



# Puiden mikrohabitaatit

Borealisella ja hemiborealisella metsävyöhykkeellä

Meri Pohjola

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2023

Metsätalous

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Metsätalous

POHJOLA, MERI

Puiden mikrohabitaatit boreaalisella ja hemiboreaalisella metsävyöhykkeellä

Opinnäytetyö 69 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Kesäkuu 2023

---

Opinnäytetyössä tutkittiin mitä ovat puiden mikrohabitaatit ja mitkä tekijät vaikuttavat niiden esiintymiseen. Puiden mikrohabitaattien ymmärtäminen voi auttaa arvioimaan metsien biologista monimuotoisuutta ja valitsemaan säästöpuita. Lisäksi työssä tarkastellaan puiden mikrohabitaatteja boreaalisen havumetsävyöhykkeen alueella Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Baltiassa.

Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Aineisto koostuu tutkimusjulkaisuista, artikkeleista ja kirjallisuudesta.

Puiden mikrohabitaatit ovat pienialaisia, rajattuja rakenteita, joita esiintyy elävissä tai kuolleissa pystyissa. Ne tarjoavat ainutlaatuiset ympäristöolosuhteet, jotka tukevat erilaisia kasvi- ja eläinlajeja. Tutkimusten mukaan tärkeimmät mikrohabitaattien esiintymiseen vaikuttavat tekijät ovat puun koko, ikä ja elinvoimaisuus. Puulajien välillä on eroja mikrohabitaattien muodostumisessa ja esiintymisessä. Metsänhoidon toimintaohjeissa suositellaan säästämään puut, joissa on mikrohabitaatteja sekä suosimaan vanhoja ja suurikokoisia puita säästöpuina. Lisäksi tulisi säilyttää puita, joilla ei ole mikrohabitaatteja, mutta joilla on potentiaalia kehittyä tulevaisuudessa mikrohabitaatteja tukeviksi puiksi. Tällaiset puut ovat tärkeitä puiden mikrohabitaattien jatkuvuuden kannalta.

Haasteita konseptin soveltamiselle asettavat tutkimusaineistojen vähäinen vaihtelu maantieteellisesti ja että lajien ja mikrohabitaattien väliset yhteydet ovat huonosti tunnettuja. Jatkotutkimuksilla voitaisiin laajentaa tutkimusta uusille alueille ja selvittää mikrohabitaattien ja lajiston välisiä vaikutussuhteita. Lisäksi voitaisiin vertailla eri mikrohabitaatteja ja selvittää ovatko jotkut mikrohabitaatit monimuotoisuuden kannalta arvokkaampia kuin toiset, jolloin niiden säästöarvo olisi korkeampi.

---

Asiasanat: puiden mikrohabitaatit, kirjallisuuskatsaus, boreaalinen metsävyöhyke

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Name of the Degree Programme  
Name of the Option

Meri Pohjola  
Tree Microhabitats in Boreal and Hemiboreal Forest Zones

Bachelor's thesis pages 69, appendices pages 2  
June 2023

---

Trees are an integral part of the forest ecosystem and support a plethora of plant and animal life. One of the most fascinating aspects of trees is the existence of tree microhabitats. The aim of this thesis was to explore the different types of tree microhabitats and what factors influence their occurrence. Understanding tree microhabitats may help us evaluate biodiversity in forests and select better trees for conservation. It was also explored what is known about tree microhabitats in the boreal coniferous forest zone in Finland, Sweden, Norway, and the Baltics.

The thesis was conducted as a literary review. Sources included many research studies, a few articles, and literature.

Tree microhabitats are small-scale ecosystems that are formed on or within living or standing dead trees. These microhabitats provide unique environmental conditions that support a variety of plant and animal species adapted to life in these specialized environments. According to studies, the most important factors influencing microhabitat occurrence are tree size, age, and vitality. There were differences in microhabitat formation and occurrence between tree species. Guidelines for management include favoring old and large trees as retention trees and preserving trees with microhabitats. Additionally, consideration should be given to preserving trees that do not have microhabitats but have the potential to develop into trees that support microhabitats in the future. Such trees are important for the continuum of tree microhabitats.

---

Key words: Tree microhabitat, literary review, boreal coniferous forest zone

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	TOTEUTUS JA TIEDONHAKU .....	8
3	PUIDEN MIKROHABITAATIT .....	9
3.1	Mikrohabitaattien luokittelu .....	10
3.1.1	Kolot .....	11
3.1.2	Puuhaavat .....	13
3.1.3	Kuollut latvapuu .....	14
3.1.4	Kasvaimet .....	15
3.1.5	Itiömät ja limasienet .....	16
3.1.6	Epifyytit, epiksyyliset ja parasiittiset rakenteet .....	17
3.1.7	Eritteet .....	18
3.2	Mikrohabitaattien muodostuminen ja esiintyminen .....	18
3.3	Mikrohabitaattien merkitys .....	21
3.4	Mikrohabitaattien luonne .....	22
3.5	Katalogin haasteet .....	24
4	MIKROHABITAATIT FENNOSKANDIASSA JA BALTIASSA .....	25
4.1	Fennoskandian ja Baltian metsien yleispiirteet .....	26
4.2	Mikrohabitaattien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä .....	27
4.3	Millaisia mikrohabitaatteja Fennoskandiassa ja Baltiassa esiintyy .....	28
4.4	Epifyytit .....	29
4.5	Haavat ja korot .....	32
4.6	Kolot .....	33
4.6.1	Tikankolot .....	35
4.6.2	Dendrotelma – veden täyttämä kolo .....	36
4.6.3	Hyönteisten käytävät puussa .....	37
4.7	Kuolleen puun mikrohabitaatit .....	37
4.7.1	Kuolleet oksat ja rungonosat .....	38
4.7.2	Itiömät .....	39
4.8	Puulajikohtaista tarkastelua .....	41
4.8.1	Mänty ( <i>pinus sylvestris</i> ) .....	42
4.8.2	Kuusi ( <i>Picea abies</i> ) .....	45
4.8.3	Koivut ( <i>Betula pendula</i> ja <i>Betula pubescens</i> ) .....	46
4.8.4	Haapa ( <i>Populus tremula</i> ) .....	48
4.8.5	Raita ( <i>Salix caprea</i> ) .....	49
4.8.6	Jalot lehtipuut .....	49

5	MIKROHABITAATTIKONSEPTIN HYÖDYNTÄMINEN JA HAASTEET	52
5.1	Mikrohabitaattien uhat.....	53
5.2	Puiden mikrohabitaattien turvaaminen .....	54
5.3	Säästettävien puiden priorisointi .....	56
5.4	Tutkimuksen aukot ja ongelmat.....	57
6	POHDINTA .....	58
6.1	Mikrohabitaattikatalogin soveltaminen .....	58
6.2	Päätelmät.....	59
6.3	Jatkotutkimus .....	60
6.4	Opinnäytetyön prosessi.....	61
	LÄHTEET.....	62
	LIITTEET .....	68
	Liite 1. Kuvituskuvat mikrohabitaattikatalogin mikrohabitaateista. ....	68

## ERITYISSANASTO

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
op	opintopiste
Puun mikrohabitaatti	pienialainen, rajattu rakenne elävässä tai kuolleessa pystyvuussa ja tarjoaa elinympäristön tai alustan lajille osaksi sen elinkiertoa.
TreM	Tree Microhabitat eli puu mikrohabitaatti.
Epifyytti	Päällysvieras. Laji, joka kasvaa puun pinnalla
Dendrotelma	veden täyttämä kolo puussa
Epiksyylinen rakenne	puun päällä oleva rakenne, kuten pesä
Saproksyytilaji	organismi, joka käyttää elinkiertonsa aikana vioittunutta tai lahoavaa puuta
Ekolokero	ympäristötekijöistä muodostuva tila, jossa lajin tai populaation eläminen, lisääntyminen ja leviäminen on mahdollista
Karike	hajoavaa kuolleiden kasvien ja eläinten jätteitä
Biodiversiteetti	elollisen luonnon monimuotoisuus
Typologia	luokittelujärjestelmä
Morfologinen	muotoon tai rakenteeseen liittyvä
Mikroilmasto	pienen alueen (metsikön tms.) ilmasto erityispiirteinen
Nila	solukko, jonka tehtävä on kuljettaa yhteyttämistuotteita
Sydänpuu	kuolleista soluista muodostuva puuaineksen keskiosa
Mantopuu	elävä pintapuu
Indikaattori	ominaisuus, jota käytetään ilmaisemaan toisen ilmiön tai kohteen olemassaoloa, tilaa tai ominaisuutta tai näiden muutosta.
Avainlaji	ekosysteemin tai eliöyhteisön toimintaan voimakkaasti vaikuttava laji
Sertifikaatti	toimi, jolla riippumaton elin todistaa, että asia on yhdenmukainen määritettyjen vaatimusten kanssa
Taksoni	biologisessa taksonomiassa kategoriaan sijoitetun eliöryhmän yleisnimi

## 1 JOHDANTO

Luonnon monimuotoisuus on ollut kasvava huolenaihe kansainvälisessä keskustelussa kuin kotimaassakin. Suomessa katse on keskittynyt metsätalouteen ja sen kestävyteen. Metsät ovat laajin elinympäristömme ja noin 40 % lajeistamme elää metsissä. Vuonna 2019 julkaistussa lajien punaisessa kirjassa uhanalaisiksi arvioitujen metsälajien määrä oli selvästi suurin, lähes kolmasosa kaikista uhanalaisista lajeista. Metsien kestävä käyttö ja hoito edellyttää luotettavaa tietoa monimuotoisuudesta ja luonnontilasta. Tiedon lisäksi tarvitaan indikaattoreita, joilla tietoa voidaan mitata luotettavasti ja helposti. Puiden mikrohabitaatit voisivat olla tähän sopiva keino. Puiden mikrohabitaatit ovat pienimuotoisia, rajattuja elinympäristöjä, joita esiintyy elävissä tai kuolleissa pystypuissa. Mikrohabitaateissa esiintyy erikoistuneita lajeja, jotka ovat niistä suoraan tai välillisesti riippuvaisia.

Ajatus puiden mikrohabitaateista on lähtöisin Keski-Euroopasta, missä aihetta tutkitaan ja hyödynnetään enenevässä määrin. Suurin osa olemassa olevasta tutkimustiedosta konseptin alla on saanut alkunsa 2000-luvulla ja vahvasti keskittynyt Eurooppaan, erityisesti sen länsiosiin. Eniten tutkimuksia on toteutettu Ranskassa ja toiseksi eniten Saksassa. Tämän vuoksi tietyt metsäiset kasvillisuusvyöhykkeet ovat ylliedustettuna aineistossa, kun taas boreaalista metsistä on saatavilla vain pieni näyte Euroopan ja Pohjois-Amerikan tutkimuksista. Tämänhetkinen mikrohabitaattitutkimus keskittyy ensisijaisesti mikrohabitaattien hyödyntämiseen monimuotoisuuden indikaattorina ja siihen, miten metsänhoito vaikuttaa niiden runsauteen ja monimuotoisuuteen. Uuden konseptin haasteita ovat tietopuutteet, mitkä voivat haastaa sen kestävyden ja sovellettavuuden.

Tässä työssä tutustutaan mikrohabitaattikonseptiin, mikrohabitaattien luokitteluun, boreaalisen metsävyöhykkeen mikrohabitaatteihin ja pohditaan konseptin sovellettavuutta boreaalisiin metsiin. Tavoitteena on luoda yhtenäinen koonnos olemassa olevasta tutkimustiedosta. Työ toteutetaan narratiivisena kirjallisuuskatsauksena. Opinnäytetyössä käytetyt valokuvat ovat osittain kirjoittajan omia. Loput ovat metsäekologian lehtori Petri Keto-Tokoin valokuvaamia.

## 2 TOTEUTUS JA TIEDONHAKU

Aineistoa haetaan metsätaloutta käsittelevistä tietolähteistä: Luonnonvarakeskuksen jukuri.fi, Metsätieteen aikakauskirja. Lisäksi tiedonhaussa on käytetty Tampereen korkeakouluyhteisön kirjaston Andor-hakupalvelun kautta käytössä olevia aineistoja. Hakuja tehtiin englannin ja suomen kielellä eri hakusanoja ja niiden yhdistelmiä käyttäen. Hakuja ei rajattu julkaisuvuoden tai kielen mukaan. Aineisto rajattiin suomen- ja englanninkielisiin materiaaleihin. Käsiteltäessä boreaalista metsävyöhykettä rajattiin aineisto maantieteellisesti kattamaan Suomen, Ruotsin, Norjan ja Baltian alueet.

Mikrohabitaattikonseptin esittelyssä käsitellään aineistoja eri alueilta. Pääpaino aineistossa oli Keski-Euroopassa toteutetuissa tutkimuksissa. Konsepti on sieltä lähtöisin ja suurin osa aiheen tutkimuksesta pohjautuu Keski-Euroopan metsiin (Drapeau ym. 2022, 5–6). Opinnäytteen kappaleessa 4 keskitytään Fennoskandian ja Baltian alueen mikrohabitaatteihin. Pääpaino oli Norjassa, Ruotsissa, Suomessa ja Baltiassa toteutetuilla tutkimuksilla. Alueet kuuluvat pääosin boreaaliseen tai hemiboreaaliseen metsävyöhykkeeseen. Käsittelyn ulkopuolelle jäävät Keski-Eurooppa, Pohjois-Amerikka ja Aasia. Pohjois-Amerikka ja aasia kuuluvat osittain boreaaliseen metsävyöhykkeeseen, mutta niiden puulajisto ja ympäristö poikkeaa voimakkaasti pohjoisen Euroopan puustosta sekä olosuhteista.

### 3 PUIDEN MIKROHABITAATIT

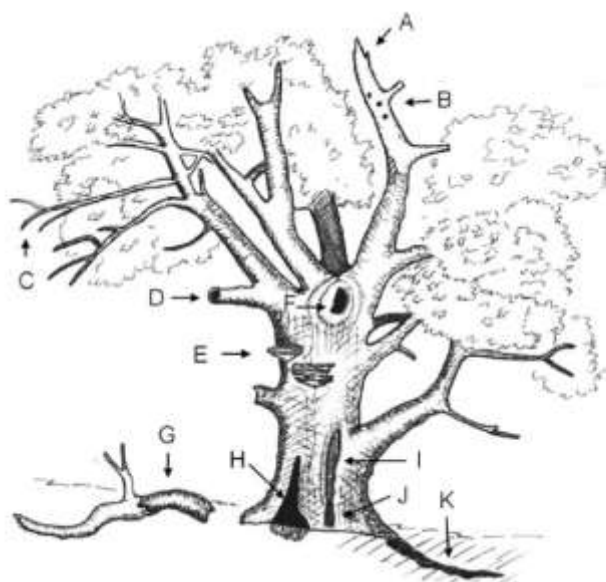
Puut ovat tärkeä osa metsäluonnon monimuotoisuutta. Ne toimivat suojapaikkoina, kasvualustana ja ravintona suurelle joukolle mitä moninaisempia lajeja. Syitä ovat puiden suuri koko ja monipuolinen rakenne (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 14). Mikrohabitaattikonsepti pohjautuu puissa esiintyviin erityisiin rakennepiirteisiin, joita kutsutaan puiden mikrohabitaateiksi. Konsepti tarkastelee niiden vaikutusta metsälajistolle. Mikrohabitaatti tulee sanoista habitaatti, joka tarkoittaa elinympäristöä ja mikro, joka tarkoittaa pientä. Opinnäytetyössä puhutaan näistä rakenteista puiden mikrohabitaatteina tai vain mikrohabitaatteina.

Termillä puiden mikrohabitaatti tarkoitetaan pienimuotoisia, erityisesti rajattuja elinympäristöjä. Tässä katsauksessa käytetään Larrieu ym. (2018) määritelmää mikrohabitaateista. Heidän määritelmänsä mukaan mikrohabitaatti on "erillinen hyvin rajattu rakenne, joka esiintyy elävissä tai pystyssä olevissa kuolleissa puissa ja muodostaa erityisen ja välttämättömän substraatin tai elinpaikan lajeille tai lajiyhteisölle ainakin osaksi elinkaarta kehittymistä, ruokailemista, suojaa tai lisääntymistä varten." Lisäksi niiden määritellään olevan maanpinnan yläpuolella sijaitsevia morfologisia rakenteita, joita ei esiinny joka puussa. Ne kattavat sekä bioottisten että abioottisten vaikutusten puuhun aiheuttamat muutokset, kuten tunkeutumiset, vauriot ja murtumat, jotka paljastavat nilan ja sydänpuun sekä edistävät kasvannaisia ja puun lahoamista sekä ulkoiset elementit, jotka ovat kiinni puussa tai kasvavat sen pinnalla. Mikrohabitaatteja on monia erilaisia, joista osa on esitelty kuvassa 1. Ne eroavat toisistaan syntytavoilta, ominaisuuksilta ja lajistolta. Mikrohabitaatit on luokiteltu hierarkkiseen järjestelmän. Järjestelmässä on seitsemän pääryhmää, jotka on jaettu vielä erikseen useampaan alaryhmään. (Larrieu ym. 2018, 195.) Kuvan 1. G ja K eivät kuulu luokitteluun.

Larrieun ym. (2018) määritelmän pohjalta eroteltu katalogi puiden mikrohabitaateista on vain osittainen otos kaikista puiden mikrohabitaateista. Puissa ja niiden lajeilla on muitakin mikrohabitaatteja kuin katalogissa määritellyt mikrohabitaatit. Heidän määritelmänsä on siis suppeampi kuin ekologiassa määritelty mikrohabitaatti. Esimerkiksi puun lehti, nilakerros, kuoren alainen elinympäristö 2. asteen

lahopuussa, juuret ja niiden lähiympäristö. Nämä ovat mikrohabitaatteja ekologisessa mielessä, mutta niillä ei ole Larrieun ym. (2018) määritelmän mukaista pientä selvästi erottuvaa rajattua rakennetta tai muodostumaa.

Aihetta on tutkittu laajalti Euroopassa, mutta terminologia ei ole aiheen tuoreuden vuoksi täysin vakiintunutta. Puhuttaessa puiden mikrohabitaateista voidaan myös käyttää lyhennettä TreM, joka tulee englannin kielen sanasta tree microhabitat. Voidaan puhua myös habitaattipuista. Habitaattipuu on elävä tai kuollut pystyssä oleva puu, josta löytyy ainakin yksi mikrohabitaatti. Amerikassa puolestaan käyttöön on vakiintunut termi wildlife tree. Termi viittaa eläviin tai kuolleisiin puihin, joissa esiintyy koloja, halkeamia, irronnutta kaarnaa ja muita kuolleen puuaineksen piirteitä, jotka tarjoavat elinympäristöjä kolopesijöille. (Bevis & Brown 2016.)



A	kuollut latva oksa
B	tikankolo
C	kuollut oksantynkä
D	oksa kolo
E	itiöemä
F	Runko kolo
G	tippunut oksa
H	Tyvi aukko
I	Avohaava
J	Mahlavaluma
K	kuollut juuri

KUVA 1. Havainnekuva osasta puiden mikrohabitaatteja. (Juha Siitonen 2012)

### 3.1 Mikrohabitaattien luokittelu

Tarkka luokittelu on tärkeää inventointien standardoimiseksi ja tutkimusten vertailtavuuden kannalta. Luokittelun avulla mikrohabitaattikonseptia voidaan hyödyntää esimerkiksi tutkimuksessa, monitoroinnissa ja biodiversiteetin eduksi toteutettujen toimenpiteiden vaikutusten arvioinnissa. Larrieu ym. (2018) ovat erottelleet mikrohabitaatti määritelmän pohjalta useita eri typologioita ja jakaneet ne

hierarkkiseen malliin. Luokittelu kattaa kokonaisuudessaan 47 mikrohabitaattityyppiä. Ensimmäiseen tasoon kuuluu seitsemän eri muotoa: kolot, puun haavat ja paljastunut puu, kuollut latvapuu, kasvannaiset ja epämuodostumat, sienten itiöemät ja limasienet, epifyytit ja puun pinnalla kasvavat ja loisrakenteet sekä valumat ja eritteet. Nämä ryhmät on jaettu seuraavalla tasolla 15 ryhmään ja vielä 47 eri tyyppiin kolmannella tasolla. Larrieu ym. (2018) hyödynsivät pääasiassa morfologisia ominaisuuksia mikrohabitaattien kategorioinnissa, sillä niiden avulla mikrohabitaatit on mahdollista erottaa maastossa. Toiseksi he luokittelivat mikrohabitaattiryhmät niiden tarjoamien kasvualustojen mukaan. Katalogissa on myös määritelty kynnsarvot mikrohabitaateille, kuten kolojen suuaukon koko ja päällyskasvuston peittävyys, jotka mikrohabitaattien tulisi täyttää. (Larrieu ym. 2018 s. 203.) Katalogin kynnsarvot perustuvat asiantuntijoiden arvioihin mikrohabitaattiin liittyvän lajiston ekologisista vaatimuksista. (Bütler ym. 2020, 7.)

Luokittelun hierarkkinen rakenne mahdollistaa joustavan hyödyntämisen eri tarkoituksiin ja tilanteisiin. Ensimmäistä luokkaa voidaan hyödyntää habitaattipuiden nopeaan merkkaukseen ennen toimenpiteitä. Metsäinventoinnissa tai seuranta-tarkoituksessa on suositeltavaa käyttää toista luokkaa (15 ryhmää) tai kolmatta tasoa (47 tyyppiä). Metsäekologiseen tutkimustyöhön mikrohabitaattien ja lajien välisestä suhteesta suositellaan 47 tyyppin jakamista tarpeen mukaan vielä tarkempiin ryhmiin lisäkritereiden mukaan. (Bütler ym. 2021, 5).

Seuraavaksi esitellään mikrohabitaattikonseptin päämuodot. Mikrohabitaattien jaottelun ja kuvausten pohjana on käytetty Larrieun ym. (2018 s. 198–202) mikrohabitaattiluokittelua. Liitteenä (Liite 1.) löytyy Larrieu ym. (2018) katalogi, joka sisältää tarkemmat kuvaukset ja havainnekuvat jaottelusta ja sen eri tasoista.

