalueiden välillä sen sijaan oli huomattavissa eroja: Varissuon ja Runosmäen linjat olivat Puistomäen linjoja kauempana keskustasta. Puistomäen linjoilla huomattiin myös olevan suuria puita enemmän kuin muilla linjoilla, kun taas Runosmäen ja Varissuon linjoilla oli enemmän pienempiä puita verrattuna Puistomäen linjoihin.

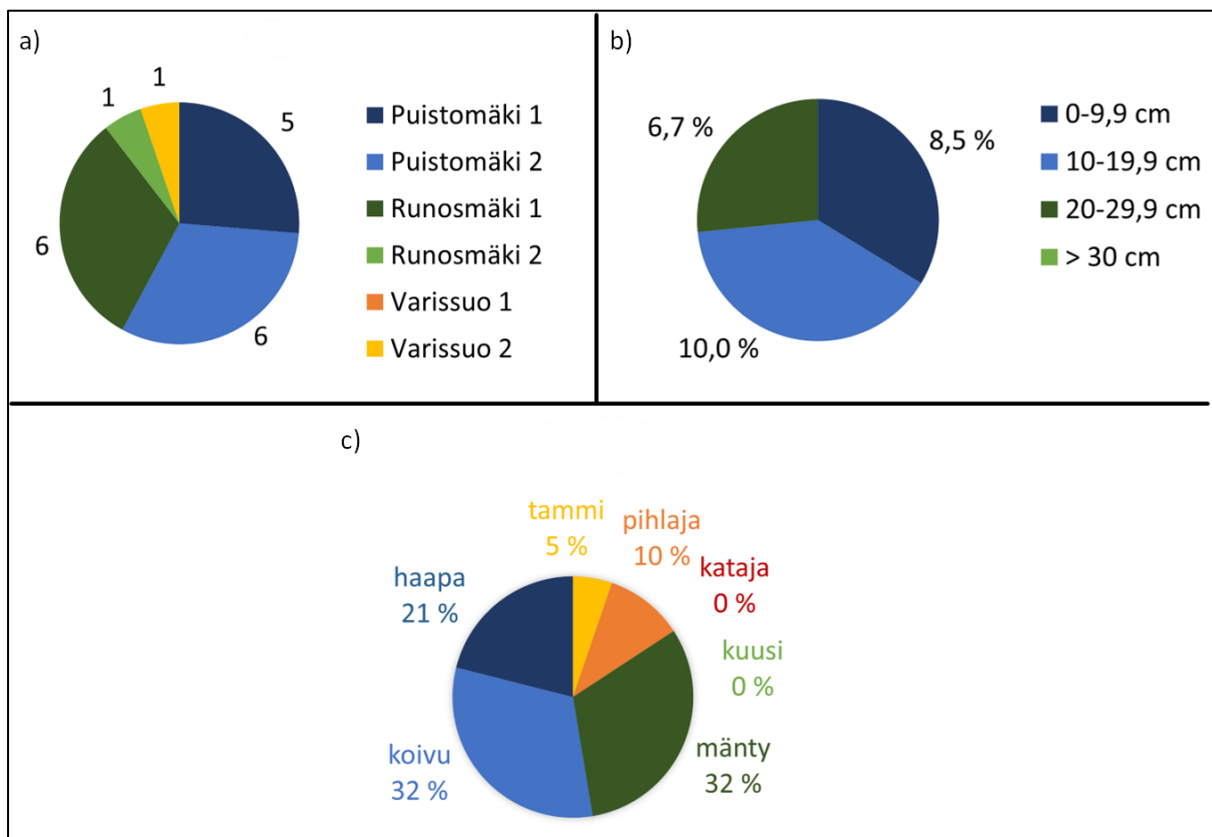


Kuva 6. Lahopuun kuutiomäärä hehtaarilla laskettuna jokaiselle linjalle (P = Puistomäki, R = Runosmäki ja V= Varissuo).

