

# Metsäkasvillisuuden muutokset metsänkäsittelyn seurauksena

Sanni Vesala

LuK-tutkielma  
Biologian tutkinto-ohjelma  
Oulun yliopisto  
Joulukuu 2019

# Sisällys

1. JOHDANTO .....	2
2. MUUTTUVAT KASVUOLOSUHTEET JA KASVIEN SELVIÄMINEN .....	3
2.1. Abioottiset tekijät .....	3
2.2. Kilpailu.....	4
2.3. Lahopuu.....	4
2.4. Hiilen varastointi metsiin .....	5
2.5. Sukkessio ja resilienssi.....	5
3. PUUSTO .....	6
4. MUUT METSÄKASVIT .....	7
4.1. Pensaat.....	7
4.2. Varvut.....	8
4.3. Heinä- ja vihviläkasvit .....	9
4.4. Ruohot.....	10
4.5. Sammalet.....	10
4.6. Jäkälät.....	11
5. METSÄNKÄSITTELYN INTENSITEETIN VAIKUTUS KASVILLISUUTEEN .....	11
5.1. Maanpinnan rikkominen .....	12
5.2. Osittaiset hakkuut.....	12
5.3. Metsänkäsittelyn intensiteetistä tehtyjä tutkimuksia Suomesta ja Ruotsista.....	13
6. KULOTUKSEN VAIKUTUS KASVILLISUUTEEN .....	13
7. METSÄN JATKUVA KASVATUS.....	14
8. POHDINTA .....	15
LÄHTEET.....	17

## 1. JOHDANTO

Suomessa sekä uhanalaisten että muidenkin Punaisen listan lajien tärkein elinympäristö ovat metsät (Hyvärinen ym. 2019). Suomen lajien uhanalaisuusarvioinnin mukaan määrällisesti eniten uhanalaisia lajeja löytyy kasvien joukosta kaikkien ympäristöjen putkilokasveista, jäkälistä ja sammalista. Uhanalaisuusarvioinnin mukaan metsätaloudesta aiheutuvat häiriöt ovat pääsyynä 733 lajin uhanalaisuuteen, ja yli puolella lajeista on syynä vanhojen metsien, lahoppuun ja suurten puiden vähyys. Metsien hoito- ja uudistamistoimenpiteet ovat ensisijaisena syynä neljännekselle uhanalaisista lajeista (Hyvärinen ym. 2019).

Reinikaista ym. (2000) mukaillen Suomen metsät ovat pitkään olleet avainasemassa myös ihmisten selviämiseksi ja Suomen taloudelle. Metsävaroja on hyödynnetty aluksi kaskiviljelyn muodossa ja nykyisin suurissa määrin teollisuuden tarpeisiin. Suuria ja nopeita muutoksia kasvillisuuteen aiheuttavat hakkuut ja maanpinnan käsittely. Näiden seurauksena metsien ikärakenteessa ja erityisesti puuston keskutilavuudessa on tapahtunut muutoksia. Myös reunavaikutusalueiden määrä on lisääntynyt.

Reinikaisen ym. (2000) kirjassa “Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa” on käytetty tarkastelussa pohjana valtakunnan metsien inventointeja (VMI) ja niiden avulla tehtyjä kasvillisuuskartoituksia, ja se toimiikin tämän tutkielman tarkastelun lähtökohtana. Suurin osa Suomen metsistä sijaitsee happamalla kallioperällä ja kangasmetsämme kasvavat podsolimaannoksella (Reinikainen ym. 2000). Tämän vuoksi VMI-aineisto keskittyy lähinnä kangasmetsäkasvillisuuteen, eikä metsänkäsittelyn vaikutuksia voi yleistää muun tyyppisiin metsiin. Metsänkäsittelyllä tarkoitetaan tässä tutkielmassa metsätaloudellisista syistä metsän puustolle ja muulle kasvillisuudelle ja metsämaaperälle tehtyjä toimenpiteitä. Tutkielman tavoitteena on tehdä tiivistetty katsaus tutkimuksista, joita on tehty metsäkasvillisuuden muutoksista ihmistoiminnan aiheuttaman metsien ja maanpinnan käsittelyn sekä kulotuksen seurauksena. Tarkoituksena on selvittää, minkälaisia muutoksia lajistossa tapahtuu käsittelyjen seurauksena. Tutkielmassa tarkastellaan ainoastaan kivennäismaita, joten suokasvillisuus on jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Pääpainoalue tarkastelulle on Suomi.

Tutkielman kysymyksiä: Minkälaisia lajistollisia muutoksia metsän käsittelyn seurauksena tapahtuu? Minkälaisia vaikutuksia metsän käsittelyllä on kasvien peittävyteen? Palautuuko metsäkasvillisuus käsittelyiden jälkeen ennalleen? Mitä kestävä metsänkäsittely tarkoittaa ja minkälaisia hyötyjä sillä on luonnon kannalta?

## 2. MUUTTUVAT KASVUOLOSUHTEET JA KASVIEN SELVIÄMINEN

Metsänkäsittely muuttaa kasvuolosuhteita metsissä ja asettaa kasveille sopeutumishaasteita, joihin kasvit vastaavat kasvustrategioidensa mukaisesti. Grime (1977) on esittänyt kasvien CSR-strategiat erilaisten häiriö ja stressiolosuhteiden kautta, yhdistelemällä sekä korkean ja matalan stressin että korkean ja matalan häiriön olosuhteita. Näistä saadaan neljä eri yhdistelmää, joista korkean stressin ja häiriön olosuhteet eivät sovellu kasvien kasvuolosuhteiksi stressin estäessä kasvien uusiutumisen häiriöistä. Tämä jättää jäljelle kolme kasvuolosuhdetta, joiden kautta strategiat muodostetaan. Ensimmäinen strategia on kilpailustrategia, missä kasvit kilpailukykyensä ansiosta selviytyvät matalan stressin ja häiriön olosuhteissa. Toinen on stressinsietostrategia, jossa stressin taso on korkea, mutta häiriön matala. Tällaiset ympäristöt ovat kuivia, karuja ja ravinneköyhiä. Kolmas on ruderaattistrategia (engl. ruderal), missä häiriötä on paljon, mutta stressiä vähän. Tällaiset lajit ovat sopeutuneet nopeasti levittäytymään häiriön kokeneille alueille.

### 2.1. Abioottiset tekijät

Puuston hakkuut aiheuttavat kasvupaikoille muutoksia esimerkiksi valon ja ravinteiden suhteen. Lambersin ym. (2008) mukaan latvuston alla valon määrä vähenee eksponentiaalisesti siirryttäessä latvustosta kohti kenttäkerrosta, johtuen lehtialaindeksistä (LAI) eli lehtikerrosten määrästä tai lehtien kokonaispinta-alasta kenttäkerroksen pinta-alaan nähden. Lambersin ym. (2008) mukaan latvus absorboi suuren osan fotosynteesin kannalta aktiivista säteilyä (PAR), jonka aallonpituus on 400-700 nanometriä. PAR-säteilystä vain alle 10 % läpäisee latvuserroksen. Lambersin ym. (2008) mukaan myös säteilyn laadussa tapahtuu muutos; punaisen (R) ja pitkäpunaisen (FR) säteilyn suhde (R/FR) muuttuu, kun FR-säteily läpäisee latvuston R-säteilyä paremmin. Tämä vaikuttaa kasvin fytochromipigmentteihin, joiden avulla kasvi kykenee havaitsemaan varjostuksen ja tätä kautta mukautumaan olosuhteiden vaatimalla tavalla.

