



Pekka Nöjd¹, Helena M. Henttonen², Kari T. Korhonen³ ja Harri Mäkinen¹

Suomen metsien käytön rajat: Mera-aikakauden skenaariolaskelman tarina

Nöjd P., Henttonen H.M., Korhonen K.T., Mäkinen H. (2021). Suomen metsien käytön rajat: Mera-aikakauden skenaariolaskelman tarina. Metsätieteen aikakauskirja 2020-10570. Tutkimusartikkeli. 22 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10570>

Tiivistelmä

Suomen metsävarojen riittävyys herätti huolestuneisuutta 1960-luvun alkupuolella poistuman ylitettyä puuston kasvun useina vuosina. Ryhmä tunnettuja metsäntutkijoita arvioi vuonna 1965, että silloinen puunkäyttö yhdistettynä metsäteollisuuden kaavailemiin laajennusinvestointeihin tulisi aiheuttamaan puuvarojen nopeaa vähenemistä. Ääritapauksessa teollisuuden tarvitseman puuraaka-aineen käyttö olisi laskelmien mukaan edellyttänyt kaikkien 1960-luvun alussa olemassa olleiden metsiköiden uudistamista vuosituhannen vaihteeseen mennessä. Ryhmän skenaarioiden mukaan kehitys olisi ollut käännettävissä vain joko vähentämällä teollista puunkäyttöä tuntuvasti tai investoimalla voimakkaasti metsien tuotoksen lisäämiseen. Vertaamme tässä artikkelissa ryhmän skenaariolaskelmia valtakunnan metsien inventointien mukaan toteutuneeseen kehitykseen uudistettujen metsäpinta-alojen sekä puuston määrän ja vuotuisen kasvun osalta. Toisin kuin ryhmän skenaariot 1960-luvulla ennakoivat, noin puolet (51 %) Suomen nyky metsien pinta-alasta koostuu ennen vuotta 1964 uudistetuista metsistä. Nykypuuston tilavuudesta niiden osuus on 65 % ja vuotuisesta kasvusta 46 %. Pohdimme kirjoituksessamme syitä sille, miksi toteutunut metsien kehitys poikkesi jyrkästi ennakoidusta, vaikka skenaarioiden oletukset teollisesta puunkäytöstä osoittautuivat varsin realistisiksi. Muu puunkäyttö sen sijaan väheni ja raakapuun tuonti lisääntyi odotettua enemmän. Uudistushakkuille oli tarvetta ennakoitua vähemmän, koska harvennukset yleistyivät ja tuottivat arvioitua enemmän puuta. Valtiovalta myös tuki metsänhoidon tehostamista ja panosti neuvontaorganisaatioihin sekä alan tutkimukseen ja koulutukseen. Seurauksena poistuma ei 1960-luvun jälkeen ylittänyt vuotuista kasvua, ja puuston määrä ja kasvu kääntyivät edelleen jatkuvalle nousu-uralle, mikä mahdollisti aiempaa mittavimmat kestävät hakkuut.

Asiasanat metsien ikärakenne; metsien kasvu; metsäinventointi; metsänuudistaminen; 1960-luku
Yhteystiedot ¹Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Espoo; ²Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Helsinki; ³Luonnonvarakeskus (Luke), Biotalous ja ympäristö, Joensuu

Sähköposti pekka.nojd@luke.fi

Hyväksytty 7.12.2021

1 Johdanto

Vuonna 1965 ryhmä tunnettuja metsäntutkijoita (Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Viljo Holopainen, Kullervo Kuusela, Gustaf Sirén) julkaisi dramaattisen skenaarioanalyysin: Jos metsänhoitoa ei tehosteta ja jos metsäteollisuus toimii – suunnitellut investoinnit huomioiden – 95 %:n tasolla kapasiteetistaan, kaikki julkaisuhetkellä Suomessa vuonna 1963 olemassa olleet metsiköt jouduttaisiin hakkaamaan ja uudistamaan vuosituhanen vaihteeseen mennessä (Ervasti ym. 1965).

Ervasti ym. (1965) esittivät kaikkiaan kolme skenaariota Suomen metsien kehityksestä:

- I. Metsänhoidossa ei muutoksia, teollinen puunkäyttö mitoitetaan kestävien hakkuumahdollisuuksien tasolle;
- II. Metsänhoidossa ei muutoksia, metsäteollisuus toteuttaa suunnitellut investoinnit ja toimii 95 % käyttöasteella;
- III. Vahvasti tehostettu metsänhoito, metsäteollisuus toteuttaa suunnitellut investoinnit ja toimii 95 % käyttöasteella.

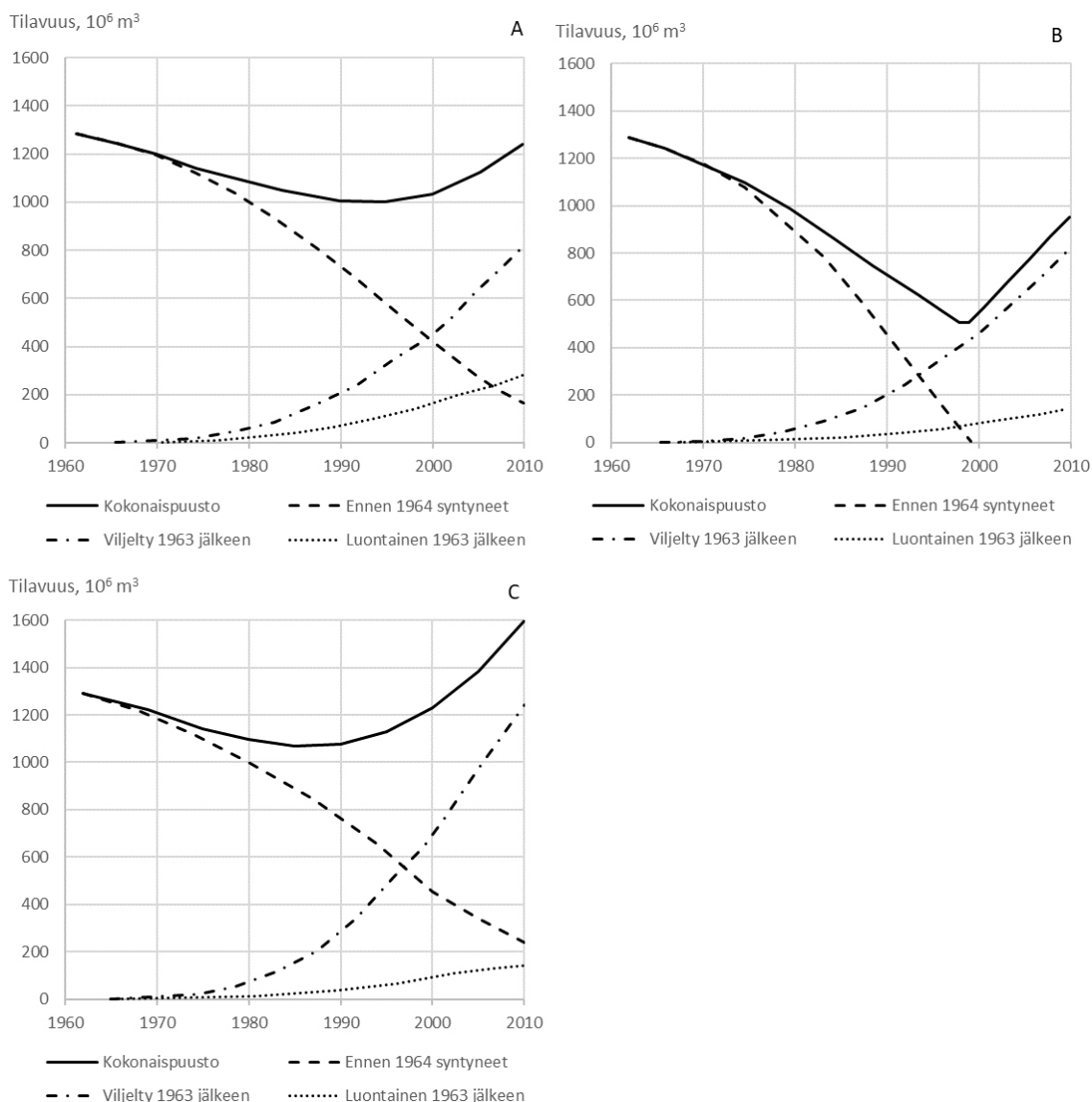
Skenaario II. olisi siis edellyttänyt kaikkien metsiköiden uudistushakkuuta vuosituhanen vaihteeseen mennessä. Myös skenaarioiden I. ja III. seurauksena vuoden 1963 metsiköistä olisi laskelmien mukaan ollut jäljellä vain pieni murto-osa vuonna 2000 (Kuva 1). Kaikissa kolmessa skenaariossa puuston tilavuus olisi aluksi vähentynyt Suomen metsissä tuntuvasti, skenaariossa II jopa tasolle 500 milj. m³ (eli viidesosaan nykyisestä), joskin palautunut skenaariota II lukuun ottamatta vähintään 1960-luvun alun tasolle vuoteen 2010 mennessä.

Työryhmä oli saanut toimeksiantonsa arvovaltaiselta taholta, talousneuvostolta, johon kuului edustajia valtioneuvostosta, Suomen pankista sekä etujärjestöistä, puheenjohtajana pääministeri (Ervasti ym. 1965). Toimeksianto pohjautui metsäteollisuuden kaavailemaan teollisuuspuun tarpeeseen lähivuosikymmeninä.