3.3. Käävät

Kääpähavaintoja tein yhteensä 19, eli noin kymmenessä prosentissa mitatuista puista esiintyi jotakin kääpälajia. Kääpien esiintymät nousivat selvästi esiin Puistomäen alueella sekä linjalla Runosmäki 1 (Kuva 7 a). Kääpien jakautuminen läpimitaltaan eri kokoisille puille oli tasaista, mutta suurimmassa läpimittaluokassa kääpähavaintoja ei tehty lainkaan (Kuva 7 b). Toisaalta kyseisessä läpimittaluokassa puuhavaintoja ei kaikkiaan ollut montaa. Männyssä, koi-vussa ja haavassa kääpiä oli eniten (Kuva 7 c). Kuusessa ja katajassa kääpähavaintoja ei tehty

lainkaan. Kääpähavaintojen määrät seurasivat lahopuun määrää tutkimusalueilla suhteutettuna puun rungon läpimittoihin, mutta otoksen pienen koon vuoksi tämän riippuvuuden tilastollinen testaaminen ei antanut merkitseviä tuloksia (Taulukko 4). Ainoastaan männyssä tehdyistä kääpähavainnoista saatiin lähes merkitseviä tuloksia: kääpää on havaittavissa jonkin verran enemmän kapeilla kuin paksuilla rungoilla.



Kuva 7. Kääpähavaintojen jakautuminen a) havaintolinjan, b) läpimittaluokan ja c) puulajin mukaan. Kohdassa a) on esitetty kunkin linjan kääpähavaintojen kappalemäärä. Kohdassa b) on esitetty, kuinka monta prosenttia kunkin läpimittaluokan havainnoista on puita, joissa on tehty havainto jostakin kääpälajista. Kohdassa c) on esitetty, kuinka monessa prosentissa puita on tehty kääpähavaintoja kussakin puulajissa. Katajassa ja kuusessa kääpähavaintoja ei tehty lainkaan.

Taulukko 4. Kolmen puulajin, joissa kääpähavaintoja oli eniten, tilavuuskeskiarvojen vertailu sellaisten puiden välillä, joissa kääpiä havaittiin ja ei havaittu. Vertailu tehtiin t-testin avulla.

Puulaji	F-testisuure	1.vapausaste	2. vapausaste	p-arvo
haapa	2,28	46	3	0,5483
koivu	1,60	10	4	0,4962
mänty	2,60	86	5	0,0612

4. Pohdinta

4.1. Lahopuun määrä ja siihen vaikuttavat tekijät

Kuusen määrä aineistossa oli poikkeuksellisen pieni verrattuna aiempiin tutkimustuloksiin koko maan kattavasta lahopuun jakautumisesta lajeittain. Tammen määrä taas oli yllättävän suuri, kun verrattiin puulajien tilavuuksia. Havaintojen lukumäärä tammen kohdalla oli pieni, mutta kyseisten puukappaleiden tilavuus oli niin suuri, että tilavuuksia vertaillen tammi erottui aineistosta selkeästi. Tämä puiden suuri koko saattaa selittää aineiston poikkeavaa jakautumista. Pysty- ja maalahopuun määrät olivat tasaiset, mikä on poikkeavaa aiempiin tuloksiin verrattuna.