### **3.1.1 Kolot**

Kolot ovat erilaisia puuhun muodostuneita reikiä, onkaloita ja suojaisia paikkoja puunrungossa tai sen juurella. Koloja esiintyy myös puiden oksilla (Kuva 2). Ne voivat olla kolopesijöiden, kuten tikkojen tai saproksyylihyönteisten aiheuttamia, lahoamisprosessissa syntyneitä aukkoja, kuten lahokoloja tai morfologisia erityispiirteitä puun rungossa tai puun juurella. Koloista erotellaan useita alaryhmiä nii-

den ominaisuuksien mukaan. Larrieu ym. (2018) ovat erotelleet koloista neljä ryhmää ja 15 TreM tyyppiä. Jako tehdään sen perusteella, onko kolon suuaukko kolon sisäläpimittaa suurempi, yhtä suuri tai pienempi. (Larrieu ym. 2018, 198)

Kolot ovat tärkeitä suurelle joukolle lajeja. Niitä hyödyntävät niin niveljalkaiset kuin suuret nisäkkäät. Puskuroidun mikroilmaston ansiosta kolot tarjoavat suojaa ja pesintäpaikkoja. Tikankolot erityisesti ovat merkittävässä roolissa toissijaisille käyttäjille (lepakot, linnut, pienet nisäkkäät, selkärangattomat, kuten hämähäkit, kovakuoriaiset ja ampiaiset). Kolojen sijainti ja koko määrittävät minkälaiset lajit voivat hyödyntää niitä. Ominaisuudet kuten puun kosteus ja lahonneen puumateriaalin esiintyminen vaikuttavat kolon ominaisuuksiin ja soveltuvuuteen eri lajeille. Kolo voi olla kuiva, kostea tai kokonaan veden täyttämä eli dendrotelma. Lahokoloilla on merkitystä monille specialistilajeille, erityisesti kovakuoriaisille. Osa on niin erikoistuneita, että ne elävät yksinomaan tietynlaisilla koloilla. Esimerkiksi erakkokuoriainen (*Osmoderma eremita*) on todella uhanalainen ja pitkälle erikoistunut laji, joka on riippuvainen pitkälle kehittyneistä lahokoloista ja elää niissä lähes koko elämänsä. (Bütler ym. 2011, 5.)

Kolojen uudistumisnopeuteen ja esiintymisrunsauteen vaikuttaa merkittävästi sen koko. Suuret lahokolot ja ontelot ovat erittäin hitaita uudistumaan. Ontot oksakolot, dendrotelmat, juuriontelot ja useiden pesintäkolojen ketjut samassa puuyksilössä ovat hitaita tai kohtalaisen hitaita uudistumaan. Kohtalaisen nopeita uudistumaan tai usein toistuvien tapahtumien seurauksena syntyneitä koloja ovat puolestaan tikkojen pesäkolot, hyönteisten kaivamat käytävät ja tikkojen ravinnonhaussa aiheuttamat kolot ja onkalot. (Bütler ym. 2020 s. 12–26.)



KUVA 2. Oksan katkeamisen ja lahoamisen seurauksena syntynyt lahokolo pihlajalla (vasen kuva) ja koivulla (oikea kuva). (Petri Keto-Tokoi 2023)

### 3.1.2 Puuhaavat

Puuhaavat voivat olla pinnallisia vain nilaan asti ulottuvia tai syvempiä sydänpuuhun asti ulottuvia vaurioita. Kuvassa 3 näkyy oikeassa reunassa suuri haava, johon joku on kaivanut kolon. Larrieu ym. (2018) ovat erotelleet puuhaavoista kaksi ryhmää, jotka ovat paljastunut nila ja paljastunut nila sekä sydänpuu. Nämä on jaoteltu yhdeksään tarkempaan tyyppikategoriaan. Nilavaurioiden alla on neljä tyyppiä: vaurioitunut kaarna, tulipalon seurauksena syntynyt arpi, osittain irronnut kaarna, joka muodostaa suojan ja kaarnan muodostama tasku. Nila- ja sydänpuuvaurioiden alla on loput viisi: rikkoutuneet varret, rikkoutuneet raajat, halkeama, salaman aiheuttama arpi ja ratkennut rungon haarakohta. (Larrieu ym. 2018, 198.)



KUVA 3. Koro, jossa on tikankoloja männyllä. (Petri Keto-Tokoi 2023)

Puuhaavat ovat seurausta usein toistuvista tapahtumista, ja sen vuoksi niiden uudistuminen on usein nopeaa. Tällaisia ovat esimerkiksi kivien putoilun seurauksena syntyneet kaarnavauriot tai lumen painosta katkenneet oksat. Hitaammin uudistuvia tai harvemmin tapahtuvia puuhaavoja ovat ratkenneet haaraumat, salamaniskun aiheuttamat haavat, halkeamat sekä kaarnataskut ja suojan muodostavat osittain irronneet kaarnanpalaset. Palon aiheuttamilla haavoilla ei ole selkeästi määriteltävää uudistumisnopeutta, vaan ne vaihtelevat hitaasta nopeasti uudistuviin. (Bütler ym. 2020 s. 27–35.)

Puu haavat ja paljastunut nila- tai sydänpuu helpottavat ensisijaisten asuttajalajien pääsyä puuhun. Mikäli puu ei saa korjattua haavaa, se voi kehittyä toiseksi mikrohabitaattityypiksi, lahokoloksi. Katkennut puun latva, pääoksa tai muu sydänpuuta paljastava haava tarjoaa siirtymäolosuhteet elävän ja kuolleen puun välille. Halkeamat, osittain irronneet kaarnanosat ja kaarnataskut tarjoavat suojaa lepäämiseen, lisääntymiselle ja talvehtimiselle osalle lepakoista sekä pesintäpaikkoja linnuille, hyönteisille ja hämähäkeille. (Bütler ym. 2011, 5.)

### 3.1.3 Kuollut latvapuu

Kuolleella latvapuualla viitataan puun kuolleisiin oksiin, joita esiintyy puun latvaosissa. Katkenneet suuret oksan pätkät ja katkennut latva kuuluvat tähän mikrohabitaattimuotoon. Kuollut puuainees sijaitsee puun latvassa paljastuneena aurin-  
gonvalolle ja muille luonnonvoimille ja tarjoaa täten erityisen ekolokeron lämpöä ja kuivuutta suosiville lajeille. Kuvassa 4 on esimerkki tällaisesta. Vastaavat olosuhteet ovat harvinaisia, sillä monet metsistä ovat sulkeutuneita. Tähän muotoon kuuluu yksi ryhmä, kuollut latvapuu, joka on jaettu kolmeen tyyppiin: kuolleet oksat, kuollut latva ja katkenneen oksan jäännös. (Larrieu ym. 2018, 198; Bütler ym. 2011, 6) Kuollut latvapuu on hitaasti uudistuva mikrohabitaatti. Kuolleet oksantygät ovat kohtalaisen nopeasti uudistuvia. (Bütler ym. 2020 s. 36–38)



KUVA 4. Kuollut latvapuu männyllä. (Meri Pohjola 2023)

### 3.1.4 Kasvaimet

Kasvaimet on jaoteltu kahteen ryhmään: oksarykelmät sekä käävät ja sienten aiheuttamat kasvaimet. Näistä on eroteltu vielä neljä tarkempaa tyyppiä, joita ovat tuulenpesät, vesaoksat, käävät ja sienten aiheuttamat kasvaimet. Ne muodostuvat usein kasvureaktiona lisääntyneen valonmäärään tai loisten tai mikrobien tunkeutumisen vuoksi. Kuvassa 5 on esimerkki männyllä esiintyvistä kasvuhäiriöistä. Vasemmassa reunassa näkyy esimerkki pienikokoisesta tuulenpesästä männyn oksalla. Sienten aiheuttamat kasvaimet ja käävät ovat uudistumisnopeudeltaan hitaita. Vesaoksat uudistuvat kohtuullisen hitaasti ja tuulenpesät puolestaan kohdalaisen nopeasti. (Bütler ym. 2020 s. 39–42.)



KUVA 5. kasvannaisia männyllä. (Meri Pohjola 2023)

### 3.1.5 Itiömät ja limasienet

Itiömät ovat sienten lisääntymiselimiä (Kuva 6). Ne ovat lahottajasienten tai sienten tapaisten organismien näkyvät osat. Ne voivat olla monivuotisia tai yksivuotisia, minkä mukaan ne on jaettu kahteen ryhmään. Monivuotisissa itiöemissä on yksi tyyppi, monivuotiset käävät ja yksivuotisissa neljä eri tyyppiä: yksivuotinen kääpä, pehmeät helttasienet, isot kotelosienet ja limasienet. (Larrieu ym. 2018, 198.)



KUVA 6. Kantokäävän itiöemiä pystyyn kuolleella kuusella. (Petri Keto-Tokoi 2023)

Itiöemistä on erotettavissa eri osia, joihin on sidoksissa omat erikoistuneet lajinsa. Tämä puun mikrohabitaatti onkin monen pienen mikrohabitaatin mosaiikki. Käytännön syistä itiömät ja sienet on kuitenkin luokiteltu yhdeksi mikrohabitaatiksi. Itiömät ovat riippuvaisia vanhoista puista ja kuolleesta puusta. Ne viestivät runsaasta sienilajien monimuotoisuudesta, mutta ne hyödyttävät myös muita metsälajeja kuten kovakuoriaisia, kärpäsiä, mehiläisiä, perhosia ja hyönteisiä. Itiöemän laji, koko ja kehitysvaihe vaikuttavat kaikki sillä elävään lajistoon. (Bütler ym. 2011, 6.)

Sienet ja niiden itiömät uudistuvat hitaasti. Limasienet ovat ainoa ryhmä, jonka on arvioitu uudistuvan kohtalaisen nopeasti. (Bütler ym. 2020 s. 43–47.)

### 3.1.6 Epifyytit, epiksyyliset ja parasiittiset rakenteet

Epifyytit, epiksyyliset ja parasiittiset rakenteet sisältävät moninaisen joukon rakenteita, joille puu toimii vain tukena tai kasvualustana. Pääryhmiä muodon alla on kolme: epifyyttiset itiö- ja siemenkasvit, pesät ja mikromaaperä. Epifyyttisiin siemenkasveihin kuuluvat runkoa peittävät sammaleet ja maksasammaleet, lehti- ja pensasjäkälät, muratit ja liaanit, saniaisit sekä misteli. Epifyyttisestä sammaleesta on esimerkki kuvassa 7. Pesät on jaettu kahteen tyyppiin pesää käyttävän lajin mukaan, selkärankaisten pesiin ja selkärangattomien pesiin. Mikromaaperä on orgaanisen materiaalin kuten lehtien, puun kuoren ja sammalten hajoamisen seurauksena muodostunutta ainesta. Mikromaaperästä on eroteltu kaksi tyyppiä, kaarnaan kertynyt mikromaaperä ja puun rungolle esimerkiksi haarakohtiin kertynyt aines. (Larrieu ym. 2018, 198; Bütler ym. 2021, 6.)

Epifyyttisissä ja epiksyylisissä rakenteissa on useita hitaasti uudistuvia mikrohabitaattityyppejä. Hitaita uudistumaan ovat jäkäläkasvustot, latvassa ja kaarnassa esiintyvä mikromaaperä, selkärangattomien pesät ja saniaisit. Sammalkasvustot, muratti ja liaanit sekä misteli uudistuvat kohtalaisen nopeasti. Selkärankaisten pesät on määritelty nopeasti uudistuviksi (Bütler ym. 2020 s. 48–56), mutta osa voi olla varsin pitkäikäisiä, kuten petolintujen pesät.



KUVA 7. Uurteisella vaahteran kuorella kasvava päällysvierassammal. (Meri Pohjola 2023)

### 3.1.7 Eritteet

Eritteet ovat puusta vuotavia valumia (Kuva 8.) Valumat on eroteltu kahdeksi Mikrohabitaattityypiksi: mahla- ja pihkavuodoiksi. Kuoriaiset, kärpäset ja perhoset hyödyntävät mahlavalumia ravintona ja ovat niiden pääasiallisia käyttäjiä. (Bütler ym. 2011, 6) Mahlavuodot ovat hitaammin uudistuvia kuin pihkavuodot. Pihkavuodot uudistuvat kohtalaisen nopeasti. (Bütler ym. 2020 s. 57–58.)



KUVA 8. Pihkavaluma kuusessa. (Petri Keto-Tokoi 2023)

### 3.2 Mikrohabitaattien muodostuminen ja esiintyminen

Mikrohabitaatteja syntyy monenlaisista syistä ja monien eri tapahtumien kautta. Tyypillisesti ne saavat alkunsa, kun puu saa iskun tai siihen kohdistuu jokin rasite. Rasite voi olla fyysinen, kuten luonnonilmiöt esimerkiksi lumi, jää, tuuli tai salamisku. Fyysinen vamma voi aiheutua toisen puun kaatumisen tai putoilevien kivien seurauksena. Eläimet aiheuttavat myös mikrohabitaatteja, esimerkiksi tikat ovat ahkeria kolontekijöitä. Rasite voi myös olla sienien tai taudin aiheuttama infektio, joka johtaa erilaisten kasvannaisten syntyyn. Osa mikrohabitaateista ei vaadi, että puuhun on kohdistunut vahinkoa. Erilaisille epifyyteilte ja epiksyylisille rakenteille kuten sammalille, jäkälille, kasveille ja pesille, puu toimii kasvualustana tai tukirakenteena. (Bütler ym. 2021, 5.)

Metsikkötasolla hoitamattomissa metsissä on enemmän mikrohabitaatteja, mutta yksittäisten puiden tasolla hoidetun ja hoitamattoman luonnontilaisen metsän välillä ei ole isoa eroa mikrohabitaattien esiintymisessä (Vuidot ym. 2011, 445–446). Metsien hoitotapaa tärkeämpiä vaikuttavia tekijöitä mikrohabitaattien esiintymiseen ovat puun koko, elinvoimaisuus ja puulaji (Vuidot ym. 2011, 445–446; Larrieu & Cabanettes 2012, 6–7; Larrieu ym. 2013, 359–361) ja (Martin, Raymond & Boucher 2021, 6–9). Kuolleilla pystypuilla ja suurilla paksuilla puilla on suurin vaikutus mikrohabitaattien esiintymiseen. Erot hoidettujen ja hoitamattomien välillä johtuvatkin todennäköisimmin hoitamattomien metsien runsaammasta suurien ja kuolleiden pystypuiden määrästä. (Vuidot ym. 2011, 445–446.) Asbeck ym. (2022) myös havainnoivat mikrohabitaattien olevan runsaampia hoitamattomissa metsissä. Heidän mukaansa ero on selkeämpi kuin aiemmin toteutetuissa tutkimuksissa. Esimerkiksi Vuidotin ym. (2011). Asbeck ym. (2020) tutkimuksessa kuusella, saksanpihdalla ja pyökillä mikrohabitaattien määrät olivat runsaampia puuta kohden hoitamattomissa metsissä. (Asbeck ym. 2022, 716–717)

Paksuimmat ja vanhimmat puut ovat ainoita, joissa voi esiintyä jopa kaikkia mahdollisia puiden mikrohabitaatteja (Bütler ym. 2021, 2). Puun koolla on vaikutusta puulla esiintyvien mikrohabitaattien määrään, sekä siihen minkälaisia mikrohabitaattityyppejä puussa esiintyy. Suuremmissa läpimittaluokissa tavataan sekä enemmän mikrohabitaatteja että eri mikrohabitaattityyppejä. Siinä missä koko- luokassa lisäys tapahtuu, on vaihtelua puulajien välillä. (Larrieu, Cabanettes, Brin, Bouget & Deconchat 2014, 360; Larrieu & Cabanettes 2012, 7) Winter ja Möller (2008) tutkivat läpimitan suhdetta mikrohabitaattien esiintymiseen. He havaitsivat, että pieniläpimittaisilla puilla esiintyi keskimäärällisesti 1 mikrohabitaatti puuta kohden, kun taas yli 100 cm läpimittaisilla puilla mikrohabitaatteja oli keskimäärin kolme yhtä puuta kohden. (Winter & Möller 2008, 1258) Larrieu ym. (2014) tekivät samansuuntaisen havainnon tarkastellessaan mikrohabitaattien määrää puuyksilö kohden. He havaitsivat, että pyökillä 41 cm:n läpimittaluokassa mikrohabitaattien mediaaniarvo nousi nolasta yhteen per puu ja 60 cm:n läpimittaluokassa yhdestä kahteen puuta kohden. Pihdalla muutos tapahtui vasta läpimittaluokassa 99 cm, jolloin mediaani nousi nolasta yhteen mikrohabitaattiin per puu. Larrieu & Cabanettes (2012) totesivat tutkimuksessaan, että kaikkien läpimittaluokkien esiintyessä, metsikössä suurikokoisissa ja suurimmissa puissa oli 48 % metsikön mikrohabitaateista.

Läpimitalla on vaikutusta määrän lisäksi eri mikrohabitaattityyppien esiintymiseen. (Vuidot ym. 2011, 446.) Tietyillä mikrohabitaattityypeillä on havaittu olevan yhteys puun kokoon. Vuidot'n ym. (2011) tutkimuksessa muita kuin tikkojen aiheuttamia koloja löytyi merkittävästi enemmän suuriläpimittaisilla puilla. Halkeamia ja kaarnan irtoamia esiintyy tyypillisesti myös isompikokoisissa puissa. Larrieu & Cabanettesin (2012) tekemässä tutkimuksessa havaittiin pyökillä pienimmissä puissa koloja, lahokoloja ja kuorivaurioita, keskikokoisilla puilla puolestaan tyhjiä koloja, dendrotelmia ja lahottajasieniä sekä suurilla ja kaikkein suurimmilla puilla halkeamia. Pihdalla koloja ja kuorivaurioita tavattiin pienillä puilla, valumia ja halkeamia keskikokoisilla puilla ja lopuksi dendrotelmia ja lahottajasieniä vasta suurilla ja kaikkein suurimmilla puilla. (Larrieu & Cabanettes 2012,7)

Puun koon lisäksi iällä on merkitystä. Asbeck ym. (2022) esittävätkin, että mikrohabitaatteja esiintyy runsaammin hoitamattomissa metsissä, sillä saman läpimitaiset puut ovat hoitamattomissa metsissä usein paljon vanhempia. (Asbeck ym. 2022, 717) Kasvaessaan kokoa puu myös vanhenee ja ajan kanssa sen elinvoimaisuus hupenee. Tällä on merkittävä vaikutus mikrohabitaateille. Vuidot'n ym. (2011) tutkimuksessa kuolleilla pystypuilla esiintyi melkein kaksinkertainen määrä mikrohabitaatteja eläviin puihin verrattuna. Puun ikääntyessä ja kasvaessa todennäköisyys altistua rasitteille kasvaa, mikä puolestaan tarkoittaa parempia mahdollisuuksia mikrohabitaattien syntymiselle. Joidenkin mikrohabitaattien muodostuminen kestää myös pitkään ja osa niistä voi säilyä puussa pitkään (vuosikymmeniä, jopa vuosisatoja, esim. onttojen puiden onkalot.) Kokoa tärkeämpi tekijä halkeamien, kaarnan irtoamien, sienten itiöemien ja tikankolojen esiintymiseen on puun elinvoimaisuus. Niiden esiintymisen todennäköisyys oli jopa kymmenkertainen kuolleilla puilla eläviin puihin verrattuna (2,25 % elävillä puilla ja 25,5 kuolleilla pystypuilla). (Vuidot ym. 2011, 446.)

Puun koko yksinään ei riitä selittämään kaikkia eroja mikrohabitaattien esiintymisessä eri puuyksilöillä. Puulaji yhdessä läpimitan kanssa antaa jo enemmän tietoa. Pyökillä mikrohabitaattien määrä lisääntyi alemmissä läpimitoissa kuin pihdalla. (Larrieu & Cabanettes 2012, 1439). Tämän lisäksi Vuidot ym. (2011) havaivat, että pyökillä läpimitan suureneminen lisäsi mikrohabitaattien esiintymistä enemmän kuin tammella, kuusella tai pihdalla (Vuidot ym. 2021, 445–446).