Työryhmä käytti englanninkielisessä raportissaan termiä ”forecast”, mutta konkreettisista päätelmistä huolimatta kyse oli skenaariolaskelmista. Tavanomaisesta poiketen laskelmien taustalla oli kuitenkin myös ilmeisen epärealistisia oletuksia. Todellisuudessa edessä olisi ollut raaka-ainehuollon niukkuudesta aiheutuva tuotannon supistaminen jo ennen metsävarojen hakkaamista loppuun. Pitkäkestoinen kysynnän ja tarjonnan epätasapaino johtaa kestäättömän korkeaan puun hintaan, eivätkä kaikki metsänomistajat myy puuta missään olosuhteissa. Toimeksiannon mukaan nämä mekanismit oli määrä jättää huomiotta skenaariolaskelmissa (Ervasti ym. 1965). Oletuksena ollut korkea 95 %:n käyttöaste olisi myös merkinnyt tunnetusti syklisen metsäteollisuuden muuttumista vakaaksi toimialaksi, mitä tuskin pidettiin todennäköisenä.

Työryhmään kuului ajan johtavia metsäekonomisteja, joten taloustieteen perusteiden sivuuttamista skenaariolaskelmissa voi pitää erikoisena ratkaisuna. Toisaalta on selvää, että laskennallisten yksityiskohtien määrä oli pakostakin hyvin rajallinen aikakaudella ennen tietokoneiden käyttöönottoa metsäntutkimuksessa. Suomen puumarkkinoita kuvaavia, kysyntään ja tarjontaan pohjautuvia taloustieteellisiä malleja ei myöskään ollut saatavilla 1960-luvun alussa. Sama pätee metsien kehitystä ennustaviin yksityiskohtaisiin (puutasen) malleihin.

Tilaustyön taustalla oli pelko metsävarojen liikakäytöstä. Poistuma oli muutamana vuonna 1950- ja 1960-lukujen taitteessa ylittänyt metsien vuotuisen kasvun (Luonnonvarakeskus 2018). Jatkuessaan epätasapaino olisi vaarantanut metsäteollisuuden raaka-ainehuollon ja estänyt suunnitelmassa olleen laajentumisen. Työryhmä alleviivasi viestiään toteamalla, että ilman metsien tuotoksen kohentamiseen tähtäviä toimia kansantalouden kasvu ei voisi jatkossa perustua metsäsektoriin ja että bruttokansantuotteen ylläpitäminen silloisella tasollakin saattaisi vaarantua (Ervasti ym. 1965).



Kuva 1. Ervastian ym. (1965) ennusteet^{*)} puuston tilavuuden kehityksestä Suomessa kolmen skenaarion pohjalta, I (a), II (b) ja III (c). Puusto on lisäksi jaoteltu ennen vuotta 1964 perustettuihin metsiin sekä sen jälkeen viljeltyihin ja luontaisesti uudistettuihin metsiin.

^{*)} = Ervastian ym. (1965) raportissa skenaarioiden I ja III mukaista puuston tilavuuden kehitystä kuvaavat kuvat (kuva 2 ja 4) olivat vaihtaneet paikkaa keskenään. Julkaisun taulukko 8 sisältää lukuina skenaario III:n mukaiset tulokset, jotka kuitenkin täsmäävät kuvan 2 kanssa, ei kuvan 4, jonka kuvatekstin mukaan tulisi esittää graafisesti skenaario III:n mukainen puuston kehitys. Vertaa myös Kuusela (1999) s. 55.

Metsävarojen vähenemisestä seuranneet tuotannon rajoitukset olisivat olleet ristiriidassa talouspolitiikan päämäärien kanssa. Talousneuvosto oli linjannut tavoitteeksi hallitun kasvun (Ollonqvist 1998), keskeisenä keinona teollistuminen, ja investointiaste olikin 1960-luvun Suomessa länsimaiden korkein (Korkman 2015).

Toinen taustalla vaikuttanut tekijä oli Maailmanpankin – tuossa vaiheessa International Bank for Reconstruction and Development – rooli metsäteollisuusinvestointien lainoittajana. Sodanjälkeisessä Suomessa kotimaiset pääomat olivat niukkoja ja maan geopoliittinen sijainti Neuvostoliiton naapurina rajoitti tehokkaasti ulkomaisten markkinaehtoisten luottojen saantia (Jensen-Eriksen 2007; Korkman 2015). Toistuvien maksutaseongelmien vuoksi luotu pääomien

tuontilupajärjestelmä antoi lisäksi Suomen pankille valtuudet rajoittaa pääomatuontia (Ollonqvist 1998). Maailmanpankin lainat aiheuttivat poliittista ristivetoa Neuvostoliiton suuntaan, ja eräästä avoimemmin poliittisia kytkeänsä sisältäneet tukimuodot, kuten ns. Marshall-apu jätettiin hyödyntämättä (Ristolainen 2016). Suomen hallitukset tavoittelivat silti taloudellista tukea lännestä, ”kunhan se tulisi näennäisen epäpoliittisina lainoina” (Jensen-Eriksen 2007).

Sellu- ja paperiteollisuus on pääomavaltainen toimiala, ja Maailmanpankki oli pitkään Suomen puunjalostusteollisuuden merkittävin ulkomaisen pääoman lähde (Jensen-Eriksen 2007; Kuusterä ja Tarkka 2012). Organisaation 1960-luvun alun taustamuistioissa oli kuitenkin todettu Suomen teollisuuden kapasiteetin saavuttaneen metsävarojen kestävästä käytöstä sallimat rajat, eikä metsäteollisuudelle myönnettykään uusia lainoja 1960-luvun alun jälkeen (Ristolainen 2016). Sen sijaan Maailmanpankki rahoitti metsäalaa hyödyttäviä energia- ja liikenneinvestointeja sekä myönsi vuonna 1972 Suomelle lainaa, jolla toteutettiin mittavia metsänparannushankkeita Mera III -ohjelman muodossa (Jensen-Eriksen 2007; Ristolainen 2016). Ervastian ym. (1965) raportin julkaiseminen englannin kielellä kertonee tavoitteena olleen vakuuttaa Maailmanpankin asiantuntijat metsäsektorin laajentumismahdollisuuksista Suomessa nimenomaan metsänhoidon tehostamisen kautta.

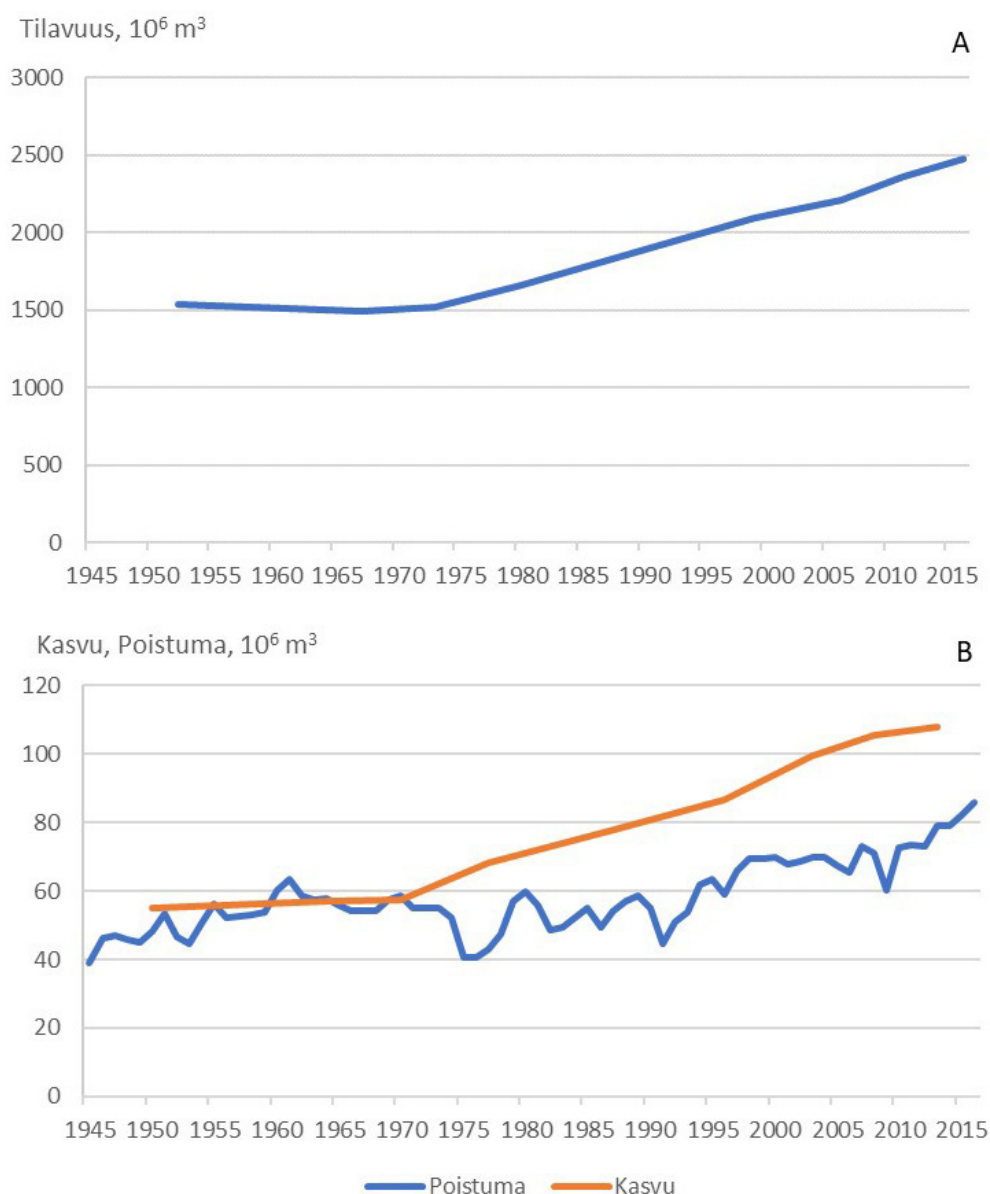
Raportin lopputulos lienee antanut kotimaisille poliittisille päättäjille miettimisen aihetta, sillä 1950-luvulla metsäsektorin osuus Suomen tavaraviennistä oli ajoittain yli 85 % (Tilastokeskus 2021). Tämäkään luku ei kerro koko totuutta, sillä toisen maailmansodan jälkeisessä tiukan protektionismin sävyttämässä kauppapoliittisessa tilanteessa vielä suurempi osa länsiviennistä koostui metsäteollisuustuotteista, lähinnä sellusta ja sahatavarasta – paperiakin oli tullimuurien takia vaikea myydä länsimarkkinoille (Kuisma 2015). Ervastian ym. (1965) raportin ilmestyessä vapaakauppa oli jo ottanut ensiaskeleita Euroopassa, ja Suomikin oli vuonna 1961 tehnyt kauppasopimuksen EFTA-maiden kanssa. Laajempi kauppapoliittinen avaus, vapaakauppasopimus EEC-maiden kanssa, sisälsi idänsuhteisiin liittyviä poliittisia riskejä, ja sopimus toteutuikin vasta vuonna 1973 (Kuisma 2015).