Verrattuna Turun kaupungin metsäsuunnitelmassa annettuihin keskiarvoihin, saamani arvot ovat huomattavasti suurempia kaikilla linjoilla. Kaikkein suurimmat poikkeamat ovat havaittavissa Puustomäen linjoilla, jossa lahopuun määrä oli suurin. Saamiini mittaustuloksiin vaikuttaa mahdollisesti useampi tekijä: Turun kaupungin käyttämistä lahopuun inventointimenetelmistä ei ole tietoa, mikä tekee tulosten vertaamisesta epäluotettavaa. Tämän lisäksi omassa aineistossani oli kyse muutamasta yksittäisestä linjasta, joten alueellisten keskiarvojen mittaaminen ei ole luotettavaa. Myös läpimitaltaan suurimpien puiden jakautuminen linjoilla vaikuttaa huomattavasti tulokseen, sillä valtaosa näistä suurista puista sijaitsi juuri Puustomäen linjoilla. Valmiiden tilavuusyhtälöiden keskiarvo voi myös vaikuttaa lopputulokseen. Yhtälöiden keskiarvo männyn tilavuuden laskentakaavalle on 7,2 %, kuuselle 7,6 % ja koivulle 8,5 % (Laasasenaho 1982).

Lahopuun määrien alueellista vaihtelua voi selittää esimerkiksi linjojen etäisyys keskustasta. Saamiini tulosten mukaan Puustomäessä mitatut linjat ovat muita linjoja selkeästi lähempänä keskustaa, ja kyseisillä linjoilla lahopuun määrä oli myös muita suurempi. Tulos on yllättävä, sillä lähempänä kaupunkia, missä on enemmän ihmisen rakentamaa pinta-alaa ja saasteita, lahopuun määrän ja metsän lajistodiversiteetin voisi olettaa olevan pienempi. Tieto vaatisi vahvistuakseen kuitenkin jatkotutkimuksia ja lisää toistoja. Myös metsien lähialueen maankäyttö ja metsän tyyppi sekä käyttötarkoitus voivat vaikuttaa lahopuun määrään. Kaikki metsäalueet, joilla mittauksia tein, olivat kaupungin virkistyskäytössä olevia metsiä. Kaikkien metsien metsänpohjan kulutus oli runsaudeltaan samankaltaista, ja kaikki metsät olivat kivikkoista

sekametsää. Runosmäki ja Varissuo ovat suuria kerrostalolähiöitä, kun Puistomäki taas on rauhallisempaa pientaloaluetta. Tämä aiheuttaa eroa erilaisten metsiin kohdistuvien ihmisvaikutusten määrissä. Runosmäen metsäalueen vieressä kulkee valtatie ja lähistöllä on tehdasalue. Nämä tekijät saattavat myös vaikuttaa metsien lahoppuuston määrään.

4.2. Lahopuulla elävän lajiston habitaattivaatimukset

Aiemmat tutkimukset kolopesivistä linnuista ja kovakuoriaislajeista osoittavat, että ne vaativat elinympäristöltään yli 20 m³/ha lahoppuuta, ja puun rungon tulisi olla tarpeeksi järeä ja pitkälle lahonnut (Jonsson ym. 2005; Siitonen ym. 2001; Gutzat ja Dormann 2018). Saamieni tulosten mukaan Puistomäki on ainoa alue, jossa vaatimukset lahoppuun määristä toteutuvat. Järeitä ja pitkälle lahonneita runkoja oli kuitenkin varsin vähän. Kovakuoriaisista esimerkiksi korpikolva hyödyntää puuta, joka on järeärunkoinen, mutta lahoasteeltaan vielä tuore (Siitonen ja Saaristo 1999). Vaikka vähemmän lahonneita puita aineistossa oli paljon, valtaosa niistäkin oli kapeita rankoja. Ja vaikka Puistomäessä mitatuilla linjoilla korpikolvan lahoppuustoa koskevat vaatimukset täytyisivätkin, se ei takaa lajin esiintymistä alueella, sillä lajin vaatimaan elinympäristöön vaikuttavat myös muut habitaattitekijät.