Asbeck ym. (2022) vertailivat tutkimuksessaan puiden mikrohabitaattien esiintymisen eroja hoidetuissa ja hoitamattomissa kuusi-, saksanpihta- ja pyökkimetsissä. Saman läpimittaisia puita vertailtaessa tavattiin pyökillä kahdeksaa erilaista mikrohabitaattia, mutta kuusella ja pihdalla esiintyi alle viittä erilaista mikrohabitaattia. Puulajeista eniten mikrohabitaatteja tavattiin pyökillä. (Asbeck, ym. 2022, 722) Puulaji vaikuttaa myös siihen, kuinka todennäköisesti puuyksilössä esiintyy eri mikrohabitaatteja ja minkälaisia mikrohabitaatteja milläkin puulajilla esiintyy. Tietyt mikrohabitaatit esiintyivät useammin tietyllä puulajilla kuin toiset. Osaa mikrohabitaateista tavataan tyypillisesti vain tietyllä puulajilla. Puulajilla on havaittu olevan vaikutusta valumien, kasvannaisten, sammalkasvustojen ja kuolleiden latvapuun esiintymiseen. Valumia ja kasvannaisia tavataan useammin havupuilla (kuusi,pihta) kun taas lehtipuilla (pyökki, tammi) tavataan useammin sammalkasvustoja. Kuollut latvapuun on tarkemmin lajikohtainen, sillä sitä esiintyy eniten tammella, mutta vähiten pyökillä, havupuilla esiintymät ovat siinä välillä. (Vuidot ym. 2011, 446) Yleisesti tarkasteltuna lehtipuilla tavataan määrällisesti enemmän mikrohabitaatteja kuin havupuilla (Vuidot ym. 2011, 447; Larrieu & Cabanettes 2012, 7). Havupuilla tavataan kuitenkin useammin enemmän eri mikrohabitaattityyppejä. Muun muassa valumia tavataan melkein yksinomaan pihdalla. (Larrieu & Cabanettes 2012. 6–8) Kaarnataskujen esiintymiseen puulajilla tai puun koolla ei ole todettu olevan vaikutusta, mutta ne ovat runsaampia kuolleilla pystyjuuilla. Kaarnataskuja esiintyy kuitenkin enemmän hoidetuissa kuin hoitamattomissa metsiköissä, mikä tekee niistä yhden ainoista mikrohabitaattityypeistä, joihin metsien hoitotavalla on vaikutusta. (Vuidot ym. 2011, 446)

### **3.3 Mikrohabitaattien merkitys**

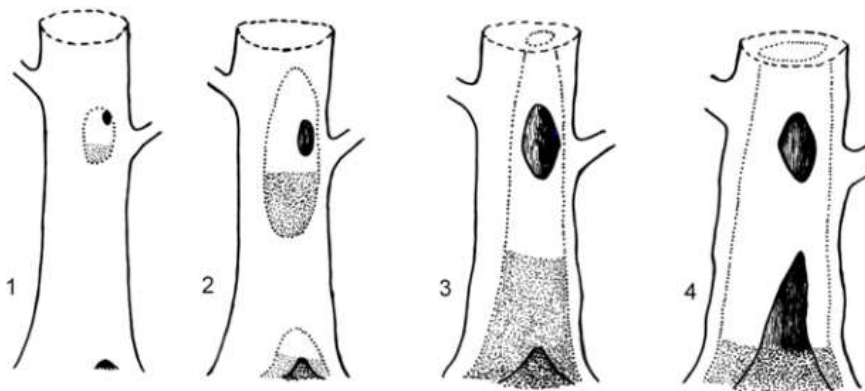
Mikrohabitaatit ovat tärkeitä suojapaikkoina, pesintäpuina ja talvehtimis- ja ruokailupaikkoina. Lajit suosivat tietynlaisia mikrohabitaatteja. (Bütler ym. 2021, 2–4). Mikrohabitaatit hyödyttävät muun muassa lepakkoja, lintuja ja saproksyylikuoriaisia (Paillet ym. 2019, 2151–2154) Metsikössä, jossa on paljon erilaisia puiden mikrohabitaatteja, useammat lajit löytävät itselleen sopivan ekolokeron.

Mitä moninaisemmin metsikössä on lajeja, sitä paremmin ne voivat toteuttaa ekologiset toiminnot, kuten pölytys, lahottaminen ja lajisuhteiden kontrollointi. (Bütler

ym. 2011, 2) Metsissä on hyvä olla useampia samoja toimintoja toteuttavia lajeja. Mikäli yksi laji ei kykene täyttämään tehtävää, voi toinen laji astua sen tilalle. (Yachi & Loreau 1999, 3–4) Puiden mikrohabitaateilla on tässä tärkeä rooli. Ne tarjoavat monenlaisia ekolokeroita ja tärkeitä toimintoja suurelle joukolle lajeja.

### 3.4 Mikrohabitaattien luonne

Riippuen tyypistä, mikrohabitaatit voivat syntyä hyvin nopeasti tai niiden muodostumisessa voi kestää useita vuosia tai jopa vuosikymmeniä. Haavaumat ja murtumat voivat tapahtua aivan hetkessä. Suuret kolot ja ontot puut ovat kaikkein hitaimpia muodostumaan. (Bütler ym. 2021, 3–4) Suuren lahokolon muodostuminen tai puun kokonaan ontoksi tuleminen on hidas prosessi, jossa jopa vuosikymmenien ajan lahottajasieni kuluttaa pikkuhiljaa syö ympäröivää puuainesta kasvattaen aukkoa (kuva 9.) (Bütler ym. 2021, 3). Samalla kolon pohjalle voi kertyä mulmia eli lahonnutta puuta ja kariketta (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 28) (Kuva 10). Osa mikrohabitaateista on myös sidoksissa puun ominaisuuksiin ja puun kehitykseen, esimerkiksi suuret pesät vaativat pohjakseen paksuja oksia, jotta alusta jaksaa kannatella pesää. Osa päällyslajeista hyötyy puun kuoreen vanhemmiten kehittyvästä rosoisemmasta ja huokoisemmasta ja emäksisemmästä laadusta. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 35) Tällöin niiden syntymiseen ei itsessään välttämättä kulu niin kauan, mutta niille sopivien olosuhteiden syntyminen vie aikaa.



KUVA 9. Onton tammen muodostumisen kehitysvaiheet. (Juha Siitonen 2012)



KUVA 10. Mulmia onton tammen laho-onkalon pohjalta. (Petri Keto-Tokoi 2023)

Eri mikrohabitaattien kehitysnopeuden erojen lisäksi mikrohabitaattien välillä on eroa niiden säilymisessä, sekä siinä kauanko ne ovat käyttökelpoisia millekin lajille (Bütler ym. 2021, 3–4). Bütler ym. (2020) ovat arvioineet inventointioppaassaan eri mikrohabitaattityyppien uudistumisnopeuksia. Skaala on liukuva erittäin hitaista tai harvinaisista uudistumisnopeuksista nopeisiin tai usein toistuviin ilmiöihin. Hitaasti uudistuvien mikrohabitaattien muodostuminen kestää pitkään tai ne syntyvät jonkin harvinaisen satunnaisen tapahtuman, kuten salamaniskun seurauksena. Nopeasti uudistuvat mikrohabitaatit ovat seurausta usein toistuvista tapahtumista tai mikrohabitaatti on heti synnyttyään lajien hyödynnettävissä. (Bütler ym. 2020, 7–58). Esimerkiksi oksan murtumiskohtaan jääneeseen haavaan muodostuneen lahkolon muodostuminen vie pitkän aikaa ja siten sen uudistumisnopeus on hidas. Sama koskee myös suurempia koloja ja onttoja puita. Nopeasti uudistuva mikrohabitaatti voi olla esimerkiksi kivien putoilun aiheuttamat kuorivauriot vuoristometsässä, jossa kivien putoilu on tyypillistä. Tikankolot ovat myös nopeasti uudistuviksi määriteltyjä, sillä ne ovat heti muodostuttuaan käyttökelpoisia lajistolle. (Bütler ym. 2020, 7.) Uudistumisnopeudet on määritelty Euroopan alueen datan ja havaintojen pohjalta, minkä vuoksi niissä voi esiintyä eroja paikallisella tasolla tarkasteltuna.

### 3.5 Katalogin haasteet

Larrieu ym. (2018) nostavat esille myös typologian haasteita. Typologia voi olla liian yksinkertainen suoraan lajiston monimuotoisuuden arviointiin, sillä osalle lajiryhmistä kemialliset ominaisuudet ovat fyysisiä ominaisuuksia tärkeämpiä. Larrieu ym. (2018) esittävät täydentävien lisämääreiden tai ominaisuuksien hyödyntämistä, kuten valoisuus ja varjoisuus tai kasviston peittävyys, jolloin saataisi eroteltua muutoin saman mikrohabitaattityypin alaisuudessa esiintyviä lajeja. Lisäksi monen mikrohabitaatin voidaan katsoa sisältävän useita alatyyppejä, joita on kuitenkin mahdotonta yksilöidä maastossa, huolimatta niiden merkityksestä pitkälle erikoistuneille lajeille. (Larrieu ym. 2018. s. 203.) Typologia sisältää myös maantieteellisiä haasteita. Esitelty typologia on pääasiassa soveltuva Länsi-Euroopan metsiin, sillä typologia on luotu näissä olosuhteissa ja sen alueen tutkimusten pohjalta. Tämän vuoksi on mahdollista ja todennäköistä että osa mikrohabitaattityypeistä ei sovellu tietylle alueelle, on aliedustettuja tai jopa puuttuu kokonaan.

On myös huomioitava, että typologia on suunniteltu eläville ja pystyssä oleville kuolleille puille. Typologian mikrohabitaatteja esiintyy kuitenkin myös kaatuneilla kuolleilla puulla. Maapuilla esiintyy myös mikrohabitaatteja, joita typologiassa ei ole käsitelty. Metsikkötason tarkastelussa tällaisilla muodostumilla on kuitenkin vaikutusta metsikön mikrohabitaattien kokonaistarjontaan. Mikäli huomioitaisiin vain pystyssä olevien puiden mikrohabitaatit tutkittaessa mikrohabitaattien ja monimuotoisuuden välistä yhteyttä metsikkötasolla, voitaisiin merkittävästi aliarvioida metsikön oikea potentiaali. Kokonaisvaltaisissa tarkasteluissa olisikin suotavaa muokata typologiaa vastaavasti. (Larrieu ym. 2018. s. 204.)

#### 4 MIKROHABITAATIT FENNOSKANDIASSA JA BALTIASSA

Mikrohabitaattikonsepti ja -tutkimus on vielä kohtalaisen tuoretta, eikä sitä ole laajasti tutkittu boreaalaisella ja hemiboreaalaisella metsävyöhykkeellä Fennoskandiassa ja Baltiassa (Drapeau ym. 2022, 8). Fennoskandiassa ja Baltiassa on kuitenkin lisäksi kiinnitetty huomiota mikrohabitaattien kannalta oleellisiin rakennepiirteisiin, kuten kuolleeseen puuainekseen ja suuriin vanhoihin puihin, mikä näkyy muun muassa sertifikaattien kriteereissä ja metsänhoidon suosituksissa.

Pohjoisessa metsäluonnossa on omat erityispiirteensä ja omanlainen historia, mikä erottaa sen Keski-Eurooppalaisista metsistä. Aiemmissä tutkimuksissa on voitu nostaa esille mikrohabitaatteja, jotka eivät esiinny pohjoisessa luonnossa tai vastaavasti on voitu jättää huomiotta mikrohabitaatteja tai ominaisuuksia, jotka ovat pohjoisessa luonnossa keskeisiä. Larrieu ym. (2018) nostavat tämän itsekin esille ja toteavat esimerkkinä, että ”typologiassa on esitelty vain yksi puun mikrohabitaatti, jossa esiintyy hiiltynyttä puuainesta, vaikka metsäpaloihin liittyvillä mikrohabitaateilla on suuri merkitys suurelle joukolle lajeja boreaalaisella biomilla, missä metsäpalot ovat tyypillisiä”. (Larrieu ym. 2018, 204.)

Seuraavaksi tarkastellaan boreaalista ja hemiboreaalista metsävyöhykettä ja tutustutaan Fennoskandiassa ja Baltiassa tehtyjen puiden mikrohabitaatteihin liittyvien tutkimusten tuloksiin. Lisäksi käydään läpi, mitä tiedetään alueen puiden ominaisuuksista, joilla on vaikutusta mikrohabitaattien esiintymiseen ja minkälaisia mikrohabitaatteja alueella esiintyy. Kerätyn tiedon pohjalta pohditaan, soveltuuko konsepti ja esitelty katalogi pohjoisen Euroopan ympäristöön ja miten sitä kenties voisi soveltaa. Aineiston rajauksessa karsintaa toteutettiin kasvillisuusvyöhykkeiden ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Katsauksessa käytettiin aineistoa Suomen, Ruotsin ja Norjan, Viron, Latvian ja Liettuan alueilta. Nämä maat lukeutuvat suurelta osin boreaaliseen havumetsävyöhykkeeseen, ja osin hemiboreaaliseen vyöhykkeeseen (Teuvo, Hämet-Ahti, & Jalas 1968, 188).

#### 4.1 Fennoskandian ja Baltian metsien yleispiirteet

Boreaalinen metsävyöhyke on Fennoskandian alueen dominoiva biomi. Suurin osa Fennoskandiasta kuuluu boreaaliseen metsävyöhykkeeseen. Boreaalinen vyöhyke jakautuu pohjois-, keski- ja eteläboreaaliseen, sekä hemiboreaaliseen vyöhykkeeseen. Baltia sijaitsee kokonaan hemiboreaalisen vyöhykkeen sisällä. (Ahti ym. 1968, 188). Boreaalisen vyöhykkeen tunnuspiirre on havupuuvaltaisuus. Puustossa dominoivat kaksi havupuulajia, kuusi ja mänty. Runsaimpina esiintyviä lehtipuita ovat koivut, mutta muitakin lehtipuulajeja esiintyy. Fennoskandian maiden eteläisimmissä osissa tavataan lauhkealle vyöhykkeelle ominaisia puulajeja, kuten saarnia, jalavia, lehmuksia ja tammia. (Esseen, ym. 1997, 18.)

Metsien kehityksessä boreaalisella vyöhykkeellä erilaisilla häiriöillä on ollut merkittävä rooli. Vaihteleva häiriöhistoria ja puulajien sopeutuminen näihin eri häiriöihin on aiheuttanut vaihtelua boreaalisiin metsiin ja vaikuttanut niiden kehitykseen. Boreaalisten vyöhykkeiden biologiseen ja rakenteelliseen monimuotoisuuteen vaikuttavista tekijöistä luonnonmetsissä viisi on arvioitu erityisen tärkeiksi: tulen aiheuttamat häiriöt, lehtipuut, pienaukkodynamiikka, pitkä metsien jatkuvuus sekä kuollut ja lahonnut puu. Muiden alueella esiintyvien häiriöiden, kuten lumivyöryjen, myrskyjen, maanvyöryjen, eroosion ja jään tai pakkasen vaikutus on usein paikallista. (Esseen ym. 1997, 6.)

Tuli on yksi tärkeimpiä boreaalisten metsien rakenteelliseen ja biologiseen monimuotoisuuteen vaikuttavia tekijöitä. Tuli aiheuttaa suuren mittakaavan häiriöitä ja sillä on todettu olevan voimakas vaikutus metsien rakenteen ja dynamiikan säätelyssä. (Esseen, ym. 1997, 21.) Boreaalisella vyöhykkeellä tulipalot ovat olleet hyvin tyypillisiä ja toteutuneet vaihtelevilla aikaväleillä ja voimakkuuksilla. Boreaalisella metsävyöhykkeellä esiintyy useita paloista hyötyviä lajeja, sekä tulen vaurioittamaa puuainesta tarvitsevia lajeja. Tuli synnyttää paljon kuollutta ja palanutta puuainesta (Wikars 1992, Siitonen 2001, 24). Tulen synnyttämiä palaneen puun mikrohabitaatteja ovat eriasteisesti palaneet ja hiiltyneet puupinnat ja palokorot (Kuva 11). Palaneesta puusta riippuvainen sieni- ja hyönteislajisto eroaa muista kuolleiden puiden lajistoista. Yksi syy tähän on nilan ja puulaadun erilaisuus korventuneissa ja palossa kuolleissa puissa. Tiukasti palaneesta

puusta riippuvaisia lajeja on kohtalaisen vähän. Palo kuitenkin edesauttaa muiden mikrohabitaattien syntymistä. Esimerkiksi palon vaurioittamilla männyillä on suurempi todennäköisyys kehittyä keloiksi. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 118.)



KUVA 11. Palokoro männyllä. (Petri Keto-Tokoi 2023)

#### 4.2 Mikrohabitaattien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä

Puun iällä ja puun koolla on todettu olevan vaikutusta puulla esiintyviin mikrohabitaatteihin boreaalisella vyöhykkeellä. Kõrkjasin, Remmin ja Lõhmuksen (2021) tutkimuksessa läpimitta vaikutti useammin mikrohabitaattien esiintymiseen. Iän vaikutukset olivat kumulatiivisia. Mikrohabitaattien määrä kasvoi puun vanhetessa. Iällä oli vaikutusta sydänpuupaljastumien esiintymiseen molemmilla puulajeilla ja itiöemien sekä kuolleen puun esiintymiseen puuhaavoissa. Puiden ylitäessä 80 vuoden iän, haavoilla esiintyi merkittävästi enemmän mikrohabitaatteja kuuseen verrattuna. Vanhetessa puulajit erosivat mikrohabitaattien monimuotoisuudessa. Lisäksi puilla, joissa esiintyi harvinaisia mikrohabitaatteja, esiintyi myös enemmän mikrohabitaatteja muihin saman koko- ja ikäluokan puihin verrattuna. Mikrohabitaatteja kehittyy puihin, joissa on jo mikrohabitaatteja, joko jonkin yhteisen tekijän vuoksi tai mikrohabitaattien puulle aiheuttaman stressin vuoksi. Tällaisista puista voi kehittyä mikrohabitaattikeskittymiä. (Kõrkjas, Remm ja Lõhmus 2021, 1232–1235.)

Vanhoissa puissa esiintyy rakenteellisia piirteitä, kuten suuri läpimitta, iso latvus ja vankat oksat, jotka ovat tärkeitä tietyille lintulajeille. Esimerkiksi suurten peto-lintujen pesät ovat kookkaita risupesäitä, jotka vaativat tukevan alustan pesälleen. Sopivia pesäpuita ovat vankkaokaiset puut ja kasvuvikaiset puut. Tukea tarjoavia kasvuvikoja ovat muun muassa haaraumat, oksakiehkurat ja havupuun tuulenpesät. Pesistä on hyötyä myös lajin jätettyä pesän. Esimerkiksi lapinpöllö ja viirupöllö pesivät vanhoissa haukanpesissä. Haukat suosivat pesäpuuna erityisesti kuusta. (Metso 2017.) Ruotsissa havaittiin maakotkan pesäpuiden keski-ikä olevan yli 300 vuotta. Alle 225-vuotiaissa puissa maakotkien pesiä ei havaittu juuri koskaan. (Esseen ym. 1997. 16–47.) Vanhojen puiden runko on myös tarpeeksi paksu, jotta suurikokoinenkin kolopesijä voi tehdä siihen pesänsä (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 35.)

### **4.3 Millaisia mikrohabitaatteja Fennoskandiassa ja Baltiassa esiintyy**

Fennoskandiassa ja Baltiassa on tehty jonkin verran tutkimuksia puiden mikrohabitaateista. Tikankoloista löytyy alueelta useita tutkimuksia (Pakkala ym. 2020, 2020, 2018.) ja erityisesti epifyyttejä on tarkasteltu paljon (Pettersson, R.B., Pall, J.P., Renhorn, K.E., Esseen, P.-A. & Sjöberg, K. 1995; Esseen, P.-A., Renhorn, K.E. & Pettersson, R.B. 1996; Holien 1996; Kuusinen 1996, Fritz, Brunet & Caldiz 2009; Keto-Tokoi ja Siitonen 2021). Kuolleen puun keskeinen rooli on tunnistettu, mutta kuolleen puun mikrohabitaatteja on vähän kartoitettu. Muista mikrohabitaateista tehtyjä tutkimuksia löysin varsin vähän ja osasta en löytänyt tietoa lainkaan. Puilla esiintyvät kasvannaiset kuuluivat tähän ryhmään. Kaiken kaikkiaan nykyinen tieto mikrohabitaateista ja niiden esiintymisestä Fennoskandiassa ja Baltiassa on hyvin hajanaista. Yleisiä kartoituksia mikrohabitaattien esiintymisestä on toteutettu vähäisesti.

Boreaalisella vyöhykkeellä Fennoskandiassa on toteutettu kolme Integrate-hankkeen koealamittauksia, kaksi Suomessa ja yksi Ruotsissa. Integrate network on eurooppalaisten maiden edustajien liitto, joka edistää luonnonsuojelun integroimista kestäväan metsänhoitoon politiikan, käytännön ja tutkimuksen tasolla (Integrate Network, EFI n.d.). Hankkeen koealoilta kartoitetaan tyypillisten puustotie-

tojen lisäksi myös mikrohabitaatit. Integrate-hankkeessa on käytetty hieman Larrieu ym. (2018) katalogista eroavaa versiota. (Kraus, Bütler, Krumm, Lachat, Larrieu, Mergner, Paillet, Rydkvist, Schuck & Winter 2016) Integrate-projektin koealoilla mikrohabitaattien esiintymistä kartoitetaan kahdeksassa eri luokassa: kolot, puuhaavat, kuori, lahoppu, epämuodostumat ja kasvannaiset, epifyytit, pesät ja muu. Nämä on vielä jaettu 20 tarkempaan ryhmään. Koealoilta löydettiin kaikkiin kahdeksaan luokkaan kuuluvia mikrohabitaatteja ja tarkemmasta 20 ryhmän joukosta 18 eri mikrohabitaattia. Dendrotelmia tai limasieniä ei tavattu. Epifyyteistä liaaneja, misteleitä tai saniaisia ei esiintynyt ollenkaan. Runsaimmat ryhmät olivat epifyytit ja haavat ja vauriot. Kaikilla koealoilla esiintyi näiden kahden lisäksi hyönteisten syömäkuvioita, hieman lahoppuuta ja ainakin yksi pesä. (Integrate, EFI b, n.d.)

Körkjas, Remm ja Löhmus (2021) tutkivat mikrohabitaattien esiintymistä Viron metsissä. He havainnoivat, että suuri osa Larrieun ym. (2018) katalogissa määritellyistä mikrohabitaateista on harvinaisia Viron metsissä. Yhteensä tavattiin 13 eri mikrohabitaattityyppiä kuusilla ja haavoilla. Tuulenpesät, linnun ja oravan pesät sekä tikankolot olivat harvinaisimmat tavatut mikrohabitaatit. Suuria tikankoloja, onttoja runkoja, joissa esiintyy useita tikankoloja, puoliavoimia rungon lahokoloja, savupiippukeloja tai muita katkenneita runkoja, suuria onttoja oksia tai dendrotelmia ei löydetty. Päällyslajistossa ei tavattu kuin sammalia ja jäkäliä. Lisäksi yhtäkään tunnistettavaa salaman tai tulen aiheuttamaa arpea ei tavattu. (Körkjas, ym. 2021, 1232.)

#### **4.4 Epifyytit**

Epifyytit eli päällysvieraat ovat puulla kasvavia lajeja, jotka hyödyntävät puuta vain kasvualustana tai tukirakenteena. Epifyytit eivät ime puusta ravinteita vaan saavat tarvittavan kosteuden ja ravinnon puuta pitkin valuvasta sadevedestä ja karikkeesta, jota löytyy puun pinnalta. Päällysvieraslajisto on hyvin moninainen ja lajit ovat erikoistuneet puiden eri osiin, sekä puun eri kehitysvaiheisiin. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 22–25.)