Valon määrän muutokset hakkuiden seurauksena olivat nähtävillä Tonterin ym. (2016) tutkimuksessa, jossa tutkittiin harvennus- ja avohakkuun vaikutuksia kasvillisuuteen. Harvennushakkuun jälkeen paikalla runsastuivat varjoon ja puolivarjoisiin olosuhteisiin sopeutuneet lajit, jotka taas vähenivät huomattavasti avohakkuun jälkeen. Avohakkuun jälkeen runsastuivat valoa vaativat lajit, jotka puolestaan vähenivät harvennushakkuun jälkeen.

Metsänkäsittelytoimenpiteet aiheuttavat muutoksia myös ravinnetilanteessa. Piiraisen ym. (2015) 10-vuotisen tutkimuksen mukaan avohakkuun yhteydessä paikalle jäävästä orgaanisesta aineesta vapautuu maahan hiiltä, typpeä ja kivennäisaineita, jotka voivat lyhytaikaisesti lisätä metsänpohjan ravinnevarastoja. Avohakkuulla ei kuitenkaan tämän tutkimuksen mukaan ole pitemmän aikavälin vaikutuksia maaperän ravinnevarastoihin. Hiilen oletetaan tutkimuksen mukaan vapautuvan ilmaan hiilidioksidiksi hajotusprosessien seurauksena ja typpi käytetään nopeasti kasvien ja mikrobien toimesta. Liukoisista typpiyhdisteistä nitraattia huuhtoutuu maanmuokkauksen seurauksena myös pois maaperästä, esimerkiksi pinta- ja pohjavesiin (Kubin, 1998).

Valtakunnan metsien inventoinnista (Reinikainen ym. 2000) saadussa pitkäaikaisseuranta-aineistossa on huomattu kasvupaikkojen muuttuminen rehevämmiksi koko Suomessa. Syyksi tähän on epäilty typen saatavuuden lyhytaikaista paranemista metsän avohakkuiden ja maanpinnan käsittelyn seurauksena. Myös typpilaskeumaa ehdotetaan osasyiksi rehevöitymiselle.

## 2.2. Kilpailu

Typen määrä on boreaalisissa havumetsissä merkittävä kasvua rajoittava tekijä, ja sen määrän lisääntyminen voi vaikuttaa kasvilajien välisiin kilpailusuhteisiin (Reinikainen ym. 2000). MacArthurin ja Wilsonin (1967) kehittämän mallin mukaan strategiat kilpailun suhteen voidaan jakaa r ja K –strategioihin. r-strategia sopii valloittamattomiin ympäristöihin eli kasvi tuottaa paljon siemeniä ja leviää tehokkaasti uusille alueille. K-strategiassa taas pyritään selviämään tehokkaasti vähemmällä resursseilla ympäristössä, jossa tilaa ei ole rajattomasti käytössä. K-strategistit tuottavat vain muutamia siemeniä. Esimerkiksi metsäkerrossammalen (*Hylocomium splendens*) strategia sopii K-strategiaan, sillä se häviää avohakkuun jälkeisessä kilpailussa heinämaisille kasveille (Tonteri ym. 2016), mutta runsastuu hakkaamattomissa metsissä (Tonteri ym. 2013). Heinämäiset kasvit hyötyvät lisääntyneestä valomäärästä sekä hakkuun yhteydessä vapautuneista ravinteista, ja voivat käyttää niitä nopeasti hyödyksi (Tonteri ym. 2016). Näin ollen heinämaisten kasvien strategia sopii r-strategiaan.

## 2.3. Lahopuu

Lahopuun vähentyminen metsissä on yksi lajien uhanalaistumista aiheuttava tekijä ja toiseksi tärkein syy metsälajien häviämiseksi, sillä useat uhanalaiset lajit vaativat elinympäristöltään lahopuuta (Hyvärinen ym. 2019). Toistuvat harvennukset vähentävät lahopuun määrää

metsissä (Muurinen ym. 2019). Hautala ym. (2002) olivat tutkineet lahopuun määrän muutoksia jäännöspuuhakkuiden (joissa osa puustosta jätetään hakkaamatta) ja äestyksen (jossa osa humuksesta poistetaan ja kivennäismaata paljastetaan) jälkeen Suomessa. Tulosten mukaan hakkuut ja äestykset tuhosivat suuren osan lahopuusta ja sen määrä vähentyi myös alueelle jätetyissä jäännöspuuryhmissä. Tulosten mukaan oli myös arvioitu, että kuluneen 30 vuoden aikana tehtyjen hakkuiden ja metsämaan muokkauksen takia Suomen metsistä on hävinnyt 4-6 miljoonaa kuutiometriä lahopuuta. Tulevaisuudessa hakkuiden yhteydessä olisi siis entistä enemmän kiinnitettävä huomiota lahopuun säilyttämiseen metsänkäsittelyn yhteydessä.

#### 2.4. Hiilen varastointi metsiin

Noin kolmasosa maailman metsiin sitoutuneesta hiilestä on sitoutuneena boreaalisiin metsiin (Pan ym. 2011). Kuten Piiraisen ym. (2015) tutkimuksessa aiemmin todettiin, hakkuutähteistä ja vanhasta puusta vapautuu hiiltä, josta osa palaa ilmakehään hiilidioksidiksi ja osa varastoituu metsämaahan orgaaniseksi aineeksi. Tutkimuksessa mitatut hakkuun jälkeiset arvot olivat aiemmista tutkimuksista saatuihin tuloksiin verrattuna alhaisempia. Tähän esitettiin mahdolliseksi syyksi metsäkonekaluston aiheuttamaa puuaineksen mekaanista pirstoutumista ja vaurioita, mikä mahdollisesti nopeutti maaperän mikrobien hajotustoimintaa.

Triviño ym. (2015) olivat tutkineet seitsemää eri metsänkäsittelystrategiaa hiilen varastoinnin ja sitomisen sekä puun myymisestä saatujen tulojen kannalta. Paras strategia hiilen varastoinnin ja sitomisen kannalta oli suojelustrategia ja paras puun myymisestä saatujen tulojen perusteella oli talousmetsän hoidon suosituksia noudattava, harvennuksen ja avohakkuun sisältävä strategia. Parasta yksittäistä strategiaa molempien kannalta ei löytynyt, mutta nykyistä tilannetta voisi parantaa hiilensidonnan kannalta metsän kiertoaikaa pidentämällä ja harvennuksien tekemättä jättämisellä.