Mahdollinen raaka-aineongelmiin liittyvä länsiviennin supistuminen olisi lisännyt riippuvuutta Neuvostoliitosta, mikä oli vastoin valtiojohton – harvakseltaan ääneen lausuttuja – tavoitteita, jotka tähtäsivät läntisten yhteyksien vahvistamiseen (Kuisma 2015). Myöhemmin toteutunut elinkeinorakenteen monipuolistuminen ei sekään liene näyttänyt nopealta tieltä vaurastumiseen 1960-luvun maatalousvaltaisessa Suomessa. Siltäkin osin ongelmina olivat pääomien niukkuus ja kauppapoliittiset olot sekä Suomen väestön tuolloin vielä matala koulutustaso (Suomen virallinen tilasto 2021a).

Metsävarojen hakkaaminen loppuun 35 vuodessa, johon skenaario II olisi laskelmien mukaan johtanut, ei tätä taustaa vasten kuulostanut houkuttevalta. Sitä ei ollut myöskään skenaario I, jossa metsäteollisuus olisi joutunut vahvasti rajoittamaan puunkäyttöään, toimimaan vajaalla käyttöasteella ja luopumaan laajentumisen tuomista skaalaeduista.

Valtiovalta oli jo 1960-luvun alussa reagoinut puuvarojen riittävyysongelmiin suuntaamalla tukea metsien tuotoksen lisäämiseen puuntuotanto-ohjelmien muodossa, merkittävimpiä HKLN- ja Teho-ohjelmat (Ollonqvist 1998). Samanaikaisesti Ervastian ym. (1965) raportin kanssa valmisteltiin etujärjestöjen (Suomen puunjalostusteollisuuden keskusliitto, Maataloustuottajain keskusliitto) aloitteesta työtavoitteiltaan laajempaa Metsätalouden investointien rahoitusohjelmaa (Mera I, 1965–1970). Etujärjestöjen keskeisenä motiivina oli lisärahoituksen järjestäminen metsätalouden tehostamiseen (Eriksson 1993), mikä myös johti tavoiteltuun tulokseen. Budjettirahoituksen täydennykseksi hankittiin obligaatiolainaan perustuvaa rahoitusta, jonka järjestämisessä Mera-toimikunnan puheenjohtajana toimineella Suomen pankin pääjohtajalla Klaus Wariksella oli keskeinen rooli (Ollonqvist 1998). Mera I sai myöhemmin jatkokseen Mera II ja Mera III -ohjelmat.

Metsävaratilastoista tiedämme, etteivät työryhmän skenaariolaskelmat puuston kehityksestä osuneet lähellekään toteutunutta. Suomen metsien puuston määrä muuttui hyvin vähän vuosina 1965–1972 (Korhonen ym. 2017; Luonnonvarakeskus 2018). Öljykriisi vuonna 1973 sai aikaan hakkuumäärien romahduksen muutamaksi vuodeksi (Luonnonvarakeskus 2018; Kuva 2), osin maailmankaupan hidastumisen vuoksi ja osin teollisuuden puuvarastojen tarkoituksellisen vähentämisen takia. Samanaikaisesti puuston määrä lähti kasvu-uralle, jota on jatkunut nykypäivään saakka (Kuva 2A). Metsien vuotuisen kasvun kehitystä kuvaava käyrä (Kuva 2B) on muodoltaan samankaltainen, ja ilmiöillä tietenkin on myös yhteyttä: tiheämmät metsät kasvavat harvapuustoisia enemmän. Vuotuinen poistuma ei sen sijaan muuttunut trendinomaisesti ennen 1990-lukua (Kuva 2B).



Kuva 2. A. Suomen metsien puuston tilavuus 1964–2016 (Luonnonvarakeskus 2018) metsä- ja kitumaalla. B. Suomen metsien vuotuinen kasvu (1964–2013) metsä- ja kitumaalla ja vuotuinen poistuma 1945–2018 (Suomen virallinen tilasto 2021c).

Ervasti ym. (1965) julkaisivat tilaustyönsä kiinnostavassa vaiheessa Suomen metsähistoriaa. Metsänhoito- ja hakkuumenetelmät olivat julkaisuhetkellä jo vahvasti muuttumassa. Varhaisissa metsäinventoinneissa oli todettu, että määrämitta- tai muiden harsintaluonteisten käsittelyjen sekä kaskeamisen, tervanpolton ja laiduntamisen seurauksena merkittävä osa Suomen metsistä oli harvapuustoisia ja heikkolaatuisia (Helander 1949). Ensimmäisen valtakunnan metsien inventoinnin johtajan Yrjö Ilvessalon sanoin: ”Valtava pääosa metsistä ja erityisesti hakamaanluontoisista metsistä on normaalista harvempia, epäsäännöllisesti harvennettuja ja hakattuja, melkoisilla aloilla puulaji ei ole kasvupaikalla edullisin j.n.e.” (Ilvessalo 1927).

Vuoden 1948 tunnettu Harsintajulkilausuma tuomitsi voimakkain äänenpainoin nämä käsittelyt (Appelroth ym. 1948). Niiden tilalle julkilausuman takana olleet arvostetut metsänhoidon tutkijat eivät kuitenkaan tarjonneet avohakkuita yhdistettynä metsänviljelyyn vaan luontaista uudistamista (Appelroth ym. 1948; Mikola 1984). Siemen- ja suojuuspuuhakkuut säilyttivätkin asemansa hyvin yleisenä metsänuudistamisen menetelmänä, kunnes niiden vuotuiset pinta-alat laskivat jyrkästi 1970-luvun alkuvuosina (Metsäntutkimuslaitos 1997). Niiden ohessa kuitenkin vähitellen yleistyivät myös avohakkuut, jotka vuoden 1967 yksityismetsälaki nosti luontaisen uudistamisen tasaveroiseksi vaihtoehdoksi. Avohakkuiden vuotuiset pinta-alat saavuttivat nykytasonsa juuri Ervastian ym. (1965) raportin julkaisemisen aikaan. Merkittäviä tekijöitä avohakkuiden taustalla olivat korjuuteknologian kehitys ja taimitarhatuotannon tehostuminen.

Ervasti ym. (1965) arvioivat viljelymetsien olevan tuotokseltaan merkittävä edistysaskel siihenastiseen metsänhoitoon verrattuna. Vajaatuottoisia, vähäpuustoisia metsiä oli runsaasti, ja työryhmä korosti mittavien vuotuisten uudistushakkuiden tarpeellisuutta, raportin ehdotusten mukaan uudistushakkuita olisi tullut tehtäväksi aluksi 300 000 hehtaaria vuosittain. Skenaariolaskelmissa metsien puuston määrään ja vuotuiseseen kasvuun ennakoitiin erittäin voimakasta lisäystä 1990-luvulta alkaen, jolloin viljelymetsät laajassa mittakaavassa saavuttaisivat nopean kasvun vaiheen (Kuva 1). Toteutuneet avohakkuiden pinta-alat ovat 1960-luvun jälkeen vaihdelleet 100 000–160 000 hehtaarin välillä, muutamia lamavuosia lukuun ottamatta (Metsäntutkimuslaitos 1979; Luonnonvarakeskus 2018).

Toisin kuin työryhmän skenaariot ennakoivat, Suomen metsien puuston tilavuus ei vähentynyt lyhyelläkään tähtäimellä (Kuva 2), mikä olisikin ollut kestävän metsätalouden periaatteiden vastaista. Sitä olisi ollut myös metsiköiden valtaosan uudistaminen muutamassa vuosikymmenessä, jota työryhmän kaikki kolme skenaariota niin ikään ennakoivat. Seurauksena olisi ollut järeän puun niukkuus ja biodiversiteetin kannalta merkittävien vanhojen metsien harvinaistuminen. Missä määrin skenaarioiden pessimistiset tulevaisuusarviot toteutuivat?

Arvioimme tässä artikkelissa, kuinka suuri osa Ervastian ym. (1965) raportin valmisteluvaiheessa vuonna 1963 olemassa olleista metsistä on edelleen jäljellä. Laskelmissa eritellään kangas- ja suometsät. Vertailemme lisäksi Ervastian ym. (1965) skenaarioiden taustaoletuksia vuotuisesta poistumasta ja teollisuuspuun käytöstä toteutuneeseen kehitykseen ja analysoimme syitä eroille.

2 Aineisto ja menetelmät

Laskimme Suomen metsäpinta-alan, puuston tilavuuden ja vuotuisen kasvun jakautumisen ennen vuotta 1964 sekä vuonna 1964 tai sen jälkeen perustettuihin metsiin. Esittelemme kuvien muodossa tuloksia jaksolle 1980–2016, inventointien keskivuosilla ilmaistuna. Vuoden 1963 jälkeen perustetut metsiköt ehtivät tuottaa hyvin vähän puuta ennen 1980-lukua, ja koska ositteen vanhimmatkin metsiköt olivat tuolloin vain 15-vuotiaita, niiden kasvukin oli vähäistä.