Puun kuoren ominaisuudet vaikuttavat puulla esiintyvään päällysvieraslajistoon, kuten jäkäliin (Holien 1996, 326; Kuusinen 1996, 458–459; Fritz, Brunet, & Caldiz

2009, 496; Keto-Tokoi ja Siitonen 2021, 23). Kaksi merkittävää tekijää ovat rungon happamuus ja puun kuoren rakenne (Holien 1996, 326–327; Kuusinen 1996, 443, 458–460). Suuri osa jäkälistä ei siedä happamia olosuhteita, sen vuoksi vähemmän happamilla lehtipuilla on tyypillisesti runsaammin päällysvieraslajistoa. Puiden kuoren happamuus vaihtelee puulajien välillä, puuyksilöiden välillä ja iän mukaan. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 23–24). Havupuiden kuori on tyypillisesti happamin. Lehtipuista koivut, tammi, lepät ja lehmus ovat myös happaman kuoren omaavia puulajeja, vaikkakin kuori ei ole välttämättä yhtä hapan kuin havupuilla. Lievästi happamia tai neutraaleja kuoreltaan ovat haapa, raita, pihlaja, saarni, vaahtera ja jalavat. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 23). Kuoren happamuuden lisäksi yhteisvaikuttavia tekijöitä ovat puun ikä ja elinvoimaisuus. Ravinnevalumat haavoista ja lahokoloista puun rungolla voivat myös nostaa kuoren pH arvoa. (Fritz, Brunet, ja Caldiz 2009, 498.) Myös puun oman latvuksen ja naapuripuiden latvusten läpi tulevan sadeveden happamuus ja ravinnepitoisuus vaikuttaa. (Gauslaa ym. 2021, 8.)

Puun kuoren ominaisuudet muuttuvat puun vanhetessa. Uurteisuus vaihtelee puulajeittain ja se usein myös merkittävästi muuttuu puun vanhetessa. Erityisesti vanhojen puiden tyviosien kuori on rosoisempi ja myös vähemmän hapan, mikä hyödyttää päällysvieraslajistoa. Vanhojen puiden esiintymisellä on merkittävä positiivinen vaikutus epifyyttien esiintymiselle ja epifyyttien määrä tyypillisesti kasvaa metsän vanhetessa. (Esseen 1997, 288, 290; Kuusinen & Siitonen 1998, 286, 288; Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 24–25.) Kuusinen ja Siitonen (1998) havaivat tutkimuksessaan vanhoissa kuusimetsissä, että epifyyttien ja epiksyylisten eli kuolleen puuaineksen pinnalla kasvavien rakenteiden määrä lisääntyi, kun puuston valtapuut saavuttivat 120-vuoden iän. (Kuusinen & Siitonen 1998, 288.) Nuorilla puilla esiintyy epifyyttejä, mutta lajeja on vähemmän. (Keto-Tokoi & Siitonen, 33). Jäkälän hidas kasvuvauhti, pitkä elinikä ja myöhään saavutettu lisääntymisikä ovat syitä niiden riippuvuuteen vakaista ja pitkäkestoisista habitaateista, kuten vanhoista puista. Keto-Tokoi & Siitonen (2021) kertovat myös, että suuri osa rungolla kasvavista jäkälälajeista esiintyy vasta yli 100-vuotiailla puilla. (Keto-Tokoi & Siitonen, 24–25.) Päällysvieraslajeja esiintyy puulla myös sen kuoleman jälkeen. Pystyyn kuolleet puut usein kuivuvat, minkä vuoksi niillä pääasiassa esiintyy jäkäliä päällyskasvustona. Nämä lajit eivät kerää puusta ra-

vinteita vaan käyttävät sitä pelkästään kasvualustana. (Siitonen, 2012, 182.) Pysyyn kuolleet kelo männyt ovat erittäin lahonkestäviä. Niillä esiintyykin vähäisesti sieniä ja hyönteisiä, mutta useita epifyyttijäkäläiä.

Kaikkein eniten epifyyttejä on jäkälissä ja Suomessa esiintyvistä jäkälistä noin kolmannes eli noin 500 lajia, esiintyy pääasiassa tai pelkästään puunrungolla. Jäkälät hyödyntävät puun osia hyvin moninaisesti. Eri jäkälälajit ovat keskittyneet puun eri osiin. Osa suosii latvuston valoisampia ja ohutkaarnaisempia osia, kun taas osa esiintyy tyypillisesti alempana rungolla. Kuusella ja männyllä esiintyvistä jäkälälajeista jopa kolmasosa kasvaa vain yli kahden metrin korkeudessa. Runsaimpana jäkäläiä esiintyy puun rungon tyvellä. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 22.)

Toinen boreaaliselle vyöhykkeelle tyypillinen kasvustotyyppi ovat erilaiset sammalet. Suomessa esiintyvistä sammallajeista vain noin 30 kasvaa pääasiallisesti puun rungoilla. Sammalet kasvavat lähinnä puiden tyvillä. Havupuilla ja koivuilla ei usein esiinny sammalpäällyskasvustoja, vaan ne suosivat karheakuorisia raitoja ja haapoja tai jalopuita. Erityisesti sammalet viihtyvät kallistuneilla tai haaroituneilla puunrungoilla. Jäkälien ja sammalten lisäksi boreaalisista metsistä voi puiden rungoilta löytää monia pieniä sieni- ja levälajeja. Tällaisia ovat puun runkoja kasvustoillaan värjäävät viherlevät. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 24–25.)

Boreaalisissa metsissä esiintyy myös puissa roikkuvia kasvustoja, naavoja ja luppoja (Kuva 12). Näiden on todettu kasvavan tyypillisesti vanhojen puiden oksilla. Naavojen ja luppojen biomassa oksaa kohden on jopa kuusinkertainen luonnonmetsässä uudistuskypsiin talousmetsiin verrattuna. Naavoilla ja luppoilla on merkitystä ravintolähteenä muun muassa poroille ja oravat sekä linnut käyttävät niitä pesien rakennuksessa. Päällyskasvustojen seassa myös elelee moninainen joukko pienikokoisia selkärangattomia. (Keto-Tokoi & Siitonen, 25.) Runsasnaavaisissa vanhoissa kuusikoissa tämän hyönteisravinnon määrä on ruotsalaisen tutkimuksen mukaan viisi kertaa suurempi kuin uudistuskypsissä talouskuusikoissa. Selkärankaisten esiintymisellä on suuri merkitys talvehtiville hyönteisistä syöville paikkalinnuille, kuten hömötiäiselle, lapintiaiselle, töyhtötiäiselle, kuusitiäiselle ja kuukkelille. (Pettersson ym. 1995, 57–63.)



KUVA 12. Kuusi, jossa runsas naavakasvusto. (Petri Keto-Tokoi 2023)

Vanhat haavat ja raidat ovat tärkeimpiä puulajeja epifyyttien monimuotoisuuden kannalta boreaalisissa metsissä (Kuusinen 1994a, 255–256; 1994b, ; 1996, 448, 456–459; Kuusinen ja Siitonen 1998, 286; Jüriado, Paal, & Liira, 2003, 1599). Ne ovat myös tyypeä sitovien syanobakteeristen jäkälien pääasiallisia habitaatteja (Kuusinen 1996, 456, 458).

#### 4.5 Haavat ja korot

Puiden kuori muodostaa vankan muurin puun herkemmän puuosan ja ulkoilman ärsykkeiden välille. Monet lahottajasienet tarvitsevatkin avuksi jonkun haavan tai vaurion, jonka kautta ne pääsevät iskeytymään puuhun. Puut ovatkin kehittäneet puolustuskeinoja vaurioiden varalle. Havupuut tuottavat pihkaa ja yrittävät siten tukkia haavan mahdollisimman pian (Kuva 13). Toinen keino on kasvattaa kallusolukkoa haavan ympärille. Isommat haavat eivät välttämättä sulkeudu vaan niistä jää pysyvä kuorivaurio eli koro. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 27.) Vanhoilla puilla esiintyy erityisen paljon erilaisia päällysvieraita ja lahottajia, sillä ne ovat alttiimpia vaurioille. Vanhoilla puilla puolustusmekanismi heikkenee ja se ei kykene ylläpitämään koko alati kasvavaa nilasolukkoa vaan se kuolee paikoitellen.

Tämä ilmiö altistaa puun loissienille, oksarepeämille, latvan katkeamisille ja hyönteisvaurioille. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 35.) Mikäli sieni pääsee tunkeutumaan puuhun voi se alkaa lahottamaan puuainesta. Tämän prosessin kautta sienet synnyttävät monenlaisia mikrohabitaatteja, jotka ovat keskeisiä suurelle joukolle lajeja. Puusta ja sienestä riippuen prosessi voi johtaa puun kehittymiseen ontoksi. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 28.)



KUVA 13. Pihkoittunut koro kuusella. (Petri Keto-Tokoi 2023)

#### 4.6 Kolot

Puissa esiintyvät kolot ovat tärkeä avainlaji rakenne metsissä. Kolopesijöiden lisäksi koloista on hyötyä monille muille lajiryhmille. Hyötyjiä ovat muun muassa sekundääriset kolopesijät, kuten varpuslinnut (Remm ym. 2005, 270–271). Koloista ovat riippuvaisia monet lintulajit, useat nisäkäslajit ja suurijoukko selkärangattomia eläimiä, kuten hyönteisiä. Boreaalisella vyöhykkeellä näihin lajeihin lukeutuvat esimerkiksi valkoselkätikka ja liito-orava. Lajit hyödyntävät koloja suoja- ja lepopaikkoina, lisääntymiseen, pesimiseen sekä ruoan keräilyyn ja säilytykseen. Kolojen määrä on selvästi vähentynyt hoidetuissa metsissä Fennoskandian ja Baltian alueilla, koska metsänhoito on vähentänyt vanhojen metsien osuutta ja rajoittaa sellaisten puiden esiintymistä, jotka ovat kaikkein alttiimpia kolojen muodostumiselle. Tällaisia ovat vanhat, kuolevat ja lahoavat puut, sekä kuolleet pystypuut. Ruotsissa toteutetussa tutkimuksessa tammilla esiintyvistä onkaloista ha-

vaittiin, että puun iän kasvaessa todennäköisyys onkaloiden esiintymiseen kasvaa ja tammella tämä prosessi sai alkunsa varsin myöhään. 100–200 vuotta vanhoilla tammilla todennäköisyys onkaloiden esiintymiseen oli vain 4 %, mutta 258 vuotta vanhoilla tammilla esiintymisen todennäköisyys oli 50 % (Ranius, Niklasson ja Berg 2009, 306–307).

Suurien onkaloiden pohjat ovat oma uniikki elinympäristönsä. Lahoamisen ja kolopesijöiden pesimisen seurauksena onkalon pohjalle kertyy mulmia. Mulmi on puiden koloihin ja laho-onkaloihin kertynyttä orgaanista ainetta, joka on sienettyä lahopuun purua, kariketta ja pesistä syntynyttä jätettä. Tällaiset onkalot toimivat elinympäristöinä ja talvehtimispaikkoina selkärangattomille eläimille. (Ahlroth & Marttila 2009, 20.) Onttojen puiden lajistolle jatkumolla on suuri merkitys. Monet niistä ovat sopeutuneet elämään pitkiä aikoja (jopa vuosisatoja) vakaisissa olosuhteissa. Tällaisten lajien leviämiskyky on yleensä heikko verrattaessa siihen, kuinka harvassa esiintyviä ja eristyneitä jalopuut Suomessa ovat. Kun lajisto koostuu enimmäkseen pienistä eristäytyneistä populaatioista, on erityisen tärkeää turvata keskeisten rakennepiirteiden säilyminen ja jatkumo. Muutoin on suuri vaara, että paikalliset sukupuutot vähentävät ennestään uhanalaista ja harvinaista lajistoa. (Ahlroth & Marttila 2009, 22.)

Koloja esiintyy enemmän hoitamattomissa metsissä kuin hoidetuissa (Andersson ym. 2018, 238). Erot viittaavat siihen, että metsien hoidolla on suora vaikutus kolojen esiintymisrunsauteen. Hoidetuissa metsissä on vähemmän suuria ja vanhoja puuyksilöitä ja kasvatettavat puut ovat usein hyvin terveitä. Hoidetuissa metsissä puiden kiertoaika on puiden elinikään verrattuna lyhyt ja onkalon muodostumiseen käytettävissä oleva aika on siksi lyhyempi (Andersson ym. 2018, 240). Suurin osa boreaalisissa metsissä tavattavista koloista on lintujen aiheuttamia. Andersson ym. (2018) tutki kolojen esiintymistiheyksiä ja ominaisuuksista hoidetuissa ja hoitamattomissa metsissä. Tutkituista koloista 93–98 % oli lintujen aiheuttamia. (Andersson ym. 2018, 241) Lahokolojen osuus koloista oli siis hyvin pieni. Andersson ym. (2018) pohtivat, että tikoilla ja muilla primäärisillä kolopesijälinnuilla voi olla merkittävä rooli kolojen tuottajina kolopesijälajeille verrattuna Euraasiaan, jossa suurin osa sekundäärisistä kolopesijöistä suosii tutkimusten mukaan lahon synnyttämiä koloja. (Andersson ym. 2017, 241–142).

#### 4.6.1 Tikankolot

Boreaalisella biomilla merkittävimpiä kolojen tuottajia ovat tikat (Andersson ym. 2018, 241–242). Tikkoja pidetäänkin avainlajina boreaalisella biomilla, sillä sen tuottamat kolot hyödyttävät myöhemmin myös monia muita lajeja. (Pakkala ym. 2020, 97–98.) Tällaisia muiden tekemien kolojen hyödyntäjiä, kutsutaan toissijaisiksi kolopesijöiksi. Vanhoja tikankoloja hyödyntävät muun muassa osa tiaislajeista ja pöllöistä (Pakkala ym. 2018, 72) sekä liito-orava (Hanski 1998, 39).

Puulajeista kaikkein merkittävin kolojen esiintymisen kannalta on haapa (Remm & Löhmus 2011, 583). Eri tikkalajit suosivat eri puulajeja. (Hågvar, Hågvar ja Monnes 1990, 159, 162). Kaikki Fennoskandian alueella esiintyvät tikkalajit suosivat kuitenkin haapaa pesäpuunaan (Hågvar, Hågvar ja Monnes 1990, 159, 162). Haavoilla on suurin todennäköisyys kantaa lintujen aiheuttamia koloja, koska ne ovat usein sydänlahon vaivaamia ja siten pehmeämpiä (Kuva 14). Pikkutikka suosii vahvasti kuolleita tai lahoavia puita ja tekee kolonsa useimmiten puun runkoon (Pakkala, Tiainen, Piha & Kouki 2019, 172–173). Osa suuremmistakin tikoista suosi kuolleita, lahoavia puita. Pikkutikka, Valkoselkätikka ja Pohjantikka käyttävät enimmäkseen kuolleita pystypuita pesäkolojen tekemiseen. (Hågvar ym. 1990, 159–160.)



KUVA 14. Kolo haavassa (Meri Pohjola 2023)

Pesäpuulajin lisäksi tikkojen välillä on eroja niiden kolojen koossa ja säilyvyydessä. Koko vaikuttaa kolon soveltuvuuteen toissijaisille kolopesijöille. Kolojen säilyvyys boreaalisella vyöhykkeellä on pitkä verrattuna esimerkiksi vastaaviin koloihin Puolassa. Pohjantikan kolot säilyvät käyttökelpoisina keskimäärin noin kymmenen vuotta (Pakkala, Tiainen & Kouki 2018, 72) ja pikkutikan kolot noin kuusi vuotta. Tikat myös uusiokäyttävät kolojaan. Uusiokäyttöön vaikuttanevat muutokset kolojen kosteus- ja lämpöolosuhteissa ja puun vakaudessa. (Pakkala, Tiainen & Kouki 2017, 182–183.) Uudet kolot ovat kuitenkin tärkeitä ja niitä tarvitaan, koska ajan saatossa vanhojen kolojen laatu heikkenee. (Pakkala, Tiainen, Piha & Kouki 2018, 74.) Lisäksi pesäpuu voi kaatua, katketa tai muutoin vaurioitua asuinkelvottomaksi. Puun kaatuminen on yleisimpiä syitä kolopuun menetykselle (Harbendol ym. 2019, 6).

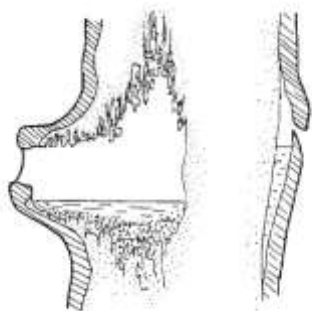
Ollakseen avainlaji tikkalajin tulisi voida tuottaa koloja useisiin erityyppisiin metsiin, sillä toissijaisia kolopesijöitä esiintyy useissa eri habitaateissa. Pakkala, ym. (2019) korostavatkin käpytikan ja palokärjen merkitystä. Yleisimpinä tikkalajeina (Cramp 1985, Pakkala, Tiainen, Piha & Kouki. 2019a, 179) ne tuottavat todennäköisesti suurimman osan koloista. Tikkojen pesissä on lajista riippuen omat uniikit piirteensä ja siten harvinaisemmilla tikkalajeilla voi olla suuri merkitys paikallisesti. (Pakkala ym. 2019a, 179.)

Useissa tutkimuksissa eri tikkalajien koloista on todettu, että tikankolojen ja tikkapopulaatiopiden säilymisen kannalta on tärkeää säästää kolopuut ja suosia haapaa säästettävissä puissa. Huomiota tulee myös kiinnittää potentiaaliin kolopuihin ja siten ylläpitää kolopuujuatkumoa metsissä. Suuret, lahot puut esimerkiksi hyödyttävät useita tikkalajeja. (Pakkala ym. 2018, 75 ; Pakkala, ym. 2019, 178; Pakkala ym. 2020, 97.) Andersson ym. (2017) nostavat esiin vielä erillisten hoitamattomien metsäalueiden säästämisen. Kolojen turvaamiseksi tulee saada turvattua myös riittävä tikkapopulaatio. (Andersson ym. 2017, 242.)

#### **4.6.2 Dendrotelma – veden täyttämä kolo**

Dendrotelma syntyy, kun sadevesi valuu puun runkoa pitkin koloihin. Vesi pysyy kolossa, jotka eivät ole yhteydessä maahan, kunnes se häviää haihdutuksessa.

Kuvassa 15 on havainnollistettu sivuprofiilista erään dendrotelman rakenne. Syvissä koloissa vesi voi säilyä suurimman osan vuodesta. Tällaisiin pitkään veden täyttämiin koloihin kertyy puun eritteitä ja kariketta, muodostaen omia erityisiä elinympäristöjä. Koloon pudonneet lehdet ovat vedessä elävän lajiston yksi merkittävimpiä ravinnonlähteitä. Dendrotelmista pääasiallisesti hyötyviä lajiryhmiä ovat erilaiset toukat, kuten surviaissääskien ja polttiaisten toukat. (Siitonen 2001, 162–165.) Dendrotelmia voi esiintyä elävissä ja kuolleissa puissa.



KUVA 15. Havainnekuva dendrotelmasta. (Martin Speight 1989, muokattu)

#### 4.6.3 Hyönteisten käytävät puussa

Puu on tärkeä alusta myös hyönteisten pesille. Pesimiseen ne hyödyntävät itse tehtyjä tai toisten tekemiä käytäviä. Esimerkiksi mehiläiset rakentavat pesänsä aikuisten puunkaivajahyönteisten puuhun tekemiin ulostuloaukkoihin. Myös muurahaiset, ampiaiset ja mehiläiset pesivät puuhun tehdyissä käytävissä ja koloissa. Eri hyönteisillä on omat seuralaislajinsa. (Siitonen 2012, 165.)

Pökkelöissä viihtyy myös usein runsas hyönteislajisto. Niiden seurauksena pökkelöön syntyy reikiä ja koloja. Esimerkiksi kovakuoriaiset poraavat reikiä pökkelöihin, joita sitten petopistiäiset hyödyntävät. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 49)

#### 4.7 Kuolleen puun mikrohabitaatit

Kuollut puu on erittäin muuntuva ja vaihteleva alusta (Siitonen 2001, 22). Se pitää sisällään monia eri mikrohabitaatteja, joita esiintyy myös elävillä puilla. (Siitonen 2012, 150–169.) Tarkastellussa Larrieun ym. (2018) katalogissa kategoriaan

kuolleen puun mikrohabitaatit on sisällytetty vain latvustossa esiintyvät kuolleet oksat ja katkenneet kuolleet puunosat. (Larrieu ym. 2018, 198.) Tässä kappalessa käsitellään myös itiöemiä ja tarkastellaan lisäksi kuolleen puun ominaisuuksia, jotka vaikuttavat mikrohabitaattien esiintymiseen. Monet mikrohabitaateista voivat esiintyä elävissä ja kuolleissa puissa.

Vaihtelevuutta kuolleen puun mikrohabitaatteihin tuovat puulaji, lahoamisaste, puun koko ja puuta lahottava lajisto. Kaikilla näillä eroavaisuuksilla on vaikutuksensa saproksyyililajistolle eli kuolleesta puusta riippuvaisille lajeille. Suomessa esiintyy noin 5000 erilaista saproksyyililajia. (Siitonen & Hanski 2004,82; Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 36.) Puun lopullisen kuoleman jälkeen uusia mikrohabitaatteja tulee saataville tai syntyy saproksyyililajien toimesta (Siitonen 2012, 168).

#### **4.7.1 Kuolleet oksat ja rungonosat**

Monet tekijät aiheuttavat haavoja ja vammoja puihin, kuten oksien ja haarojen murtumia ja katkeilua. Tekijöitä ovat esimerkiksi tuuli, lumi, pakkanen, tuli, muiden puiden kaatuminen ja salamet. Puun oma karsiminen ja taudinaiheuttajat johtavat kuolleiden oksien ja osien syntyyn jatkuvasti. Kuolleet puun oksat ja kappaleet ovatkin kohtalaisen tasaisesti jakautunut ja jatkuva resurssi. Puussa kiinni olevat kuolleen puun osat ovat omalaatuinen kuolleen puun mikrohabitaatti. Ne ovat alttiina kuivumiselle ja suurille kosteus- ja lämpötilavaihteluille. Latvustossa on erilaisia kerroksia. Uloin kerros muodostuu nuorista ohuista oksista, jotka ovat alttiina auringonvalolle ja tuulelle. Sisemmässä kerroksessa mikroilmasto-olosuhteet ovat varjoisimmat ja vakaammat ja se koostuu paksummista oksista.

