

Metsätehon raportti 257
25.5.2020

**PIENIALAISTEN SUOJELTUIJEN
ELINYMPÄRISTÖJEN MERKITYS
LUONNON MONIMUOTOISUUDELLE
BOREAALISISSA TALOUSHMETSISSÄ**

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Matti Häkkilä
Sini Savilaakso
Anna Johansson
Terhi Sandgren
Anne Uusitalo
Mikko Mönkkönen
Pasi Puttonen

ISSN 1796-2374 (Verkkajulkaisu)

METSÄTEHO OY
Vernissakatu 1
01300 Vantaa

www.metsateho.fi

Pienialaisten suojeltujen elinympäristöjen merkitys luonnon monimuotoisuudelle boreaalisissa talousmetsissä. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.

Matti Häkkilä^{1*}, Sini Savilaakso^{2,3}, Anna Johansson², Terhi Sandgren⁴, Anne Uusitalo⁵ Mikko Mönkkönen¹ & Pasi Puttonen³

¹ Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto

² Metsäteho Oy, Vernissakatu 1, 01300 Vantaa

³ Helsingin yliopisto, Metsätieteiden osasto, Latokartanonkaari 7, 00014 Helsingin yliopisto

⁴ Helsingin yliopiston kirjasto, Helsingin yliopisto, Fabianinkatu 30, 00014 Helsingin yliopisto

⁵ Helsingin yliopiston kirjasto, Viikin kampus, Viikinkaari 11 A, 00014 Helsingin yliopisto

* Vastaava kirjoittaja

Avainsanat:

metsätalous, hakkuut, vaikutus, metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt, avainbiotoopit, vapaaehtoinen suojele, METSO-ohjelma, lajimäärä, monimuotoisuus, lajirunsaus

Tutkimusjulkaisu englanniksi:

Häkkilä, M., Savilaakso, S., Johansson, A., Uusitalo, A., Sandgren, T. Mönkkönen, M. and Puttonen, P. Do small protected habitat patches within boreal production forests provide value for biodiversity conservation? A systematic review. (*Lähetetty vertaisarviointiin.*)

Rahoitus

Suomen Metsäsäätiö on rahoittanut tämän systemaattisen katsauksen ja sitä edeltävän protokollan tekoa, apuraha numero 2018070301. Säätiö ei ole vaikuttanut katsauksen tekemiseen millään tavalla.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	2
1 TAUSTAA	3
2 MENETELMÄT	5
2.1 Artikkeleiden etsintä	5
2.1.1 Hakutermit.....	5
2.1.2 Kielet.....	5
2.1.3 Tietokantahaut	6
2.1.4 Hakukoneet.....	6
2.1.5 Organisaatioiden internetsivut	7
2.1.6 Muut haut	8
2.2 Artikkeleiden seulonta ja valintakriteerit.....	8
2.2.1 Seulontaprosessi.....	8
2.2.2 Valintakriteerit	8
2.3 Aineiston keruu	10
2.4 Tuloksiin vaikuttavat tekijät.....	10
2.5 Aineiston yhteenveto ja tulosten esittäminen.....	10
2.5.1 Meta-analyysi.....	11
2.5.2 Yhteisörakenneaineiston analyysi	12
3 TULOKSET	14
3.1 Artikkelien haku ja seulonta.....	14
3.2 Narratiivinen yhteenveto.....	16
3.2.1 Maantieteelliset sijainnit	16
3.2.2 Interventiot	16
3.2.3 Verrokkit	16
3.2.4 Tutkitut monimuotoisuusvaikutukset.....	16
3.2.5 Vaikuttavat tekijät.....	17
3.3 Määrällinen analyysi.....	17
3.3.1 Määrälliseen analyysiin mukaan otettujen artikkelien kuvaus	17
3.3.2 Lajimäärät	18
3.3.3 Yksilömäärät	19
3.3.4 Lahopuu	19
3.3.5 Yhteisörakenne	19
4 TULOSTEN TARKASTELU	21
4.1 Katsauksen rajoitteet.....	22
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	23
6 LÄHTEET.....	24
LIITTEET	

TIIVISTELMÄ

Taustaa: Metsätalous on boreaalisella vyöhykkeellä yksi tärkeimmistä metsäelinympäristöä muuttavista tekijöistä. Tämän seurauksena biologinen monimuotoisuus on vähentynyt voimakkaasti. Suojelualueiden ulkopuolella, talousmetsissä, monimuotoisuuden vähenemistä pyritään hillitsemään muun muassa suojelemalla pienialaisia, mutta monimuotoisuudeltaan arvokkaita elinympäristöjä. Tällaisia pienialaisia suojelualueita ovat esimerkiksi metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja muut vapaaehtoisesti suojellut alueet (tästä eteenpäin kaikkia pienialaisia suojelualueita kutsutaan avainbiotoopeiksi). Tässä artikkelissa esitellään systemaattisella menetelmällä tehdyn kirjallisuuskatsauksen tuloksia avainbiotooppien merkityksestä monimuotoisuuden suojelussa.

Menetelmät: Etsimme sekä vertaisarvioitua että ns. harmaata kirjallisuutta niin akateemisista tietokannoista, organisaatioiden verkkosivuilta kuin internetin hakukoneista englanniksi, suomeksi, ruotsiksi ja venäjäksi. Artikkelien seulonta suoritettiin kaksivaiheisena (otsikko/tiivistelmätaso ja kokotekstitaso) ennalta määriteltujen kriteerien avulla, minkä jälkeen katsaukseen mukaan otetut artikkelit koottiin määrälliseen analyysiin (sisältäen meta-analyysin) ja narratiiviseen yhteenvetoon.

Päätulokset:

Avainbiotoopeilla lajimäärä oli merkitsevästi suurempi kuin talousmetsissä. Luonnontilaisiin metsiin verrattuna merkitsevää eroa ei havaittu. Ympäröivän alueen käsittelyllä ei ollut vaikutusta avainbiotooppien lajimäärään. Yksilömäärät olivat avainbiotoopeilla merkitsevästi korkeammat kuin luonnontilaisissa metsissä tai talousmetsissä. Avainbiotoopeilla oli merkitsevästi enemmän lahoppuuta kuin talousmetsissä, mutta merkitsevää eroa luonnontilaisiin metsiin ei havaittu. Eliöyhteisön koostumukset erosivat sekä avainbiotooppien ja talousmetsien että avainbiotooppien ja luonnontilaisten metsien välillä.

Johtopäätökset:

Tulokset osoittavat, että talousmetsien suojellut pienialaiset elinympäristöt ovat tärkeitä luonnon monimuotoisuuden suojelussa. Ne eivät kuitenkaan korvaa varsinaisia luonnonsuojelualueita, vaan täydentävät suojelualueverkostoa. Katsaukseen mukaan otetuissa artikkeleissa havaittiin kuitenkin sekä maantieteellisiä että tutkimuksen kohteena oleviin eliöryhmiin perustuvia tietoaukkoja. Näin ollen tuloksia yleistettäessä on oltava varovainen.

1 TAUSTAA

Luonnon monimuotoisuutta on perinteisesti suojeltu säästämällä elinympäristöjä ihmistoiminnalta, eli perustamalla suojelualueita. Metsätalouden näkökulmasta monimuotoisimmat alueet ovat yleensä myös tuottavimpia, joten niiden suojelu on kallista. Niinpä vain suhteellisen pieni osa Pohjois-Euroopan metsistä on suojeltu (FAO 2006). Globaali suojelualueverkosto on arvioitu riittämättömäksi ylläpitämään lajityhteisöjä (Lindenmayer ym. 2002, Naughton-Treves ym. 2005, Gaston ym. 2008), mutta uusien suojelualueiden perustaminen ei ole mahdollista siinä mittakaavassa kuin monimuotoisuuden ylläpitäminen edellyttäisi (Watson ym. 2014). Siksi monimuotoisuusnäkökulmat otetaan nykyään huomioon myös puuntuotantoon tarkoitettujen talousmetsien hoidossa sekä metsätaloutta koskevassa lainsäädännössä.

Monimuotoisuuden ylläpitämiseksi ja lisäämiseksi talousmetsissä mm. jätetään säästöpuita hakkuiden yhteydessä, kulotetaan, lisätään kuolleen puun määrää, sekä säästetään suoja-vyöhykkeitä ja elinympäristökäytäviä hakkuilta (Gustafsson ym. 2012, Vanha-Majamaa & Jalonen 2001). Lisäksi pienialaisten elinympäristöjen (esim. metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen) suojelu talousmetsissä aloitettiin 1990-luvun alussa (Timonen ym. 2010). Metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä vastaavia alueita suojellaan koko Pohjois-Euroopan tasolla, ja ensimmäisenä tämä aloitettiin Ruotsissa (Nitare & Norén 1992, Ericsson ym. 2005). Eri maiden välillä on jonkin verran eroja metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä vastaavien alueiden määritelmässä ja suojelustatuksessa. Esimerkiksi Ruotsissa nämä alueet määritellään rakennepiirteiden tai niillä esiintyvien lajien perustella, ja suojelu on vapaaehtoisuuteen perustuvaa, kun taas Suomessa nämä elinympäristöt on suojeltu nimensä mukaisesti metsälailla (Timonen ym. 2010). Muualla boreaalisella vyöhykkeellä (lähinnä Kanadassa ja USA:ssa) vastaavaa käsitettä ei tunneta.

Metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen (ja niitä vastaavien elinympäristöjen) lisäksi muitakin uudenlaisia suojeluohjelmia on perustettu. *Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma METSO* (Mäntymaa ym. 2009), norjalainen *Frivillig vern* (Widman 2016) ja Ruotsin *Komet programmet* (Storrank 2018) perustuvat kaikki metsänomistajan haluun suojella omia metsiään. Metsänomistajat tarjoavat metsiään suojelukohteeksi, ja mikäli alueella on riittävästi luontoarvoja, kuten runsaasti lahoppua tai suuria lehtipuita, metsänomistajalle maksetaan korvaus alueen suojelusta.

Kanadassa ja Venäjällä valtaosa metsistä on valtion tai osavaltioiden omaisuutta, joten vapaaehtoisuuteen perustuvia suojelukeinoja ei ole. Sen sijaan Yhdysvalloissa maanomistajat voivat saada verohelpotuksia tai rahallisen korvauksen (conservation easement) suojellessaan metsiään (USDA 2011). Baltian maissa yksityisomistus tuli mahdolliseksi uudelleenitsemäistymisen jälkeen vuonna 1991 (Pöllumäe ym. 2014). Metsien luonnonarvot huomioidaan niin valtioiden metsäohjelmissa kuin yksityisissä metsissä, mutta pääosin suojelusta päättävät valtion viranomaiset (Pöllumäe ym. 2014, Pivoriūnas & Lazdinis 2004).

Myös metsien sertifiointiin voi kuulua tiettyjen elinympäristön suojelu, vaikka lainsäädäntö ei sitä edellyttäisi. Sekä FSC (FSC 2015) että PEFC (PEFC 2018) ovat boreaalisella alueella yleisesti käytettyjä sertifiointijärjestelmiä. Metsän sertifiointi edellyttää metsänomistajan sitoutumista vastuulliseen metsänhoitoon. Kansalliset standardit vaihtelevat, mutta usein niihin sisältyy pienten, suojeluarvoiltaan merkittävien elinympäristöjen suojelu (FSC 2004, 2011; SFI 2015).

Onko pienialaisten elinympäristöjen suojeleminen talousmetsissä kuitenkin tehokas keino ylläpitää monimuotoisuutta? Metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä on kritisoitu niiden pienen koon ja hajanaisen levinneisyyden takia (Hanski 2005). Ruotsissa vastaavien eristyneiden pienten elinympäristöjen on katsottu kärsivän sukupuuttovelasta (Berglund & Jonsson 2005), ja niiden ei uskota säilyttävän monimuotoisuuttaan pitkällä aikavälillä (Ylisirniö ym. 2016). Aiemmassa systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa (Timonen ym. 2011) metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen ja niitä vastaavien elinympäristöjen todettiin olevan tärkeitä esiintymisalueita erityisesti uhanalaisille lajeille, mutta niiden kykyä ylläpitää monimuotoisuutta ei voitu analysoida (Timonen ym. 2011).