Hyödynsimme laskelmissa valtakunnan metsien inventointien aineistoja VMI7:stä VMI12:en saakka. VMI7:n maastotyöt tehtiin vuosina 1977–1984 ja mittausten keskivuosi on 1980. Vastaavasti VMI12:n (2014–2018) maastotöiden keskivuosi on 2016. VMI:ssa puuston kasvuarvio lasketaan viiden maastomittausta edeltävän täyden kasvukauden keskiarvona.

Pinta-alojen, tilavuuksien ja vuotuisten kasvujen laskennassa käytettiin julkaisuissa Tomppo ym. (2011) sekä Korhonen ym. (2017) (luku 2.5) kuvattuja menetelmiä. Tilavuudet ja kasvut ovat kuorellista runkopuuta. Kasvuestimaatit sisältävät poistuman kasvun. Kaikkien inventointien kasvut on laskettu kertakoealoilta kairattujen koepuiden mittaustulosten perusteella (Kujala 1981). Koepuista mitataan maastossa viiden vuoden pituuskasvu ja kairataan vuosilustonäyte, josta mitataan sisätyönä kasvunlaskentajakson lustonleveydet.

Laskennassa metsämaa jaettiin luokkiin uudistamistavan (viljelty/luontainen) ja uudistamisajankohdan mukaan (ennen vuotta 1964 uudistetut/vuonna 1964 tai sen jälkeen uudistetut). Viljelymetsiin sisällytettiin sekä onnistuneet että epäonnistuneet viljelyt. Uudistamisajankohta arvioitiin mittausvuoden, metsikön iän ja uudistamistavan perusteella. Istutetuissa metsiköissä ennen vuotta 1964 uudistetuiksi laskettiin ne, joissa metsikön ikä vuonna 1963 oli vähintään kaksi vuotta.

Tilavuuksien laskennassa käytettiin muotokorkeutta $fh = vg^{-1}$, jossa v on puun runkotilavuus ja g on puun pohjapinta-ala. Muotokorkeudet ovat inventointien laskenta-aineistoissa koepuunitausten perusteella yleistettyinä kaikille lukupuille, joskin yleistysmenetelmät ovat hieman toisistaan poikkeavia eri inventoinneissa. Sen sijaan lukupuiden kasvutietoja ei ole valmiiksi laskettuna inventointien laskenta-aineistoissa, joten muotokorkeuden kasvut yleistettiin lukupuille koepuunitaustista. Kasvujen yleistyksessä luokitteluperusteina olivat otanta-alue (alue, jonka sisällä koealan pinta-alaedustavuus sama), maaluokka (metsämaa/kitumaa), turvemaa/kivennäismaa, ojitustilanne (kivennäismailla (ojittamaton/ojitettu) ja turvemailla kolme luokkaa: ojittamaton tai ojikko, muuttuma, turvekangas), uudistamisajankohta (ennen vuotta 1964 uudistetut/vuonna 1964 tai sen jälkeen uudistetut), uudistamistapa (luontainen/viljelty), puulaji ja puun läpimitta.

Nykylukijalle aiheuttaa vaikeuksia Ervasti ym. (1965) raportissa käytetty – tuohon aikaan yleinen – tapa ilmoittaa puuston tilavuus ja kasvu kuorettomana puuna. Olemme artikkelissamme muuntaneet kaikki vanhemmista lähteistä peräisin olevat kuorettomat runkopuun tilavuudet ja kasvut kuorellisiksi. Tämä on tehty jakamalla kuoreton tilavuus yleiskertoimella 0,874 (Luonnonvarakeskus 2018), joka kattaa kaikki puulajit. Artikkelin kuvat 1, 7 ja 8 sisältävät Ervastin ym. (1965) kuvamateriaalista lähtöisin olevia tietoja.

3 Tulokset

3.1 Pinta-ala

3.1.1 Metsämaan pinta-ala

Metsämaan pinta-ala on muuttunut Suomessa vain hyvin marginaalisesti 1970-luvun lopulta 2010-luvun lopulle (20,07 milj. ha:sta 20,28 milj. ha:iin). Vaihtuvuutta on luonnollisesti enemmän: metsämaata on otettu pelloiksi, rakennusmaaksi sekä teiksi ja sähkölinjoiksi, mutta mm. maataloudelta vapautuneet alueet sekä ojituksen myötä metsämaaksi muuntuneet suot ovat korvanneet menetetyt pinta-alat (Korhonen ym. 2017; Suomen virallinen tilasto 2021b).

Ervastin ym. (1965) skenaariot ulottuivat vuoteen 2010, jota VMI11:n mittausjakso (2009–2013) kuvaa hyvin. Inventoinnin tulosten mukaan tuossa vaiheessa oli jäljellä 11,3 milj. ha ennen vuotta 1964 syntyneitä metsiä (56 % metsämaan alasta). Tällä siis tarkoitetaan metsiä, joilla ei ole tehty uudistushakkuuta vuonna 1964 tai sen jälkeen.

Uusimman inventoinnin (VMI12, 2014–2018) mukaan Suomen nykyisestä metsämaasta 10,3 milj. ha (51 %) on uudistettu – viljellen tai luontaisesti – tai uudistunut harsinta- tai poimintahakkuun jälkeen ennen vuotta 1964.

3.1.2 Kangasmetsät

VMI11:n aikaan ennen vuotta 1964 perustettuja kangasmetsiä oli jäljellä 7,6 milj. ha, mikä vastaa 49 %:a metsämaan kangasmetsien pinta-alasta (15,4 milj. ha).

Tuoreimman inventoinnin (VMI12, 2014–2018) mukaan ennen vuotta 1964 uudistettujen kangasmetsien osuus oli pudonnut 6,8 milj. ha:iin (45 %) (Kuva 3).

Vuoden 1963 jälkeen perustetuista metsistä 6,3 milj. ha:lla oli tehty metsänviljely ja 2,2 milj. ha oli uudistettu luontaisesti (VMI12, 2014–2018).

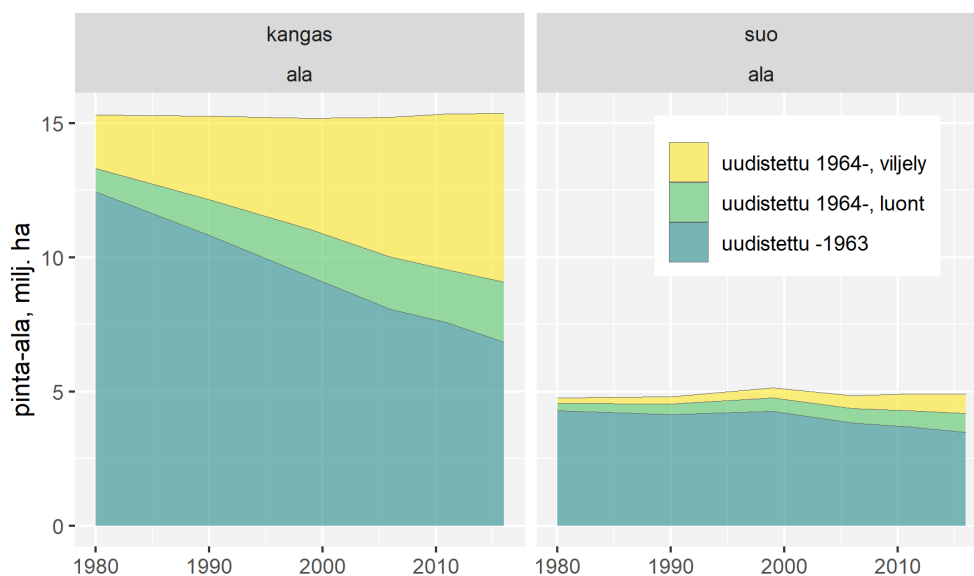
3.1.3 Suometsät

Metsämaahan lukeutuvien suometsien pinta-ala lisääntyi n. 0,15 milj. hehtaaria 1980–2016 (4,76 milj. ha:sta 4,91 milj. ha:iin). Vaihtuvuutta on todellisuudessa ollut tuntuvasti enemmän. Osa turvemaista on raivattu pelloiksi tai otettu turvetuotannon käyttöön. Lisäksi yli puoli miljoonaa hehtaaria on luokiteltu kangasmetsiksi ohutturpeisten soiden suokasvillisuuden vähennyttyä ojituksen seurauksena (Hökkä ym. 2002). Metsämaan soiden ala on siitä huolimatta lisääntynyt, sillä aiemmin kitumaaksi tai joutomaaksi luokiteltuja turvemaita on viimeisimmissä inventoinneissa luokiteltu metsämaaksi ojituksen myötä kohentuneen puuntuotoskyvyn vuoksi.

Noin kaksi kolmasosaa nykyisistä ojitetuista metsämaan soista on turvekankaita. Vain noin 20 % ojittamattomista soista on luokiteltu metsämaaksi.

2010-luvun taitteessa metsämaan soiden pinta-alasta 3,7 milj. ha (75 %) koostui ennen vuotta 1964 syntyneistä metsistä.

Nykyisin niiden pinta-ala on 3,5 milj. ha (71 % metsämaan soiden alasta). Nuoremmista suometsistä (1,4 milj. ha, 29 %) puolella on tehty metsänviljely ja puolet on uudistettu luontaisesti.



Kuva 3. Metsämaan kangas- ja suometsien pinta-ala Suomessa 1980–2016 jaoteltuna ennen vuotta 1964 uudistettuihin sekä vuoden 1963 jälkeen luontaisesti uudistettuihin ja viljelymetsiin.

3.2 Puuston tilavuus

2010-luvun taitteessa, VMI11:n (2009–2013) tulosten mukaan, metsämaan metsien puuston tilavuus oli 2295 milj. m³. Tuossa vaiheessa 71 % puustosta oli ennen vuotta 1964 syntyneissä metsissä.

Uusimman inventoinnin (2014–2018) mukaan puuston tilavuus oli kasvanut 2409 milj. m³:iin, josta 65 % oli ennen vuotta 1964 uudistuneissa/uudistetuissa metsissä.