Svensson, Dahlberg, Ranius & Thor (2013) kartoittivat kuolleen puun määriä hoidetuissa metsissä. Heidän mukaansa kuolleet oksat kattavat merkittävän osan metsikön kuolleen puun määrästä ja kuolleiden oksien pinta-ala vastaa suuruudeltaan muun metsässä esiintyvän lahoppuun pinta-alaa. Metsiköissä, joiden ikä oli 61–110 vuotta esiintyi eniten kuolleita oksia, johtuen tämän ikäisten puiden keskiarvallisesti korkeimmasta määrästä oksia puuyksilöä kohden. Kuusen ja männyn välillä ei havaittu systemaattisia eroja kuolleiden oksien määrissä. Kuolleet oksat ovat hoidetuissa metsissä yleisesti esiintyviä mikrohabitaatteja. Tähän

vaikuttaa se, että kuolleita oksia alkaa kehittyä varhaisessa vaiheessa, minkä lisäksi niiden määrä kasvaa puuston ikääntyessä. Kuolleilla oksilla ei kuitenkaan havaittu olevan erityistä merkitystä lajistorikkauden kannalta, sillä tunnistetuista 46 jäkälälajista, jotka kasvoivat kuolleilla oksilla, 42 lajia oli generalisteja, eli lajeja, joilla ei ole erityisen tiukkoja elinympäristövaatimuksia. Mäntyjen ja kuusien kuolleiden oksien lajistossa ei havaittu merkittäviä eroja. Sen sijaan puun iän havaittiin vaikuttavan lajistorikkauteen. Puun iän kasvaessa myös lajistorikkaus oksaa kohden kasvoi. (Svensson, Dahlberg, Ranius & Thor 2013, 822–826.)

#### 4.7.2 Itiöemät

Itiöemiä esiintyy elävissä ja kuolleissa puissa. Elävissä puissa esiintyvät itiöemät, voivat säilyä puussa vielä jonkin aikaa puun kuoleman jälkeen. Itiöemiä voi esiintyä kuolleilla oksilla. Usein ne esiintyvät haavoissa tai kuoressa. Löhmus ym. havaitsivat tutkimuksessaan, että puulla esiintyvistä itiöemistä noin 30 % on puulajikohtaisia spesialisteja. Yleisimmillä puulajeilla kuusi, koivu, mänty, esiintyi eniten itiöemiä. Puulajeista kuusella esiintyi eniten lajeja ja noin kolmannes spesialistilajeista. Muita puulajeja, joilla esiintyi runsaasti itiöemiä ovat haapa ja tammi. Tammella esiintyi useita spesialistilajeja. Pienikokoisilla puulajeilla ei juurikaan tavattu itiöemiä. (Runnel, Miettinen & Löhmus 2021, 20–21)

Itiöemät koostuvat eri osista ja jokaisessa osassa esiintyy oma lajistonsa. Sienten itiöemistä on riippuvaisia suuri joukko selkärangattomia lajeja. Itiöemät ovat merkittävä ravinnonlähde. Itiöemät ovatkin pienten mikrohabitaattien mosaiikkeja. Käytännön syistä näitä kerroksia ei ole eritelty omiksi mikrohabitaateikseen Larriveun ym. (2018) katalogissa (Bütler ym. 2021, 5). Kestävyys, pehmeys, koko ja kemiallinen koostumus vaikuttavat itiöemiä hyödyttävään lajistoon (Siitonen 2012, 180). Itiöemiin lukeutuu monivuotisia ja yksivuotisia kääpiä, helttasieniä, kotelosieniä ja limasieniä. Helttasienet ovat kenties runsaiten saproksyyllisiä ja eisaproksyyllisiä lajeja hyödyttävä saproksyylinen mikrohabitaatti. (Siitonen 2012, 169–182.)

Itiömät käyvät elinkiertonsa aikana läpi useita kehitysvaiheita, jotka vaikuttavat myös itiöemissä esiintyvään lajistoon (Kuva 16). Näiden vaiheiden nopeus riippuu lajista. Kehitys on nopeaa helttasienissä, mutta erityisen hidasta monivuotisissa sienissä. Yksivuotisten sienten kehitysvaiheet ovat pääasiassa samanlaisia kuin monivuotisten, mutta ne tapahtuvat nopeammassa tahdissa. (Siitonen 2012, 168–169, 172, 179.)



KUVA 16. Käävän itiöemän kehitysvaiheet. (Juha Siitonen 2012, muokattu)

Kehittyneisiin itiöemiin saattavat satunnaisesti hyökätä sieniä syövää lajistoa, mutta useimmat niistä suosivat kuolleita itiöemiä. Itiöemiä ei välttämättä pelkästään hyödynnetä ravintona, vaan saproksyylliset hyönteiset saattavat etsiä eläviä itiöemä myös paritteluun, kuolleen puun löytämiseen lisääntymistä varten tai paikantaa sopivaa saalista. Yksi merkittävimpiä itiöemiä hyödyntäviä lajiryhmiä ovat sienissä asuvat kuoriaiset (*ciidae*), jotka asuvat itiöemissä aikuisina ja toukkina. (Siitonen 2012, 174.) Primääriset sieniä syövät lajit kaivavat itiöemien sisäosat avaten tien toissijaisille sientensyöjille, petoeläimille, radonsyöjille ja loisille. Yleisimpiä toissijaisia sienten hyödyntäjiä ovat punkit (*acari*), kovakuoriaiset (*Coleoptera*) ja hyppyhäntäiset (*Collembola*). (Siitonen 2012, 169.)

Sienet valtaavat usein nopeasti pystyyn kuolleet lehtipuut ja ne katkeavat lahoamisen vuoksi pian pötkelöiksi. (Siitonen 2001, 23.) Pötkelöt eroavat kuolleista pystyjuusta, sillä ne ovat päältä avoimia, mikä mahdollistaa sadeveden pääsyn puuainekseen. Sadeveden tuoma kosteus hyödyttää lahottajasieniä. Pötkelöillä esiintyviä lahottajasieniä ovat esimerkiksi taulakääpä ja kantokääpä. Pötkelöissä viihtyy myös usein runsas hyönteislajisto. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 49)

Puun koko määrittää hyödyttävää lajistoa. Järeät puut ovat arvokkaimpia, sillä ne tarjoavat suuren kokonsa vuoksi paljon lahotettavaa pintaa ja erikokoisia puun

osia paksusta rungosta ohuisiin oksiin. Suuremman massan lahotustyö myös kestää pidempään, jolloin hitaammin leviävillä lajeilla on aikaa asuttaa ne. Useat kääpäajit, kuten pohjankääpä, suosivat järeitä, vähintään 30–50 cm paksuisia runkoja. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 50–51)

#### 4.8 Puulajikohtaista tarkastelua

Puulajit eroavat toisistaan monilla tavoilla. Näillä ominaisuuksilla on vaikutusta siihen, minkälaisia mikrohabitaatteja puissa tyypillisesti esiintyy. Eroavaisuuksia esiintyy puun kuorella, kasvutavassa, vanhenemisessa ja keinoissa puolustautua tunkeutujia vastaan. Esimerkiksi koivuilla puun runko on pääosin sileä, kun taas raidalla rungon kuoresta tulee vanhemmiten uurteinen. Havupuiden kuori on tyypillisesti happamampi kuin lehtipuilla. Lehtipuista tammi, koivu, leppä ja lehmus ovat happamia. Haapa, raita, pihlaja, saarni, vaahtera ja jalavat ovat lievästi happamia tai neutraaleja. Ph arvoissa on vaihtelua myös puulajin eri yksilöiden välillä. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 23.) Eri puulajeilla on myös erilaiset kyvyt vastata niihin kohdistuviin hyökkäyksiin. Mänty ja jalopuut pystyvät tehokkaasti lokeroimaan lahon ja rajoittamaan sen leviämistä pintapuuhun. Nämä puulajit kykenevätkin pitämään itsensä elossa, samalla kun lahottaja syö niiden sydänpuuta ja tekee niistä jopa kokoaan onttoja. Ne pystyvät myös elämään onttoina jopa satoja vuosia. Pitkäikäisiin jaloihin lehtipuihin muodostuu myös ajoittain lahokoloja. Muista pohjoisista lehtipuulajeista vain haapa tulee säännönmukaisesti ontoksi. Havupuilla on myös oma uniikki puolustuskeinonsa. Pihkan avulla ne pyrkivät muun muassa tukkimaan haavoja. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 27–28.)

Puiden vanheneminen lisää puulajikohtaisia eroja erilaisten mikrohabitaattien esiintymisessä, mikä voi pohjautua niiden lajikohtaisiin eroihin kasvussa ja puolustusmekanismeissa. Tietyillä puulajeilla on voimakkaampi taipumus kehittyä monimuotoisiksi habitaattipuiksi ja kantaa useampia mikrohabitaatteja, kuten tammet, haavat ja pyökit (Körkjäs, Remm ja Löhmus 2021, 1235). Seuraavaksi tarkastellaan hieman tarkemmin joidenkin boreaalisen havumetsävyöhykkeen ja hemiboreaalisen vyöhykkeen tyypillisimpien puulajien ominaisuuksia. Tarkastelussa kiinnitetään huomiota niihin ominaisuuksiin, jotka vaikuttavat mikrohabitaattien esiintymiseen.

#### 4.8.1 Mänty (*pinus sylvestris*)

Mänty on runsaiten Suomessa esiintyvä puulaji ja sitä kasvaa lähes kaikilla puustoisilla kasvupaikoilla. Mänty pärjää niin rehevillä ja kuin karuilla kasvupaikoilla. Mänty on kestävä puulaji. Se kestää kuivutusta ja karuja kasvuolosuhteita ja voi selvitä jopa metsäpaloista. Mänty kykenee myös hyvin korjaamaan vaurioita ja torjumaan hyökkäyksiä niin sienten kuin hyönteisten toimesta runsaan pihkan tuotannon ansiosta. Männyn pihka sisältää sieniä ja kaarnakuoriaisia torjuvia yhdisteitä. Kuorivauriot umpeutuvat myös usein nopeasti. Suuremmat vauriot kuten palokorot, jotka eivät kokonaan sulkeudu, eivät merkittävästi haittaa mäntyjä vaan tekevät niistä vahvempia hidastaen niiden kasvua ja antaen ajan kanssa puun kyllästää itsensä pihka-aineilla lahonkestäväksi. Paalujuurensa ansiosta männyt kestävät hyvin tuulta ja myrskyjä, mutta lumituhoja vastaan ne eivät ole yhtä suojattuja. Laaja latvus kerää paljon lunta ja etenkin vanhemmilla puilla voi johtaa oksien murtumiseen ja repeämisiin. Katkenneet oksat ja kuorivauriot tarjoavat sisäänkäynnin lahottajasienille. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 87, 90.)

Männyn kuori on havupuille tyypillisesti hapan. Sen päällysvieraslajisto onkin niukempi kuin haavalla ja kuusella. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 112.) Yksi syy vähäiseen epifyyttilajistoon voi olla myös männyn puun kuoren tyypillinen hilseily (Kuusinen 1996, 548). Männyllä tyypillisesti esiintyviä päällyslajeja ovat muun muassa korpiluppo (*Alectoria sarmnetosa*) ja naavat (*Usnea spp.*). Pitkäikäisyytensä vuoksi etenkin kelottuneet männyt tarjoavat sopivan kasvualustan hitaasti leviävälle ja kasvaville jäkälille. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 112.)

Hyvin vanhoilla männyllä kasvu hidastuu ja niiden latvus muodostuu pallo-maiseksi, vanhojen mäntyjen latvuksia kutsutaan joskus myös lakkapäisiksi. Tämä yhdessä muiden vanhojen puiden piirteiden, kuten paksujen oksien ja järeän rungon kanssa, tekevät männystä ideaalin pesäpuun suurille petolinnuille, kuten merikotkille, sääskille ja maakotkille. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 104.) Männyn latva alkaa Etelä-Suomessa pyöristyä noin 150 vuoden iässä. Tällöin alkaa muodostua myös kilpikaarnaa, joka on puun tyvelle muodostuvaa suurista levyistä koostuvaa paksua kaarnaa. Männyt alkavat olla vanhoja kuitenkin vasta yli 200-vuotiaina ja Pohjois-Suomessa paljon myöhemmin. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 35.) Vanha paksuoksainen mänty kuvassa 17.

Vanhat järeät männyt ovat palokärjen toiseksi yleisimpiä pesäpuita haavan jälkeen. Palokärjelle sopivan männyn tulee olla vähintään 40 cm paksu ja mielellään männynkäävän lahottama. Palokärjen tekemät kolot ovat tärkeitä suurille kolopesijöille, kuten helmipöllölle, telkälle ja näädälle. Palokärjen lisäksi käpytikka hakkaa usein koloja vanhoihin mäntyihin, erityisesti käpytikka mielellään hakkaa kolon korkeammalla rungolla sijaitsevan koron pohjalle. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 104.)



KUVA 17. Vanha kuoleva mänty. (Petri Keto-Tokoi 2023)

Mänty pystyy tehokkaasti lokeroimaan lahon ja rajoittamaan sen leviämistä pinta-puuhun. Tämä mahdollistaa puun pysymisen elossa, samalla kun lahottaja syö sen sydänpuuta ja tekee puusta jopa kokonaan onton. Ontoksi tulemisen kannalta tärkeä avainlaji männyllä on männynkääpä (*Phellinus pini*). Sieni leviää puuhun tyypillisesti katkenneen oksan kautta ja esiintyy sen vuoksi yleensä hie-man korkeammalla puussa. Sieni lahottaa puun ydintä useiden vuosikymmenien ajan. Sen itiöemiä esiintyy yleensä vasta yli 150-vuotiaissa puissa. Männyt pys-

tyvät elämään onttoina jopa satoja vuosia. Aikanaan puun on kuitenkin aika kaatua. Kohta, josta sieni on päässyt aloittamaan leviämisensä, on usein kaikkein pisimmälle lahonnut ja siten heikoin. Tämän vuoksi se on myös tyypillinen murtumiskohta rungolle ja johtaa niin kutsuttujen savupiippukelojen syntyyn. Katkenneiden onttojen savupiippukelojen päässä on usein onttoja onkaloita, jotka soveltuvat mm. viirupöllöjen ja lapinpöllöjen pesäpaikoiksi. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s.104.)

Männyille ominainen erityispiirre ontoksi tulemisen lisäksi on puiden keloutuminen. Kelo on kuollut puu, joka pudottaa oksansa ja kuorensa kuivuessaan ja muuttuu kauniin hopeanharmaaksi. Kelon syntymiseen vaaditaan oikeanlaiset olosuhteet, eikä kaikista männyistä tulekaan keloja. Mäntykeloja syntyy hitaasti kasvaneista ja hitaasti kuolleista erittäin vanhoista, suorastaan ikivanhoista männyistä. Kelot säilyvät pitkän aikaa, sillä sileä ja tiivis pintapuu ei juurikaan ime vettä tehden kelottuneesta puuaineksesta lahonkestantavan. Lisäksi aurinko haihuttaa kosteutta, minkä vuoksi puuaineksestä on lahottajasienille liian kuivaa. Kuivuuden lisäksi puuaineksestä on tervastunut ja pihkan ja sydänpuun uuteaineiden, kuten fenolien ja terpeniinien kyllästämä. Pystykelojen rungoilla ei sen vuoksi yleensä esiinny kääpiä. Lahottajia esiintyy kuitenkin jonkin verran puun tyvellä, jossa maan läheisyys auttaa pitämään puussa riittävän kosteuden. Kelopinnoilla esiintyy myös erikoistuneita päällysvierasjäkäliä, pienikokoisia rupijäkäliin kuuluvia nuppipäisiä neulajäkäliä (*Chaenotheca*) ja nuppijäkäliä (*Calicium*). (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 112.)

Mänty on yksi harvoista puulajeista, joka on sopeutunut selviämään hengissä metsäpaloista. Sillä onkin suuri merkitys palaneen puun mikrohabitaattien alustana ja sillä esiintyy enemmän paloista hyötyviä kääpälajeja kuin muilla suomalaisilla puulajeilla. Männyillä esiintyviä palon aiheuttamia muodostumia ovat palokorot ja erilaiset hiiltyneet puupinnat elävillä tai kuolleilla puilla. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 120–121.)

#### 4.8.2 Kuusi (*Picea abies*)

Kuusen kuori on hapan, samoin kuin muilla boreaalisen metsävyöhykkeen havupuulajeilla. Happamuudesta huolimatta myös havupuilla esiintyy päällysvieraslajistoa. Kuusen rungolla esiintyviä yleisiä jäkälälajeja ovat muun muassa runkojauhejäkälä (*Lepraria jackii*), keltaneulajäkälä (*Chaenotheca chrysocephala*) ja jauhojäkälä (*Loxospora elatina*). Erityisesti vanhoissa paksuoksaissä kuusissa esiintyy runsasta naava- ja luppolajistoa. Naavat (*Usnea*) ja viherlupot (*Alectoria*) ovat kellanvihreitä, kun taas tummalupot (*Bryoria*) ovat ruskehtavia ja harmaita. Harmaaluppo (*Bryoria capillaris*) on yleisin laji, jota esiintyy kuusissa myös talousmetsissä. Epifyyttijäkälien on todettu esiintyvän runsaammin vanhoissa luonnontilaisissa kuusimetsissä kuin vanhoissa talousmetsissä. Jäkälä esiintyy runsaimmin vanhojen puiden järeillä oksilla. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 143–144.)

Kuivuus on erityisesti kuusille rasite. Kuivuneeseen kuusen voi päästä iskeytymään kirjanpainaja (*Ips typographus*). Kirjanpainaja porautuu kuuseen ja munii kuoren ja puun väliin. Kuoriutuessaan toukat syövät nilaa muodostaen käytäviä ja tunnistettavan syömäkuvion. Kun kirjanpaina saa nilan syötyä, katkeaa puun ravinnonsaanti ja se lopulta kuolee. Heikentyneisiin puihin voi iskeä myös muun muassa aitomonikirjaaja (*Polygraphus poligraphus*). Puussa esiintyvät toukat houkuttelevat pohjantikan tai käpytikan paikalle kaivertamaan itselleen ruokaa ja saavat aikaan erilaisia uurteita ja aukkoja. Kuusi on myös herkkä metsäpaloille ja usein palaa voimakkaasti runsaan latvusmassansa vuoksi. Kuusen juuristo on pinnallinen ja se usein tuhoutuu jo lievässäkin maapalossa. Ohut kuori ei myöskään suojaa palolta. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 128.)

Suomessa kuusten tärkein kuolinsyy ovat lahottajat. Kuusi ei tyypillisesti tule ontoksi, muutoin kuin puun tyveltä. Lahottajat useammin lahottavat sydänpuun ja heikentävät runkoa siten, että se lopulta katkeaa oman painonsa alla tai tuulen vuoksi. Yleisin elävien kuusten lahottaja on kuusenjuurikäpää (*Heterobasidion parviporum*). Kuusella ei ole lahottajasienten lisäksi tunnettua onttojen puiden lajistoa. Pystyyn kuolleiden kuusien tyypillinen ja tehokas lahottaja on puun tyvelle ilmestyvä kantokäpää (*Fomitopsis pinicola*). Jo hieman päälle kymmenessä vuodessa puu tyypillisesti katkeaa parin metrin korkeudelta. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 144, 149.)

### 4.8.3 Koivut (*Betula pendula* ja *Betula pubescens*)

Koivut ovat ilman epäilystä runsaslukuisin lehtipuu Suomessa, minkä vuoksi se on keskeinen osa metsiemme monimuotoisuutta. Koivut ovat hyvin pakkasen kestäviä puita ja ne ovatkin yleisiä kaikissa Pohjoismaissa. Koivuille on tyypillistä ohut ja sileä kuori ja sen vuoksi koivuilla on varsin niukasti päällysvieraslajistoa, eikä niillä juurikaan esiinny pelkästään koivuille erikoistunutta lajistoa. Koivujen kuori on myös hapan, minkä vuoksi niillä esiintyvä päällysvieraslajisto muistuttaa lähemmin havupuiden kuin muiden lehtipuiden päällyslajistoa. Suurin osa lajeista esiintyy molemmilla koivuilla, mutta on myös joitakin spesialisteja, jotka selviävät vain toisella. Vanhetessaan rauduskoivujen tyvikaarna paksuuntuu ja tulee karkeammaksi, mikä hyödyttää joitain spesialistilajeja. Yleisiä koivunrungoilla esiintyviä päällyslajeja ovat esimerkiksi jäkäliin kuuluva sormipaisukarve (*Hypogymnia physodes*) ja sammaliin lukeutuva kalliopalmikkosammal (*Hypnum cupressiforme*). Iäkkäiden koivujen oksilla tavataan useasti riippunaavaa (*Usnea dasopoga*) ja tunturikoivikoissa erityisesti lapinluppoa (*Bryoria simplicior*). (Keto-Tokoi ja Siitonen 2021, 174, 180, 190.)

Ohut kuori ei suojaa puuta hyvin tulelta ja yksittäiset koivut ovat sille varsin heikkoja. Poikkeus ovat vanhemmat rauduskoivut, joiden tyvikaarna on ehtinyt paksuuntua. Metsäpalosta selvinneet koivut ovat usein vaurioituneita ja kärsivät tuuli- ja kosteusolosuhteiden muutoksista ja altistuvat koivunmantokuoriaisille (*Scolytus ratzeburgi*). Tämä pätee myös avohakkuuaukeille jätettyihin koivuihin. Koivunmantokuoriainen iskeytyy usein ensimmäisenä puun latvaan ja voi tappaa koivusta rungon haaroja tai jopa koko puun. Sopivissa olosuhteissa koivu voi keloutua. Metsäpalot edesauttavat kelottumista. Palaneiden koivujen kuori irtoaa nopeasti, mikä helpottaa puun kuivumista ja voi johtaa keloutumiseen. Keloutumista voi tapahtua myös koivunmantokuoriaisten ja niitä metsästävien tikkojen vaikutuksesta. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 180.)