Koska aiheesta ei ole viime aikoina tehty systemaattista kirjallisuuskatsausta, on aika päivittää tietopohja. Tässä raportissa esitetään systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tulokset talousmetsissä sijaitsevien suojeltujen pienialaisten elinympäristöjen merkityksestä monimuotoisuuden ylläpitämisessä. Aihe nousi esille keskusteluissa Suomen metsäteollisuusorganisaatioiden edustajien kanssa, ja tutkimuskysymyksistä sekä hakutermeistä keskusteltiin useiden sidosryhmäorganisaatioiden välisessä tapaamisessa (Häkkiä ym. 2019).

Katsauksen tavoitteena on tehdä yhteenveto tutkimuksista, jotka käsittelevät talousmetsissä sijaitsevien pienten elinympäristöjen suojeleminen monimuotoisuusvaikutuksia. Katsaukseen on sisällytetty sekä metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja niitä vastaavat elinympäristöt muissa Pohjois-Euroopan maissa että vapaaehtoisesti suojellut pienialaiset elinympäristöt (mm. METSO-ohjelma, sertifiointi). Jatkossa kaikkia näitä pienialaisia elinympäristöjä kutsutaan selvyuden vuoksi avainbiotoopeiksi. Katsaus keskittyy boreaalisten metsien maaeliöihin. Boreaalinen vyöhyke on määritelty samaksi kuin Keenanin ym. (2015) määrittelemä alue, jonka lisäksi Baltian maat on otettu mukaan tutkimusalueeseen. Maantieteellinen alue rajattiin sidosryhmätapaamisessa. Katsaukselle ei ole tehty tieteellistä vertaisarviointia.

Tutkimuskysymys on: Onko talousmetsissä sijaitsevilla, pienialaisilla suojelluilla elinympäristöllä (avainbiotoopeilla) merkitystä boreaalisen metsän monimuotoisuudelle?

2 MENETELMÄT

2.1 Artikkeleiden etsintä

Katsauksessa etsittiin vain vuoden 1990 jälkeen julkaistuja artikkeleja, sillä avainbiotooppien suojele talousmetsissä yleistyi 1990-luvulla.

2.1.1 Hakutermit

Hakutermit ja niiden muodostama hakuketju määriteltiin sidosryhmätapaamisen keskustelujen ja aiheeseen perustuvan kirjallisuuden perusteella. Termit määriteltiin englanniksi. Hakuketjun kykyä löytää olennaisia artikkeleja testattiin Web of Science- ja Scopus-tietokannoissa. Testauksessa käytettiin 17:ää olennaiseksi tiedettyä artikkelia, jotka kerättiin aiemmista kirjallisuuskatsauksista sekä asiantuntijoilta.

Hakuketju Web of Science -muodossa oli:

#1 TS=((Boreal NEAR/5 (forest* OR zone OR tree*)) OR taiga OR spruce* OR picea OR pine* OR pinus OR birch* OR aspen* OR populus)

#2 TS=(Finland OR Finnish OR Swed* OR Norw* OR Russia* OR Estonia* OR Latvia* OR Lithuania* OR Fennoscan* OR Scandin* OR Baltic OR "North* Europ*" OR Canad* OR "North* Ameri*" OR Siber* OR Alaska OR "United States" OR USA) and TS= (forest* OR tree*)

#3 = #1 OR #2

#4 TS=("key habitat*") OR TS=("forest act habitat*") OR TS=(reserve* NEAR/5 (forest* OR OR privat* OR area* OR patch* OR habitat*)) OR TS=("private* protected area*") OR TS=(voluntar* NEAR/5 (conservation* or set-aside*)) OR TS=(METSO NEAR/5 program*) OR TS=(Komet NEAR/5 program*) OR TS=(conservation NEAR/5 easement*) OR TS=(connectiv*)

#5 = #3 AND #4

Yksinkertaistettuja versioita hakuketjusta käytettiin, kun tietokannan tai internetsivun hakuominaisuudet eivät tukeneet koko hakuketjua. Hakuketjut käännettiin tarvittavilta osin suomeksi, ruotsiksi ja venäjäksi. Jotta myös tietokantahakujen ja aineiston analysoinnin välissä julkaistut artikkelit voitaisiin ottaa mukaan analyysiin, hakuketjuja vastaaville tuloksille asetettiin hälytys kolmeen tietokantaan (Russian Science Citation Index on the Web of Science (RSCI), Scopus ja Web of Science Core Collection (WoS)).

2.1.2 Kielet

Tähän systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen on otettu mukaan englanniksi, suomeksi, ruotsiksi ja venäjäksi julkaistuja artikkeleita. Valinta perustuu katsauksen maantieteelliseen rajaukseen, mutta sitä rajoittaa kirjoittajien kielitaito. Jos tietokanta tai internetsivu sisälsi artikkeleja useammalla tässä katsauksessa mukana olevilla kielillä, haku tehtiin näillä kaikilla kielillä. Hakukoneiden haut tehtiin kaikilla neljällä kielellä.

2.1.3 Tietokantahaut

Koko hakuketjua voitiin käyttää RSCI-, Scopus- ja WoS-tietokannoissa, ja muissa tietokannoissa käytettiin yksinkertaistettuja hakuketjuja. Artikkeleja etsittiin seuraavista tietokannoista:

- CATQuest - University of Vermont Catalogue (http://library.uvm.edu/guide_on_the_side/tutorial/catquest-overview)
- Directory of Open Access Repositories (<https://doaj.org/>)
- Doria (<https://www.doria.fi/>)
- EMU DSpace - The digital archive of Estonian University of Life Sciences Library (<https://dspace.emu.ee/>)
- Helda— Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto (<https://helda.helsinki.fi/>)
- Jultika - Oulun yliopiston avoin julkaisuarkisto (<http://jultika.oulu.fi/>)
- JYX – Jyväskylän yliopiston julkaisuarkisto (<https://jyx.jyu.fi/>)
- Lakehead University Library Catalogue (https://libguides.lakeheadu.ca/home?group_id=14982)
- NEOS Catalogue for the University of Alberta Library (<https://catalogue.neoslibraries.ca/?lib=universityofalberta>)
- Oria - Library Catalogue of Norwegian University of Life Sciences (https://bibsys-almaprimo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?vid=NMBU&lang=no_NO)
- Primo - Catalogue of Latvia University of Life Sciences and Technologies (https://primolatvija.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?sortby=rank&vid=371KISCLLU_VU1&lang=en_US)
- Russian Science Citation Index on the Web of Science (RSCI) (<https://clarivate.com/>)
- Scopus (<https://www.scopus.com/home.uri>)
- Swedish University Dissertations (<http://www.avhandlingar.se/>)
- Swepub - Academic publications at Swedish universities (<http://swepub.kb.se/>)
- University of British Columbia Library Catalogue (<http://search.library.ubc.ca/>)
- University of Manitoba Library Catalogue (<http://umanitoba.ca/libraries/>)
- University of New Brunswick Library Catalogue (<https://lib.unb.ca/>)
- University of Toronto Library Catalogue (articles) (<https://query.library.utoronto.ca/>)
- URSUS - University of Maine Catalogue (<https://ursus.maine.edu/>)
- Vancouver Island University Library Catalogue (<https://library.viu.ca/>)
- Vytautas Magnus University Library Catalogue (<https://biblioteka.vdu.lt/en/>)
- Web of Science Core collection (WoS) (<https://clarivate.com/>)

2.1.4 Hakukoneet

Hakukonehauissa käytettiin yksityistä selausta estämään aiempien hakujen ja sijainnin vaikutusta hakutuloksiin, eikä patenteja tai lainauksia huomioitu Google Scholarin haussa. Haut tehtiin kaikilla neljällä kielellä. Tulokset järjestettiin relevanssin mukaan, ja ensimmäiset 1000 osumaa (tai, jos osumia oli vähemmän, kaikki osumat) käytiin läpi. 1000 on suurin määrä osumia, jonka hakukoneet näyttävät. Haut tehtiin seuraavissa hakukoneissa:

- Google Scholar (<https://scholar.google.com/>)
- Google (<https://www.google.com/>)

2.1.5 Organisaatioiden internetsivut

Jotta löydettäisiin ei-vertaisarvioituja, ns. harmaan kirjallisuuden artikkeleja, käytiin läpi useiden organisaatioiden internetsivuja. Näiden valinta perustui sille, että organisaatiot ovat tekemisissä tämän katsauksen aihepiirin kanssa, ja että katsauksen kannalta oleellisen materiaalin löytyminen sivustolta oli etukäteistarkastelun perusteella todennäköistä. Mikäli mahdollista, haut tehtiin internetsivujen ”julkaisut”-osiossa. Mikäli minkäänlaista hakuominaisuutta ei ollut tai se ei toiminut, haut tehtiin käsin. Hakuketjut muokattiin jokaiselle sivustolle erikseen niiden hakuominaisuuksien mukaan. Seuraavien organisaatioiden internetsivut käytiin läpi:

- Alberta Biodiversity Monitoring Institute (<http://www.abmi.ca/home.html>)
- Community Research and Development Information Service (https://cordis.europa.eu/home_en.html)
- Department of Natural Resources Canada: Canadian Forest service (<http://cfs.nrcan.gc.ca/publications>)
- Estonian Environment Agency (<https://www.keskkonnaagentuur.ee/et>)
- European Forest Institute (<https://www.efi.int/>)
- Forestry Research Institute of Sweden (<https://www.skogforsk.se/>)
- International Boreal Forest Research Association (<http://ibfra.org/>)
- International Union for Conservation of Nature (<https://www.iucn.org/>)
- Latvian State Forestry Research Institute (<http://www.silava.lv/mainen/aboutus.aspx>)
- Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry (<https://www.lammc.lt/lt>)
- Luonnonvarakeskus (<https://www.luke.fi/>)
- Northern Research Institute of Forestry (<http://www.sevniilh-arh.ru>)
- Norwegian Forest Research Institute (<http://www.skogforsk.no/>)
- Russian Academy of Sciences: Centre for Forest Ecology and Productivity (<http://cepl.rssi.ru/>)
- Russian Academy of Sciences: Forest Research Institute of Karelian Research Centre (<http://forestry.krc.karelia.ru/>)
- Russian Academy of Sciences: Siberian Branch, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology (<http://inrec.sbras.ru/>)
- Russian Academy of Sciences: Siberian Branch, V.N. Sukachev Institute of Forest (<http://forest.akadem.ru/>)
- Saint-Petersburg Forestry Research Institute (<http://spb-niilh.ru/>)
- SNS Nordic Forest Research (<http://nordicforestresearch.org/>)
- Suomen metsätieteellinen seura (<http://www.metsatieteellinenseura.fi/>): Julkaisu Dissertationes Forestales (<https://dissertationesforestales.fi>)
- Suomen ympäristökeskus (<http://www.syke.fi/>)
- Sustainable Forest Management Network (Canada) (<https://sfmn.ualberta.ca/>)
- Swedish Forest Society (<https://www.skogssallskapet.se/>)
- Swedish Research Council Formas (<http://www.formas.se/>)

- United States Department of Agriculture: Forest Service, Library's Digital collection (<https://www.fs.fed.us/library/forestryReports.shtml>)

2.1.6 Muut haut

Haun kattavuuden varmistamiseksi käytiin läpi haussa löydettyjen, tämän katsauksen kannalta olennaisten kirjallisuuskatsausten lähdeluettelot. Lisäksi aineistopyyntö julkaistiin Näyttöön perustuva metsätalous -hankkeen internetsivulla (<http://npmetsa.fi/fi/>) sekä ResearchGate:ssa, ja se lähetettiin suoraan niille sidosryhmäorganisaatioille, joilla saattaisi olla julkaisematonta aineistoa katsauksen aiheesta.