3.2.1 Kangasmetsät

VMI11:n aikaan, 2010-luvun vaihteessa, metsämaan kangasmetsien puuston tilavuus oli 1782 milj. m³. Ennen vuotta 1964 perustettujen metsien osuus (67 %) oli tuolloin 1196 milj. m³.

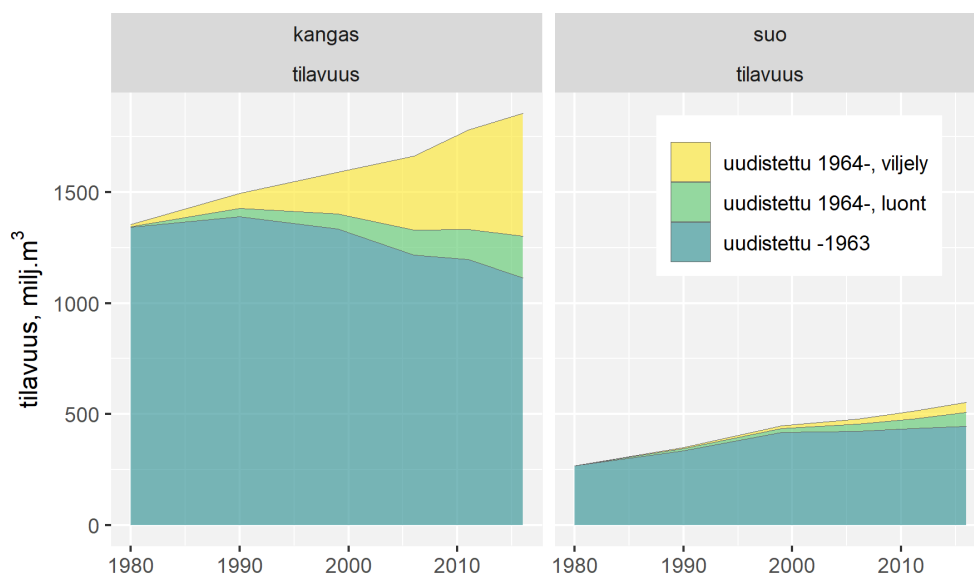
Metsämaan kangasmetsien nykypuustosta (1855 milj. m³) 60 % (1113 milj. m³) kasvaa metsissä, jotka on perustettu ennen vuotta 1964. Näiden metsien pinta-ala väheni 55 % jaksolla 1964–2016 ja 45% 1980-luvun taitteesta, mutta puuston määrä on 1980-luvun taitteen jälkeen laskenut vain 17 % (1341:stä → 1113:een milj. m³, Kuva 4).

Vuoden 1963 jälkeen uudistetuissa viljelymetsissä on puustoa 551 milj. m³ (30 % kangasmetsien puuston tilavuudesta) ja luontaisesti uudistetuissa 190 milj. m³ (10 %).

3.2.2 Suometsät

VMI11:n aikaan (2009–2013) puuston tilavuus metsämaan soilla oli 513 milj. m³. Ennen vuotta 1964 perustettujen metsien osuus oli 85 % (434 milj. m³).

Metsämaan soiden nykypuuston tilavuus on 554 milj. m³. Tuosta puustosta (81 %) (446 milj. m³) kasvaa edelleen ennen vuotta 1964 syntyneissä metsissä (Kuva 4). Tätä myöhemmin perustetuissa viljelymetsissä on puuta 47 milj. m³ (8 %) ja luontaisesti uudistetuissa 61 milj. m³ (11 %).



Kuva 4. Metsämaan kangas- ja suometsien puuston tilavuus Suomessa 1980–2016 jaoteltuna ennen vuotta 1964 uudistettuihin sekä vuoden 1963 jälkeen luontaisesti uudistettuihin ja viljelymetsiin.

3.3 Puuston vuotuinen kasvu

Suomen metsien vuotuinen kasvu metsä- ja kitumaalla oli VMI12:een (2014–2018) mennessä kohonnut 1980-luvun taitteen tasosta 68,4 milj. m³ a⁻¹ lähelle tasoa 110 milj. m³ a⁻¹.

3.3.1 Kangasmetsät

VMI11:n (2009–2013) tulosten mukaan metsämaan kangasmetsät kasvoivat 80,2 milj. m³ a⁻¹ (Kuva 5). Ennen vuotta 1964 syntyneiden metsien osuus oli 49 % kangasmetsien kasvusta (38,9 milj. m³ a⁻¹).

Uusimman inventoinnin (VMI12, 2014–2018) mukaan ennen vuotta 1964 syntyneiden kangasmetsien osuus kasvusta oli 40 % (33,5 milj. m³ a⁻¹) (Kuva 5). Verrattuna 1980-luvun taitteeseen niiden kasvu oli vähentynyt 36 % (tasosta 52,1 milj. m³ a⁻¹ tasoon 33,5 milj. m³ a⁻¹).

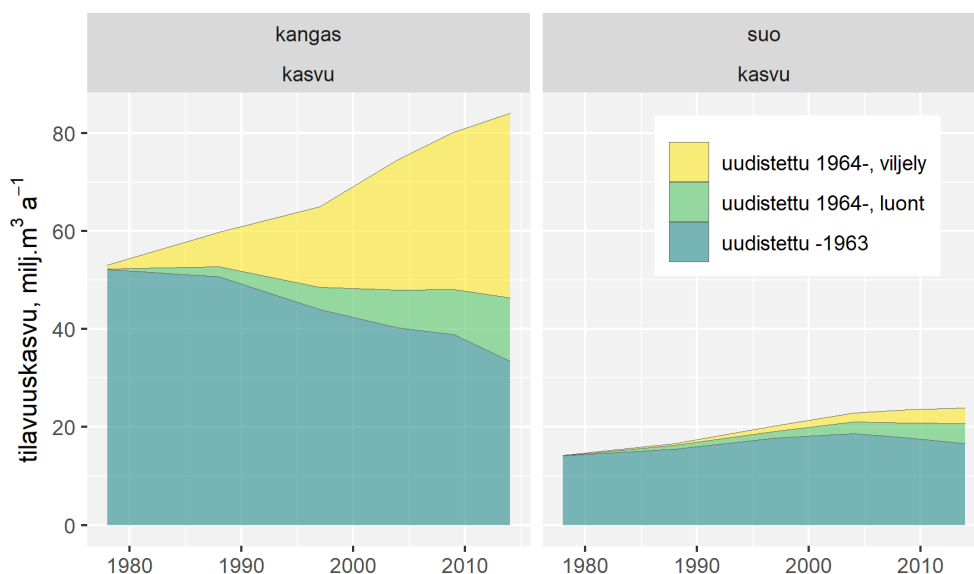
Rajavuoden 1963 jälkeen uudistettujen viljelymetsien kasvu oli 37,6 milj. m³ a⁻¹ (45 % kangasmetsien kasvusta) ja luontaisesti uudistettujen 13,0 milj. m³ a⁻¹ (15 %).

3.3.2 Suometsät

2010-luvun taitteeseen mennessä metsämaan suometsien kasvu oli kohonnut 1970-luvun lopun tasosta 14,3 milj. m³ a⁻¹ tasoon 23,5 milj. m³ a⁻¹ (Kuva 5). Tuossa vaiheessa ennen vuotta 1964 syntyneiden suometsien osuus oli 76 % (17,8 milj. m³ a⁻¹).

VMI12:n (2014–2018) tulokset kertoivat kasvun nousseen tasoon 23,9 milj. m³ a⁻¹ (Kuva 5). Ennen rajavuotta 1964 syntyneiden suometsien osuus oli 70 % (16,7 milj. m³ a⁻¹). Tätä myöhemmin uudistettujen viljelymetsien kasvu oli 4,0 milj. m³ a⁻¹ (17 %) ja luontaisesti uudistettujen 3,3 milj. m³ a⁻¹ (14 %).

Nykyisten metsämaan soiden vuotuisen kasvun vertaaminen aiempiin vastaaviin mittaus-tuloksiin ei kerro koko totuutta ojitusten vaikutuksista Suomen soiden kasvuun. Nykyiset ojitetut kankaat – yli puoli miljoonaa hehtaaria – ovat osittain muuntuneet soista kangasmetsiksi ojituksen



Kuva 5. Metsämaan kangas- ja suometsien puuston tilavuuskasvu Suomessa 1978–2016 jaoteltuna ennen vuotta 1964 uudistettuihin ja vuoden 1963 jälkeen luontaisesti uudistettuihin ja viljelymetsiin.

Taulukko 1. Ervastian ym. (1965) kolmen skenaarioennusteen mukainen Suomen metsien puuston tilavuus vuodelle 2010 sekä VMI11:ssä ja VMI12:ssa mitattu metsämaan puusto, eriteltyinä ennen vuotta 1964 ja sen jälkeen uudistettuihin metsiin.

Puuston tilavuus, milj. m ³	Skenaario I (2010)	Skenaario II (2010)	Skenaario III (2010)	VMI11 (2009–2013)	VMI12 (2014–2018)
Ennen 1964 uudistetut metsiköt	160	0	230	1630	1560
1963 jälkeen uudistetut metsiköt	1080	960	1370	665	849
Yhteensä	1240	960	1600	2295	2409

vuoksi, joten osa niiden kasvustakin voitaisiin lukea soiden ojitusten vaikutuksiin. Hökkä ym. (2002) arvioivat, että 1950-luvun alun suometsistä 0,66 milj. ha luokiteltiin VMI8:ssa (1986–1994) ojitetuiksi kangasmetsiksi. Uusimmassa inventoinnissa (VMI12, 2014–2018) ojitettujen kankaiden kasvu on keskimäärin 7 m³ ha⁻¹ a⁻¹. Jos oletetaan ojituksen vaikutus suopinta-aloihin edelleen samaksi kuin Hökkä ym. (2002) esittivät, aikanaan suometsiin lukeutuneiden metsien vuotuinen kasvu olisi 4,6 milj. m³ a⁻¹ suurempi (28,5 milj. m³ a⁻¹) kuin nykyisin soiksi luokiteltujen metsien kasvu.