#### 2.5. Sukkessio ja resilienssi

Sukkessio tarkoittaa toisen kasviyhteisön asteittaista syrjäyttämistä toisen kasviyhteisön toimesta (Helms, 1998). Luonnontilaisissa metsissä sukkessio etenee kohti epätasaista ikärakennetta, mutta häiriöt, kuten metsäpalot tai myrskyt, voivat muuttaa rakenteen tasaikäiseksi (Shorohova ym. 2009). Luontaisen sukkession tai kuloalueiden väheneminen on nimetty yhdeksi viidestä uhanalaisuuden syystä tai uhkatekijästä Suomen metsissä (Hyvärinen

ym. 2019). Boreaalisella vyöhykkeellä luonnollisesti etenevä suknessioperiodi voi olla alueen olosuhteista riippuen 600-700 vuotta (Shorohova ym. 2009). Pohjoisissa talousmetsissä suknessioperiodi vaihtelee alueesta ja dominoivasta puulajista riippuen 56-130 vuoden välillä (Felton ym. 2017).

Luonnolliset tai ihmisen aiheuttamat häiriöt vaikuttavat kasveihin monella tapaa, minkä vuoksi kasvien on kyettävä sopeutumaan näihin muutoksiin. Tätä kykyä kutsutaan resilienssiksi, ja se voidaan määritellä kasviyhteisön kyvyksi säilyttää tai saada takaisin normaali toimintakyky ja kasvu häiriön jälkeen (Helms, 1998).

### 3. PUUSTO

Suomen viimeisimpien metsätilastojen (Vaahtera ym. 2018) mukaan Suomen maa-alasta 86 % on metsätalousmaata, eli 26,2 miljoonaa hehtaaria. Tästä 77 % on metsämaata, johon sisältyy muun muassa kasvultaan huonoa kitumaata ja vähäpuista joutomaata, sekä metsäautoteitä ja muuta metsätalouden huoltomaata. Metsämaan puuston tilavuus on 2473 miljoonaa kuutiometriä, josta puolet on mäntyä (*Pinus sylvestris*), 30 % kuusta (*Picea abies*), 17 % koivua (*Betula sp.*) ja jäljelle jäävä osa muita lehtipuita. VMI-aineiston mukaan puuston keskitilavuus on kasvanut 1950-luvulta, sillä metsät ovat metsänkäsittelyiden vaikutuksesta tiheämpiä kuin aiemmin (Reinikainen ym. 2000). Sama asia on nähtävillä myös Ruotsin puuston tilavuudesta (Nilsson ym. 2019).

Viimeisimpien metsätilastojen mukaan (Vaahtera ym. 2018) puustolla on kokonaisbiomassaa 1745 miljoonaa tonnia. Kokonaiskasvu vuodessa metsämaalla on noin 107 miljoonaa kuutiometriä. Määrä on lähes kaksinkertaistunut verrattaessa sitä 1950-luvulle. Tähän ehdotetaan syyksi huonokasvuisten metsien uudistamista, soiden ojituksia, täyspuustoisuutta kasvatusmetsissä, taimi- ja siemenmateriaalin jalostusta metsänviljelyyn, mutta myös kasvukausien lämpenemistä ja mahdollista typpilaskeumaa (Vaahtera ym. 2018).

Reinikaisen ym. (2000) käsittelemän VMI-aineiston mukaan männyn määrä metsissämme on kasvanut 1950-luvulta lähtien johtuen sen suosimisesta metsänuudistamistoimenpiteiden yhteydessä ja soiden ojituksista. Myös Ruotsissa männyn määrä on kasvanut 1950-luvulta lähtien (Nilsson ym. 2019). Osa männyn määrän lisääntymisestä Suomessa johtuu kuitenkin Reinikaisen ym. (2000) mukaan siitä, että metsämaaksi lasketaan nykyisin enemmän alueita kuin aikaisemmin. Kuusen määrä on vähentynyt erityisesti pohjoisessa (Reinikainen ym. 2000), kun taas Ruotsissa sen määrä on noussut lähes samalla tavalla kuin männyn (Nilsson

ym. 2019). VMI-aineiston mukaan (Reinikainen ym. 2000) koivu- ja leppävaltaiset metsät ovat vähentyneet, kun taas haapavaltaiset metsät ovat lisääntyneet. Kuusi on lisääntynyt lehtipuuvaltaisten metsien alueella, samaan aikaan kun lehtipuut ovat vähentyneet. Lehtipuiden tilavuus on kuitenkin kasvanut, mikä kertoo siitä, että lehtipuusekametsien määrä on lisääntynyt. Lehtipuiden tilavuus on kasvanut myös Ruotsissa (Nilsson ym. 2019).

VMI-aineiston mukaan (Reinikainen ym. 2000) vanhojen metsien määrä on suurin Itä- ja Pohjois-Lapissa, kun taas Etelä-Suomessa niitä on vähiten. Myös Ruotsissa eniten vanhoja metsiä on Pohjois-Ruotsissa (Nilsson ym. 2019). Suojelualueet lisäävät vanhojen metsien määrää, ja suojeltua metsää on eniten pohjoisessa ja valtion mailla. Ikää paremmin metsien kehitysvaiheita kuvaavat kehitysluokat, sillä metsä kasvaa erilaisilla paikoilla sekä ilmaston että maaperän vaikutuksesta eri tavalla (Reinikainen ym. 2000).

#### 4. MUUT METSÄKASVIT

Aluskasvillisuus voidaan jakaa kenttä- ja pohjakerrokseen (Reinikainen ym. 2000). Kenttäkerroksen kasveiksi katsotaan heinämäiset kasvit, varvut, ruohot ja lyhyet (alle 50 cm korkeat) pensaiden ja puiden taimet. Pohjakerroksen kasveja ovat sammalet ja jäkälät.

Reinikaisen ym. (2000) käsittelemän VMI-aineiston mukaan Suomen metsäkasvilajisto on säilynyt lähes muuttumattomana viimeisimmän 50 vuoden ajan. Muutoksia on kuitenkin tapahtunut lajien runsaussuhteissa, kun runsaimmat lajit ovat taantuneet ja harvinaisemmat yleistyneet. Muutoksia on tapahtunut erityisesti aitosammalissa ja ruohoissa. Aitosammalissa useita lajeja on noussut sadan yleisimmän joukkoon, kun taas ruohoista useita lajeja on pudonnut sadan yleisimmän joukosta. Kasvillisuuden kokonaispeittävyys on myös laskenut (Reinikainen ym. 2000), kuten myös Ruotsissa (Nilsson ym. 2019). Valta-asemaa pitäneiden varpujen peittävyys on vähentynyt eniten, ja sammalet ovat ottaneet niiden paikan peittävyudessa, vaikka niidenkin kokonaispeittävyys on vähentynyt (Reinikainen ym. 2000). Tonterin ym. (2013) tutkimuksen mukaan tutkimusaloilla suurimmat syyt kasvillisuuden muutoksiin ovat metsän käsittely ja luonnollinen sukkessio.