2.2 Artikkeleiden seulonta ja valintakriteerit

2.2.1 Seulontaprosessi

Kolme ihmistä seuloi artikkelit kahdessa vaiheessa: ensin otsikon ja tiivistelmän ja sitten koko tekstin perusteella. Seulonnan yhteneväisyys eri henkilöiden välillä testattiin otsikon ja tiivistelmän tasolla siten, että kaikki kolme arvioivat 100 satunnaista artikkelia, minkä jälkeen arviot käytiin yhdessä läpi. Mikäli päätöksistä vähintään 95 % oli yhteneväisiä (samat artikkelit jätetty pois tai otettu jatkoon), loput artikkelit jaettiin seulojien kesken. Mikäli päätökset eivät olleet tarpeeksi yhteneväisiä, arvioitiin uudet 100 artikkelia. Tätä toistettiin, kunnes 95 %:n raja saavutettiin. Jos jonkin artikkelin kohdalla seuloja ei ollut varma päätöksestään, artikkeli siirrettiin kokotekstitasolle. Kokotekstitasolla artikkelien seulontaan osallistui kaksi henkilöä. Päätösten yhteneväisyys varmistettiin keskustelemalla kaikista vähänkin epävarmoista tai epäselvistä artikkeleista. Kokotekstejä etsittiin internetistä, Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen kirjastojen sekä kaukolainojen kautta. Mikäli artikkelia ei näistä lähteistä löytynyt, sen luokiteltiin olevan "ei saatavilla".

2.2.2 Valintakriteerit

Jotta artikkeli voitiin ottaa mukaan katsaukseen, sen oli täytettävä kriteerit, jotka koskivat PICO-tekijöitä, tutkimusasetelmaa ja kieltä (taulukko 1).

Taulukko 1. Artikkelien seulonnassa käytetyt valintakriteerit

	Valintakriteeri
Populaatiot (Populations)	<i>Mukaanotetut:</i> <ul style="list-style-type: none"> - boreaaliset metsät Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Virossa, Latviassa, Liettuaassa, Venäjällä, Kanadassa tai USA:ssa.
Interventiot (Interventions)	<i>Mukaanotetut:</i> <ul style="list-style-type: none"> - metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja niitä vastaavat elinympäristöt muissa Pohjois-Euroopan maissa - muut pienialaiset suojellut elinympäristöt, kuten METSO-kohteet ja sertifiointin perusteella suojellut alueet <i>Poisjätetyt:</i> <ul style="list-style-type: none"> - suuret suojellut alueet, kuten kansallis- ja luonnonpuistot

<p>Verrokit (Comparators)</p>	<p><i>Mukaanotetut:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - käsitellyt metsät, talousmetsät (kaikki tyypit, iät ja sukessio- vaiheet) - luonnontilaiset tai lähes luonnontilaiset metsät (kansallis- puistot ja muut laaja-alaiset suojellut alueet, mutta myös luonnontilaiset metsät suojelualueiden ulkopuolella) <p><i>Poisjätetyt:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - avainbiotoopit, jotka eri kuin interventiossa (esim. metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä ja METSO-alueita ei ver- rattu keskenään) - erilaiset avainbiotoopit intervention sisällä (esimerkiksi met- sälain perusteella suojeltuja puronvarsia ja lehtoja ei vertailtu keskenään) - alueet, jotka eivät metsää, kuten puistot ja niityt - ns. puupellot, kuten joulukuusi-istutukset
<p>Monimuotoisuus- vaikutukset (Outcomes)</p>	<p><i>Mukaanotetut:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - lajimäärä - yksilömäärä - yhteisö rakenne - kuolleen puun tilavuus - kuolleen puun monimuotoisuus <p><i>Poisjätetyt:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ei- maalla eläviä eliöitä koskeva aineisto
<p>Tutkimusasetelma</p>	<p><i>Mukaanotetut:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - kontrolli-interventio-kenttätutkimukset - kontrolli-interventio-tutkimukset, joissa ei varsinaisesti tehty kenttätutkimusta, mutta analysoitava aineisto on peräisin kenttätutkimuksista <p><i>Poisjätetyt:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - simulaatio-/mallintamistutkimukset (myös osittain simu- loidut/mallinnetut) - elinympäristön valintatutkimukset (habitat selection)
<p>Kieli</p>	<p><i>Mukaanotetut:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - englanti - suomi - ruotsi - venäjä

2.3 Aineiston keruu

Tuloksia ja niiden analysointia varten katsaukseen sisällytetyistä artikkeleista kerättiin Excel-taulukkoon runsaasti tietoa. Useat samoilla tutkimusalueilla tehdyt artikkelit muodostivat ryhmän, jonka sisällä varmistettiin, ettei samoja tuloksia kirjata kahteen kertaan. Jos yhdessä artikkelissa oli useita riippumattomia tutkimuksia, niistä jokaisesta kerättiin omat tietonsa.

Tutkimuksista kerättiin perustiedot interventioista, verrokista, tutkitusta monimuotoisuusvaikutuksesta (outcome), tutkimuskohteesta (eliöstä) ja tutkimusasetelmasta. Määrällistä analyysiä varten kerättiin tulosten keskiarvot, keskihajonta (SD), keskivirhe (SE) ja otoskoot. Tarvittaessa käytettiin WebPlotDigitizer-kuva-analyysiohjelmaa (Rohatgi 2019). Jos keskihajontaa tai -virhettä ei ollut annettu, ne laskettiin mahdollisuuksien mukaan tilastollisten testien arvoista. Yhteisörakenteen analyysiä varten kerättiin tietoja kokonaisyksilömääristä interventio- ja verrokkialueilla. Myös tuloksiin vaikuttavia tekijöitä kerättiin aina, kun ne oli artikkelissa annettu. Aineistoa keräsi kaksi henkilöä, ja epävarmoissa tilanteissa tutkimusryhmä keskusteli siitä, mitä tietoja kerätään.

2.4 Tuloksiin vaikuttavat tekijät

Mahdollisen tuloksissa esiintyvän vaihtelun ymmärtämiseksi tutkimuksista kerättiin tuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Alla oleva lista vaikuttavista tekijöistä perustuu kirjoittajien asiantuntemukseen ja sidosryhmätapaamisen keskusteluihin.

- Maantieteellinen sijainti
- Tutkimusvuosi
- Ilmasto-olosuhteet
- Metsätyyppi
- Maaperä
- Korkeus merenpinnasta
- Erot metsänhoitotavoissa verrokkialueilla
- Erot metsänhoitotavoissa avainbiotooppia ympäröivällä alueella
- Puulajikoostumus
- Puiden koko
- Säästöpuiden koko ja sijoittuminen
- Avainbiotoopin tyyppi ja koko
- Erot käsittelytavoissa (esim. säästöpuiden määrä)
- Sertifiointi (sertifioitu vai ei, sertifiointijärjestelmä)
- Tutkimusalueiden omistaja(t)

2.5 Aineiston yhteenveto ja tulosten esittäminen

Narratiivinen yhteenveto perustuu kaikkiin kokotekstitason läpäisseisiin riippumattomiin artikkeleihin. Yhteenvedossa tutkimuksia, niiden tutkimuskohteita ja taustatietoja kuvataan kirjallisesti sekä taulukoiden avulla. Ne tutkimukset, joista oli mahdollista tehdä määrällistä analyysiä, otettiin mukaan meta-analyysiin (lajimäärä, yksilömäärä, lahopuu) ja yhteisörakenteen analyysiin.

2.5.1 Meta-analyysi

Hedge's d -arvoa käytettiin vaikutuksen suuruuden mittaamiseen kaikissa kolmessa meta-analyysissä:

$$d = \frac{(\bar{X}_i - \bar{X}_c)}{s} J$$

jossa \bar{X}_i ja \bar{X}_c ovat intervention ja verrokin keskiarvot, s yhdistetty keskihajonta ja J on korjaus-termi pienistä otoskoista johtuvien virheiden vähentämiseksi.

Yhdistetty keskihajonta laskettiin kaavalla:

$$s = \sqrt{\frac{(n_i - 1)SD_i^2 + (n_c - 1)SD_c^2}{n_i + n_c - 2}}$$

jossa n_i ja n_c ovat intervention ja verrokin otoskoot ja SD on keskihajonta.

Korjaustermi J laskettiin kaavalla:

$$J = 1 - \frac{3}{4(n_i + n_c - 2) - 1}$$

Varianssi Hedge's d -arvolle laskettiin kaavalla:

$$var = \frac{n_c + n_i}{n_c n_i} + \frac{d^2}{2(n_c + n_i)}$$

Jos tutkimuksessa ei ollut riippumattomia tapauksia (eli interventiota verrattiin sekä talousmet-sään että luonnontilaiseen metsään), laskettiin korjattu otoskoko, $N_{corrected}$, jotta vältettäisiin laskemasta intervention otoskoko kahteen kertaan (Gleser & Olkin 2009):

$$N_{corrected} = n_i + \sum_1^i n_c$$

jossa n_i on intervention otoskoko ja n_c ovat verrokkien otoskoot.

$N_{corrected}$ -arvon avulla laskettiin tämän jälkeen korjatut S_{pooled} , $J_{corrected}$, **Hedge's d** ja sen vari-anssi $var_{corrected}$ niille tutkimuksille, joissa ei ollut riippumattomia tapauksia:

$$S_{pooled.corrected} = \sqrt{\frac{(n_i - 1)SD_i^2 + (n_c - 1)SD_c^2}{N_{corrected} - 2}}$$

$$J_{corrected} = \left[1 - \frac{3}{4(N_{corrected} - 2) - 1} \right]$$

$$var_{corrected} = \frac{1}{n_c} + \frac{1}{n_i} + \frac{d^2}{2(N_{corrected})}$$

Jos artikkelissa ei ollut raportoitu keskiarvoja, -hajontaa tai -virhettä, laskettiin keskihajonta tai muunnettiin saatavilla olevat testisuureet Hedge's d -arvoksi. Lahopuuaineistossa keskihajonta laskettiin viiden tutkimuksen osalta seuraavasti:

$$\widetilde{SD} = \bar{X}_j \left(\frac{\sum_i^K SD_i}{\sum_i^K \bar{X}_i} \right)$$

jossa \bar{X}_j , on havaittu keskiarvo tutkimuksesta, josta haluttu keskihajonnan arvo puuttui ja K on niiden tutkimusten määrä, joissa kaikki tieto on saatavissa.

Kokonaisvaikutusten (overall effect sizes) arvioinnissa käytettiin satunnaisvaikutusmallin (random effects model) maximum likelihood -estimaattoria (REML), jotta voitiin huomioida tutkimusten välinen ja sisäinen vaihtelu. Vaikuttavien tekijöiden testauksessa käytettiin sekavaikutusmallien (mixed effects models) REML:iä. Mallissa käytettiin inverse-variance-painotuksia, eli painotukset laskettiin seuraavasti: $w^i = (v_i + \tau^2)^{-1}$. Cochranin Q-testiä käytettiin testattaessa, oliko havaittu vaikutusten koko suurempi kuin mitä olisi odotettavissa pelkästään otannan vaihtelusta johtuen. Testi kertoo, jos todellisissa vaikutuksissa on heterogeenisuutta. Kun vaikutusta muokkaavat tekijät (effect modifiers) olivat mallissa, testattiin residuaalien heterogeenisuutta, eli niiden vaikutusten suuruutta, jotka eivät selittyneet vaikutusta muokkaavilla tekijöillä.

Ensin jokaiselle muuttujalle laskettiin kokonaisvaikutuksen suuruus (grand mean effect size), ja julkaisuharhan mahdollisuutta tutkittiin funnel plot -kuvien sekä trim and fill -testauksen avulla. Myös herkkyysanalyysi tehtiin jättämällä pois tutkimukset, joissa otoskokoja oli korjattu. Myös mahdollisten poikkeavien havaintojen (outliers) vaikutusta testattiin. Lisäksi testattiin, kuinka vaikutuksen suuruus muuttui riippuen artikkelin julkaisutyyppistä, maasta tai aineiston keräysvuodesta.

Analyysin toisessa vaiheessa tutkittiin vaikutuksen suuruuteen vaikuttavia tekijöitä käyttäen hierarkkista lähestymistapaa. Ensiksi testattiin kontrollialueiden vaikutus ja sitten vaikuttavien tekijöiden osuus kategorioittain (talousmetsä vai luonnontilainen metsä). Lajimäärän osalta testattiin tutkitun taksonin ja maanomistajan vaikutus, yksilömäärän osalta vain tutkitun taksonin osuus ja lahopuun osalta verrokkimetsän iän vaikutus. Lajimäärän osalta testattiin myös verrokkimetsän iän ja avainbiotooppia ympäröivän alueen metsänhoidon intensiteetin vaikutus. Näitä tietoja ei kuitenkaan ollut saatavissa kuin osalle alueista. Kaikki tilastolliset testit tehtiin analysointiohjelma R:n versiolla 3.6.3 (R Core Team 2020) käyttäen metafor-pakettia (Viechtbauer 2010).