Koivut eivät ole hyviä sulkemaan niihin syntyneitä haavoja. Tämä on koivulle haitallista, sillä haavat avaavat mahdollisuuden sieni-infektioille. Sieni-infektioiden lisäksi suurikokoinen yöperhoslaji puuntuhoija (*Cossus cossus*) hyödyntää koivujen ja muidenkin puulajien tyvikuoren vaurioita munimalla niihin. Puuntuhoijan toukat poraavat kuoriuduttuaan reikiä puuainekseen. Nämä reiät voivat aiheuttaa

puuhun pitkäaikaisen mahlavuodon. Monet lajit hyödyntävät mahlavuotoja ruokailuun ja lisääntymiseen. Mahlavuodot myös houkuttelevat mahlan sokereita hajottavia hiivasieniä, jotka muuttavat mahlan paksuksi ja limaiseksi. Varsin tunnistettava koivuissa esiintyvä loinen on pakurikäätä. Pakurikäätäinfektio aiheuttaa mustan, rosoisen pahkan koivun kylkeen. Se on yhdistelmä sienen rihmastoa ja puun nilaa. Pakurikäätä on elävien koivujen laji ja häviää nopeasti tapettuaan isäntäpuun. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 190, 193.)

Koivun puu lahoaa hyvin helposti ja siksi kuolleet koivut myös usein katkeavat pian kuolemansa jälkeen. Pystyyn jää usein muutaman metrin korkuinen koivupötkelö. Koivun tuohi on kuitenkin kestävä ja lahoaa hitaasti. Tuohi voikin muodostaa ikään kuin tötterön höttöisen lahonneen puuaineksen ympärille, pitäen sen pystyssä pidempään. Taulakäätä (*Fomes fomentarius*) on yleisimpiä koivupötkelöiden lahottajasieniä. Taulakäävän lahottamissa pötkelöissä ja taulakäävän itiöemissä elää monipuolinen joukko selkärangattomia eläinlajeja, muun muassa kovakuoriaisia. Tällaiset pehmeät pötkelöt ovat erityisen tärkeitä pienille hentonokkaisille kolopesijöille, kuten hömötiaiselle ja töyhtötiaiselle. Ne hakkaavat pesäkolonsa pieniin n. 10–20 senttimetrin paksuisiin lehtipuupötkelöihin. Mahdollisen pesäpuun lisäksi pötkelöt toimivat toukkaravinnon lähteinä tikoille. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 196.)

Koivuilla esiintyy useita erilaisia kasvannaisia ja itiöemiä. Hieskoivulla esiintyy ri-sumaisia kasvannaisia, joita yleisesti kutsutaan tuulenpesiksi. Tuulenpesät ovat tuulenpesäsienen (*Taphrina betulina*) aiheuttama kasvuhäiriö, joka saa puun kasvattamaan pieniä, surkastuneita versoja, jotka ajan kanssa muodostavat epämääräisiä risupalloja. Joillain yksilöillä tuulenpesiä esiintyy runsaasti ja joillain ei lainkaan. Koivuihin erikoistuneita kääpälajeja ovat muun muassa pötkelökäätä (*Piptoporus betulinus*) ja sysikäätä (*Phellinus nigricans*). Koivun tyypillisimpiä lahottajia on valkolahottajiin kuuluva taulakäätä (*Fomes fomentarius*). Koivuja lahottavat myös monet muut kääväkkäät, helttasienet ja kotelosienet. Näistä koivulle erikoistuneita ovat koivunkantosieni (*Kuehneromyces mutabilis*) ja koivuvinokas (*Pleurotus pulmonarius*). Koivun lajisto suosii palanutta puuta ennemmin kuolleen puun ja paahteisuuden yhdistelmää. Paahteisten paikkojen koivuja, kuten avohakkuualueelle jätettyjä säästöpuita, lahottavat usein esimerkiksi punakäätä (*Trametes cinnabarinus*). (Keto-Tokoi & Siitonen, 2021, 193–200)

#### 4.8.4 Haapa (*Populus tremula*)

Haapa on pohjoisen havumetsävyöhykkeen merkittävimpiä puulajeja lajiston monimuotoisuuden kannalta. Suuri joukko lajeja on riippuvaisia haavasta, huolimatta sen pienestä osuudesta puuston kokonaistilavuudesta. Haapa hyödyttää monia lajeja kaikissa sen kasvunvaiheissa (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 243–263), mutta vanhat haavat ovat erityisen tärkeitä (Kuusinen ja Siitonen 1998).

Haavoilla on monia ominaisuuksia, jotka tekevät siitä merkittävän elinympäristön suurelle joukolle lajeja ja potentiaalisen kantajan monenlaisille eri mikrohabitaateille. Haavan kuori on vähemmän hapan kuin kuusella, männyllä ja koivulla, minkä vuoksi haavalla esiintyy sellaista epifyyttilajistoa, jota muilla yleisimmillä metsäpuilla ei kasva (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 252). Vähemmän happaman kuoren lisäksi vanhoille haavoille muodostuu paksu ja uurteinen kaarna, mikä toimii hyvänä kasvualustana useille epifyyttilajeille. Haavalla esiintyviä epifyyttilajeja ovat muun muassa raidan keuhkojäkäli (*Lobaria pulmonaria*) ja samettikesijäkälä (*Leptogium saturinum*) sekä haapariippusammal (*Neckera pennata*) ja tikanhiippusammal (*Lewinskya speciosa*). (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 258).

Haapa on myös ainoita pohjoisista lehtipuulajeista, joka tulee säännöllisesti ontoksi. Haavan tärkein lahottaja on haavankääpä (*Phellinus tremulae*). Se leviää 30–40-vuotiaaseen puuhun paksujen kuolleiden oksien sydänpuun kautta ja lahottaa rungon sydänpuun. Haavankääpä tai toinen harvinaisempi sydänpuunlahottaja haavanarinakääpä (*Phellinus populicola*) voivat lahottaa puun kokonaan ontoksi vuosikymmenten aikana. Säännöllinen ontoksi tuleminen ja pehmeä puuaines tekevät haavoista suosittuja tikkojen pesäpuita. Pohjoisella havumetsävyöhykkeellä haapa on keskeinen ja jopa tärkein pesäpuulaji palokärjelle, harmaapäätikalle ja käpytikalle. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 254) Haavoissa usein näkyvät tikankoloja ja muiden lajien pesä- ja lepokoloja.

Haavoilla on myös paljon spesialistilajistoa. Harvinainen haavanpötkelökääpä (*Polyporus pseudobetulinus*) kasvaa vanhoissa elävissä tai juuri pystyyn kuolleissa haavoissa. Se suosii erityisesti järeitä, rehevän kasvupaikan haapoja, jotka sijaitsevat kuusivaltaisissa luonnontilaisissa metsissä. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021. s. 253 ja 257.)

#### 4.8.5 Raita (*Salix caprea*)

Raita kuuluu pajujen sukuun. Se on ainoa puumaiseksi kasvava pajulaji, joka kasvavaa yleisesti kangasmailla. Vanhoilla raidoilla esiintyy usein eri muotoista lahoppua, kuten kuolleita oksia, rankoja ja lahoa sisäosissa. Hyönteisten kaivamat käytävät ovat myös tyypillisiä (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 283) Raitojen vanhat runkoryhmät ovat myös alttiita lumi ja tuulituhoille. Nämä vaurioituneet rungonosat ovat usein täynnä eri lajien toukkia ja houkuttelevat paikalle tikkoja talviravinnon toivossa. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 286)

Raitojen kuori on tyypillisesti vain lievästi hapan ja kuori on usein kehittynyt uurtaiseksi vanhoilla puuyksilöillä. Raidalle on myös tyypillistä vääntynyt kasvutapa ja puun runko on usein tyveltä kallellaan. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 283; Kuusinen 1994b, 80) Nämä ominaisuudet hyödyttävät epifyyttejä. Raidalla esiintyykin runsaammin epifyyttejä kuin muilla itäisen Fennoskandian puulajeilla (Kuusinen 1994, 88). Kuuseen, mäntyyn ja koivuun verrattuna lajeja esiintyy noin kolmanneksen verran enemmän. Tyypilliseen päälyskasvustoon kuuluvat muun muassa lehtijäkälät (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 283).

Raidalla esiintyy myös specialistilajistoa, kuten raidantuoksukääpä (*Haploporus odorus*). Tätä ei tavata muilla pajuilla. Tuoksukääpää (*Trametes suaveolens*) esiintyy raidoilla, mutta lisäksi salavilla ja haavoilla. Tuoksukäävän yksivuotinen itiöemä voi kasvaa samaan puuhun useita vuosikymmeniä peräkkäin. Raidalla ja pajuilla voi esiintyä noin kolmannes kaikista Suomen kääpä- ja orvakkalajeista. Raidan lahottajia ovat muun muassa pajunkääpä (*Antrodia macra*) ja vittikkokääpä (*Ceriporiopsis consombrina*). Raidalla ja pajuilla tavataan tyypillisesti lahoilla oksilla hytiseviä hyytelösieniä, kuten kirkkaankeltaisen värinen keltahytykkä (*Tremella mesenterica*). (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 287–288.)

#### 4.8.6 Jalot lehtipuut

Jalopuut ovat puuryhmä, joka kattaa joukon kasvupaikan ja ilmaston suhteen vaateliaita lehtipuita. Boreaalinen metsävyöhyke ja hemiboreaalinen metsävyöhyke ovat jalojen lehtipuiden pohjoisinta levinneisyysaluetta. Niitä pääasiallisesti

esiintyykin Suomen, Ruotsin ja Norjan eteläisimmissä osissa. Suomessa esiintyviä jalopuita ovat tammi, vaahtera, saarni, jalavat ja lehmus. Jalopuut voivat esiintyä yksittäisinä, sekapuuna metsikössä tai kokonaisena metsikkönä. Jalopuumetsiköt ovat kohtalaisen harvinaisia nykyään. Ne voivat muodostua yhdestä puulajista tai usean jalopuulajin sekoituksesta. (Ahlroth & Marttila 2009, 8)

Jalopuilla on paljon niistä riippuvaista lajistoa. Tämä johtuu jalopuille ominaisista rakennepiirteistä. Eliöstön kannalta tärkeitä piirteitä ovat jalopuille tyypillinen ontoksi tuleminen, kuolleiden oksien ja haarojen määrä ja onkalot sekä halkeamat. (Ahlroth & Marttila 2009, 15, 20–21). Niiden kuori ja on myös erilainen kuin muiden alueen tyypillisten metsäpuiden kuori. Tämän vuoksi niillä onkin oma uniikki päällysvieraslajistonsa. Happamuudessa jalopuulajien välillä on eroa (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 23).

Jaloista lehtipuista tulee säännöllisesti onttoja vanhetessaan. Onttoutumisen aiheuttavat sydänpuuta lahottavat sienet. Onttoon puuhun saattaa muodostua lisäksi suuria reikiä oksan tai haaran katkeamisen seurauksena. Jalot lehtipuut eivät useinkaan kuitenkaan kuole tähän, vaan voivat säilyä hengissä vuosikymmeniä ja jopa vuosisatoja. (Peuhu & Siitonen 2011, 65) Sen lisäksi että jalopuut tyypillisesti kehittyvät ontoiksi vanhetessaan, on vanhoissa jalopuissa usein myös halkeamia. Nämä halkeamat saattavat rasituksessa, kuten myrskyssä ratkeilla, jolloin ne alkavat valuttaa mahlaa. Mahlavuodot ovat tärkeä ravintoresurssi. Esimerkiksi tammen mahlavuodoista ovat riippuvaisia monet lajit, joista osa on hyvin erikoistuneita. Suuri osa tammen mahlavuotojen lajeista on uhanalaisia tai harvinaisia. (Ahlroth & Marttila 2009, 21.) Jalopuilla esiintyvistä sienilajeista monet ovat harvinaisia ja suuri osa niistä on uhanalaisia. Niihin on sidoksissa kuitenkin moninainen seuralaislajisto. Kuolleetkin itiöemät tulisi sen vuoksi säilyttää puissa. (Ahlroth & Marttila 2009, 21–22.)

Jalopuumetsät eivät ole erityisen herkkiä palamaan. Lajeja, jotka tarvitsevat palanutta jalopuuta esiintyy kuitenkin esimerkiksi Etelä- ja Keski-Euroopassa. Lehdetniityillä syntyy ajoittain palanutta lahoppuuta, mutta yleisesti jalojen lehtipuiden palanutta lahoppuuta ei esiinny juuri missään. (Ahlroth & Marttila 2009, 22.)

Jalopuiden vähäinen määrä korostaa niiden merkitystä monimuotoisuudelle. Vuokko (2019) toteaa että ”yhden kuusikon tai männikön kaataminen ei heilauta monimuotoisuutta mihinkään, mutta yhden jalavametsikön – tai joskus yhdenkin jalavan – kaataminen voi hävittää seudulta monta lajia.” Jalopuilla on oma seuralaislajistoa runsaastikin, mutta niiden todellinen arvo monimuotoisuudelle pohjautuu niiden lajiston erilaisuuteen muiden metsän valtapuiden lajistoon verrattuna. Jokainen jalopuu tuo metsään oman uniikin lisänsä. (Vuokko 2019, 26–28.) Jalopuiden lajistolle merkittävimpiä elinympäristöjä ovat kaupunkiympäristöt ja puistometsät. Metsissä jalopuiden määrä on vähentynyt, mutta niitä on suosittu puisto- ja tienvarsipuina kaupungeissa (Kuva 18). Erityisesti tammea, vaahteraa ja lehmusta on suosittu puistopuina. (Peuhu & Siitonen 2011, 64.)



KUVA 18. Suuri tammi tienvarsipuuna kaupungissa. (Meri Pohjola 2023)

## 5 MIKROHABITAATTIKONSEPTIN HYÖDYNTÄMINEN JA HAASTEET

Puiden mikrohabitaattikonsepti on työkalu, jolla pyritään arvioimaan ja kuvaamaan metsäekosysteemien lajiryhmien rikkautta. On pohdittu, voidaanko konseptia hyödyntää indikaattorina metsien monimuotoisuudesta. Mikrohabitaattien hyödyntäminen monimuotoisuuden indikaattorina perustuu ajatukseen, että tietyt lajit ovat riippuvaisia tietynlaisista mikrohabitaateista ja siten tiettyjen mikrohabitaattien esiintyminen voisi olla indikaattori kyseisen lajin mahdollisesta esiintymisestä (Asbeck, ym. 2021, 59–60). Mikrohabitaatit on myös helposti tunnistettavia verrattuna lajeihin ja useimmat niistä ovat havaittavissa ympäri vuoden. Tämän vuoksi ne sopivat hyvin inventointeihin. Erilaisia lajeja on liitetty puiden mikrohabitaatteihin: joukkoon lukeutuu selkärangattomia, kuten hyönteisiä ja hämähäkieläimiä ja kotiloita, sekä selkärangaisia kuten lintuja, jyrsijöitä ja lepakoita. Lajeilla on tiettyjä riippuvuussuhteita puihin ja niiden mikrohabitaatteihin. Osa näistä yhteyksistä tietyn lajin ja mikrohabitaatin välillä on todennettu ja ne tunnetaan varsin hyvin, esimerkkinä yhteys puun lahottajasienten, kuolleen puun ja tikkojen välillä. Myös lahkolojen merkityksestä jäkälille, lepakoille ja linnuille on tehty havaintoja. (Basile ym. 2020, 3–4) Tähän mennessä on melko vähän tehty tutkimuksia monien puiden mikrohabitaattien ja metsälajien monimuotoisuuden välisistä suhteista. Basile, ym. (2020) toteavatkin, että vaikka puiden mikrohabitaatit ovat epäilemättä vaikuttavia rakennepiirteitä, ei ole vielä täysin ymmärretty voidaanko niitä hyödyntää luotettavina ja yksiselitteisinä indikaattoreina metsälajien runsauden ja monimuotoisuuden seurantajärjestelmissä. (Basile, ym. 2020, 7)

Konsepti on myös kerännyt huomiota säästöpuumetsätaloudessa. Konseptin hyödyntämistä säästöpuiden valintaan on pohdittu (Asbeck ym. 2021, 59) ja sille vaikuttaisi olevan hyvät edellytykset. Puiden mikrohabitaattien ja lajiston välillä on havaittu yhteyksiä ja vaikutussuhteita. Mikrohabitaatteja on monenlaisia, mutta ne on luokiteltu hierarkkiseen järjestelmään ja niille on määritelty kynnyсарvot, jotta ne voidaan sisällyttää inventointeihin. Kynnyсарvot perustuvat mikrohabitaattien kokoon. Nämä tekijät mahdollistavat helposti toteutettavan inventoinnin. (Larrieu ym. 2018, 198, 200, 203)

Haasteita konseptille Fennoskandiassa ja Baltiassa voi aiheuttaa pitkä ja voimakas metsien käytön historia. Intensiivisintä metsänhoito on ollut viimeisten 150 vuoden ajan ja nykyään suurin osa metsäalueista on metsätalouskäytössä. Metsien voimakas hyödyntäminen on johtanut niiden rakenteelliseen muutokseen. Metsiköt ovat pirstaloituneita, vanhat metsiköt ja lahopuusto ovat vähentyneet merkittävästi ja puulajisuhteissa on tapahtunut muutoksia. Ihmisen toiminnalla on ollut merkittävä vaikutus myös boreaalisten metsien häiriödynamiikkaan ja esimerkiksi tulen aiheuttamat häiriöt ja sen synnyttämät erityispiirteet ovat vähentyneet merkittävästi. Koskemattomia metsäalueita on todella vähän. (Keto-Tokoi ja Siitonen 2021, 408–410; Esseen, ym. 1997, 16). Näiden muutosten vuoksi puustossa ei välttämättä esiinny juurikaan habitaattipuita tai edes potentiaalisia sellaisia tai niitä on vähän.

Mikrohabitaattien huomioidussa on metsänhoitotavasta riippuen haasteita metsänhoidon näkökulmasta. Eri-ikäisrakenteisessa tai ”close-to-nature” metsänhoidossa puiden valintaa arvioidaan tarkemmin puuyksilöiden tasolla, jolloin mikrohabitaattien havainnointi on helpompaa. Tasaikäismetsätaloudessa, jossa metsien hoitoa suunnitellaan enemmän metsikkötasolla, tämä on todennäköisesti vaikeampaa. (Asbeck ym. 2021, 63.)

## **5.1 Mikrohabitaattien uhat**

Mikrohabitaattien uhkana ovat metsätalouden toimet. Metsätaloudessa puiden valikointikriteerit puuraaka-aineen tuotannon näkökulmasta aiheuttavat sen, että metsästä poistetaan sairaita, vaurioituneita tai muutoin ei-tuottavia puuyksilöitä (Larrieu ym. 2018, 205). Sellaiset puut, joilla olisi eniten potentiaalia kehittyä habitaattipuiksi, poistetaan useimmiten jo metsän kasvatuksen varhaisissa vaiheissa, taimikonhoidossa tai ensiharvennuksessa. Tällöin potentiaalisia habitaattipuita ei pääse edes syntymään. Vikoja ovat muun muassa monenlaiset puonnot, poikaoksat, haaroittuminen, katkenneet latvat ja suuret oksat, kuorivauriot, kolot, laho-onkalot, korot, halkeamat ja tuulenpesät. Monet edellä mainitut tekijät voivat johtaa puun kuolemiseen. Siten sairaiden ja vaurioituneiden puiden poistamisella on vaikutusta myös kuolleen puuaineksen mikrohabitaatteihin. (Korkjas, Remm, & Löhmus. 2021, 1227–1228.) Metsätalouden on jo havaittu viimeisten

100–150 vuoden aikana vaikuttaneen merkittävästi metsien rakenteeseen vähentämällä lahoppuun, vanhojen puiden ja lehtipuiden osuuksia. (Keto-Tokoi & Siitonen 2021, 408–409) Keto-Tokoi ja Siitonen (2021) nostavat teoksessaan esille, kuinka vuonna 1920 tehdyssä metsien inventoinnissa Pohjois-Suomessa yli puolet metsien pinta-alasta oli vanhaa, yli 140-vuotiasta metsää. Nykyään osuus on vajaan 14 % ja Etelä-Suomessa yli 120-vuotiaita metsiä on vain vajaan 5 %. Kaupunkiympäristöissä, virkistysmetsissä ja puistoissa, pihapiireissä ja muissa asutuksen lähellä sijaitsevista metsistä uhkana on puolestaan liiallinen halu pitää metsät ”siisteinä” poistamalla vanhoja ja huonokuntoisia puita, silloinkin kun ne eivät aiheuttaisi vaaraa tai heikentäisi virkistysarvoja. (Keto-Tokoi ja Siitonen 2021, 409–411)

Luonnonhäiriöt aikaansaavat erilaisia mikrohabitaatteja, mahdollisesti vielä hyvin runsaasti riippuen tuhon laajuudesta ja voimakkuudesta. Nykyään kuitenkin suuri osa tuhojen kaatamista ja vaurioittamista puista kerätään pois metsistä. Tuhoja pyritään myös torjumaan tehokkaasti, esimerkiksi metsäpalot sammutetaan mahdollisimman nopeasti, jopa luonnonsuojelualueilla (Keto-Tokoi ja Siitonen, 414–415). Tällöin ei pääse syntymään potentiaalisia habitaattipuita tai sellaisia mikrohabitaatteja, joita ei synny ilman häiriöitä, kuten palokoroja.

## 5.2 Puiden mikrohabitaattien turvaaminen

Kahdella puulla, jotka kasvavat samantyyppisellä kasvupaikalla on sama todennäköisyys mikrohabitaattien esiintymiselle ja määrälle hoitotavasta huolimatta. Erot siinä tuleeko puusta habitaattipuu vai ei, perustuvatkin enemmän yksittäisen puun ominaisuuksiin. (Vuidot ym. 2011, 446.) Mikrohabitaattien vähyys talousmetsissä johtuu todennäköisesti siitä, että metsiköstä aktiivisesti poistetaan mikrohabitaattien kannalta keskeisiä puita tai niiden ei anneta muodostua. (Bütler ym. 2013, 87; Larrieu ym. 2018, 13.)