##### 4.1. Pensaat

Pensaisiin kuuluvat matalien puuvartisten kasvien joukko, joihin luetaan myös tietynmittaiset puuntaimet (Reinikainen ym. 2000). Reinikaisen ym. (2000) käsittelemän VMI-aineiston mukaan pensaslajien yleisyydessä kolmen yleisimmän puulajien taimet (kuusi, mänty ja



hieskoivu (*Betula pubescens*)) menevät aitojen pensaslajien edelle. Yleisin varsinainen pensaslaji Suomessa on kataja (*Juniperus communis*), ja sen esiintyminen on säilynyt suhteellisen tasaisena, ollessaan yksin samaa luokkaa kuin muiden lajien yhteispeittävyys. Sen jälkeen yleisimpiä pensaslajeja ovat pajut, joista yleisin on kiiltopaju (*Salix phylicifolia*). Pensaskerroksen peittävyys on suurinta nuorissa metsissä.

Tonterin ym. (2013) tutkimustuloksissa pensaiden lajimäärä ja peittävyys ovat lisääntyneet koko Suomen alueella kaikilla kasvupaikoilla vuosina 1985-2006. Sekä kuivissa että kosteammissa hakkaamattomissa metsissä pensaiden peittävyys on pysynyt melko matalana. Pensaiden peittävyys kasvoi harvennushakkuiden jälkeen lyhyen aikaa, mutta pian trendi kääntyi laskuun sekä tuoreissa että kuivissa metsissä. Avohakkuiden jälkeen pensaiden peittävyys kasvoi huomattavasti, kunnes kääntyi laskuun. Pensaiden vaste tässä tutkimuksessa on ruderaattistrategian mukainen.

#### 4.2. Varvut

Varvut ovat puuvartisia, monivuotisia, pensaita matalampia kasveja (Reinikainen ym. 2000). VMI-aineistossa varpulajisto oli pysynyt Suomessa melko vakaana, ja ne ovat peittävyydeltään kenttäkerroksen kasvillisuuden vallitseva ryhmä. Reinikaisen ym. (2000) mukaan merkittäviä varpujen menestymiseen vaikuttavia tekijöitä ovat metsänkäsittelytoimenpiteet. Puuntuotantoa lisäävät toimenpiteet ovat aluksi varpuisuutta vähentäviä, mutta varvut säilyvät alueilla ja pystyvät sukkession edetessä jälleen runsastumaan.

Myös varpujen lajimäärä ja peittävyys oli kasvanut Tonterin ym. (2013) tutkimuksen aikana koko Suomen alueella. Nuorissa ja hakkaamattomissa metsissä varpujen määrä on lisääntynyt, mutta lajien välisiä muutoksia on huomattavissa. Esimerkiksi mustikan (*Vaccinium myrtillus*) peittävyys on pysynyt samanlaisena, mutta puolukan (*Vaccinium vitis-idaea*) on vähentynyt ravinteikkailla paikoilla ja lisääntynyt ravinneköyhemmillä paikoilla. Kanervan (*Calluna vulgaris*) peittävyys on taas käyttäytynyt päinvastoin kuin puolukan nuorissa, hakkaamattomissa metsissä. *Vaccinium* -suvun varpujen peittävyys lisääntyi myös harvennushakkuiden seurauksena, mutta kanervan peittävyys pysyi pitkään matalana harvennushakkuiden jälkeen. Mustikka kärsi avohakkuista huomattavasti, eikä ollut palautunut 20 vuoden jälkeen kuin yhden neljäsosan siitä, mikä oli sen peittävyys ennen hakkuuta. Puolukka palautui nopeasti lähes hakkuuta edeltävään tilaan 20

vuodessa. Muutoksia voidaan selittää suknessiolla, lajienvälisellä kilpailulla, kenttäkerroksen kokonaisbiomassan määrän lisääntymisellä ja seuranta-ajan vähäisellä sademäärällä. Suknession vuoksi esimerkiksi valon määrä ja kosteus vaihtelevat kasvupaikoilla (Tonteri ym. 2013). Tässä mainittujen varpujen vasteet ovat suurilta osin CSR-strategioista kilpailustrategian mukaisia.

#### 4.3. Heinä- ja vihviläkasvit

Heinä- ja vihviläkasvit luokitellaan usein englanninkielisissä artikkeleissa kuuluvaksi ryhmään “graminoids”, eli heinämäiset kasvit, minkä vuoksi niitä käsitellään myös tässä yhdessä. Alla on kuitenkin hieman tietoa ryhmistä erikseen.

Reinikaisen ym. (2000) kirjan VMI-aineiston mukaan heinäkasvien lajimäärä on vähentynyt tarkasteltaessa 200 yleisimmän kasvilajin joukkoa. Useat heinät ovat pioneerilajeja, jotka hyötyvät valoa lisäävästä metsän käsittelystä ja hakkuista. Ne siis runsastuvat nopeasti suknession alkuvaiheessa, mutta myös vähenevät nopeasti metsän tihentyessä (Reinikainen ym. 2000). Näsholmin ym. (2004) työssä tutkittiin, riippuuko metsälauhan (*Deschampsia flexuosa*) leviämisen enemmän typen vai valon saatavuudesta. Verrattaessa metsälauhan kasvua eri tyyppikäsittelyillä, ja vähentämällä mustikasta aiheutuvaa varjostusta huomattiin, että mustikan varjostuksen vähentäminen lisäsi merkittävästi metsälauhan vuotuista biomassan ja lehtien tuotantoa. Typen lisäyksellä ei ollut metsälauhan vuotuisen biomassan tuotantoon vaikutusta.

Vihviläkasveihin kuuluvat vihvilät ja piipot, ja Reinikaisen ym. (2000) käsittelemän VMI-aineiston mukaan vihvilöitä esiintyy Suomessa noin parikymmentä eri lajia, joista yleisin on jousivihvilä (*Juncus filiformis*). Muut vihvilät ovat melko harvalukuisia. Piipoista yleisin on kevätpiippo (*Luzula pilosa*), joka on yleinen lähes koko maassa. Piipot hyötyvät ympäristön häiriöistä, kuten hakkuista ja metsäpaloista.

Tonterin ym. (2013) tuloksissa heinämäisten kasvien lajimäärä oli kasvanut ravinteikkailla kasvupaikoilla tutkimuksen aikana vuosina 1985-2006. Niiden peittävyys laski kuitenkin nuorissa, hakkaamattomissa metsissä ja edelleen harvennushakkuiden jälkeen, kunnes avohakkuiden jälkeen niiden lajimäärä ja peittävyys jälleen lisääntyi ja kääntyi laskuun vasta 20 vuoden päästä hakkuiden jälkeen, kun kasvupaikat muuttuivat varjoisemmiksi ja kilpailu lisääntyi. Heinämäisten kasvien vaste avohakkuihin sopii ruderaattistrategiaan.

#### 4.4. Ruohot

Ruohojen osalta vaihtuvuus on ollut myös kohtuullisen suurta VMI-aineiston mukaan ja niiden lajimäärä on laskenut 200 yleisimmän kasvin joukossa. Reinikaisen ym. (2000) mukaan ruohoja esiintyy kivennäismailla kuivimpia paikkoja lukuun ottamatta kaikkialla, mutta ne ovat runsaimpia kosteilla ja ravinteisilla kasvupaikoilla lehdoissa. Metsätalous lisää pioneerilajeille hyödyllisten hakkuuaukeiden ja toisaalta myös sukkession loppuvaiheen kasvien kannalta tärkeää varjostavan puuston määrää (Reinikainen ym. 2000).