2.5.2 Yhteisörakenneaineiston analyysi

Yhteisörakenteen muutosten tutkimuksessa on käytössä paljon erilaisia menetelmiä, joten elinympäristön vaikutusta yhteisörakenteeseen on hankala analysoida määrällisesti. Jotta analysointi kuitenkin olisi mahdollista, hyödynnettiin yksinkertaista vakiointimenetelmää (Nichols ym. 2007). Menetelmässä laskettiin keskimääräinen muutos niiden lajien suhteen,

jotka olivat yhteisiä interventiolle ja verrokkille, ja muutos vakioitiin vastaamaan avainbiotoopilla havaittua kokonaislajimäärää. Lisäksi laskettiin 95 %:n luottamusväli. Tulosta pidettiin merkitsevästä silloin, kun luottamusväli ei sisältänyt arvoa 1.

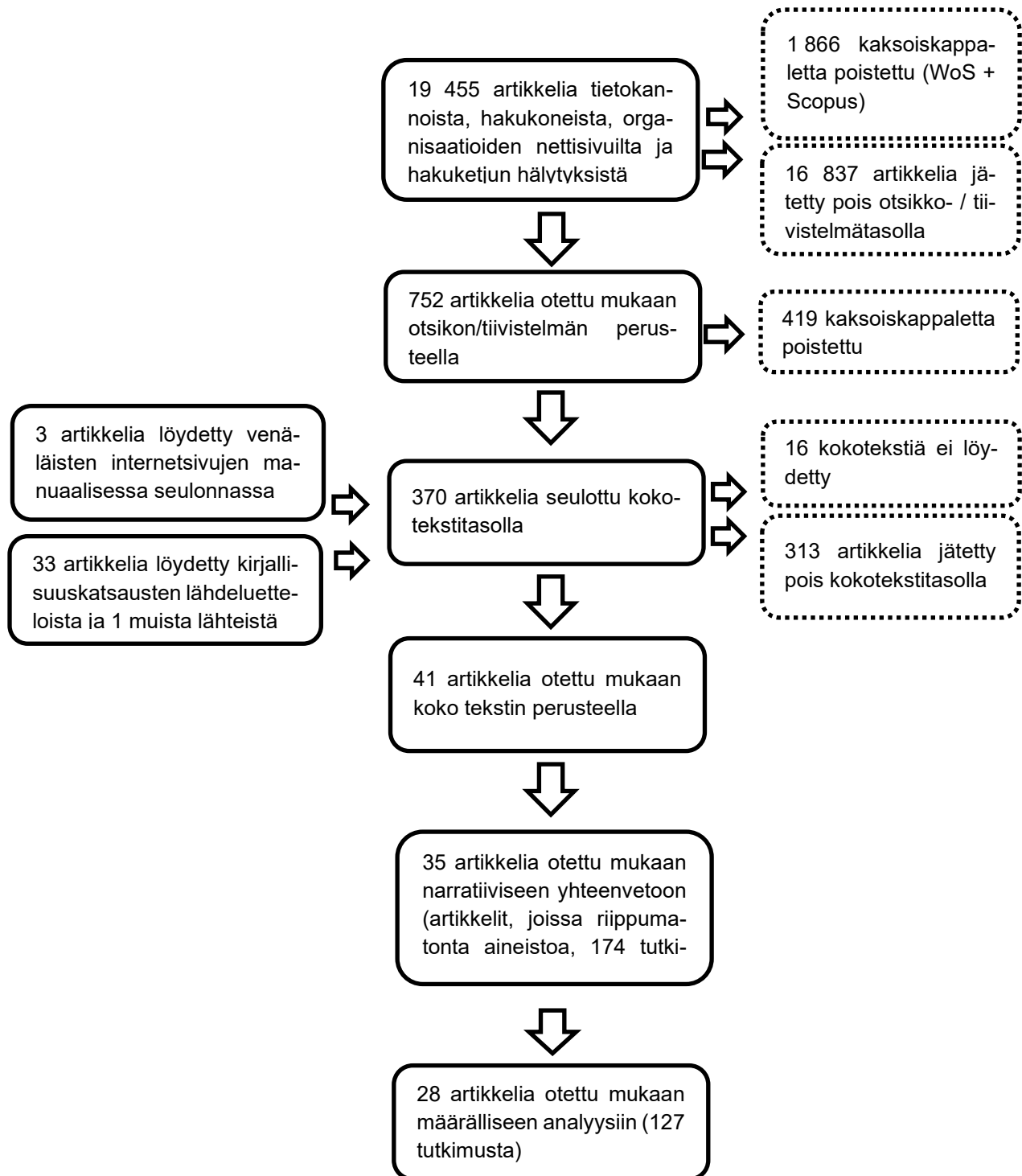
3 TULOKSET

3.1 Artikkelien haku ja seulonta

Scopus- ja WoS-tietokantahaut tehtiin 2.-3.12.2019, ja tuloksena oli 8 303 osumaa. Muut tietokantahaut tehtiin 12.-17.2.2020, ja osumia saatiin 4 787. Hakukoneista saatiin 4 250 osumaa 4.-17.2.2020 välisenä aikana ja organisaatioiden (ei venäläisten) internetsivujen hauista 1 914 osumaa 7.-12.2.2020 välisenä aikana. Venäläisten organisaatioiden internetsivut seulottiin käsin, joten osumia ei voida raportoida. Hakuketjujen hälytykset olivat päällä 2.12.2019-19.3.2020 ja osumia saatiin 201. Yhteensä hakujen tuloksena oli siis 19 254 osumaa. Kaksoiskappaleiden poiston ja otsikko-/tiivistelmätason seulonnan jälkeen 333 artikkelia otettiin mukaan kokotekstitalle. Lisäksi yhteensä 37 uutta artikkelia löytyi venäläisten internetsivujen seulonnassa, lähdeluettelojen läpikäynnissä ja ennalta määriteltyjen lähteiden ulkopuolelta. Aineistopyynnön kautta ei saatu yhtään artikkelia. Seulonnan yhteneväisyyden varmistamiseksi tarvittiin vain yksi sadan satunnaisen artikkelin otos.

Kokotekstitalle mukaan otettiin 41 artikkelia, ja näistä 20 kuului johonkin ryhmään (samoilla tutkimusalueilla tehdyt tutkimukset muodostivat ryhmän). Huolimatta suuresta määrästä ryhmiin kuuluvia artikkeleita 35 artikkelissa oli riippumatonta aineistoa, joten narratiiviseen yhteenvetoon otettiin mukaan nämä 35 artikkelia, joissa oli yhteensä 174 tutkimusta. Näistä 127 tutkimuksessa (28 artikkelissa) oli määrälliseen analyysiin soveltuvaa aineistoa (kuva 1). Eri lähteistä löydetyt artikkelit seulonnan eri vaiheessa on listattu liitteessä 1, ja kaikki kokotekstitalle otetut artikkelit on listattu liitteessä 2.

Suurin osa narratiiviseen yhteenvetoon mukaan otetuista artikkeleista (22 artikkelia eli 63 %) löydettiin Scopusin ja WoS:n hakujen kautta. Kolme artikkelia (9 %) löydettiin muista tietokannoista, kuusi (17 %) Google Scholarista ja kaksi (6 %) organisaatioiden internetsivuilta. Lähdeluettelojen tarkastuksen seurauksena löytyi yksi artikkeli, samoin muista lähteistä. Artikkeleista 25 oli vertaisarvioituja artikkeleita, kuusi pro gradu -tutkielmia ja neljä raportteja. 27 artikkelia oli kirjoitettu englanniksi, neljä suomeksi ja neljä ruotsiksi. Venäjänkieliset artikkelit jäivät pois viimeistään kokotekstitalle. Vaikka artikkeleja haettiin vuodesta 1990 alkaen, yhtään 1990-luvulla julkaistua artikkelia ei päätynyt mukaan katsaukseen. 22 artikkelia oli julkaistu vuosina 2000-2009 ja 13 vuosina 2010-2019.



Kuva 1. Artikkeleiden seulontaprosessi

3.2 Narratiivinen yhteenveto

3.2.1 Maantieteelliset sijainnit

Suurin osa tutkimuksista oli tehty Ruotsissa ja Suomessa. Mukaan otettiin tutkimuksia myös Norjasta ja Virosta. Muista katsauksen maantieteellisen rajauksen piirissä olevista maista ei löytynyt yhtään valintakriteerit täyttävää tutkimusta (taulukko 2).

Taulukko 2. Artikkeleiden ja tutkimusten määrä maittain. Prosenttiosuudet ovat osuuksia kaikista narratiiviseen yhteenvetoon otetuista tutkimuksista/artikkeleista.

Maa	Ruotsi	Suomi	Norja	Latvia	Viro	Liettua	Venäjä	USA	Kanada
Tutkimukset	79	68	26	1	0	0	0	0	0
	45 %	39 %	15 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Artikkelit	15	14	5	1	0	0	0	0	0
	43 %	40 %	14 %	3 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %

3.2.2 Interventiot

Lähes kaikki tutkimukset käsittelivät metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä tai näitä vastaavia elinympäristöjä. Vain viidessä tutkimuksessa (kahdessa artikkelissa) interventio oli jokin muu. Siitonen ym. (2012) tutkivat METSO-kohteita, kun taas Simonsson (2016) keskittyi sertifiointin kautta suojeltuihin alueisiin. Useimmiten metsälain erityisen tärkeän elinympäristön tyyppiä ei ollut määritelty, mutta joissain tutkimuksissa tarkasteltiin puronvarsia tai lehtoja (Korvenpää ym. 2002, Hartikainen 2008, Hottola & Siitonen 2008, Siitonen ym. 2009, Selonen ym. 2011, Suurkuukka ym. 2014)

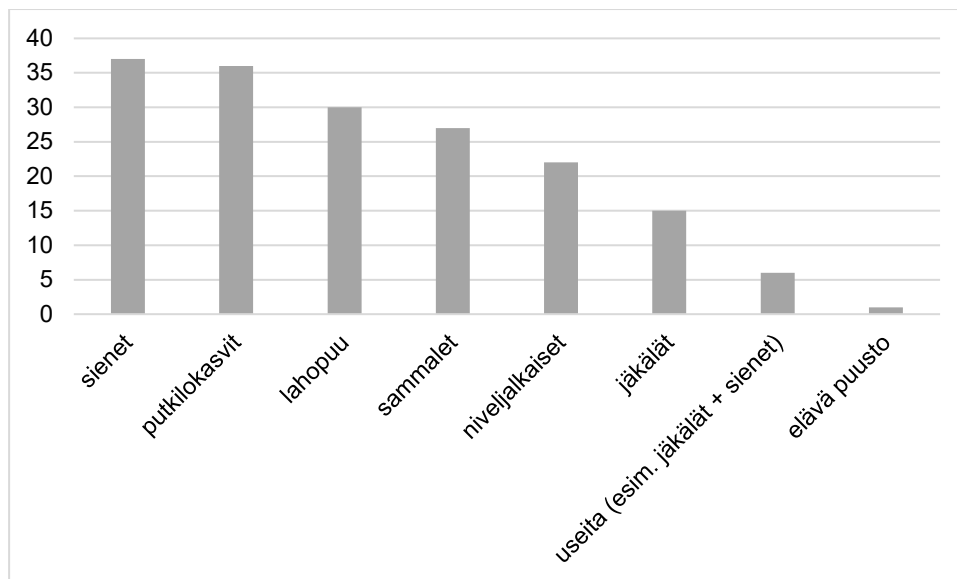
3.2.3 Verrokkit

Verrokkina oli talousmetsä 113 tutkimuksessa (65 %) ja (lähes) luonnontilainen metsä 61 tutkimuksessa (35 %). Talousmetsäkohteita kuvattiin useimmiten ”tavallisesti käsitellyiksi”, mikä yleensä tarkoittaa, että ne ovat tasaikäisiä, harvennettuja ja niissä on vain muutama puulaji. Talousmetsien ikä mainittiin vain harvassa tutkimuksessa. Näissä tutkimuksissa ikä vaihteli 50 ja 120 vuoden välillä (Hottola & Siitonen 2008, Siitonen ym. 2012). Luonnontilaisen metsän verrokkit olivat useimmiten suojeltuja alueita, kuten kansallispuistoja. Kuudessa artikkelissa (42 tutkimuksessa) oli verrokkina sekä talousmetsä että luonnontilainen metsä (Froster 2005, Perhans ym. 2007, Djupström ym. 2008, Laaksonen ym. 2010, Jönsson ym. 2015, Simonsson ym. 2016).