3.4 Yhteenveto: Skenaariolaskelmat ja toteutunut kehitys

Ervastian ym. (1965) skenaariolaskelmat Suomen metsien puuston tilavuudesta vuodelle 2010 asetuvat 40–70 %:n välille toteutuneesta, VMI11:ssä mitatusta tilavuudesta (Taulukko 1). Työryhmä arvioi skenaariosta riippumatta ennen vuotta 1964 perustettujen metsiköiden osuuden puustosta olevan tuossa vaiheessa hyvin vähäistä, alle 20 % Suomen metsien puuston tilavuudesta. Todellisuudessa niiden osuus oli noin 70 %.

Metsien kasvun osalta Ervastian ym. (1965) skenaarioita ei voi vertailla toteutuneeseen yhtä suoraviivaisesti, sillä he arvioivat erikseen lannoituksella ja ojituksella saavutettavat lisäkasvut, joita ei jaoteltu vanhojen ja uudempien metsien kesken (Taulukko 2). Voitaneen olettaa, että lannoituksella ja ojituksella aikaansaatu lisäkasvu olisi kohdistunut pääosin vanhempiin, ennen vuotta 1964 uudistettuihin metsiin. Toki vuonna 2010 myös monet tätä myöhemmin uudistetut suometsät olivat jo varsin puustoisia ja niiden kasvu oli voimistunut ojituksen vuoksi (Kuva 5).

Lannoitus ja ojitus huomioidenkin Ervasti ym. (1965) arvioivat, että ennen vuotta 1964 uudistettujen metsien kasvu olisi melko vähäistä (23 % vuotuisesta kasvusta) vuonna 2010 (Taulukko 2). Todellisuudessa noin 55 % Suomen metsien kokonaiskasvusta oli edelleen peräisin näistä metsistä.

Taulukko 2. Ervastian ym. (1965) skenaarion III mukainen ennuste Suomen metsien kasvusta v. 2010 jaoteltuna ennen vuotta 1964 ja sen jälkeen perustettuihin metsiköihin sekä VMI11:ssä ja VMI12:ssa mitatut kasvut. Lisäksi Ervastian ym. (1965) ennuste lannoituksella ja ojituksella saavutettavasta lisäkasvusta vuodelle 2010.

Kasvu, milj. m ³ a ⁻¹	Skenaario III (Ervasti ym. 1965)	VMI11 (2009–2013)	VMI12 (2014–2018)
Ennen 1964 uudistetut metsiköt	7	56,7	50,1
Lisäkasvu, lannoitus	14		
Lisäkasvu, ojitus	9		
1963 jälkeen uudistetut metsiköt	100	47	57,8
Yhteensä	130	103,7	107,9

4 Tulosten tarkastelu

4.1 Metsiä uudistettiin hitaammin kuin skenaariot ennakoivat

Toisin kuin Ervasti ym. (1965) skenaarioanalyysissään hahmottelivat, Suomen metsäteollisuuden puunkäytön liki kaksinkertaistuminen 1960-luvun puolivälistä nykypäivään ei missään vaiheessa ole johtanut metsävarojen tilapäiseen vähenemiseen. Myöskään metsien uudistamistahti ei ole ollut lainkaan niin nopeaa kuin työryhmän skenaariot indikoivat.

Noin puolet (51 %) Suomen metsämaan pinta-alasta koostuu edelleen metsiköistä, jotka ovat syntyneet ennen vuotta 1964. Kangasmetsien pinta-alasta niitä on jäljellä 45 %. Koska avohakkuut yleistyivät vasta 1960-luvun alkupuolella (Metsäntutkimuslaitos 1997), valtaenemmistö näistä metsiköistä on aikanaan syntynyt joko luontaisen uudistamisen seurauksena tai eri-ikäisrakenteiseen metsikköön, taimien saatua kasvutilaa eri tavoin toteutettujen poiminta- tai harsintahakkuiden jälkeen.

Ervastin ym. (1965) skenaariolaskelmista pessimistisin indikoi, että ilman metsänhoidon tehostamista vuonna 1965 olemassa olleet metsät jouduttaisiin hakkaamaan loppuun vuosisadan vaihteeseen mennessä. Skenaariossa III, jonka mukainen voimaperäisen metsänhoidon vaihtoehto paljolti toteutui, ennen vuotta 1964 uudistuneissa metsissä olisi ollut jäljellä puustoa vajaat 230 milj. m³ vuonna 2010 (Taulukko 1). Todellisuudessa niissä oli puustoa tuolloin 1630 milj. m³. Toki skenaariolaskelmiin sisältyi oletuksia, jotka tekijät ja työn tilaajat totesivat epärealistisiksi.

Ennen vuotta 1964 uudistuneiden metsien kasvuksi Ervasti ym. (1965) arvioivat 7 milj. m³ a⁻¹ vuodelle 2010 sekä lisäksi merkittävä määrä (23 milj. m³ a⁻¹) ojituksen ja lannoituksen tuomaa lisäkasvua (Taulukko 2). Toteutunut kasvu oli 56,7 milj. m³ a⁻¹.

Kangasmaiden vuonna 1964 tai sen jälkeen uudistetut metsät (8,5 milj. ha) kasvoivat VMI12:n (2014–2018) aikaan jo tuntuvasti enemmän (50,6 milj. m³ a⁻¹) kuin 6,8 milj. ha:n vanhempien metsien ryhmä (33,5 milj. m³ a⁻¹). Näin siitä huolimatta, että nuoremmassa ositteessa oli puustoa selvästi vähemmän (741 milj. m³ verrattuna 1113 milj. m³:iin). Nuoremmassa ositteessa puuston kasvuprosentti (6,8 %) oli huomattavasti korkeampi kuin vanhemmissa metsissä (3,0 %). Tulos heijastelee kasvun hidastumista metsiköiden ikääntyessä, tosin vanhempaan ositteeseen kuuluvat metsät ovat painottuneet ilmastollisesti epäedullisempaan Pohjois-Suomeen.

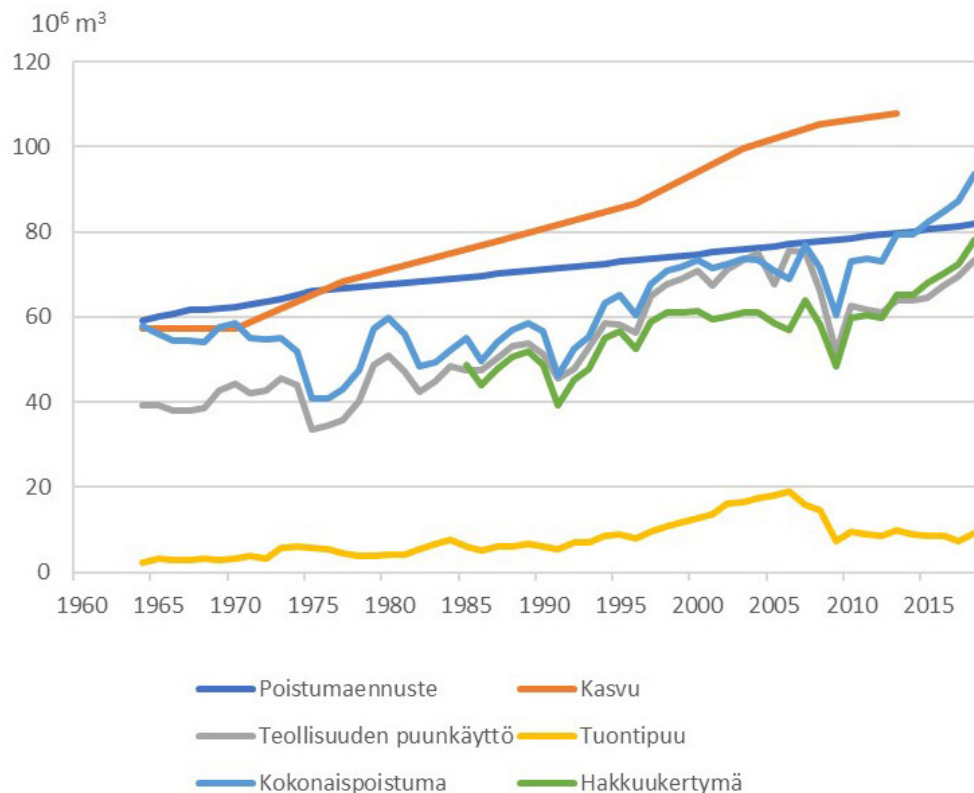
4.2 Miksi toteutunut kehitys poikkesi skenaariolaskelmista?

Suomen metsien puuston toteutunut kehitys on siis ollut hyvin erilaista kuin Ervasti ym. (1965) kolmessa skenaariossaan hahmottelivat. Heidän mukaansa teollisuuspuun lisääntynyt käyttö johtaisi ensi vaiheessa puuvarojen määrän tuntuvaan pienenemiseen siinäkin tapauksessa, että voimaperäiseen metsänhoitoon investoitaisiin (skenaario III, Kuva 1C).

Miksi näin ei tapahtunut? Eikö teollisuuspuun tarve kasvanut odotusten mukaisesti, vai löytyykö syy metsävarojen ennakoitua suotuisampaan kehitykseen verraten nopeasti toteutuneesta puuston kokonaiskasvun lisäyksestä tai muiden puunkäyttömuotojen muutoksista?

Ervasti ym. (1965) ennakoivat hieman yli 10 milj. m³ a⁻¹:n teollisuuspuun käytön lisäystä jaksolle 1964–1975. Poistuma olisi oletusten mukaan kasvanut selvästi tätä vähemmän, koska ei-teollisen puunkäytön oletettiin vähenevän 3,3 milj. m³ a⁻¹. Sen jälkeen työryhmä hahmotteli vuotuisen poistuman (sisältää muun puunkäytön, hukkapuun ja luonnonpoistuman) lisääntyvän vain 0,5 % vuodessa (Kuva 6).