Kuten yllä heinien ja vihvilöiden kohdalla, Tonterin ym. (2013) tuloksissa oli myös ruohojen osalta lajimäärän kasvua ravinteikkailla kasvupaikoilla, mutta laskua nuorissa, hakkaamattomissa metsissä. Harvennushakkuiden yhteydessä ei huomattu selviä muutoksia ruohojen osalta, mutta avohakkuiden jälkeen myös ruohojen peittävyys ja lajimäärä lisääntyi, ja kääntyi laskuun vasta 20 vuoden päästä hakkuista, kuten edellä heinämaisten lajien kohdalla. Myös monien ruohojen vaste sopii ruderaattistrategiaan.

#### 4.5. Sammalet

Sammalet jaetaan lehti- maksa- ja sarvisammaliin ja lehtisammalet jaetaan vielä aito- ja rahkasammaliin (Reinikainen ym. 2000). Reinikaisen ym. (2000) VMI-aineistossa sadan yleisimmän kasvilajin joukkoa tarkasteltaessa eniten vaihtuvuutta on tapahtunut sammalien joukossa ja erityisesti aitosammalissa, sillä niiden lajimäärä on kasvanut tarkasteltaessa 200 yleisimmän kasvin joukkoa.

Reinikaisen ym. (2000) kirjassa todetaan sammaleiden taantuvan metsänkäsittelyn seurauksena, mikä onkin aiheuttanut niiden elintilan pienenemistä ja lajirunsauden vähentymistä. Sammalet tarjoavat muiden kasvien juuristolle ja sienille tiheän kasvustonsa alla vakaat oltavat, mutta toisaalta ne ovat itämisalustana huonoja ja ottavat tehokkaasti käyttöönsä sadeveden mukana tulleet ravinteet (Reinikainen ym. 2000). Erityisesti seinäsammal (*Pleurozium schreberi*) on merkittävästi osallisena boreaalisten metsien typen kierrossa sammalen pinnalla elävien syanobakteerien typensidonnan ansiosta (DeLuca ym. 2002), ja koskemattomien sammallaikkujen jättäminen käsiteltyyn metsään olisi suositeltavaa typen sitomisen ja metsän pitempiaikaisen typen saannin edistämisen kannalta (Stuiver ym. 2016).

Tonteri ym. (2013) tutkimuksessa sammaleiden peittävyys kasvoi nuorissa, hakkaamattomissa metsissä ja kääntyi pieneen laskuun, mutta palautui nopeasti harvennushakkuiden jälkeen. Avohakkuista kärsivät erityisesti ravinteikkailla paikoilla viihtyvät sammat sekä sammat, jotka kestävät huonosti valomäärän lisääntymistä, kuten metsäkerrossammal (*Hylocomium splendens*). Lajienvälistä vaihtuvuutta tapahtui ravinteikkauden mukaan. Vähäravinteisemmilla paikoilla lisääntyivät seinäsammal ja kynsisammalet (*Dicranum spp.*), kun metsää ei hakattu. Ravinteikkaammilla paikoilla taas kynsisammalet vähentyivät ja metsäkerrossammal lisääntyi hakkaamattomissa metsissä. Sammaleiden vaste sopii CSR-strategioista kilpailustrategiaan.

#### 4.6. Jäkälät

Jäkälälajien esiintyminen Suomen sadan yleisimmän lajin joukossa on pysynyt vakaana vaikkakin niiden peittävyys on vähentynyt huomattavasti 1950-luvulta lähtien (Reinikainen ym. 2000). Reinikaisen ym. (2000) mukaan jäkälät tulevat parhaiten toimeen kuivilla ja kylmillä paikoilla, missä muut kasvit eivät menesty. Hidaskasvuisuuden vuoksi uhanalaisten jäkälien suurin uhka on metsänkäsittelyjen aiheuttamat muutokset ympäristössä, kun metsien ikärakenne tasoittuu ja kiertoaika on lyhyt. Roturierin ym. (2011) tutkimuksen mukaan poronjäkälän (*Cladonia sp.*) peittävyys oli palautunut alle 40 % ja biomassa vain 24 %, kun äestyksestä oli kulunut 15 vuotta. Jäkälän toipuminen metsänkäsittelyn aiheuttamista muutoksista voikin kestää vuosikymmeniä (Tonteri ym. 2013).

Kuten Reinikainen ym. (2000), myös Tonteri ym. (2013 ja 2016) ovat seurantojen aikana huomanneet sekä jäkälän lajimäärän, että peittävyyslaskun Suomessa. Pohjois-Suomessa suurin syy jäkälän vähenemiseen johtuu porotaloudesta, mutta Etelä-Suomessa metsätalouden aiheuttama varjostuksen ja kilpailun lisääntyminen sekä maanpinnan käsittely tekevät jäkälän kasvuolosuhteista epäsuotuisimmat. Jäkälän vaste sopii näiden tutkimusten mukaan stressinsietostrategiaan.

### 5. METSÄNKÄSITTELYN INTENSITEETIN VAIKUTUS KASVILLISUUTEEN

Metsänkäsittelyn intensiteetin vaikutusta lajirikkauteen on myös tutkittu sekä erilaisten hakkuutapojen että maanpinnan rikkomisen näkökulmasta. Alla käsitellään muutamia tutkimuksia aiheeseen liittyen sekä Suomesta että muualta.

## 5.1. Maanpinnan rikkominen

Pelzerin ym. (1998) tutkimuksessa metsien maanpintaa oli rikottu erilaisilla menetelmillä. Tutkimuksen mukaan metsissä, joissa oli tapahtunut jonkinasteista häiriötä, lajirikkaus on suurempaa kuin häiriöttömissä metsissä. Myös diversiteetti ja lajien yksilöiden jakautumisen tasaisuus yhteisöön (engl. evenness) ovat merkittävästi suurempia kuin häiriöttömissä metsissä. Lajien suuremman diversiteetin häiriön kokeneissa metsissä esitettiin selittyvän heinien ja ruohojen sekä lehtipuiden/puuvartisten lajien lajimäärän lisäyksellä. Diversiteetin kasvun esitettiin voivan olla vain lyhytaikainen vaste häiriöön, sillä diversiteetti kasvaa useita vuosia häiriön jälkeen, kunnes se kääntyy laskuun. Häiriön intensiteetillä ei ollut vaikutusta lajiversiteettiin, mutta intensiteetin kasvaessa heinien ja ruohojen peittävyys kasvoi.