3.2.4 Tutkitut monimuotoisuusvaikutukset

Lajimäärä oli tutkituin monimuotoisuusvaikutus (61 tutkimusta, 35,1 %). Muita vaikutuksia oli tutkittu seuraavasti: yhteisörakenne 44 (25,3 %), yksilömäärä 39 (22,4 %), kuolleen puun tilavuus 27 (15,5 %) ja kuolleen puun monimuotoisuus 3 (1,7 %). Tutkimuksen kohteet (eliöt) voitiin jakaa

kahdeksaan ryhmään (kuva 2). Tutkituimmat ryhmät olivat sienet (enimmäkseen käävät), putkilokasvit, lahopuu ja sammalet. Suurin osa tutkimuksista keskittyi harvinaisiin (punaisen listan) lajeihin, indikaattorilajeihin tai lahopuuta vaativiin lajeihin.



Kuva 2. Tutkimusten määrä tutkimuskohteittain/eliöryhmittäin

3.2.5 Vaikuttavat tekijät

Vaikuttavia tekijöiden raportointi oli vaihtelevaa ja usein vähäistä. Useimmiten oli kuitenkin ilmoitettu maantieteellinen sijainti, tutkimusvuosi ja metsätyyppi. Ilmasto-olosuhteet, maaperän tyyppi, korkeus merenpinnasta, avainbiotoopin koko, metsän ikä, sertifiointi ja metsän omistaja oli ilmoitettu satunnaisesti. Muista vaikuttavista tekijöistä ei ollut joko raportoitu ollenkaan tai hyvin vähän.

3.3 Määrällinen analyysi

3.3.1 Määrälliseen analyysiin mukaan otettujen artikkelien kuvaus

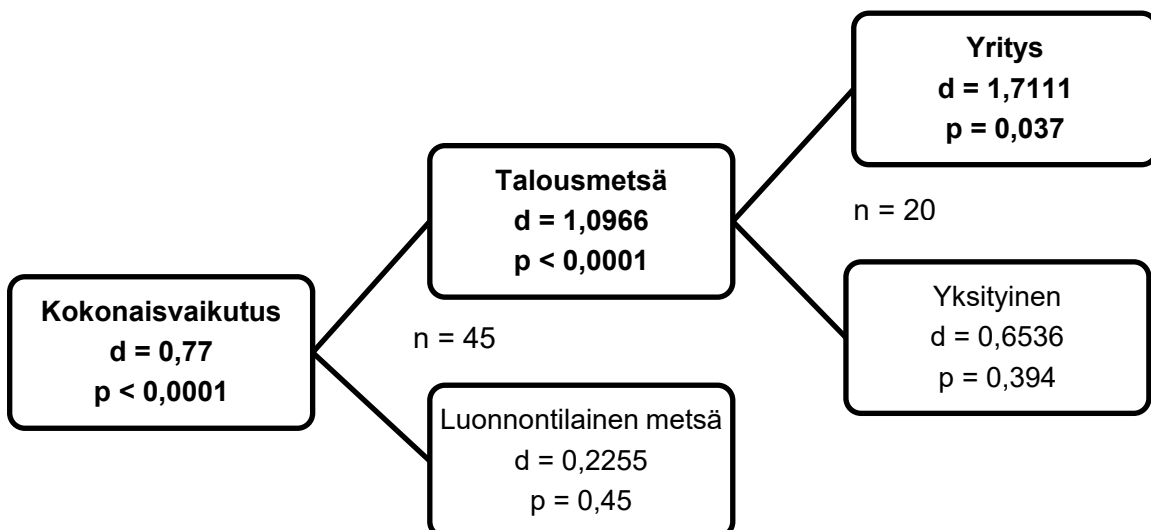
Määrälliseen analyysiin (meta-analyysiin ja yhteisö rakenneaineiston analyysiin) soveltuvaa aineistoa oli 127 tutkimuksessa (28 artikkelissa), eli 73 %:ssa kaikista narratiiviseen yhteenvedoon mukaan otetuista tutkimuksista. Lajimääriä tutkittiin 45:ssä, yksilömääriä 30:ssä, yhteisö rakennetta 26:ssä ja lahopuun tilavuutta 26:ssä tutkimuksessa. Lahopuun monimuotoisuudesta ei ollut tarpeeksi aineistoa, jotta siitä olisi voinut tehdä meta-analyysin. Kaikissa tutkimuksissa, joissa interventio ei ollut avainbiotooppi (vaan METSO-kohde tai sertifiointin takia suojeltu alue), oli tutkimuksen kohteena lahopuun tilavuus.

75:ssä tutkimuksessa avainbiotooppeja verrattiin talousmetsään ja 52:ssä luonnontilaiseen metsään. Suomessa tehtyjä tutkimuksia oli 49, Ruotsissa tehtyjä 63, Norjassa tehtyjä 15 ja Latviassa tehtyjä ei yhtään. Tutkituimpia taksoneita olivat putkilokasvit (31 tutkimusta) ja sienet (25 tutkimusta). 72 tutkimusta oli julkaistu vertaisarvioituissa artikkeleissa, 49 pro gradu -tutkielmassa ja 6 raporteissa.

3.3.2 Lajimäärät

Kokonaisvaikutuksen suuruus (overall effect size) avainbiotooppien ja verrokkien välillä oli positiivinen ja erosi merkitsevästi nolasta ($d = 0,77$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 0,3987, 1,1750). Tämä tarkoittaa, että avainbiotoopeilla oli enemmän lajeja kuin verrokkimetsissä. Vaikutuksen suuruudessa oli kuitenkin myös merkitsevää heterogeenisuutta ($Q = 298,59$, $p < 0,0001$, $n = 45$). Forest plot -kuvasta havaittiin, että mukana oli yksi selvästi muusta aineistosta poikkeava havainto (outlier), joten analyysi tehtiin uudestaan ilman sitä. Kokonaisvaikutuksen suuruus säilyi edelleen merkitsevästi ($d = 0,67$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 0,3588, 0,9529). Aineistolle tehtiin myös herkkyysanalyysi jättämällä pois tutkimukset, joissa oli korjattu otoskoko (tutkimukset, joissa verrokkina sekä talousmetsä että luonnontilainen metsä). Vaikutuksen suuruus säilyi edelleen merkitsevästi ($d = 0,7123$, $p = 0,0002$, 95 % CI: 0,3416, 1,0830), samoin heterogeenisuus ($Q = 238,38$, $p < 0,0001$, $n = 44$). Julkaisutyyppin (pro gradu -tutkielma, vertaisarvioitu artikkeli, raportti), maan tai aineiston keräysvuoden vaikutusta tuloksiin testattiin, mutta ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä ($p > 0,05$, $n = 45$). Funnel plot -kuvaajassa ei havaittu selkeää epäsymmetriaa, mikä vahvistettiin trim and fill -menetelmällä ($n = 45$).

Avainbiotoopit eivät eronneet lajimäärältään merkitsevästi luonnontilaisista metsistä, mutta niissä oli selvästi enemmän lajeja kuin talousmetsissä ($d = 1,0966$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 0,6409, 1,5523, $n = 45$). Myös metsän omistajan (yksityinen vai yritys; valtion omistamia metsiä oli vain yksi, joten se jätettiin pois analyysistä) ja taksonin vaikutusta lajimäärään testattiin. Taksonit, joista oli alle kolme tutkimusta metsätyyppiä kohden, jätettiin pois analyysistä. Avainbiotoopeilla oli merkitsevästi enemmän lajeja kuin yritysten omistamissa talousmetsissä ($n = 20$; kuva 3). Taksonilla taas ei ollut merkitystä vaikutusten suuruuksien kannalta ($p > 0,05$ molemmille verrokeille). Tutkimuksista, joista oli saatavilla aineistoa verrokkimetsän iästä tai avainbiotooppia ympäröivän alueen käsittelystä, testattiin näiden tekijöiden vaikutusta lajimääriin. Avainbiotooppia ympäröivän alueen käsittelyn voimakkuudella ($p > 0,05$, $n = 26$) tai verrokkimetsän iällä ei ollut vaikutusta lajimääriin ($p > 0,05$, $n = 14$).



Kuva 3. Eri verrokkien (talousmetsä ja luonnontilainen metsä) sekä talousmetsien metsänomistajan vaikutus lajimäärään. Tilastollisesti merkitsevät erot korostettu.

3.3.3 Yksilömäärät

Kokonaisvaikutuksen suuruuden testauksessa kävi ilmi, että avainbiotoopeilla yksilömäärät ovat merkitsevästi suurempia kuin verrokkialueilla ($d = 1,8237$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 1,0749, 2,5725, $n = 30$), mutta tuloksissa oli merkitsevää heterogeenisyyttä ($Q = 254,8134$, $p < 0,0001$). Vaikutus säilyi merkitsevästi myös sen jälkeen, kun poistettiin ne tutkimukset, joissa oli korjatut otoskoot (tutkimukset, joissa verrokkina sekä talousmetsä että luonnontilainen metsä) ($d = 2,0991$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 1,1044, 3,0938). Aineiston keräysvuoden, maan ja julkaisutyyppin (vertaisarvioitu artikkeli vai pro gradu -tutkielma) vaikutusta vaikutusten suuruuteen testattiin, mutta yksikään näistä ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($p > 0,05$, $n = 30$). Funnel plot -kuvaaja vaikutti symmetriseltä, ja lisäksi trim and fill -menetelmän mukaan analyysissä oli mukana riittävästi tutkimuksia julkaisuharhan välttämiseksi.

Tarkempi analyysi osoitti, että avainbiotoopeilla oli merkitsevästi enemmän yksilöitä kuin talousmetsissä tai luonnontilaisissa metsissä (Talousmetsä: $d = 2,5654$, $p < 0,0001$, 95 % CI: 1,3858, 3,7450; Luonnontilainen metsä; $d = 1,0839$, $p = 0,0121$, 95 % CI: 0,2375, 1,9302). Myös vaikutuksia eri taksonien välillä testattiin. Ne taksonit, joita koskevia tutkimuksia oli vähemmän kuin kolme, jätettiin pois analyysistä. Taksonilla ei ollut vaikutusta yksilömääriin kummankaan verrokin tapauksessa ($p > 0,05$, $n = 14$ talousmetsät, $n = 12$ luonnontilaiset metsät).

3.3.4 Lahopuu

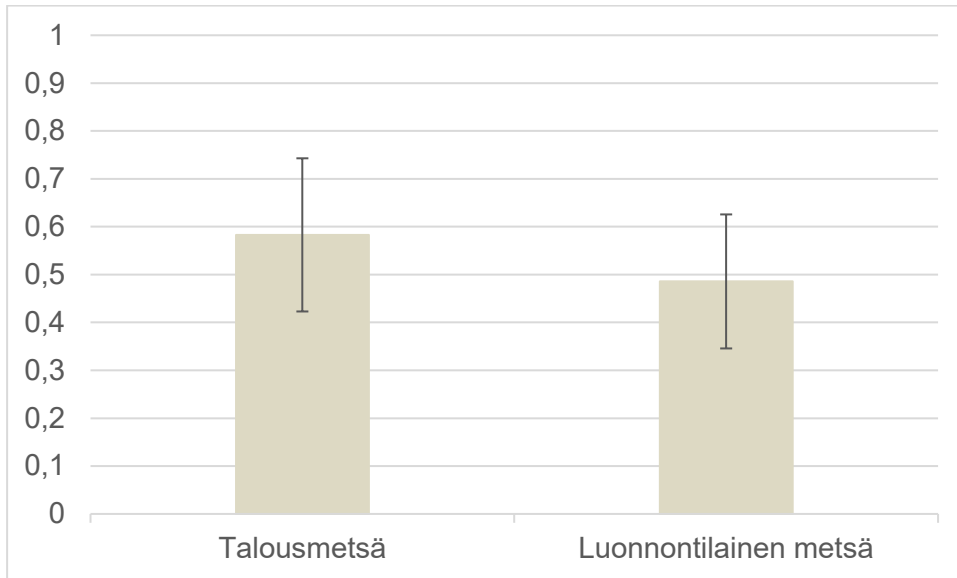
Avainbiotoopit erosivat lahopuun tilavuuden suhteen merkitsevästi verrokkialueista ($d = 0,6248$, $p = 0,0249$, 95 % CI: 0,0249, 0,0789, $n = 26$), ja myös heterogeenisyys oli tilastollisesti merkitsevää ($Q = 882,7001$, $p < 0,0001$). Merkitsevyyttä säilyi myös silloin, kun jätettiin pois tutkimukset, joissa oli korjatut otoskoot (vaikutuksen suuruus: $d = 0,8071$, $p = 0,0426$, 95 % CI: 0,0271, 1,5871, $n = 16$; heterogeenisyys: $Q = 137,7648$, $p < 0,0001$). Maalla, julkaisutyyppillä tai aineiston keruuvuodella ei ollut vaikutusta lahopuun määrään ($p > 0,05$ kaikille). Julkaisuharhaa ei havaittu funnel plot -kuvasta, ja tämä todettiin myös trim and fill -testauksella.