Toteutunut poistuma jäi selvästi alle ennakoidun aina vuosituhannen vaihteeseen saakka (Kuva 6). Yhdistettynä siihen, että Suomen metsien vuotuinen kasvu alkoi kiihtyä jo 1970-luvun alkupuolella, tämä tarkoitti sitä, ettei puusto vähentynyt vuoden 1964 jälkeen, toisin kuin skenaariolaskelmat ennakoivat. Puuston väheneminen olisi myös heikentänyt kasvua.



Kuva 6. Suomen metsien vuotuinen kasvu 1964–2013 (Suomen virallinen tilasto 2021c) sekä Ervastian ym. (1965) poistumaennuste (skenaario III). Kuvassa lisäksi toteutunut poistuma (Suomen virallinen tilasto 2021c), metsäteollisuuden kotimaisen ja tuontiraakapuun käyttö sekä tuontipuun määrä (Suomen virallinen tilasto 2021d) sekä hakkuukertymä vuosille 1985–2018 (Suomen virallinen tilasto 2021c).

2000-luvun alkuvuosien jälkeen poistuma väheni finanssikriisin 2008 jälkeen muutamien vuosien ajaksi. Vuoden 2015 jälkeen poistuma on ensi kertaa ylittänyt selvästi Ervastian ym. (1965) poistumaennusteen.

Ervasti ym. (1965) eivät skenaarioissaan eritelleet teollisuuspuun käyttöä vuoden 1975 jälkeen. Suomen metsäteollisuuden puunkäyttö liki kaksinkertaistui 1964–2006 (Kuva 6, Suomen virallinen tilasto 2021d). Erityisesti 1990-luku oli nopean muutoksen aikaa. Muutamina 2000-luvun alkuvuosina teollisuuspuun määrä oli liki samansuuruinen kuin Ervastian ym. (1965) ennakoima poistuma, joka sisältää myös hakkuutähteet ja puiden luontaisen kuolemisen. Vaikka skenaariolaskelmien lähtökohdat sisälsivät epärealistisiksi tiedettyjä oletuksia teollisuuden korkeasta käyttöasteesta, metsäteollisuuden puunkäyttö siis lisääntyi jakson lopulla jopa enemmän kuin Ervastian ym. (1965) skenaariolaskelmissa oletettiin.

Työryhmä näyttää vahvasti aliarvioineen kaksi tekijää. Toinen näistä oli raakapuun kaupan suunnanmuutos. Suomesta vietiin Ervastian ym. (1965) mukaan raakapuuta 1950-luvun loppupuolella ja 1960-luvun alussa noin $5 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$, lähinnä Keski-Eurooppaan ja Britanniaan, missä paikallinen metsäteollisuus niin ikään tasapainoili raaka-aineen saatavuuden ja kasvavan tuotteiden kysynnän oloissa. Raakapuun tuonti Suomeen oli tuolloin vähäistä. Ervasti ym. (1965) ennakoivat raakapuun viennin säilyvän tuontia suurempana vuoteen 1975 saakka. Toteutunut muutos on ollut jyrkkä, sillä jo 1960-luvun loppupuolella tuonti oli tyypillisesti noin $3 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$, ja vienti oli vähentynyt noin miljoonaan kuutiometriin (Luonnonvarakeskus 2018). 1980-luvulla puun tuonti vaihteli $5 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$:n molemmin puolin viennin ollessa keskimäärin noin $2 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$. Ennen vuoden 2008 finanssikriisiä tuontipuun määrä kävi $20 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$:ssa, laskien sen jälkeen $10 \text{ milj. m}^3 \text{ a}^{-1}$:n tasolle (Kuva 6).

Toiseksi, Ervasti ym. (1965) ennakoivat kotitalouksien puunkäyttöön vain lievää vähennystä jaksolla 1965–1975). Kiinteistöjen vuotuinen puunkäyttö laski vuoden 1965 noin 12,6 milj. m³:stä vuoden 1978 noin 4,6 milj. m³:iin (Sevola 1988), muutosta siis 8,0 milj. m³ a⁻¹. Syyinä oli polttopuun korvautuminen sähköllä ja fossiililla polttoaineilla väestön muuttaessa enenevästi kaupunkeihin. Viime vuosikymmeninä kotitalouksien puunkäyttö on lisääntynyt lievästi (Luonnonvarakeskus 2021a).

Toki on huomattava, että puupolttoaineet kattoivat 28 % energian kokonaiskulutuksesta Suomessa vuonna 2019 (Suomen virallinen tilasto 2021e). Lähes puolet tästä määrästä on kuitenkin lähtöisin teollisuuden prosessien sivuvirroista peräisin olevista polttoaineista, erityisesti mustalipeästä. Teollisuuden sivuvirrat mukaan lukien 56 % Suomessa käytetystä puun kuiva-aineesta päätyi vuonna 2018 energiakäyttöön (Luonnonvarakeskus 2021b).

Raakapuun tuonnin lisääntyminen, viennin väheneminen ja kotitarvepuun vähentynyt käyttö toimivat vastapainona puun käytön lisäykselle, eikä poistuma noussut trendinomaisesti ennen 1990-luvun puoliväliä teollisuuspuun vahvasti lisääntyneestä kulutuksesta huolimatta. Kun samaan aikaan metsien kokonaiskasvu alkoi 1970-luvulta alkaen kohota, metsävarat päätyivät edelleen jatkuvalle kasvu-uralle.

Suomen, kuten koko Euroopankin talous oli murrosvaiheessa 1960-luvulla. Muutostekijöitä oli näköpiirissä, ja Ervasti ym. (1965) nimenomaan suosittelivatkin puulämmityksen korvaamista vaihtoehtoisilla energiamuodoilla sekä tuontipuun lisäystä. Silti kotitarvepuun sekä raakapuun viennin ja tuonnin volyyymien verraten nopeita muutoksia lienee ollut mahdoton ennakoida.

Työryhmän jäsenistä professori Kullervo Kuusela kommentoi vuosikymmeniä myöhemmin Ervastin ym. (1965) skenaariolaskelmia yksityiskohtaisesti. Hänen mukaansa laskelmien lähtötietoina käytetty Suomen metsien puuston tilavuus (1410 milj. m³) ja myös vuotuinen kasvu (49,1 milj. m³ a⁻¹) olivat tuntuvia aliarvioita (Kuusela 1999). Tämä selittyy sillä, että laskelmien lähtökohdan muodostivat ennakkotiedot meneillään olleesta neljännessä valtakunnan metsien inventoinnista (1960–1964). Todellinen puuston määrä oli hänen mukaansa vajaan 100 milj. m³ ennakkotietoihin perustunutta arviota korkeampi, ja kasvu noin 5 milj. m³ a⁻¹ arvioitua suurempi. Näinkin merkittävällä (10 %) kasvun aliarviolla epäilemättä oli tuntuva vaikutus arvioitaessa kasvun ja poistuman keskinäiseen tasapainoon pohjautuvaa metsävarojen kehitystä lähes puolen vuosisadan jaksolle.

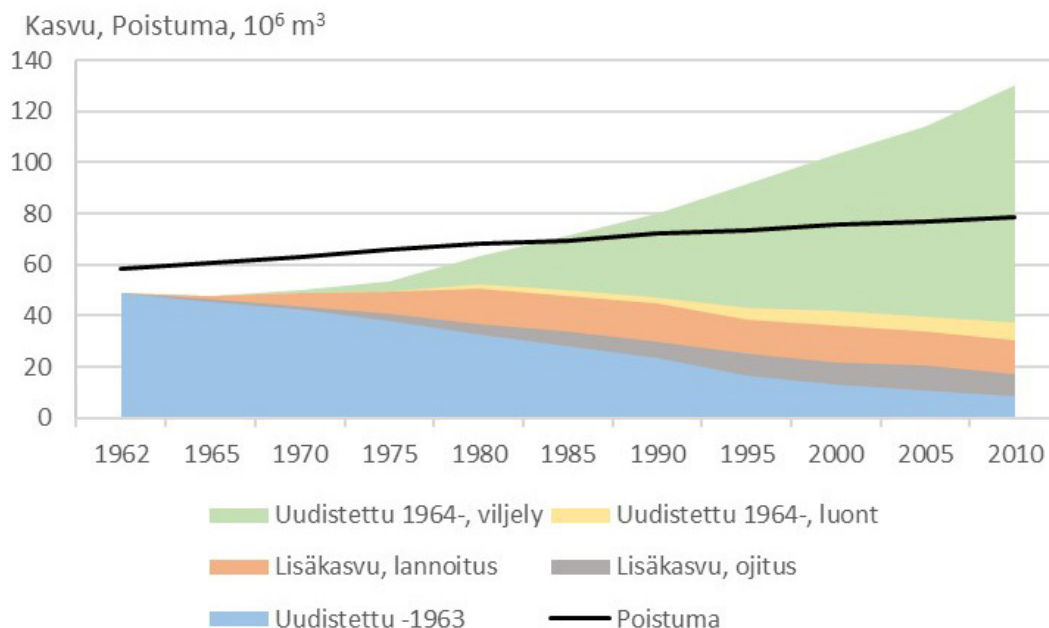
Kuusela (1999) mainitsee lisäksi hakkeen ja puron lisääntyneen käytön kuidun raaka-aineena vähentäneen teollisuuspuun hakkuiden tarvetta. Ervasti ym. (1965) raportin julkaisemisen aikoihin kotimaista alkuperää olevaa haketta ja purua käytettiin kuiduttavassa teollisuudessa 3–4 milj. m³ vuosittain, 1970-luvun puolivälissä 5–6 milj. m³ a⁻¹ ja maksimissaan vuosituhannen vaihteessa noin 13 m³ a⁻¹ (Suomen virallinen tilasto 2021c).