## 5.2. Osittaiset hakkuut

Osittaisista hakkuista tutkimusta oli tehnyt Craig ja MacDonald (2003). Tutkimuksessa oli verrattu avohakkuun, sekä eri jäännöspuun osuuksilla hakattujen metsien aluskasvillisuuden lajistoa ja sen kehittymistä kahdeksan vuoden ajan boreaalisessa sekametsässä. Jätetyn puuston määrällä ei ollut vaikutusta lajimääriin, mutta aluskasvillisuuden peittävyys kasvoi mitä enemmän puita hakattiin. Tutkimuksessa todettiin erityisesti heinämäisten kasvien peittävyyden lisääntyvän hakkuuprosentin kasvaessa. Aluskasvillisuuden muutokset olivat sitä suurempia, mitä enemmän puita alueelta poistettiin. Tutkimuksessa huomattiin merkitsevä ero 10 % ja 20 % puunjätöosuuksien käsittelyiden välillä, sillä 10 % jätöosuuden tutkimusmetsän aluskasvillisuus muistutti vielä kahdeksan vuoden jälkeen käsittelystä enemmän avohakkuun läpikäyneen metsän aluskasvillisuutta. Suuremman eli 20 % jätöosuuden tutkimusmetsä taas muistutti kahdeksan vuoden jälkeen enemmän 50 % jätöosuuden metsää, eli aluskasvillisuus toipui nopeammin kuin tätä alhaisemman jätöosuuden tutkimusmetsässä.

MacDonald ym. (2003) olivat myös tehneet tutkimusta osittaisen hakkuun vaikutuksesta taloudellisesti tärkeisiin havupuihin ja erityisesti tutkimusalueella Ontariossa tavattavaan palsamipihtaan (*Abies balsamea*) boreaalisessa sekametsässä. Oletuksena oli, että varjostavan katoksen jättäminen alueelle estäisi kilpailevien kasvien (varvut ja lehtipuut) kasvua. Tutkimuksessa todettiin, että osittaiset hakkuut hyödyttävät havupuita siinä mielessä, että suuremmat puut suojaavat myrskytuhoilta ja vähäravinteisilla alueilla tarjoavat typpilisäystä. Muuten osittaista hakkuuta ei voida suositella tutkimuksen mukaan ainakaan palsamipihtan

osalta taloudellisessa mielessä, sillä lehtipuut ja varvut ovat tehokkaampia kilpailijoita, ja vähensivät havupuiden kasvua. Metsien monimuotoisuus voi kuitenkin lisätä esimerkiksi maaperän ravinteisuutta, vastustuskykyä tuholaisille sekä ympäristön diversiteettiä. Tutkimuksessa oli keskitytty lähinnä yhteen lajiin, minkä vuoksi myös muiden havupuiden osalta tarvitaan jatkotutkimuksia (MacDonald ym.2003).

### 5.3. Metsänkäsittelyn intensiteetistä tehtyjä tutkimuksia Suomesta ja Ruotsista

Esimerkiksi Muurinen ym. (2019), Tonteri ym. (2016) ja Bergstedt ja Millberg (2001) ovat tutkineet hakkuun intensiteetin vaikutusta aluskasvillisuuteen. Muurisen ym. (2019) työssä tutkittiin 93 vuoden aikana kahdesti eri intensiteeteillä suoritettua harvennushakkuun pitkäaikaisvaikutuksia aluskasvillisuuteen Pohjois-Suomessa. Kasvillisuusinventoinnit tehtiin kolme kertaa tutkimuksen aikana. Tutkimuksessa todettiin, että suurimman intensiteetin harvennuksilla oli suurimmat pitkäaikaisvaikutukset aluskasvillisuuteen ja lahopuun määrään.

Tonteri ym. (2016) tutkivat harvennushakkuun ja avohakkuun vaikutuksia 11 tavalliseen metsäkasvilajiin eri puolilla Suomea 21 vuoden ajan. Avohakkuulla oli tutkimuksen mukaan suurempia vaikutuksia aluskasvillisuuteen kuin harvennushakkuilla. Harvennushakkuiden vaikutus aluskasvillisuuteen oli sekä pienempi, että päinvastainen avohakkuuseen verrattuna, sillä myös varjokasvit ja puoliksi varjossa viihtyvät kasvit hyötyivät niistä. Harvennushakkuista kärsivät ainoastaan kaikista eniten valoa vaativat lajit.

Bergstedt ja Millberg (2001) olivat tutkineet hakkuun intensiteetin vaikutusta kenttäkerroksen kasvillisuuteen 16 eri kasvilajissa ja ryhmässä 10 ja 11 vuoden intervalleissa Keski- ja Pohjois-Ruotsin havupuumetsissä. Tuloksista selvisi, että suurimpana selittävänä tekijänä metsäkasvillisuuden muutoksille toimi hakkuun intensiteetti, mutta kasvien vasteet hakkuun intensiteetille eivät olleet suoraviivaisia. Mustikan kohdalla tutkimuksessa todettiin voimakasta vähenemistä hakkuiden vaikutuksesta, mutta ei selvää intensiteetistä johtuvaa lineaarista vähenemistä. Mustikka reagoi hakkuihin voimakkaasti myös Tonterin ym. (2013, 2016) aiemmissa tutkimuksissa.

## 6. KULOTUKSEN VAIKUTUS KASVILLISUUTEEN

Kulotuksen käyttö metsienhoidossa on vähän tutkittu aihe, mutta seuraavassa muutamia tutkimustuloksia sen vaikutuksesta kasvillisuuteen. Pidgen ja Mallik (2013) tutkivat

avohakkuun ja kulotuksen yhteisvaikutusta aluskasvillisuuteen ja sen ominaisuuksiin 15-37 vuotta häiriön jälkeen Kanadassa. Kulotuksen tekeminen avohakkuualueelle edisti kasvua erityisesti varhaisen sukcession lajeilla. Ominaisuuksia, joita näihin lajeihin yhdistettiin, ovat esimerkiksi tuulen mukana leviäminen ja siementen jääminen siemenpankkiin pitkäksi ajaksi. Kasviyhteisöt olivat merkittävästi erilaisia alueilla, joilla oli tehty sekä avohakkuu että kulotus kuin alueilla, joilla häiriönä oli ollut ainoastaan avohakkuu tai metsäpalo. Tämän arveltiin johtuvan avohakkuun ja kulotuksen yhdistelmänä tapahtuneesta kasviyhteisön suodattumisesta kahden perättäisen häiriön läpi.

Kulotuksen vaikutusta kasvillisuuteen olivat tutkineet myös Franklin ym. (2019), joiden työssä selvitettiin putkilokasvien vasteita jäännöspuuhakkuun ja kulotuksen yhteisvaikutuksessa yhden, kuuden, 11 ja 12 vuoden jälkeen kulotuksesta boreaalisella vyöhykkeellä eri metsätyypeillä. Tutkimuksen mukaan vain lehtimetsässä oli huomattavia eroja lajirikkaudessa ja peittävydessä, kun verrattiin jäännöspuuhakkuun ja kulotuksen jälkeisiä tuloksia pelkän jäännöspuuhakkuun tuloksiin, mutta ero saattoi johtua kulotuksen ajankohdasta, mikä oli kolme vuotta jäännöspuuhakkuun jälkeen lehtimetsäaloilla ja vuosi jäännöspuuhakkuun jälkeen havumetsäaloilla. Metsäpaloista hyötyvät lajit hyötyivät kulotuksista.