Hakkuissa on suositeltavaa säästää habitaattipuut. Pelkästään olemassa olevien habitaattipuiden suojeleminen ei riitä kuitenkaan ylläpitämään kattavaa mikrohabitaattiverkostoa. Ekosysteemitasolla tulisikin huomioida myös mikrohabitaattien jatkuvuus ja säästää habitaattipuiden lisäksi puita, joilla on potentiaalia kehittyä

habitaattipuiksi. (Korkjas, Remm, & Löhmus 2021, 1239.) Habitaattipuiden säästämisen lisäksi tulee pohtia, mitä varten säästöpuut jätetään. Säästämällä kolopuita voidaan säilyttää pesintämahdollisuuksia esimerkiksi liito-oravalle. Vankkaoksaisten, haaroittuneiden puiden ja tuulenpesällisten havupuiden säästäminen voisi puolestaan hyödyttää haukkoja ja kotkia (Keto-Tokoi ym. 2021,9; Metso 2017). Mikäli säästöpuita jätetään hyödyttämään jotain tiettyä lajia, tulisi ottaa huomioon kyseisen lajin elinympäristövaatimukset ja käyttäytyminen säästöpuiden valinnassa ja sijoittelussa. Esimerkiksi säästämällä sopivan laajuinen suoja- vyöhyke petolinnunpesäpuun ympärille (Keto-Tokoi ym. 2021, 8–9).

Tärkeää mikrohabitaattien säilymisen kannalta on toteuttaa inventoinnit huolellisesti ja systemaattisesti. Tämän vuoksi tulee toimijoilla olla selkeät ja yhdenmukaiset määritelmät puiden mikrohabitaateista. Tarkka määritelmä puun osasta, jossa mikrohabitaatteja tavataan, selkeät menettelytavat ja koulutusta mikrohabitaattien havainnointiin ja inventointien tekemiseen. (Larrieu ym. 2018, 28; Paillet ym. 2015, 21.)

Yksittäisiä mikrohabitaatteja on nostettu esiin ja otettu huomioon suosituksissa ja metsäsertifikaateissa. Kriteeristöt ja suositukset sisältävät vaatimuksia säästettävistä ja huomioitavista kohteista, jotka voivat hyödyttää mikrohabitaattien monimuotoisuutta. Kriteerejä on lehtipuusekoituksesta, harvinaisten puulajien säästämisestä sekä pysty- ja maalahopuiden säästämisestä. Sekametsä mahdollistaa monipuolisemman tarjonnan potentiaalisia habitaattipuita, jolloin metsässä voi esiintyä useampia mikrohabitaatteja kuin vain yhden puulajin tai havupuuvaltaisessa metsässä. Molemmissa sertifikaateissa nostettiin esiin myös vanhojen ja kookkaiden puiden merkitys. Vahvemmin tämä tuli esille FSC-standardissa, sillä sen kriteeristö säästettävistä puista on tiukempi ja sisälsi muun muassa läpimitarajoituksia eri puulajeille. Esimerkiksi yli 60 cm paksut männyt, kuuset ja koivut tulee aina säästää hakkuissa. Harvinaisemmilla puulajeilla riittää, että puun läpimitta on yli 10 cm. Metsänhoidon suosituksissa on todettu, että järeät kookkaat puut ovat merkittäviä monimuotoisuudelle. FSC standardissa on nostettu erikseen esille muutamia merkittäväksi koettuja metsiköitä. Näihin kuuluu erilaisia runsaslahopuustoisia kohteita, sekä vanha- ja lahopuustoisia metsiä, kuten esimerkiksi vesitaloudeltaan luonnontilaiset ja luonnontilaisen kaltaiset kosteat leh-

dot sekä lehdot, joissa on vanhoja, kookkaita tai lahovikaisia jalopuita. Tutkimusten perusteella vanhoilla puilla ja lahoavilla puilla on keskeinen rooli habitaattipuina. PEFC ja FSC sertifikaattien kriteereissä mainittiin kolme mikrohabitaattia, petolintujen pesäpuut, palokoroiset puut ja kolopuut. Palokoroisten puiden lisäksi sertifikaateissa on asetettu kulotustavoitteita, pyrkimyksenä turvata palaneesta puusta riippuvaista lajistoa. (PEFC 2014, 22; FSC 2011, 27–29.) Petolintujen pesäpuista kotkien ja kalasääsken pesät on luonnonsuojelulailla suojeltu.

### 5.3 Säästettävien puiden priorisointi

Säästettävissä puissa on kannattavinta suosia vanhoja, suuria puita, joissa mielellään esiintyy jo mikrohabitaatteja. Lisäksi huomiota tulisi kiinnittää suuriläpimitaisten puiden sekä lehtipuiden lisäämiseen ja säästämiseen. (Asbeck, ym. 2022, 723.) Näiden lisäksi on tärkeää huolehtia mikrohabitaattien jatkumosta säästämällä potentiaalisia habitaattipuita ja esimerkiksi pidättäytyä joissain määrin viallisten ja sairaiden puiden poistamisesta. (Asbeck, ym. 2022, 722–723.) Mikrohabitaattien elinajoissa on eroja (Larrieu ym. 2014, 362). Osaa mikrohabitaateista olisikin hyvä priorisoida niiden hitaan uudistumisen vuoksi. Esimerkiksi monet vanhoille puille tyypilliset mikrohabitaatit ovat harvinaisia ja hitaasti uudistuvia, kuten isot lahokolot ja ontot puut. Koloista suurin osa on lintujen aiheuttamia (Andersson ym. 2018, 241.) muut kolot ovat harvinaisempia, minkä vuoksi niitä voitaisi priorisoida säästöpuuvalinnoissa.

Puulajeista tärkeimpiä ovat lehtipuut, erityisesti haapa ja raita. Molemmilla on positiivinen vaikutus epifyyttien monimuotoisuuteen. Haavalla on suuri merkitys myös kolojen kannalta. Jalopuut ovat arvokkaita, sillä niitä esiintyy luontaisesti varsin vähän. Niillä esiintyy myös uniikkeja piirteitä, jotka ovat arvokkaita mikrohabitaattien muodostumiselle, kuten tyypillinen ontoksi kehittyminen. (Vuokko 2019, 26–28; Peuhu & Siitonen 2011, 65)

Kuollutta puuta esiintyy vähäisesti hoidetuissa metsissä. Siitä riippuvaisia lajeja on pelkästään Suomessa noin 5000 (Keto-Tokoi ja Siitonen 2021,36). Kuolleella puuaineksella on siten suuri vaikutus monimuotoisuudelle. Kuolleet ja lahoavat puut lisäävät merkittävästi itiöemien esiintymisen runsautta. Pystyssä oleviin

kuolleisiin puihin onkin tärkeää kiinnittää huomiota, erityisesti jos niissä esiintyy jo valmiiksi mikrohabitaatteja, kuten koloja. Yleisimpien puulajien kuolleilla oksilla ei ole puolestaan havaittu olevan merkittävää uniikkia vaikutusta monimuotoisuudelle, ja ne ovat yleisiä hoidetuissa metsissä (Svensson ym. 2014, 823–824).

#### 5.4 Tutkimuksen aukot ja ongelmat

Tutkimus on tähän asti vahvasti painottunut Keski-Eurooppaan ja Välimeren alueelle. Suurin osa tutkimus materiaalista on kerätty Keski-Euroopasta, erityisesti sen länsiosista. Tutkimuksissa lauhkea lehti- tai sekametsä, lauhkea havumetsä ja välimerellinen metsä ovat ylliedustettuina, kun taas Euroopan ja Pohjois-Amerikan boreaalisista metsistä tutkimustietoa on melko vähän. Sademetsistä ja puoliavoimista metsistä, kuten savanneista, tutkimustietoa puiden mikrohabitaateista on vielä vähemmän. (Drapeau ym. 2022, 6) Maantieteellisen sijainnin lisäksi tutkimus on vahvasti keskittynyt tiettyihin näillä alueilla esiintyviin puulajeihin ja niiden mikrohabitaatteihin. Tämän vuoksi mikrohabitaattikonsepti soveltuukin todennäköisimmin parhaiten Keski-Euroopan alueelle. Tutkimus aineistoa tarvitaan laajemmalla alueella, erityisesti Euroopan ulkopuolelta. Näin saataisiin tuotua esille eroja eri alueiden välillä ja huomattaisiin mahdollisesti uusia metsälajien monimuotoisuudelle tärkeitä mikrohabitaatteja. Lisäksi monipuolinen puulajien tutkimus on tärkeää, sillä puulaji vaikuttaa mikrohabitaattien määrään ja monimuotoisuuteen. (Asbeck ym. 2021, 59; Larrieu ym. 2014, 359–360.)

Tutkimuksissa toinen usein määritelty merkittävä tekijä on puun läpimitta. Isoilla puilla on tutkimuksissa havaittu olevan enemmän ja monipuolisemmin mikrohabitaatteja kuin pienemmillä puilla. Havainto on kuitenkin lajikohtainen eikä välttämättä kuvasta ikäriippuvaista muodostumista, mikäli pienikokoiset habitaattipuut kuolevat nopeasti (Courbaud ym. 2017, 1355). Puiden koon suhdetta niiden ikään ja sen merkitystä mikrohabitaattien esiintymiselle ei ole myöskään tarkkaan selvitetty. Puun koon ja iän suhde on varsin muuttuva ja monista tekijöistä riippuvainen. Mikrohabitaatit syntyvät monen eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Prosessin kompleksisuus aiheuttaa yksittäisille tutkimuksille selkeitä rajoitteita. Näiden lisäksi monet yhteydet ja riippuvuussuhteet eri mikrohabitaattien ja niitä hyödyntävien lajien välillä ovat huonosti tunnettuja. Lisätutkimus on tärkeää, jotta voidaan arvioida mikrohabitaattien suuntaa antava voima ja suojelurelevanssi.

## 6 POHDINTA

Mikrohabitaateilla on niihin sidoksissa olevaa lajistoa ja pyrkimällä parantamaan mikrohabitaattien saatavuutta voidaan kenties parantaa näiden lajien esiintyvyyttä. Mikrohabitaateista monet ovat helposti tunnistettavissa ja niiden suosiminen voi samalla edistää muitakin monimuotoisuuden kannalta edullisia tavoitteita. Etenkin kun suosituksissa mikrohabitaattien turvaamisesta on korostettu vanhojen, suurien puiden ja lahoavien tai kuolleiden puiden merkitystä.

Mikrohabitaatteja on jonkin verran huomioitu sertifikaateissa ja metsänhoidon suosituksissa. Suositukset kattavat kuitenkin vain muutamia mikrohabitaatteja ja mikrohabitaatteja hyödyttäviä elementtejä. Turvatakseen mikrohabitaatit tulisikin suosituksiin lisätä useampia näkökulmia ja mikrohabitaatteja, jotta niiden voitaisiin katsoa edistävän puiden mikrohabitaattien esiintymistä ja säilymistä.

Mikrohabitaattikonsepti ei ole vielä saanut merkittävää jalansijaa Fennoskandiassa. Siitä huolimatta tiettyjen mikrohabitaattien kannalta oleellisiin puuston rakennepiirteisiin on kiinnitetty huomiota jo pidemmän aikaa ja niitä on otettu huomioon metsäsertifioinnissa ja luonnonhoidon suosituksissa. Tutkimus aiheesta on vielä vähäistä ja suurin osa Ruotsin, Suomen, Norjan ja Baltian alueen tutkimuksista ovat hyvin tuoreita. Toistaiseksi boreaalisella vyöhykkeellä on erityisesti tutkittu kolojen merkitystä kolopesijöille ja sienten itiöemien merkitystä hyönteisille. Lisäksi päälysvieraskasvustoja on tutkittu monestakin eri näkökulmasta, mutta monta muuta mikrohabitaattityyppiä on jäänyt vähemmälle huomiolle tai jopa kokonaan ilman huomiota. Suuri osa olemassa olevastakin tiedosta on paljolti hajallaan pieninä palasina.

### 6.1 Mikrohabitaattikatalogin soveltaminen

Pääpiirteissään mikrohabitaattikatalogi on sovellettavissa boreaalisella metsävyöhykkeellä. Boreaalisella vyöhykkeellä tavataan kaikkia mikrohabitaattikatalogissa esiteltyjen pääryhmien mikrohabitaatteja. Eroavaisuuksia esiintyy enemmänkin näiden pääryhmien alamuodoissa.

Koloista etenkin tikkojen synnyttämät kolot ovat keskeisiä. Puuhaavoja esiintyy myös monenlaisia. Tulen aiheuttamia mikrohabitaatteja on tässä luokassa vain yksi. Boreaalisella vyöhykkeellä metsäpalot ovat olleet merkittävä osa metsien dynamiikkaa. Niiden vähennyttyä tulen synnyttämät mikrohabitaatit ja niistä riippuvaiset lajit ovat taantuneet. Puuhaavoihin voisi palokorojen lisäksi nostaa esille erilaiset hiiltyneet puupinnat. Epifyyttejä esiintyy puiden pinnalla runsaastikin, mutta lajisto koostuu enimmäkseen erilaisista päällyssammalista ja jäkälistä. Misteliä (merkittävänä esiintymänä), puiden päällysvieras saniaisia tai liaaneja ei esiinny Suomessa boreaalisella vyöhykkeellä. Sen sijaan naavat ja lupot ovat tyypillisiä vanhojen puiden oksilla esiintyviä päällysvieraita.

Katalogin hierarkkisen rakenteen vuoksi muutosten tekeminen on helppoa. Eri-tyisesti kun päämuotoja ei tarvitse muuttaa. Ainoat merkittävät muutokset kohdistuvat pääryhmiin epifyytit ja puuhaavat. Epifyyteistä misteli, saniaiset ja liaanit poistettaisiin ja niiden tilalle tulisivat naava- ja luppokasvustot. Puuhaavoihin nostettaisiin palokorojen rinnalle palaneet ja hiiltyneet puupinnat. Lisäksi keloilla esiintyvät palaneet puupinnat ovat yksi palaneen puun mikrohabitaatti. Kuolleen puuaineksen kategoriaan voitaisiin lisätä tällaiset kuolleen pystypuun hiiltyneet pinnat. Vaihtoehtoisesti voitaisiin miettiä kokonaan uuden kategorian lisäämistä katalogiin, mikäli todetaan että palaneen puun mikrohabitaatteja on paljon ja niitä olisi parempi käsitellä yhtenäisesti.

## 6.2 Päätelmät

Mikrohabitaatteja on hyvin monenlaisia ja niiden esiintymiseen vaikuttavat monet tekijät. Tutkimusten mukaan kolme merkittävintä tekijää, jotka vaikuttavat mikrohabitaattien esiintymiseen ovat puulaji, puun elinvoimaisuus sekä puun koko. Useimmiten lehtipuilla tavattiin kokonaismääräisesti enemmän mikrohabitaatteja kuin havupuilla, mutta tiettyjä mikrohabitaatteja esiintyi runsaammin havupuilla. Puun koko vaikutti mikrohabitaattien esiintymiseen siten, että suurissa ja suurimmissa puissa oli enemmän ja monipuolisemmin mikrohabitaatteja. Suurissa puissa on enemmän pinta-alaa, johon mikrohabitaatteja voi kehittyä. Suuret puut ovat usein myös vanhoja, jolloin mikrohabitaateilla on ollut aikaa muodostua puuhun.

Mikrohabitaatit ovat mielenkiintoinen ja hyödyllinen työkalu, jota on tarkan havainnoinnin kautta mahdollista hyödyntää metsikkötasolla habitaattipuiden tunnistamisessa ja säästämässä. Mikrohabitaattien huomioinnissa on haasteita metsänhoidon näkökulmasta, riippuen hieman metsänhoitotavasta. Eri-ikäisrakenteisessa tai ”close-to-nature” metsänhoidossa puiden valintaa arvioidaan tarkemmin puuyksilöiden tasolla, jolloin mikrohabitaattien havainnointi on helpompaa. Tasaikäismetsätaloudessa, jossa metsien hoitoa suunnitellaan enemmän metsikkötasolla, tämä on todennäköisesti vaikeampaa.

### 6.3 Jatkotutkimus

Mikrohabitaattikonsepti ei ole vielä valmis, vaan vaatii lisää tutkimusta ennen kuin sitä voidaan hyödyntää monimuotoisuuden indikaattorina. Lisätutkimusta tarvitaan muun muassa havaintojen vertailuun muilla ilmasto- ja kasvupaikkavyöhykkeillä sekä laajempaa kartoitusta eri puulajeista. Yhteys mikrohabitaattien monimuotoisuuden ja lajiston monimuotoisuuden välillä on huonosti tunnettu. Yleisesti yhteys ei ole kovin vahva ja vahvoja vaikutussuhteita lajiston monimuotoisuuteen on havaittu vain muutamien mikrohabitaattien osalta. Jotta mikrohabitaatteja voitaisi käyttää luotettavina monimuotoisuuden indikaattoreina, niiden ja lajien välisiä riippuvuussuhteita on tutkittava paljon lisää.

Lisätutkimusta tarvitaan myös havaintojen vertailuun muilla ilmasto- ja kasvupaikkavyöhykkeillä sekä laajempaa kartoitusta eri puulajeista. Jatkotutkimuksissa voitaisiin myös vertailla eri mikrohabitaatteja ja tutkia ovatko jotkut mikrohabitaatit monimuotoisuuden kannalta tärkeämpiä. Säästöpuiden yhtenä valintakriteerinä puiden mikrohabitaatteja voidaan hyödyntää jo nyt. Konseptilla on kuitenkin paljon potentiaalia ja uskon, että se alkaa saada entistä enemmän huomiota ja tulee näkyvämmäksi pikkuhiljaa myös Suomessa.

## 6.4 Opinnäytetyön prosessi

Tämän kirjallisuuskatsauksen kautta lähdin tutkimaan puiden mikrohabitaatteja ja mikrohabitaattikonseptia. Lisäksi selvitettiin mitä puiden mikrohabitaateista tiedetään Suomen, Ruotsin, Norjan ja Baltian alueen metsissä. Keski-Euroopan alueelta on saatavilla hyvin tutkimustuloksia puiden mikrohabitaateista. Näiden pohjalta oli helppo muodostaa yleiskatsaus puiden mikrohabitaattikonseptista. Boreaalisen metsävyöhykkeen tarkastelussa Suomen, Ruotsin, Norjan ja Baltian alueella tutkimusten määrä puiden mikrohabitaateista on huomattavasti vähäisempi ja yleiskatsauksia aiheeseen ei ole juurikaan tehty. Tieto on myös hyvin paljolti hajanaista. Monet puiden mikrohabitaatit ja niiden vaikutukset ovat vielä varsin tuntemattomia tällä alueella. Tiedon vähäisyys aiheutti haasteita kirjallisuuskatsauksen kokoamiseen. Yhtenäisen aineiston tuottaminen oli vaikeampaa ja osasta mikrohabitaatteja löytyi todella vähän tietoa ja osasta ei lainkaan. Monissa tutkimuksissa ei myöskään ollut eroteltu mikrohabitaattien vaikutusta havaintoihin. Esimerkiksi monissa tutkimuksissa todettiin kuolleen puun olevan tärkeä tekijä itiöemien esiintymiseen, mutta harvoin eroteltiin pystyssä olevan ja maahan kaatuneen kuolleen puun merkitys tai elävien puiden kuolleiden osien merkitys.

Kirjallisuuskatsauksen avulla vastattiin asetettuihin tutkimuskysymyksiin ja esiteltiin keskeisimpiä tutkimustuloksia. Opinnäytetyö tarjoaa yleiskatsauksen mikrohabitaattikonseptista ja kehittää ymmärrystä puiden mikrohabitaateista ja niiden merkityksestä monimuotoisuudelle. Opinnäytetyö prosessi kehitti tutkimusten lukutaitoani ja tutustutti kirjallisuuskatsaukseen metodina. Työn kautta sain myös ymmärrystä siihen, miten tutkimuksen kautta kehitetään uusia työkaluja metsän- ja luonnonhoitoon.

## LÄHTEET

Ahlroth, P. ja Mattila, J. 2009. Jalopuuympäristöjen rakennepiirteet ja niiden merkitys lajistolle. Teoksessa Leinonen, R. ja From, S. (toim.) 2009. Jalopuuympäristöjen hoito ja uhanalaiset lajit. Suomen ympäristö 41. E-kirja. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 19–26

Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J. 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici* Vol. 5, No. 3. Kustannus Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. 169-211. Viitattu 1.5.2023  
<https://www.jstor.org/stable/23724233>

Andersson, J., Gómez, E., Michon, S. & Roberge, J-M. 2018. Tree cavity densities and characteristics in managed and unmanaged Swedish boreal forest. *Scandinavian journal of forest research*, Vol.33 (3), p.233–244. 4.8.2017 Viitattu 2.5.2023. <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1360389>

Asbeck, T., Großmann, J., Paillet, Y., Winigger, N. & Bauhaus, J. Thomas 2021. The Use of Tree-Related Microhabitats as Forest Biodiversity Indicators and to Guide Integrated Forest Management. *Current Forestry Reports* (2021) 7:59–68. 18.1.2018. Viitattu 12.4.2023 <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00132-5>

Asbeck, T., Koza, D., Spînu, A., Mikolás, M., Zemlerová, V. & Svoboda, M. 2022. Tree-Related Microhabitats Follow Similar Patterns but are More Diverse in Primary Compared to Managed Temperate Mountain Forests. *Ecosystems* (2022) 25: 712–726. 11.8.2021. Viitattu 12.4.2023  
<https://doi.org/10.1007/s10021-021-00681-1>

Basile, M., Asbeck, T., Jonker, M., Knuff, A., Bauhaus, J., Braunisch, V., Mikusinski, G. & Storch, I. 2020. What do tree-related microhabitats tell us about the abundance of forest-dwelling bats, birds, and insects? *Journal of Environmental Management* 264 (2020) 110401. 3.3.2020. Viitattu 12.4.2023. <http://www.elsevier.com/locate/jenvman>

Bevis, K. & Brown, T. 2016. How to Make a Wildlife Tree. *Forest Stewardship Notes*. Washington State University Extension. Viitattu 4.5.2023. <https://forests-tewardshipnotes.wordpress.com/2016/08/31/how-to-make-a-wildlife-tree/>

Bütler, R., Lachat, T., Larrieu, L. & Paillet, Y. 2013. Habitat trees: key elements for forest biodiversity. Viitattu 10.4.2023. <https://www.researchgate.net/publication/308050296>

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D. & Larrieu, L. 2020. Field Guide to Tree-related Microhabitats Descriptions and size limits for their inventory. E-kirja. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. 1-60. Viitattu 18.3.2023.