Verrokin vaikutus lahopuun määrään osoittautui tilastollisesti merkitseväksi ($d = 1,6120$, $p = 0,0050$, 95 % CI: 0,4865, 2,7376). Myös heterogeenisyys säilyi merkitsevästi ($Q = 232,2578$, $p < 0,0001$) tarkoittaen sitä, että myös jotkin muut tässä testaamattomat tekijät vaikuttivat tuloksiin. Tarkemmassa analyysissä selvisi, että avainbiotoopeilla oli merkitsevästi enemmän lahopuuta kuin talousmetsissä, ($d = 1,0674$, $p = 0,0001$, 95 % CI: 0,5225, 1,6123). Luonnontilaisiin metsiin verrattuna avainbiotoopeilla oli vähemmän lahopuuta, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä ($d = -0,4782$, $p = 0,2465$). Metsän ikä ei vaikuttanut tuloksiin tilastollisesti merkitsevästi ($p > 0,05$, $n = 9$).

3.3.5 Yhteisörakenne

Yhteisörakenteen samankaltaisuuden analysointia varten oli saatavilla aineistoa 26 tutkimuksesta. Lisäksi 18:ssä tutkimuksessa oli jonkinlaista tietoa yhteisörakenteesta. Tulosten vertailukelpoisuuden vahvistamiseksi laskettiin keskiarvo lajeista, jotka olivat yhteisiä sekä avainbiotoopille että verrokkille. Tähän soveltuvaa aineistoa oli 14:ssä tutkimuksessa, joissa verrokkina oli talousmetsä ja 12:ssä tutkimuksessa, joissa verrokkina oli luonnontilainen metsä. Arvojen vakiointin jälkeen avainbiotooppien ja talousmetsien lajeista yhteisiä oli keskimäärin 58 %, kun taas

avainbiotooppien ja luonnontilaisten metsien välillä osuus oli 48 % (kuva 4). Tämä kuvaa merkitsevää eroa yhteisöstruktuureissa avainbiotooppien ja molempien verrokkien välillä.



Kuva 4. Keskimääräinen yhteisten lajien osuus avainbiotooppien ja verrokkialueiden välillä. Mukana 95 %:n luottamusvälit. Arvot vakioitiin avainbiotoopeilla tavattujen lajien kokonaismäärään (lajimäärä = 1).

4 TULOSTEN TARKASTELU

Avainbiotoopit eivät eronneet lajimäärän suhteen merkitsevästi luonnontilaisista metsistä. Tulos oli odotettu, sillä aiemmat tutkimukset (Timonen ym. 2011) ovat osoittaneet, että metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja niitä vastaavat elinympäristöt muissa Pohjois-Euroopan maissa ovat tärkeitä esiintymisalueita erityisesti uhanalaisille lajeille (ja tässä katsauksessa lähes kaikki tutkimukset käsittelivät näitä elinympäristöjä). Toisaalta katsauksessa olevat tutkimukset keskittyivät kasveihin ja hyönteisiin, joille pienialaisetkin elinympäristöt voivat tarjota sopivat elinolosuhteet ja riittävästi resursseja. Mikäli mukana olisi ollut enemmän tutkimuksia esimerkiksi vanhan metsän linnuista, jotka vaativat elinpiirikseen suurempia pinta-aloja, olisi tulos voinut olla toisenlainen.

Avainbiotoopeilla tavattiin selvästi enemmän lajeja kuin talousmetsissä. Myös tämä tulos oli odotettu, sillä metsälain erityisen tärkeät elinympäristöt ja niitä vastaavat elinympäristöt määritellään yleensä joko sillä esiintyvän lajiston tai uhanalaiselle lajistolle soveltuvien rakennepiirteiden mukaan (esim. Timonen 2010). Avainbiotoopeilla todettiin olevan talousmetsiä enemmän lahoppuuta, joten myös lahoppuusta riippuvaisen lajiston voidaan olettaa olevan runsaampaa. Lahoppuun runsaampi määrä avainbiotoopeilla talousmetsiin verrattuna oli odotettavissa, sillä kuolleiden puiden korjaaminen pois avainbiotoopeilta on usein kiellettyä, kun taas talousmetsissä kuolevat ja kuolleet puut on ollut tapana korjata suurimmaksi osaksi pois. Nykyisin suositellaan jättämään lahoppuuta myös talousmetsiin. Yllättävää oli sen sijaan se, ettei avainbiotooppia ympäröivän alueen käsittelyllä ollut vaikutusta lajimäärään, sillä aiemmin on havaittu ympäröivän alueen käsittelyn vaikuttavan voimakkaasti isojenkin suojelualueiden lajistoon (esim. Häkkinen ym. 2017). Nämä vaikutukset voivat kuitenkin vaihdella lajiryhmittäin, ja tässä katsauksessa valtaosa tutkimuksista keskittyi hyönteisiin ja kasveihin. Lisäksi on huomattava, että useissa tutkimuksissa ympäröivien alueiden käsittelyn voimakkuutta ei ollut mainittu. Toisaalta voi olla, että avainbiotoopit kärsivät ns. sukupuuttovelasta, eli vaikka lajit vielä esiintyvät avainbiotoopeilla, voi eristyksissä olevien elinympäristöjen lajisto tulevaisuudessa köyhtyä (Berglund & Jonsson 2005, Ylisirniö ym. 2016).

Pelkkä lajimäärä ei kuitenkaan kerro kaikkea lajiston välisistä eroista avainbiotoopeilla ja verrokialueilla. Tämän vuoksi tutkittiin myös yhteisörakennetta, ja kävi ilmi, että yhteisön koostumus erosi sekä avainbiotooppien ja talousmetsien että avainbiotooppien ja luonnontilaisten metsien välillä. Tämä voi johtua siitä, että jo avainbiotooppien määrittelykriteereissä on joissain tapauksissa mainittu tiettyjä indikaattorilajeja, jotka näin ollen esiintyvät avainbiotoopilla väistämättä. Satunnaisesti valituilla verrokkimetsien tutkimuskohteilla näitä lajeja ei välttämättä tavata, mikä ei sulje pois mahdollisuutta, että ne metsässä olosuhteiltaan sopivalla alueella esiintyisivät.

Avainbiotoopeilla tutkittujen lajien yksilömäärä oli korkeampi kuin luonnontilaisissa metsissä ja talousmetsissä. Selitys voi löytyä avainbiotooppien erityispiirteistä, eli niillä voi olla niin runsaasti resursseja, kuten lahoppuuta, ja siten ne kykenevät ylläpitämään tavanomaista tiheämpiä populaatioita. Lisäksi metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä vastaavat alueet muualla Pohjois-Euroopassa ovat usein jo määritelmänsä perusteella ns. monimuotoisuuden hotspot-alueita, joilla esiintyy pienellä alueella runsaasti lajistoa. Talousmetsissä ja luonnontilaisissa metsissä lajit ovat jakautuneet laajemmalle alueelle. Toisaalta esimerkiksi hyönteisten tapauksessa voi olla kyse siitä, että yksilöitä on tullut suojelluille pienialaisille elinympäristöille ympäröivien alueiden muutuksessa niille epäedullisiksi, esimerkiksi hakkuiden takia. Tällöinkin kyseessä olisi tilapäinen runsastuminen, ja ajan kuluessa yksilömäärät laskisivat.

4.1 Katsauksen rajoitteet

Vaikka eri lähteistä peräisin olevia tutkimuksia etsittiin laajasti, on mahdollista, että joitakin tämän katsauksen kannalta oleellisia artikkeleita on jäänyt löytymättä. Kielirajoitusten takia norjaksi, viroksi, latviaksi, liettuaksi tai ranskaksi (Kanada) kirjoitetut, mahdollisesti katsauksen kannalta oleelliset artikkelit eivät ole tässä katsauksessa mukana. Ei ole myöskään mahdollista käydä läpi jokaisen vähänkin aihepiiriin liittyvää organisaation internetsivua tai tietokantaa, mutta tässä katsauksessa on pyritty kokoamaan keskimääräistä systemaattista kirjallisuuskatsausta laajempi hakupohja. On huomattava, että lähes 40 % katsaukseen mukaan otetuista artikkeleista löytyi muualta kuin viitetietokannoista (Scopus ja WoS), ja lähes 30 % artikkeleista oli ns. harmaata, vertaisarvioimatonta kirjallisuutta.

Katsaukseen mukaan otettujen artikkelien maantieteellinen jakauma oli hyvin yksipuolinen. Koska metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä vastaavia alueita suojellaan yleisesti Baltian maissa ja jossain määrin myös Venäjän länsiosissa, on erikoista, että vain yksi artikkeli näiltä alueilta päätyi mukaan katsaukseen. Etenkin Latviassa näitä alueita on tutkittu melko paljon, mutta tutkimus on keskittynyt lähinnä kuvaamaan alueiden lajistoa tai vertailemaan lajistoa erilaisten erityisten tärkeiden elinympäristöjen välillä (mm. Ikauniece, Brumelis & Kondratovics 2012, Liepa ym. 2019). Katsauksessa on mukana vain kaksi artikkelia, joissa interventio oli jokin muu kuin metsälain erityisen tärkeä elinympäristö (tai vastaava), joten tuloksia ei voida suoraan yleistää koskemaan esimerkiksi METSO-kohteita tai sertifiointin kautta suojeltuja pieniä elinympäristöjä, vaikka näissä on samoja piirteitä metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen kanssa.

Tuloksiin vaikuttaa myös, mitä taksoniteita on tutkittu. Valtaosa tutkimuksista keskittyi pienikokoisiin, vähän liikkuviin ja huonosti levittäytyviin eliöihin, kuten hyönteisiin, kasveihin ja sieniin. On selvää, että avainbiotooppien merkitys on suurin juuri pienille ja paikallisille eliöille, mutta avainbiotooppien merkityksestä esimerkiksi linnuille ja pienille nisäkkäille ei tämän katsauksen perusteella voida vetää johtopäätöksiä.

Kaikista narratiiviseen yhteenvetoon mukaan otetuista artikkeleista ei ollut saatavilla meta-analyysiin soveltuvaa aineistoa. Näin ollen se ei voinut perustua koko katsauksen aiheesta löydettyyn tietopohjaan. Myös tutkimustuloksiin vaikuttavien tekijöiden raportointi oli monissa artikkeleissa heikkoa. Tämä vaikutti luonnollisesti myös meta-analyysiin, kun vaikuttavien tekijöiden merkitystä ei voitu kattavammin analysoida.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Avainbiotoopit vaikuttavat tämän katsauksen perusteella olevan monimuotoisuudelle arvokkaita kohteita. Avainbiotoopeilla tavattiin enemmän eliölajeja, -yksilöitä ja lahopuuta kuin talousmetsissä, joten niiden suojeleminen näyttäisi olevan toimiva keino monimuotoisuuden vaalimiseen talousmetsissä. Avainbiotooppien lajisto kuitenkin erosi luonnontilaisten metsien lajistosta, joten avainbiotoopit eivät korvaa esimerkiksi laajoja suojelualueita. Katsauksessa mukana olleet tutkimukset eivät kuitenkaan kattaneet kovin laajasti eri eliöryhmiä, joten tuloksia yleistettäessä on oltava varovainen. Täytyy myös ottaa huomioon, että meta-analyysissä mukana olleita tutkimuksia oli tehty Suomen lisäksi Ruotsissa ja Norjassa, joissa metsälain erityisen tärkeitä elinympäristöjä vastaavien elinympäristöjen määritelmät, koot ja suojelustatus eroavat jonkin verran suomalaisista.