## 7. METSÄN JATKUVA KASVATUS

Metsävaroja hyödynnettäessä olisi hyvä muistaa, että metsäkasvillisuus toimii kahteen suuntaan. Aluskasvillisuus toimii tärkeänä tekijänä esimerkiksi ravinnekierron kannalta (Reinikainen ym. 2000), mutta latvuskerros säätelee esimerkiksi aluskasvillisuudelle tulevan valon määrää ja laatua (Lambers ym. 2008).

Metsän jatkuvalla kasvatuksella voitaisiin päästä tuloksiin, joilla ylläolevat olosuhteet säilyisivät nykyistä paremmin. Pukkalan ym. (2011) mukaan metsän jatkuva kasvatustavoitteena on se, että metsä pidetään koko ajan peitteisenä ja siellä annetaan kasvaa eri-ikäisiä ja kokoisia puita. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että taimikonhoito jätetään useimmissa tapauksissa tekemättä, ja tulevaisuudessa harvennuksissa ja hakkuissa poistetaan huonolaatuisimmat ja suurimmat puut. Siemen- ja suojuspuiden sekä maisema- ja monimuotoisuuspuiden jättämiseen kiinnitetään huomiota, eikä avohakkuuta tehdä.

Jatkuvan kasvatustavan hyötyjä on myös tutkittu esimerkiksi puiden kasvun, biodiversiteetin ja ekosysteemipalveluiden näkökulmasta. Laihon ym. (2014) työssä tutkittiin

aluskasvillisuutena kasvavan kuusen kasvun lisäystä eri puulajien muodostaessa latvuserroksen. Kuusen kasvun lisäys oli tutkimuksessa suurempaa koivun ja männyn muodostaessa latvuserroksen kuin kuusen muodostaman latvuserroksen alla. Tutkimusalueiden välinen vaihtelu kasvun lisäyksen suhteen oli kuitenkin suurta, minkä vuoksi metsänomistajien kannattaa tutkimuksen mukaan ottaa huomioon metsänsä kasvuolosuhteet jatkuvan kasvatuksen metsässä ja soveltaa käsittelyä omalle metsälle sopivaksi. Tutkimustulos oli toisensuuntainen MacDonaldin ym. (2003) tuloksen kanssa, sillä lehtipuiden osoitettiin siinä olevan tehokkaampia kilpailijoita ja vähentävän tutkitun havupuulajin kasvua.

Peura ym. (2018) olivat verranneet tutkimuksessaan jatkuvan ja jaksollisen (avohakkuun sisältävän) metsänkasvatuksen vaikutuksia metsien biodiversiteettiin, ekosysteemipalveluihin ja monikäyttöön Suomessa. Jatkuvalla metsänkasvatuksella on tutkimuksen mukaan suuremmat mahdollisuudet säilyttää paremmin biodiversiteettiä ja suurin osa ekosysteemipalveluista, ja ne voivat tuottaa yhtäaikaaisesti useampia hyötyjä verrattuna jaksolliseen metsänkäsittelyyn. Jatkuvan ja jaksollisen metsänkäsittelyn yhdistelmä tarjosi kuitenkin paremmat ekosysteemipalvelut ja biodiversiteettiä kuin kumpikaan käsittely yksin. Tutkimuksessa korostetaan, että käsittelemättömien metsien rooli ekosysteemipalveluiden tarjoajina ja biodiversiteetin säilyttäjinä on korvaamaton, ja käsittelemättömiä laikkuja tulisi jättää käsiteltyyn metsämaisemaan.

## 8. POHDINTA

Metsänkäsittelyn vaikutukset metsäkasvillisuuteen ovat moninaiset, ja ihmisen harjoittama aktiivinen metsänkäsittely on johtanut siihen, että Suomessa on puutetta monista uhanalaisten lajien vaatimukset täyttävistä metsätyypeistä. Suomen lajien uusinta Punaista listaa (Hyvärinen ym. 2019) lukiessa erityisesti lahoppuun puute metsissä nousi tärkeäksi tekijäksi useiden harvinaisten lajien kohdalla. Ainakin tähän olisi siis luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kannalta alettava kiinnittää enemmän huomiota.

Yhdessä tutkielmassa käsitellyistä tutkimuksista (Tonteri ym. 2016) oli tutkittu myös ilmastonmuutoksen vaikutusta metsäkasvillisuuteen. Tutkimuksessa oli huomattu pieniä ilmaston lämpenemisen aiheuttamia muutoksia muutamissa kasvilajeissa, mutta toistaiseksi hakkuiden aiheuttamat muutokset olivat suurin syy metsäkasvillisuuden muutoksiin tutkimusalueella. Ilmastonmuutoksen ja metsänkäsittelyn yhteisvaikutuksia ei välttämättä



vielä ole laajasti nähtävissä tai kunnolla ennustettavissa, mutta ne voivat aiheuttaa yhdessä suurempia muutoksia metsäkasvillisuuteen kuin mitä niiden vaikutukset yksinään olisivat. Tämän vuoksi metsänkäsittelyn aiheuttamia haitallisia vaikutuksia olisi hyvä alkaa ehkäistä toteuttamalla metsänkäsittelyä kestävämmillä tavoilla.

Reinikaisen ym. (2000) ja Suomen metsätilastojen (Vaahtera ym. 2018) mukaan ilman mukana tulevat epäpuhtaudet voivat myös vaikuttaa metsäkasvillisuuden muutoksiin. Typpi- ja rikkilaskeuma vaikuttavat kasvien elintoimintoihin, ja happamoittavat elinympäristöä. Erityisen herkästi typpi- ja rikkilaskeuma näkyy sammalissa ja jäkälissä. Happamoittavan vaikutuksen ei ole kuitenkaan merkittävästi osoitettu vaikuttavan metsän maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin, mutta typpi voi myös laskeuman kautta rehevöittää maaperää, mikä aiheuttaa muutoksia kasvillisuuteen (Reinikainen ym. 2000). Tämän vuoksi voi olla vaikeaa sanoa, kuinka suuri osa rehevöitymisestä on seurausta maaperän muokkauksen aikaansaamasta typen saatavuuden paranemista ja mikä laskeumasta johtuvaa.

Kansainvälisenä tavoitteena on vuoteen 2020 mennessä pysäyttää luonnon monimuotoisuuden vähentyminen (Hyvärinen ym. 2019). Tämä vaatisi kestävämpien metsänkäsittelytapojen kunnollista käyttöönottoa ja tulevista arkipäiväisiksi toimintatavoiksi. Erityisesti Shorohovan ym. (2009) ja Peuran ym. (2018) tutkimuksia lukiessa korostui ajatus siitä, että metsänkäsittelyä suunniteltaessa on tärkeää tarkastella metsäalueita yksilöllisesti, ja eri metsänkäsittelytapoja soveltaen, sillä yhtä tiettyä jokaiselle alueelle soveltuvaa metsänkäsittelystrategiaa ei välttämättä ole olemassa. Joillakin metsillä on suurempi arvo luonnon monimuotoisuuden kannalta, ja tällaisia metsiä kannattaisi käsitellä varovaisemmin. Tällaisella metsänkäsittelyllä voitaisiin mahdollisesti päästä nykyistä kestävämpiin tuloksiin.