Bütler, R., Lachat, T., Krumm, F., Kraus, D. & Larrieu, L. 2021. Know, protect and promote habitat trees. WSL: fact sheet, 64. 1-12. Viitattu 18.3.2023.  
[https://www.researchgate.net/publication/348835751\\_Know\\_protect\\_and\\_promote\\_habitat\\_trees](https://www.researchgate.net/publication/348835751_Know_protect_and_promote_habitat_trees)

Courbaud, B., Pupin, C., Letort, A., Cabainettes, A. & Larrieu, L. 2017. Modelling the probability of microhabitat formation on trees using cross-sectional data. *Methods in Ecology and Evolution* 2017, Vol.8 (10), 1347–1359. 18.3.2017. Viitattu 12.4.2023. <http://dx.doi.org/10.1111/2041-210X.12773>

Drapeau, P., Fenton, N., Kern, C., Larrieu, L., Martin, M., Paillet, Y. & Raymond, P. (2022) Tree-Related Microhabitats Are Promising Yet Underused Tools for Biodiversity and Nature Conservation: A Systematic Review for International Perspectives. *Frontiers in Forests and Global Change. Forest Management*. Vol. 5. 8.7.2022. Viitattu 12.4.2023. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.818474>.

Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. ja Sjöberg, K. 1997. Boreal forests. *Ecological bulletins* 46. 16–47. Kööpenhamina 1997. Viitattu 5.5.2023. <https://www.jstor.org/stable/20113207>

Esseen, P.-A., Renhorn, K.E. & Pettersson R.B. 1996. Epiphytic Lichen Biomass in Managed and Old-Growth Boreal Forests: Effect of Branch Quality. *Ecological applications* 6:228–238. Viitattu 2.6.2023. <https://www.jstor.org/stable/2269566>

Fritz, Ö., Brunet, J. & Caldiz, M. 2009. Interacting effects of tree characteristics on the occurrence of rare epiphytes in a Swedish beech forest area. *The Bryologist* 112. Syksy 2009. 488–505. Viitattu 8.5.2023. <http://dx.doi.org/10.1639/0007-2745-112.3.488>

FSC. 2011. Suomen FSC standardi. Suomen FSC-yhdistys 21.1.2011. Viitattu 10.5.2023.

Gauslaa, Y., Goward, T. & Asplund, J. 2021. Canopy throughfall links canopy epiphytes to terrestrial vegetation in pristine conifer forests. *Fungal Ecology* Vol. 52 (2021) 101075 1–10. 28.5.2021. Viitattu 2.6.2023. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2021.101075>

Hanski, I. 1998. Home ranges and habitat use in the declining flying squirrel *Pteromys volans* in managed forests. *Wildlife Biology* Vol. 4, Issue 1. 33–46 1.3.1998. Viitattu 8.5.2023. <https://doi.org/10.2981/wlb.1998.013>

Hardenbola, A., Pakkala, T. ja Koukia, J. 2019. Persistence of a keystone microhabitat in boreal forests: Cavities of Eurasian Three-toed Woodpeckers (*Picoides tridactylus*). *Forest Ecology and Management*. Volume 450. 12.8.2019. Viitattu 15.5.2023. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117530>

Holien, H. 1996. Influence of site and factors on disturbance of crustose lichens of the caliciales in a suboceanic spruce forest area in central Norway. *Lichenologist* Vol. 28, 4. 315–330. Viitattu 17.5.2023. <https://web-s-ebSCOhost-com.lib-proxy.tuni.fi/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=0&sid=53f17de9-3090-4ccb-874d-f46804c75ec0%40redis>

Hågvar, S., Hågvar, G. & Monnes, E. 1990. Nest site selection in Norwegian woodpeckers. *Holarctic ecology*. 13. 156-165. 20.3.1990. Viitattu 15.5.2023. <http://dx.doi.org/10.2307/3682641>

Jüriado, I., Liira, J. & Paal, J. 2003. Epiphytic and epixylic lichen species diversity in Estonian natural forests. *Biodiversity and Conservation*. 1587-1607. 22.8.2003. Viitattu 17.5.2023. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1023645730446>

Integrate Network a, EFI a, n.d. The European Integrate Network. Viitattu 11.5.2023. <https://integratenetwork.org/wp-content/uploads/2023/03/Integrate-Network-Flyer-2023.pdf>

Integrate Network, EFI b. n.d. Martelosscopes and data. Viitattu 11.5.2023. <http://iplus.efi.int/martelosscopes-data.html>

Keto-Tokoi, P., Koivula, M., Kuuluvainen, T., Lindberg, H., Puntila, P., Shorohova, E. & Vanha-Majamaa, I. 2021. Säästöpuumetsätaloudella monimuotoisuutta talousmetsiin. *Metsätieteen aikakauskirja*, 2021. 10541. 17.3.2021. Viitattu 19.5.2023. <https://doi.org/10.14214/ma.10541>

Keto-Tokoi, P. & Siitonen, J. 2021. Puiden asukkaat, suomen puiden seuralajit. Tallinna: Gaudeamus Oy.

Kraus, D., Büttler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., & Winter, S., 2016. Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. Integrate+ Technical Paper. 1-16. Viitattu 12.4.2023 [https://informar.eu/sites/default/files/pdf/Catalogue\\_Tree-Microhabitats\\_Reference-Field-List\\_EN.pdf](https://informar.eu/sites/default/files/pdf/Catalogue_Tree-Microhabitats_Reference-Field-List_EN.pdf)

Kuusinen, M. 1994.a Epiphytic lichen flora and diversity on *Populus tremula* in old-growth and managed forests of southern and middle boreal Finland. *Annales Botanici Fennici*. Vol. 31, 4. 1994. 245-260. Viitattu 18.5.2023. <https://www.jstor.org/stable/43922219>

Kuusinen, M. 1994.b Epiphytic lichen diversity on *Salix caprea* in old-growth southern and middle boreal forests of Finland. *Annales Botanici Fennici*, Vol. 31, 2. 77-92. Viitattu 17.5.2023. <https://www.jstor.org/stable/43922194>

Kuusinen, M. 1996. Epiphyte flora and diversity on basal trunks of six old-growth forest tree species in southern and middle boreal Finland. *Lichenologist* Vol. 28, 5. 443–463. Viitattu 17.5.2023. <https://doi.org/10.1006/lich.1996.0043>

Kuusinen, M. & Siitonen, J. 1998. Epiphytic Lichen Diversity in Old-Growth and Managed *Picea abies* Stands in Southern Finland. *Journal of Vegetation Science*. Vol. 9, 2. 283-292. Viitattu 17.5.2023. <https://onlinelibrary-wiley-com.lib-proxy.tuni.fi/doi/pdfdirect/10.2307/3237127>

Körkjäs, M., Remm, L. ja Lõhmus, A. 2021. Tree-related microhabitats on live *Populus tremula* and *Picea abies* in relation to tree age, diameter, and stand factors in Estonia. *European journal of forest research*. 140. 1227-1241. 16.7.2021. Viitattu 4.5.2023. <https://doi.org/10.1007/s10342-021-01396-7>

- Larrieu, L. & Cabanettes, A. 2012, Species, live status, and diameter are important tree features for diversity and abundance of tree microhabitats in sub-natural montane beech-fir forests. *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 42, 8. 1433-1445. 27.7.2012. Viitattu 4.5.2023. <https://doi.org/10.1139/x2012-077>
- Larrieu, L., Cabanettes, A., Brin, A., Bouguet, C. & Deconchat, M. 2014. Tree microhabitats at the stand scale in montane beech–fir forests: practical information for taxa conservation in forestry. *European journal of forest research*. Vol. 133, 2. 355–367. 17.12.2013. Viitattu 8.4.2023. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-013-0767-1>
- Larrieu, L., Bouguet, C., Cabanettes, A. & Courbaud, B. 2018. Tree-related microhabitats (TreMs) as key elements for forest biodiversity. ConFoBi workshop, Fribourg, Switzerland. 28.2.2018. 33. Viitattu 6.4.2023. [https://oatao.univ-toulouse.fr/21929/1/Larrieu\\_21929.pdf](https://oatao.univ-toulouse.fr/21929/1/Larrieu_21929.pdf)
- Larrieu, L., Paillet, Y., Winter, S., Bütler, R., Kraus, D., Krumm, F., Lachat, T., Michel, A., Regnery, B. & Vandekerckhove, K. 2018. Tree related microhabitats in temperate and Mediterranean European forests: a hierarchical typology for inventory standardization. *Ecological Indicators*. Vol.84. 194–207. 1.2018. Viitattu 28.3.2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.051>
- Martin, M., Raymond, P. & Boucher, Y. 2021 Influence of individual tree characteristics, spatial structure and logging history on tree-related microhabitat occurrence in North American hardwood forests. *Forest Ecosystems* vol. 8, 1. 5.2021. 1–16. Viitattu 8.4.2023. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00305-z>
- Metso – metsien monimuotoisuus. 2017. Sopivien puiden jättäminen metsään tuleviksi haukkojen pesäpuiksi. Viitattu 15.5.2023. [https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/ohje\\_sopivia-puita-haukkojen-pesapuiksi.pdf](https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/ohje_sopivia-puita-haukkojen-pesapuiksi.pdf)
- Paillet, Y., Archaux, F., du Puy, S., Bouget, C., Boulanger, V., Debaive, N., Gilg, O., Gosselin, F. & Gilbert, E. 2019. The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *The Journal of applied ecology*. Vol.55, 5. 2147–2159. 18.4.2018. Viitattu 1.4.2023. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13181>
- Paillet, Y., Coutadeur, P., Vuidot, A., Archaux, F. & Gosselin, F. 2015. Strong observer effect on tree microhabitats inventories: A case study in a French lowland forest. *Ecological indicators*. Vol. 49. 14-23. 19.8.2014. Viitattu 30.5.2023. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.023>
- Pakkala, T., Tiainen, J. & Kouki, J. 2017, The importance of nesting cavity and tree reuse in the three-toed woodpecker *Picoides tridactylus* in dynamic forest landscapes, *Annales Zoologici Fennici*. Vol. 54 ,1-4. 175-191. 16.5.2017. Viitattu 15.5.2023. <https://doi.org/10.5735/086.054.0116>
- Pakkala, T, Tiainen, J, Piha, M & Kouki, J 2018, Three-toed Woodpecker cavities in trees: A keystone structural feature in forests shows decadal persistence but only short-term benefit for secondary cavity-breeders. *Forest Ecology and*

Management, vol. 413. 70–75. 24.2.2018. Viitattu 16.5.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.01.043>

Pakkala, T., Tiainen, J., Piha, M ja Kouki, J. 2019a. Hole life: survival patterns and reuse of cavities made by the Lesser Spotted Woodpecker *Dendrocopos minor*. 2019. 173-181. 24.2.2019. Viitattu 15.5.2023.

<https://doi.org/10.5253/arde.v107i2.a4>

Pakkala, T., Tiainen, J., Pakkala, H., Piha, M & Kouki, J. 2019b. Nest tree characteristics of the Lesser Spotted Woodpecker (*Dendrocopos minor*) in boreal forest landscapes. *Ornis Fennica*. Vol. 96, 4. 169–181. 27.8.2019. Viitattu 15.5.2023.

<https://ornisfennica.org/pdf/latest/19Pakkala.pdf>

Pakkala, T., Tiainen, J., Pakkala, H., Piha, M & Kouki, J. 2020, Nest tree characteristics of Grey-headed Woodpeckers (*Picus canus*) in boreal forests, *Ornis Fennica*, vol. 97, 3. 89-100. 20.1.2020. Viitattu 15.5.2023. <https://www.proquest.com/docview/2449507390/fulltextPDF/DA9256328D744D2PQ/1?accountid=14242>

PEFC. 2014. PEFC-metsäsertifiointin kriteerit. 27.10.2014. Viitattu 10.5.2023.

[http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC\\_FI\\_1002\\_2014\\_Metsaertifiointin\\_kriteerit\\_20141027.pdf](http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsaertifiointin_kriteerit_20141027.pdf)

Peuhu, E. ja Siitonen, J. 2011. Ontot puistopuut ovat merkittävä elinympäristö monimuotoiselle lahoppuueliöstölle. *Metsätieteen aikakauskirja* 1, 5935. 63–67. 29.3.2011. Viitattu 31.5.2023.

<https://doi.org/10.14214/ma.5935>

Pettersson, R.B., Pall, J.P., Renhorn, K.E., Esseen, P.-A. & Sjöberg, K. 1995. Invertebrate communities in boreal forest canopies influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds. *Biological Conservation*. 74(1):57–63

Viitattu 2.6.2023. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(95\)00015-V](https://doi.org/10.1016/0006-3207(95)00015-V)

Ranius, T., Niklasson, M. ja Berg, N. 2009. Development of tree hollows in pedunculate oak (*Quercus robur*). *Forest Ecology and Management*. Vol. 257, 1. 20.1.2009. 303-310. Viitattu 14.5.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.09.007>

Regnery, B., Couvet, D., Kubarek, L., Julien, J-L. & Kerbiriou, C. 2013. Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. Vol. 34. 221-230. 2.5.2013. Viitattu 18.4.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.eco-lind.2013.05.003>

Remm, J. & Löhmus, A. 2011. Tree cavities in forests – The broad distribution pattern of a keystone structure for biodiversity. *Forest Ecology and Management*. Vol. 262, 4, 579–585. 12.5.2011. Viitattu 11.5.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.04.028>

Remm, J., Löhmus, A. & Remm, K. 2005. Tree cavities in riverine forests: What determines their occurrence and use by hole-nesting passerines? *Forest Ecology and Management*. Vol. 211. 267-277. 3.10.2005. Viitattu 12.5.2023.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.015>

Runnel, K., Miettinen, O. & Lõhmus, A. 2021. Polypore fungi as a flagship group to indicate changes in biodiversity – a test case from Estonia. *IMA fungus* 12. 2. 1-31- 18.1.2021. Viitattu 4.6.2023. <https://doi.org/10.1186/s43008-020-00050-y>

Siitonen, J. 2001. Forest Management, Coarse Woody Debris and Saproxylic Organisms: Fennoscandian Boreal Forests as an Example. *Ecological bulletins*. 49. 11–41. Viitattu 16.5.2023. <https://www.jstor.org/stable/20113262>

Siitonen, J. & Hanski, I. 2004. Metsälajiston ekologiaa ja monimuotoisuus. Julkaisussa: Kuuluvainen, T., Saaristo, L., Keto-Tokoi, P., Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M. ja Salpakivi-Salomaa, P. (toim.) *Metsän Kätköissä – Suomen metsien monimuotoisuus*. Helsinki: Edita publishing Oy, 76–109.

Siitonen, J., 2012. Microhabitats. Teoksessa Stokland, J., Siitonen, J. & Jonsson, B. *Biodiversity in dead wood*. E-kirja. Cambridge University Press. 150–182.

Speight, M. 1989. Saproxylic invertebrates and their conservation. *Nature and Environment Series 42*. E-kirja. Council of Europe. Strasbourg 1989. 1-78.

Svensson, M., Dahlberg, A., Ranius, T. & Thot, G. 2014. Dead branches on living trees constitute a large part of the dead wood in managed boreal forests, but are not important for wood-dependent lichens. *Journal of vegetation science*. 25. 819-828. 27.9.2013. Viitattu 17.5.2023. <https://doi.org/10.1111/jvs.12131>

Vuidot, A., Paillet, Y., Archaux, F. & Gosselin, F. 2011. Influence of tree characteristics and forest management on tree microhabitats. *Biological Conservation* Vol. 144,1. 441-450. 23.10.2010. Viitattu 20.4.2023. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.030>

Vuokko, S. & Peiponen, J. 2019. Viljellen ja varjellen – metsätalous ja monimuotoisuus. E-kirja. Helsinki: Suomen metsäyhdistys. 26–28.

Wikars, L-O. 1992. Forest fires and insects. — *Entomol. Tidskr.* 113,4. 1.1.1992. Viitattu 27.5.2023. [https://www.researchgate.net/publication/284073334\\_Forest\\_fires\\_and\\_insects](https://www.researchgate.net/publication/284073334_Forest_fires_and_insects)

Winter, S. & Möller, G. 2008, Microhabitats in lowland beech forests as monitoring tool for nature conservation. *Forest Ecology and Management* Volume 255, 3–4. 1251-1261. 20.3.2008. Viitattu 27.4.2023. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.10.029>

Yachi, S. & Loreau, M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* Vol. 96,4. 1463-1468. 30.11.1998. Viitattu 28.5.2023. <https://doi.org/10.1073/pnas.96.4.1463>





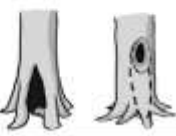









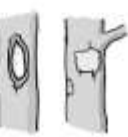











Östlund, L., Zackrisson, O. ja Axelsson, A.-L. 1997. The history and transformation of a Scandinavian boreal forest landscape since the 19<sup>th</sup> century. *Canadian Journal of Forest Research*. Vol. 27, 8. 14.3.1997. Viitattu 10.5.2023. <https://doi.org/10.1139/x97-070>

LIITTEET

Liite 1. Kuvituskuvat mikrohabitaattikatalogin mikrohabitaateista.




















Larrieu ym. 2021, 201–201

1 (2)

Form	Group	Types					
Cavities i.e.	Woodpecker breeding cavities	<b>Small woodpecker breeding cavity</b> Entrance $\varnothing$ = 4cm 	<b>Medium-sized woodpecker breeding cavity</b> Entrance $\varnothing$ = 4-7cm 	<b>Large woodpecker breeding cavity</b> Entrance $\varnothing$ = 10cm 	<b>Woodpecker flute</b> Entrance $\varnothing$ = 3cm 		
	Rot-holes	<b>Trunk base rot-hole (closed top, ground contact)</b> Opening $\varnothing$ = 10cm 	<b>Trunk rot-hole (closed top, no ground contact)</b> Opening $\varnothing$ = 10cm 	<b>Semi-open trunk rot-hole</b> Opening $\varnothing$ > 30cm 	<b>Chimney trunk base rot-hole</b> Opening $\varnothing$ = 30cm 	<b>Chimney trunk rot-hole</b> Opening $\varnothing$ = 30cm 	<b>Hollow branch</b> Opening $\varnothing$ > 90cm 
	Insect galleries	<b>Insect galleries and bore holes</b> Hole $\varnothing$ = 2cm or less, $\leq$ 30cm 					
	Concavities	<b>Dendroblein</b> $\varnothing$ = 15cm 	<b>Woodpecker foraging excavation</b> Depth = 10cm, $\varnothing$ = 10cm 	<b>Trunk bark-lined concavity</b> Depth = 10cm, $\varnothing$ = 10cm 	<b>Root-buttress concavity</b> Entrance $\varnothing$ > 10cm 		
Tree injuries and exposed wood	Exposed sapwood only	<b>Bark loss</b> Area > 300cm <sup>2</sup> 	<b>Fire scar</b> Area = 600cm <sup>2</sup> 	<b>Bark sholler</b> Gap > 1cm, depth = 10cm, height = 10cm 	<b>Bark pocket</b> Gap > 1cm, width > 10cm, height = 10cm 		
	Exposed sapwood and heartwood	<b>Stem breakage</b> $\varnothing$ = 10cm at break point 	<b>Limb breakage</b> Exposed heartwood > 300cm <sup>2</sup> 	<b>Crack</b> Length = 30 cm, width = 1 cm, depth = 10 cm 	<b>Lightning scar</b> Length = 30 cm, width = 1 cm, depth = 10 cm 	<b>Fork split at insertion</b> Length = 30 cm 	
Crown deadwood	Crown deadwood	<b>Dead branches</b> Branch $\varnothing$ > 10cm, or branches $\varnothing$ > 1cm and > 10% of the crown is dead 	<b>Dead top</b> $\varnothing$ = 10cm at the base of the piece of deadwood 	<b>Remaining broken limb</b> broken and $\varnothing$ > 20cm, length of the remaining piece > 6.5m 			

(contin)

2 (2)

Form	Group	Types				
Exuberances	Twig tangles	<b>Witch broom</b> Largest $\phi$ >50cm 	<b>Epicormic shoots</b> >5 twig clusters 			
	Burns and cankers	<b>Burr</b> Largest $\phi$ >20cm 	<b>Canker</b> Largest $\phi$ >20cm or large part of the trunk covered 			
Fruiting bodies of asporangic fungi and slime moulds	Perennial fungal fruiting bodies	<b>Perennial polypore</b> Largest $\phi$ >5cm 				
	Ephemeral fungal fruiting bodies	<b>Annual polypore</b> Largest $\phi$ >5cm or cluster of > 10 fruiting bodies 	<b>Pulpy agaric</b> Largest $\phi$ >5cm or cluster of > 10 fruiting bodies 	<b>Large Pyrenomyces</b> Stroma $\phi$ >3cm or stroma cluster covering >100cm <sup>2</sup> 	<b>Myxomycetes</b> Largest $\phi$ >5cm 	
Epiphytic and eurytic structures	Epiphytic and parasitic, crypto- and psianogams	<b>Bryophytes</b> >10% of the trunk area covered 	<b>Foliose and fruticose lichens</b> >10% of the trunk area covered 	<b>Ivy and lianas</b> >10% of the trunk area covered 	<b>Ferns</b> > 5 fronds 	<b>Mistletoe</b> Largest $\phi$ >20cm 
	Nests	<b>Vertebrate nest</b> $\phi$ >10cm 	<b>Invertebrate nest</b> Presence 			
	Microsoils	<b>Bark microsoil</b> Presence 	<b>Crown microsoil</b> Presence 			
Exudates	Exudates	<b>Sap run</b> Cumulative length > 10 cm 	<b>Heavy resinosis</b> Cumulative length > 10 cm 