Katsauksen perusteella voidaan sanoa, että tutkimuksissa on sekä maantieteellisiä että interventioiden ja tutkimuksen kohteena oleviin eliöryhmiin perustuvia tietoaaukkoja. Avainbiotooppitutkimusta ja erityisesti vertailevaa tutkimusta avainbiotooppien ja talousmetsien tai luonnontilaisten metsien välillä tulisi lisätä etenkin Baltian maissa ja Venäjällä sekä myös jossain määrin Norjassa. Lisää tutkimusta tarvitaan metsälain erityisen tärkeiden elinympäristöjen ja näitä vastaavien elinympäristöjen lisäksi myös muiden avainbiotooppien elinympäristöjen monimuotoisuusvaikutuksista.

Avainbiotooppien merkitystä nisäkkäille ja linnuille ei tämän katsauksen perusteella tiedetä. Tutkimusta tulisi suunnata erityisesti näihin lajiryhmiin. Lisäksi jo tehtyjen tutkimusten toisto tulevaisuudessa toisi lisää tietoa avainbiotooppien kyvystä ylläpitää lajistoa pidemmällä aikavälillä. Jatkossa olisi myös tärkeää raportoida tutkimustuloksiin vaikuttavista tekijöistä tarkemmin, jotta sekä yksittäisten tutkimusten että niistä mahdollisesti koostettavien meta-analyysien luotettavuus kohenisi. Erityisesti avainbiotooppeja ympäröivän metsän käsittelyn raportointi olisi tärkeää, jotta avainbiotooppien kyvystä ylläpitää monimuotoisuutta saataisiin lisää tutkimustietoa.

Rahoitus

Suomen Metsäsäätiö on rahoittanut tämän systemaattisen katsauksen ja sitä edeltävän protokollan tekoa, apuraha numero 2018070301. Säätiö ei ole vaikuttanut katsauksen tekemiseen millään tavalla.

6 LÄHTEET

- Berglund, H. & Jonsson, B.G. 2005. Verifying an Extinction Debt among Lichens and Fungi in Northern Swedish Boreal Forests. *Cons. Biol.* 19(2):338–48.
- Djupström, L.B., Weslien, J. & Schroeder, L.M. 2008. Dead wood and saproxylic beetles in set-aside and non set-aside forests in a boreal region. *Forest Ecology and Management*, 255(8-9), 3340-3350.
- Ericsson, T.S., Berglund, H. & Östlund, L. 2005. History and forest biodiversity of woodland key habitats in south boreal Sweden. *Biol Cons.* 122(2):289–303.
- Froster, A. 2005. Occurrence of signal species in woodland key habitats, nature reserves and production forest. Master's thesis. Department of Conservation Biology. Swedish University of Agriculture, Uppsala. 32 s.
- FAO. 2006. Global Forest Resources Assessment. Progress towards sustainable forest management. Rome; FAO.
- FSC. 2004. Forest Stewardship Council. National Boreal Standard. Canada. 2004.
- FSC. 2011. FSC Standard for Finland V1-1. 2011.
- FSC. 2015. Forest Stewardship Council. International Generic Indicators FSC-STD-01-004 V1-0 EN. Bonn, Germany; 2015.
- Gaston, K.J., Jackson, S.F., Cantú-Salazar, L., Cruz, G., Jackson, S.E., Cantú-Salazar, L. ym. 2008. The Ecological Performance of Protected Areas. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 39(39).
- Gleser, L. & Olkin, I. 2009. Stochastically dependent effect sizes. In: Cooper, H, Hedges, L.V. (eds) *The handbook of research synthesis*. 2nd ed. Russell Sage Foundation. USA. 573 s.
- Gustafsson, L., Baker, S.C., Bauhus, J., Beese, W.J., Brodie, A., Kouki, J. ym. 2012. Retention Forestry to Maintain Multifunctional Forests: A World Perspective. *Bioscience*. 62(7):633–45.
- Hanski, I. 2005. The shrinking world: Ecological consequences of habitat loss. Teoksessa: Kinne O, editor. *Excellence in Ecology*. International Ecological Institute, Oldendorf; 2005.
- Hartikainen, H. 2008. Metsälain (1093/1996) 10 §: n määrittelemien lehtojen merkitys putkilokasvilajiston monimuotoisuuden säilymiselle. Master's thesis, University of Jyväskylä, Faculty of Science, Department of Ecological and Environmental Science.
- Hottola, J. & Siitonen, J. 2008. Significance of woodland key habitats for polypore diversity and red-listed species in boreal forests. *Biodiversity and Conservation*, 17(11), 2559-2577.
- Häkkilä, M., Le Tortorec, E., Brotons, L., Rajasärkkä, A., Tornberg, R. & Mönkkönen, M. 2017. Degradation in landscape matrix has diverse impacts on diversity in protected areas. *PLoS One* 12(9): e0184792.

- Häkkiä, M., Savilaakso, S., Johansson, A., Sandgren, T., Uusitalo, A., Mönkkönen, M. & Puttonen, P. 2019. Do small protected habitat patches within boreal production forests provide value for biodiversity conservation? A systematic review protocol. *Environmental Evidence*, 8(1), 30.
- Ikauniece, S., Brunelis, G. & Kondratovics, T. 2012. Naturalness of *Quercus robur* stands in Latvia, estimates by structure, species and processes. *Estonian Journal of Ecology* 61;1:64-81.
- Jönsson, M., Ruete, A., Gunnarsson, U., Kellner, O. & Snäll, T. 2015. Övervakning av värdefulla skogsbiotoper: en utvärdering av extensivmetoden efter 10 år. SLU report.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., Lindquist, E. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *For Ecol Manage.* 352:9–20.
- Korvenpää, T., Lehesvirta, T. & Salpakivi-Salomaa, P. 2002. Pienvesien avainbiotoopit tärkeitä harvinaisille sammalille. *Luonnon tutkija* 106: 5.
- Laaksonen, M., Murdoch, K., Siitonen, J. & Várkonyi, G. 2010. Habitat associations of *Agathidium pulchellum*, an endangered old-growth forest beetle species living on slime moulds. *Journal of insect conservation*, 14(1), 89-98.
- Liepa, L., Straupe, I., Miežīte, O. & Jansons, Ā. 2019. Structural Diversity of Dead Wood in Small-scaled Protected Forest Parcels in Latvia. *Research for rural development* 2019;112-17
- Lindenmayer, D. & Franklin, J.F. 2002. *Conserving forest biodiversity: a comprehensive multiscaled approach*. Island Press; 2002. 351 s.
- Mäntymaa, E., Juutinen, A., Mönkkönen, M. & Svento, R. 2009. Participation and compensation claims in voluntary forest conservation: A case of privately owned forests in Finland. *For Policy Econ.* 11(7):498–507.
- Naughton-Treves, L., Holland, M.B. & Brandon, K. 2005. The Role of Protected Areas in Conserving Biodiversity and Sustaining Local Livelihoods. *Annu Rev Environ Resour.* 30(1):219–52.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A.L., Escobar, F., Favila, M. & Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: a quantitative literature review and meta-analysis. *Biol Conserv.* 137:1–19.
- Nitare, J. & Norén, M. 1992. Nyckelbiotoper kartlaggs i nytt projekt vid Skogsstyrelsen [Key biotopes are mapped in a new project at Skogsstyrelsen]. *Sven Bot Tidskr.* 86:219–26.
- PEFC. 2018. Programme for the Endorsement of Forest Certification. PEFC ST 1003:2018. Sustainable Forest Management - requirements. Geneva, Switzerland; 2018.
- Perhans, K., Gustafsson, L., Jonsson, F., Nordin, U. & Weibull, H. 2007. Bryophytes and lichens in different types of forest set-asides in boreal Sweden. *Forest ecology and management*, 242(2-3), 374-390.
- Pivoriūnas, A., Lazdinis, M. 2004. Needs of private forest owners in the context of changing political systems: Lithuania as a case study. *Small-scale For Econ Manag Policy.* 3(2):191–202.

- Pöllumäe, P., Korjus, H. & Paluots, T. 2014. Management motives of Estonian private forest owners. *For Policy Econ.* 42:8–14.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Saatavissa; <https://www.R-project.org/>.
- Rohatgi, A. 2019. WebPlotDigitizer, version 4.2. Saatavissa: <https://automeris.io/WebPlotDigitizer>.
- Selonen, V., Mussaari, M., Toivanen, T. & Kotiaho, J.S. 2011. The conservation potential of brookside key habitats in managed boreal forests. *Silva Fennica*, 45.
- SFI. 2015. Sustainable Forestry Initiative SFI 2015-2019 Forest Management Standard. Washington, D.C.: Sustainable Forestry Initiative Inc.; 2015.
- Siitonen, J., Hottola, J. & Immonen, A. 2009. Differences in stand characteristics between brookside key habitats and managed forests in Southern Finland. *Silva Fennica* 43(1):21-37.
- Siitonen, J., Penttilä, R. & Ihalainen, A. 2012. METSO-ohjelman uusien pysyvien ja määräaikaisten suojelualueiden ekologinen laatu Uudenmaan alueella. *Metsätieteen aikakauskirja*, 4: 259-283.
- Simonsson, P., Östlund, L. & Gustafsson, L. 2016. Conservation values of certified-driven voluntary forest set-asides. *Forest Ecology and Management*, 375: 249-258.
- Storrank, B. 2018. Nordiska Arbetspapper – Frivilligt skydd av skog i Finland, Sverige och Norge (“Nordic Working Paper— Voluntary Protection of Forests in Finland, Sweden and Norway”). Saatavilla: <http://norden.diva-portal.org/smash/get/diva2:1190782/FULLTEXT01.pdf>
- Suurkuukka, H., Virtanen, R., Suorsa, V., Soininen, J., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2014. Woodland key habitats and stream biodiversity: Does small-scale terrestrial conservation enhance the protection of stream biota? *Biol. Cons.* 170: 10-19.
- Timonen, J., Siitonen, J., Gustafsson, L., Kotiaho, J.S., Stokland, J.N., Sverdrup-Thygeson, A. ym. 2010. Woodland key habitats in northern Europe: concepts, inventory and protection. *Scand J For Res.* 25(4):309–24.
- Timonen, J., Gustafsson, L. Kotiaho, J.S., Mönkkönen, M. 2011. Hotspots in cold climate: Conservation value of woodland key habitats in boreal forests. *Biol Cons.* 144(8):2061–7.
- USDA. 2011. National Report on Sustainable Forests. Saatavilla: <https://www.fs.fed.us/research/sustain/docs/national-reports/2010/2010-sustainability-report.pdf>.
- Vanha-Majamaa, I. & Jalonen, J. 2001. Green Tree Retention in Fennoscandian Forestry. *Scand J For Res.* 16:79–90.
- Viechtbauer, W. 2010. Conducting meta-analyses in R with the metafor package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), 1--48. Saatavilla: <https://www.jstatsoft.org/v036/i03>.

Watson, J.E.M., Dudley, N., Segan, D.B., Hockings, M. 2014. The performance and potential of protected areas. *Nature* 515(7525):67–73.

Widman, U. 2016. Exploring the Role of Public–Private Partnerships in Forest Protection. *Sustainability* 8(5):496.

Ylisirniö, A-L., Mönkkönen, M., Hallikainen, V., Ranta-Maunus, T. & Kouki, J. 2016. Woodland key habitats in preserving polypore diversity in boreal forests: Effects of patch size, stand structure and microclimate. *For Ecol Manage.* 373:138–48.

LIITTEET

Liite 1. Eri lähteille tehtyt haut ja niistä löytyneet artikkelit seulonnan eri vaiheissa.