## LÄHTEET

- Bergstedt, J., & Milberg, P. (2001). The impact of logging intensity on field-layer vegetation in Swedish boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 154(1-2), 105-115. doi:10.1016/S0378-1127(00)00642-3
- Craig, A., & Macdonald, S. E. (2009). Threshold effects of variable retention harvesting on understory plant communities in the boreal mixedwood forest. *Forest Ecology and Management*, 258(12), 2619-2627. doi:10.1016/j.foreco.2009.09.019
- DeLuca, T. H., Zackrisson, O., Nilsson, M. & Sellstedt, A. (2002). Quantifying nitrogen-fixation in feather moss carpets of boreal forests. *Nature*, 419(6910), 917. doi:10.1038/nature01051
- Felton, A., Sonesson, J., Nilsson, U., Lamas, T., Lundmark, T., Nordin, A., . . . Roberge, J. (2017). Varying rotation lengths in northern production forests: Implications for habitats provided by retention and production trees. *Ambio*, 46(3), 324. doi:10.1007/s13280-017-0909-7
- Franklin, C. M., Nielsen, S. E. & Macdonald, S. E. (2019). Understory vascular plant responses to retention harvesting with and without prescribed fire. *Canadian Journal of Forest Research*, 49(9), 1087-1100. doi:10.1139/cjfr-2018-0288
- Grime, J. P. (1977). Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *The American Naturalist*, 111(982), 1169-1194.
- Hautala, H., Jalonen, J., Laaka-Lindberg, S., & Vanha-Majamaa, I. (2004). Impacts of retention felling on coarse woody debris (CWD) in mature boreal spruce forests in Finland. *Biodiversity & Conservation*, 13(8), 1541-1554. doi:10.1023/B:BIOC.0000021327.43783.a9
- Helms, J. A. (1998). *The dictionary of forestry*. Wallingford: CABI Publishing.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A., & Liukko, U. (2001). *Suomen lajien uhanalaisuus 2019 - punainen kirja* Helsinki: Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.

- Kubin, E. (1998). Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clear felling and site preparation. *Boreal Environment Research*, 3(1), 3-8.
- Laiho, O., Pukkala, T., & Lähde, E. (2014). Height increment of understorey Norway spruces under different tree canopies. *Forest Ecosystems*, 1(1), 1-8. doi:10.1186/2197-5620-1-4
- Lambers, H., Chapin III, F. S., & Pons, T. L. (2008). *Plant Physiological Ecology* (2nd ed.). New York: Springer.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.
- MacDonald, G. B., Cherry, M. L., & Thompson, D. J. (2004). Effect of harvest intensity on development of natural regeneration and shrubs in an Ontario boreal mixedwood stand. *Forest Ecology and Management*, 189(1), 207-222. doi:10.1016/j.foreco.2003.08.010
- Muurinen, L., Oksanen, J., Vanha-Majamaa, I., & Virtanen, R. (2019). Legacy effects of logging on boreal forest understorey vegetation communities in decadal time scales in northern Finland. *Forest Ecology and Management*, 436, 11-20. doi:10.1016/j.foreco.2018.12.048
- Nilsson, P., Roberge, C., Fridman, J., & Wulff, S. (2019). *Skogsdata 2019*. Umeå: SLU.
- Näsholm, T., Strengbom, J. & Ericson, L. (2004). Light, not nitrogen, limits growth of the grass *Deschampsia flexuosa* in boreal forests. *Canadian Journal of Botany* 82(4), 430-435. doi:10.1139/B04-017
- Pan, Y., Birdsey, R., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz Werner, . . . Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6045), 988. doi:10.1126/science.1201609
- Peltzer, D. A., Bast, M. L., Wilson, S. D., & Gerry, A. K. (2000). Plant diversity and tree responses following contrasting disturbances in boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 127(1), 191-203. doi:10.1016/S0378-1127(99)00130-9
- Peura, M., Burgas, D., Eyvindson, K., Repo, A., & Mönkkönen, M. (2018). Continuous cover forestry is a cost-efficient tool to increase multifunctionality of boreal production forests

in Fennoscandia. *Biological conservation*, 217, 104-112.  
doi:10.1016/j.biocon.2017.10.018

- Pidgen, K. & Mallik, A. (2013). Ecology of Compounding Disturbances: The Effects of Prescribed Burning After Clearcutting. *Ecosystems*, 16(1), 170-181. doi:10.1007/s10021-012-9607-2
- Piirainen, S., Finér, L., & Starr, M. R. (2015). Changes in forest floor and mineral soil carbon and nitrogen stocks in a boreal forest after clear-cutting and mechanical site preparation. *European Journal of Soil Science*, 66(4), 735-743.
- Pukkala, Timo., Lähde, Erkki & Laiho, Olavi. (2011). *Metsän jatkuva kasvatus*. Porvoo: Joen Forest Program Consulting.
- Reinikainen, A., Mäkipää, R., Vanha-Majamaa, I., & Hotanen, J. (2000). *Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa* (2. painos). Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Roturier, S., Sundén, M. & Bergsten, U. (2011). Re-establishment rate of reindeer lichen species following conventional disc trenching and HuMinMix soil preparation in Pinus-lichen clear-cut stands: A survey study in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26(2), 90-98. doi:10.1080/02827581.2010.528019
- Shorohova, E., Kuuluvainen, T., Kangur, A., & Jõgiste, K. (2009). Natural stand structures, disturbance regimes and successional dynamics in the Eurasian boreal forests: A review with special reference to Russian studies. *Annals of Forest Science*, 66(2), 201. doi:10.1051/forest/2008083
- Stuiver, B. M., Gundale, M. J., Wardle, D. A. & Nilsson, M. (2015). Nitrogen fixation rates associated with the feather mosses *Pleurozium schreberi* and *Hylocomium splendens* during forest stand development following clear-cutting. *Forest Ecology and Management*, 347, 130-139. doi:10.1016/j.foreco.2015.03.017
- Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P. (2013). Changes of understory vegetation in Finland in 1985–2006. Teoksessa: *Forest Condition Monitoring in Finland – National report*. Finnish Forest Research Institute.

- Tonteri, T., Salemaa, M., Rautio, P., Hallikainen, V., Korpela, L., & Merilä, P. (2016). Forest management regulates temporal change in the cover of boreal plant species. *Forest Ecology and Management*, 381, 115-124. doi:10.1016/j.foreco.2016.09.015
- Triviño, M., Juutinen, A., Mazziotta, A., Miettinen, K., Podkopaev, D., Reunanen, P., & Mönkkönen, M. (2015). Managing a boreal forest landscape for providing timber, storing and sequestering carbon. *Ecosystem Services* 14(C), 179-189. doi:10.1016/j.ecoser.2015.02.003
- Vaahtera, E., Aarne, M., Ihalainen, A., Mäki-Simola, E., Peltola, A., Torvelainen, J., . . . Ylitalo, E. (2018). *Suomen metsätilastot*. Helsinki: Luonnonvarakeskus.