Myös kääpien kohdalla Puistomäen linjat olivat ainoita, jotka täyttivät lajiston vaatimukset lahoppuun määristä. Uhanalaisemmille lajeille sekään ei kuitenkaan riitä. Tuloksista oli kuitenkin huomattavissa, että kääpien esiintyminen oli runsainta juuri Puistomäen alueen molemmissa linjoissa. Aiempiin tutkimuksiin verrattaessa oli yllättävää, että kääpähavaintoja ei ollut lainkaan kuusissa. Toisaalta kuusien määrä aineistossa oli ylipäätään vähäinen. Puulajidiversiteetti eri linjoilla oli tasainen, lukuun ottamatta Varissuon linjoja, joissa se oli muita pienempi. Kääpähavaintoja tehtiin kuitenkin selvästi eniten Puistomäen alueella, joten tässä tutkimuksessa puulajiston diversiteetti ei korreloi kääpähavaintojen määrän kanssa. Myöskään puun läpimitta ei näyttänyt vaikuttavan kääpien määrään, toisin kuin aiemmissa tutkimuksissa on kerrottu. Tähän saattaa myös vaikuttaa otoksen pieni koko.

Lähteet

- Gutzat F ja Dormann CF (2018) *Decaying trees improve nesting opportunities for cavity-nesting birds in temperate and boreal forests: A meta-analysis and implications for retention forestry*. *Ecology and Evolution* 8: 8616–8626. <https://doi.org/10.1002/ece3.4245>
- Hämäläinen K, Tahvanainen T ja Junninen K (2018) *Characteristics of boreal and hemiboreal herb-rich forests as habitats for polypore fungi*. *Silva Fennica* 52 (5). <https://doi.org/10.14214/sf.10001>
- Jonsson BG, Kruys N ja Ranius T (2005) *Ecology of species living on dead wood – lessons for dead wood management*. *Silva Fennica* 39 (2): 289–309. <https://doi.org/10.14214/sf.390>.
- Komulainen M (1995) *Taajamametsien hoito*. Ympäristöministeriö, Metsäntutkimuslaitos ja Metsäkeskus Tapio, Jyväskylä. 180 s.
- Korhonen KT, Ahola A, Heikkinen J, Henttonen HM, Hotanen J-P, Ihalainen A, Melin M, Pitkänen J, Rätty M, Sirviö M ja Strandström M (2021) *Forests of Finland 2014–2018 and Their Development 1921–2018*. *Silva Fennica* 55 (5). <https://doi.org/10.14214/sf.10662>
- Laasasenaho J (1982) *Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuussyhtälöt*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 108, Metsäntutkimuslaitos.
- Metsähallitus (2020) *Lahopuu*. <<https://www.metsa.fi/projekti/metsabiotalouden-nayteikkuna/lahopuu/>> [Luettu 18.3.2024]
- Metsäteollisuus (2021) *Lahopuun merkitys metsäluonnon monimuotoisuudelle*. <<https://www.metsateollisuus.fi/uutishuone/lahopuun-merkitys-metsaluonnon-monimuotoisuudelle-on-suuri>> [Luettu 18.3.2024]
- Pasanen H, Siitonen J, Yläne M, ja Saaristo L (2022) *Selvitys lahopuuston yhtenäisestä arviointimenetelmästä metsäalan toimijoita varten. Tapion raportteja nro 49*. Tapio.
- Siitonen J, Kaila L, Kuusinen M, Martikainen P, Penttilä R, Punttila P ja Rauh J (2001) Vanhojen talousmetsien ja luonnonmetsien rakenteen ja lajiston erot Etelä-Suomessa. Teoksessa: *Monimuotoinen metsä. Metsäluonnon monimuotoisuuden tutkimusohjelman loppuraportti*. (Siitonen J, toim.) s. 25–53. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 812, Metsäntutkimuslaitos.
- Siitonen J ja Saaristo L (1999) *Habitat requirements and conservation of "Pytho kolwensis", a beetle species of old-growth boreal forest*. *Biological Conservation* 94 (2000): 211–220. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00174-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00174-3).
- Vahala T ja Mäkitalo J (2019) *Turun kaupungin metsäsuunnitelma 2019–2029*. Turun kaupunki.