Lähde	Lähteiden määrä	Hakujen määrä	Osumien määrä	Otettu mukaan otsikko-/tiivistelmätasolla ennen kaksoiskappaleiden poistoa	Otettu mukaan otsikko-/tiivistelmätasolla kaksoiskappaleiden poiston jälkeen	Otettu mukaan kokotekstitasolla	Riippumatonta aineistoa
Tietokannat -Web of Science -Scopus	2	2	8 303	230	230	24	22
Tietokannat -yliopistojen tietokantoja -venäläisiä tietokantoja	21	29	4 787	360	47	4	3
Hakukoneet -Google Scholar -Google	2	8	4 250	118	32	6	6
Hakuketjun hälytykset -Scopus -WoS -RSCI	3	3	201	2	2	0	0
Organisaatioiden internetsivut (ei venäläiset)	20	25, joista osa manuaalisia	1 914	38	22	4	2
Organisaatioiden internetsivut (venäläiset)	6	manuaalinen etsintä	-	3	3	0	0
Lähdeluettelot	44	-	-	-	33	2	1
Muut lähteet	-	-	-	1	1	1	1
Yhteensä:	98	67	19 455	752	370	41	35

Liite 2. Lista kaikista kokotekstitasolla mukaan otetuista artikkeleista.

Viite	Lähde	Julkaisu- tyyppi	Maa	Kieli	Riippu- matonta aineistoa	Määrälliseen analyysiin sovel- tuvaa aineistoa
Berglund, H. 2006. Artrikedom bland skorplavar och tickor i olika skogsbestånd: en rapport från Miljöanalysenheten. Länsstyrelsen i Gävleborgs län.	Google Scholar / ruotsiksi	raportti	Ruotsi	ruotsi	kyllä	kyllä
Djupström, L. B., Weslien, J., & Schroeder, L. M. 2008. Dead wood and saproxylic beetles in set-aside and non set-aside forests in a boreal region. <i>Forest Ecology and Management</i> , 255(8-9), 3340-3350.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Froster, A. 2015. Occurrence of signal species in woodland key habitats, nature reserves and production forest. Swedish University of Agriculture, Department of Conservation Biology.	lähdeluettelot	pro gradu -tut- kielma	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Gjerde, I., Sætersdal, M., & Blom, H.H. 2007. Complementary hotspot inventory—a method for identification of important areas for biodiversity at the forest stand level. <i>Biological Conservation</i> , 137(4), 549-557.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Norja	englanti	kyllä	ei
Gustafsson, L. 2000. Red-listed species and indicators: vascular plants in woodland key habitats and surrounding production forests in Sweden. <i>Biological Conservation</i> , 92(1), 35-43.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Gustafsson, L. 2002. Presence and abundance of red-listed plant species in Swedish forests. <i>Conservation biology</i> , 16(2), 377-388.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Gustafsson, L., Hylander, K., & Jacobson, C. 2004. Uncommon bryophytes in Swedish forests—key habitats and production forests compared. <i>Forest Ecology and Management</i> , 194(1-3), 11-22.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä (vain yhteisö- rakenne-aineis- toa)
Hanhimäki, T. 2003. Avainbiotooppien Merkitys Monimuotoisuuden Ylläpitäjänä Alue-ekologisessa Metsäsuunnittelussa. Oulun yliopisto, biologian laitos.	lähdeluettelot	pro gradu -tut- kielma	Suomi	suomi	ei	-

Hansen, M. 2015. Effects of size and forest structure of old-growth forests on the species richness of saproxylic insects. Norwegian University of Life Sciences, Faculty of Environmental Science and Technology, Department of Ecology and Natural Resource Management	Google scholar / englanniksi	pro gradu -tutkielma	Norja	englanti	kyllä	kyllä (vain yhteisö-rakenne-aineis-toa)
Hartikainen, H. 2008. Metsälain (1093/1996) 10 §: n määrittelemien lehtojen merkitys putkilokasvilajiston monimuotoisuuden säilymiselle. Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Ekologia ja ympäristöhoito	Google Scholar / suomeksi	pro gradu -tutkielma	Suomi	suomi	kyllä	kyllä
Hokkanen, P., Salo, K. & Paatelainen, H. 2003. Avainbiotooppien kasvillisuus Kolin kansallispuistossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedoksiantoja. 893.	Suomen ympäristökeskus	raportti	Suomi	suomi	kyllä	ei
Hottola, J., & Siitonen, J. 2008. Significance of woodland key habitats for polypore diversity and red-listed species in boreal forests. Biodiversity and Conservation, 17(11), 2559-2577.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Hottola, J. & Siitonen, J. 2006. Puronvarsien metsälakikohteiden kääpäälajisto Etelä-Suomessa. Jalonen, R. ym. (toim.) Uusi Metsäkirja. Gaudeamus, 2006, s. 206-207	Luonnonvarakeskus	kirjan luku	Suomi	suomi	ei	-
Johansson, P., & Gustafsson, L. 2001. Red-listed and indicator lichens in woodland key habitats and production forests in Sweden. Canadian Journal of Forest Research, 31(9), 1617-1628.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Junninen, K., & Kouki, J. 2006. Are woodland key habitats in Finland hotspots for polypores (Basidiomycota)?. Scandinavian Journal of Forest Research, 21(1), 32-40.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Juutinen, R., & Kotiaho, J. S. 2009. Lähteikköjen luonnontilan ja sammallaajiston pitkäaikaismuutokset. Suomen Ympäristö, 19.	Helda—Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto	raportti	Suomi	suomi	ei	-
Juutinen, R., & Kotiaho, J.S. 2011. Finnish forest act as a conservation tool in protecting boreal springs and associated bryophyte flora. Boreal environment research, 16(2).	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä

Jönsson, M. T., & Jonsson, B.G. 2007. Assessing coarse woody debris in Swedish woodland key habitats: Implications for conservation and management. <i>Forest ecology and management</i> , 242(2-3), 363-373.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Jönsson, M. T., Ruete, A., Kellner, O., Gunnarsson, U., & Snäll, T. 2017. Will forest conservation areas protect functionally important diversity of fungi and lichens over time?. <i>Biodiversity and conservation</i> , 26(11), 2547-2567.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	ei	-
Jönsson, M., Ruete, A., Gunnarsson, U., Kellner, O. & Snäll, T. 2015. Övervakning av värdefulla skogsbiotoper - en utvärdering av extensivmetoden efter 10 år. SLU Report.	Swedish Forest Society	raportti	Ruotsi	ruotsi	kyllä	kyllä
Korvenpää, T., Lehesvirta, T., & Salpakivi-Salomaa, P. 2002. Pienvesien avainbiotoopit tärkeitä harvinaisille sammalille. <i>Luonnon tutkija</i> 106 (2002): 5:144-154	Doria (suomeksi)	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	suomi	kyllä	kyllä
Laaksonen, M., Murdoch, K., Siitonen, J., & Várkonyi, G. 2010. Habitat associations of <i>Agathidium pulchellum</i> , an endangered old-growth forest beetle species living on slime moulds. <i>Journal of insect conservation</i> , 14(1), 89-98.	muu	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Lundgren Lodetti, M. 2019. Log-diversity and abundance of dead wood dependent bracket fungi and bryophytes, a comparison between spruce woodland key habitats and adjacent production forests in Östergötland, Sweden. Linköping university, Department of Physics, Chemistry and Biology	Vytautas Magnus University Library Catalogue	pro gradu -tutkielma	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Martinsson, H. 2004. Död ved i Biskopstorp: en inventering utförd 2001-2003. Länsstyrelsen i Hallands län.	Google Scholar / ruotsiksi	raportti	Ruotsi	ruotsi	kyllä	kyllä
Perhans, K., Gustafsson, L., Jonsson, F., Nordin, U., & Weibull, H. 2007. Bryophytes and lichens in different types of forest set-asides in boreal Sweden. <i>Forest ecology and management</i> , 242(2-3), 374-390.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Putna, S., & Mežaka, A. 2014. Preferences of epiphytic bryophytes for forest stand and substrate in North-East Latvia. <i>Folia Cryptogamica Estonica</i> , 51, 75-83.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Latvia	englanti	kyllä	ei

Rasmussen, A. 2013. Conservation of spruce-associated saproxylic beetles: significance of management categories, environmental variables and fungi. Norwegian University of Life Sciences, Department of Ecology and Natural Resources Management.	Oria—Library Catalogue of Norwegian University of Life Sciences	pro gradu -tutkielma	Norja	englanti	kyllä	kyllä
Salomonsson, E. 2009. Dead wood in thinned forests and key habitats – a comparison of habitat qualities for wood inhabiting lichens and bryophytes [Ruotsiksi]. Swedish University of Agricultural Sciences, institute of ecology, 17.	Google scholar / englanniksi	pro gradu -tutkielma	Ruotsi	ruotsi	kyllä	kyllä
Selonen, V., Mussaari, M., Toivanen, T., & Kotiaho, J. S. 2011. The conservation potential of brook-side key habitats in managed boreal forests. <i>Silva Fennica</i> , 45: 1041-1052.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Siitonen, J., Hottola, J., & Immonen, A. 2009. Differences in stand characteristics between brook-side key habitats and managed forests in southern Finland. <i>Silva Fennica</i> , 43(1): 21–37	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Siitonen, J., Penttilä, R., & Ihalainen, A. 2012. METSO-ohjelman uusien pylvien ja määräaikaisten suojelualueiden ekologinen laatu Uudenmaan alueella. <i>Metsätieteen aikakauskirja</i> , 4: 259-283	Google Scholar / suomeksi	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	suomi	kyllä	kyllä
Simonsson, P., Östlund, L., & Gustafsson, L. 2016. Conservation values of certified-driven voluntary forest set-asides. <i>Forest Ecology and Management</i> , 375, 249-258.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	kyllä
Sippola, A.L. 2004. Maintaining Biodiversity in Managed Forests—Results of Beetle and Polypore Studies in Boreal Forests. <i>Towards the Sustainable Use of Europe's Forests—Forest Ecosystem and Landscape Research: Scientific Challenges and Opportunities</i> , 259. s. 259-273	WoS/Scopus	seminaarijulkaisu	Suomi	englanti	ei	-
Sippola, A.L., Mönkkönen, M., & Renvall, P. 2005. Polypore diversity in the herb-rich woodland key habitats of Koli National Park in eastern Finland. <i>Biological Conservation</i> , 126(2), 260-269.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä

Sippola, A.L., Mönkkönen, M., Renvall, P., & Kangasmäki, K. 2004. Avainbiotoopin koon ja puuston rakenteen merkitys Kolin kansallispuiston kääpälajiston suojelulle. Loven, L. (toim.). 2004. Tutkittuja tuntematon Koli. Kolin kansallispuiston tutkimusseminaari 24.-25.4.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 915. s. 73-90	Luonnonvarakeskus	raportti	Suomi	suomi	ei	-
Snäll, T., Hagström, A., Rudolphi, J., & Rydin, H. 2004. Distribution pattern of the epiphyte <i>Neckera pennata</i> on three spatial scales—importance of past landscape structure, connectivity and local conditions. <i>Ecography</i> , 27(6), 757-766.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Ruotsi	englanti	kyllä	ei
Suurkuukka, H., Virtanen, R., Suorsa, V., Soininen, J., Paasivirta, L., & Muotka, T. 2014. Woodland key habitats and stream biodiversity: Does small-scale terrestrial conservation enhance the protection of stream biota?. <i>Biological Conservation</i> , 170, 10-19.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä
Sverdrup-Thygeson, A. 2002. Key habitats in the Norwegian production forest: a case study. <i>Scandinavian Journal of Forest Research</i> , 17(2), 166-178.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Norja	englanti	kyllä	kyllä
Sverdrup-Thygeson, A., Bendiksen, E., Birkemoe, T., & Larsson, K. H. 2014. Do conservation measures in forest work? A comparison of three area-based conservation tools for wood-living species in boreal forests. <i>Forest Ecology and Management</i> , 330, 8-16.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Norja	englanti	kyllä	kyllä (vain yhteisö-rakenne-aineis-toa)
Virolainen, K. M., Nättinen, K., Suhonen, J., & Kuitunen, M. 2001. Selecting herb-rich forest networks to protect different measures of biodiversity. <i>Ecological Applications</i> , 11(2), 411-420.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	ei
Ylisirniö, A. L., Mönkkönen, M., Hallikainen, V., Ranta-Maunus, T., & Kouki, J. 2016. Woodland key habitats in preserving polypore diversity in boreal forests: effects of patch size, stand structure and microclimate. <i>Forest Ecology and Management</i> , 373, 138-148.	WoS/Scopus	vertaisarvioitu artikkeli	Suomi	englanti	kyllä	kyllä