Suomessa laadittiin 1970-luvun alkupuolella vastaavia skenaarioanalyyskejä (Ervasti ym. 1970; Ervasti ja Kuusela 1975). Niille on leimallista optimistisempi näkemys metsävarojen riittävydestä ja metsäteollisuuden laajenemismahdollisuuksista Suomessa, joskin aluetasolla kestävän hakkusuunnitteen ylityksiä edelleen todettiin.

4.3 Toteutunut vuotuisen kasvun lisäys ennakoitua pienempi

Entä puuston kasvun muutokset? Eivätkö Ervasti ym. (1965) osanneet ennakoida Suomen metsien kasvun likimain kaksinkertaistumista noin puolen vuosisadan aikana?

Tosiasiaa he esittivät erittäin optimistisen arvion pohjautuen hyvin intensiiviseen metsänhoitoon (Kuva 7). Kulmakivenä olivat laaja-alaiset uudistushakkuut, 300 000 ha metsänviljelyä vuosittain. Näin nopean uudistamistahdin seurauksena maassamme olisi vuosituhannen vaihteen jälkeen ollut todella paljon nopeimman kasvun vaiheessa olevia nuoria metsiä. Ervasti ym. (1965)



Kuva 7. Ervastin ym. (1965) Suomen metsien puuston kasvuennuste (milj. $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$) 1962–2010 pohjautuen voimaperäisen metsänhoidon skenaarioon III, jaoteltuna ennen vuotta 1964 uudistettuihin metsiin, sen jälkeen perustettuihin luontaisesti uudistettuihin ja viljelymetsiin, sekä lisäksi metsänlannoituksen ja soiden ojitusten tuottama lisäkasvu. Kuvassa lisäksi Ervastin ym. (1965) poistumaennuste samalle jaksolle.

ennustivat lievää kasvun vähennystä 1960-luvulla, jonka jälkeen vuotuinen kasvu olisi noussut jyrkästi ylittäen 100 milj. $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$ muutamia vuosia ennen vuosituhannen vaihdetta ja saavuttanut tason 130 milj. $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$ vuoteen 2010 mennessä (Kuva 7).

Metsien kasvu on liki kaksinkertaistunut 1960-luvun lukemista, mutta nykyinen alle 110 milj. $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$ jää melko lailla Ervastin ym. (1965) kaavailuista. Tämä on ymmärrettävää, sillä nopea uudistamistahti ei toteutunut, vaan vuoden 1965 jälkeen metsissä toteutettujen uudistushakkuiden (avohakkuut, siemen- ja suojuspuuhakkuut) pinta-ala on vaihdellut välillä 100 000–200 000 ha a^{-1} , talouden suhdanteita seuraillen. Sen seurauksena toteutunut ikärakenne on melko tasainen (Korhonen ym. 2017), ei nopeimman kasvun vaiheessa oleviin metsiin vahvasti painottunut, kuten Ervasti ym. (1965) voimaperäisen metsänhoidon skenaariossaan kaavailivat.

Sen sijaan sellu- ja paperiteollisuuden tarvitsemaa kuitupuuta tuottavien harvennushakkuiden pinta-alat ovat nousseet trendinomaisesti, mikä on vähentänyt uudistushakkuiden tarvetta. Työryhmän laskelmissa harvennuksia käsiteltiin hyvin kaavamaisesti. Oletuksena oli, että uudet viljelymetsät alkaisivat tuottaa harvennuspuuta vasta 1990-luvulta alkaen, ja vuoteen 2010 mennessä harvennuksista kertyisi noin 20 milj. m^3 puuta vuosittain.

Vanhemmista metsistä saatavan harvennuspuun määrä arvioitiin vähäiseksi ennen vuosituhannen vaihdetta, eikä sitä sisällytetty lainkaan skenaariolaskelmiin. Ratkaisun taustalla on saatanut olla se, että 1960-luvun metsät olivat nykyistä harvapuustoisempia, ja harvennuspuun kertymä oli siksi niukkaa. Todellisuudessa 1970–1990-luvuilla harvennushakkuiden pinta-ala oli tyypillisesti 150 000–250 000 ha vuodessa, talouden lamavuosia lukuun ottamatta (Metsäntutkimuslaitos 1997). 2010-luvulla pinta-alat ylittivät monena vuonna 500 000 ha a^{-1} (Luonnonvarakeskus 2019). Lisäksi nykymetsät ovat aiempaa tiheämpiä, joten hehtaarikohtainen harvennuspuun kertymä on kasvanut. Harvennuksista kertynyttä puuston määrää ei ole tilastoitu erikseen, mutta on selvää, että sen osuus hakkuukertymästä ja teollisuuspuun käytöstä on ollut hyvin merkittävä.

Kuluvasta vuosituhannesta poiketen, jaksolla 1965–1980 Suomen metsät kasvoivat tuntuvasti enemmän kuin työryhmä arvioi. Syynä oli ennen muuta se, että poistuma ei 1960-luvun jälkeen ylittänyt kasvua, eikä metsien tuotos heikentynyt puustopääoman vähenemisen seurauksena.

Ennakoitua hitaampi uudistamistahti heijastuu myös metsien rakenteeseen. Ervasti ym. (1965) arvioivat, että pessimistisimmässä skenaariossa II sahapuun määrä olisi hyvin vähäinen vuosituhannen vaihteessa. Muidenkin skenaarioiden mukainen kehitys olisi johtanut ikärakenteen painottumiseen nuoriin metsiin, joissa on niukasti tukkipuuta. Todellisuudessa järeän puun määrä on lisääntynyt erittäin tuntuvasti, eniten Etelä-Suomessa (Henttonen ym. 2020). Suomen metsissä oli 1970-luvun alussa 26 miljoonaa läpimitaltaan vähintään 40 cm:n puuta, nykyisin 71 miljoonaa (Henttonen ym. 2019). Etelä- ja hemiboreaalilla kasvillisuusvyöhykkeillä, jotka yhdessä käsittävät eteläisimmän kolmanneksen Suomen metsistä, niiden määrä on jopa kymmenkertaistunut viimeisen sadan vuoden aikana (Henttonen ym. 2019).

Muuttuvan ilmaston vaikutus puuston kasvuun on ollut erisuuntainen kuin työryhmä oletti. He arvioivat varovaisin sanankääntein ilmaston olevan muuttumassa viileämpään, puun kasvun kannalta epäedulliseen suuntaan.

Henttonen ym. (2017) analysoivat, missä määrin metsien kasvu on kiihtynyt tavalla, joka ei selity metsien tihentymisellä tai muilla metsien rakenteeseen liittyvillä tekijöillä. Tulosten mukaan näiden tekijöiden osuus kangasmetsien kasvun kiihtymisestä on ollut reilu kolmannes. Todennäköisin selitys ovat ympäristötekijät. Tämä kasvukomponentti vaihteli samansuuntaisesti kasvukauden lämpösummien kanssa. Metsien rakenteen muutoksista riippumaton kasvun kiihtyminen on tulosten mukaan kuitenkin ajoittunut pääosin 1990-luvun puolivälin jälkeiselle ajalle.

4.4 Toteutuiko työryhmän suosittelema tehometsänhoito?

Valtiolta päätyi pitkälti tehometsätalouden kannalle ryhtyen järeisiin toimiin metsien kasvun lisäämiseksi aiempia tukitoimia laajempien Mera I, Mera II ja Mera III -ohjelmien muodossa, ehkäpä työryhmän raportin värikkäiden sanankäänteiden motivoimana. Metsänparannuksen – kuten termi kuului – rahoitus saatiin osin lainana Maailmanpankilta.

Monelta osin toteutetut tukitoimet näyttävät pohjautuneen Ervastin ym. (1965) suositukseen. Avohakkuista yhdistettynä metsänviljelyyn tuli vähitellen vallitseva käytäntö, vähäpuustoisia alueita metsitettiin, taimitarhatoimintaa kehitettiin, metsäteitä rakennettiin tiheä verkosto, metsälainsäädäntöä uudistettiin, alan neuvonta- ja valvontaorganisaatioita kehitettiin ja metsätutkimuksen rahoitusta lisättiin. Teollisuuspuun tuontikin lisääntyi aikanaan vahvasti. Työryhmä suositteli myös polttopuun korvaamista vaihtoehtoisilla energiamuodoilla. Tämä toteutuikin kotitarvepolttopuun käytön vähentyessä tuntuvasti ja sähkön, öljyn ja kivihiilen käytön vastaavasti lisääntyessä.

Eryteisesti työryhmä suositteli metsäteollisuuden jalostusasteen nostamista, mikä sekkin toteutui ajan myötä erityisesti paperiteollisuuden osalta, paljolti teollisuuden oman kehitystyön ansiosta, mutta myös vapaakauppa-alueisiin liittymisestä seuranneen korkean jalostusasteen tuotteiden kohentuneen menekin ansiosta.

Osa työryhmän ehdotuksista toteutui vain osittain. Kuten edellä todettiin, vuotuiset avohakkuiden pinta-alat eivät enää kohonneet 1960-luvun puolivälin tasolta. Viljelytulokset sen sijaan ovat kohentuneet muokkausmenetelmien kehityksen ja paakkutaimien käyttöönoton myötä. Ervasti ym. (1965) mainitsevat noin 30 %:n metsänviljelyistä epäonnistuneen 1960-luvulla. Lisäksi jalostetun taimimateriaalin käyttö on tehostanut istutusten vaikutusta (Haapanen ym. 2016).

Metsänlannoitusalat eivät laajentuneet kaavailtuun miljoonaan hehtaariin vuosittain. Maksimissaan lannoitettiin 250 000 hehtaaria vuonna 1975, mutta pian sen jälkeen toiminnan volyyymi supistui, ajoittain hyvinkin vähäiseksi. Kukkola ja Nöjd (2001) analysoivat myöhemmin kangasmetsien lannoitusten vaikuttavuutta ja päätyivät arvioon, että jaksolla 1951–1997 toteutetut lannoitukset olivat tuottaneet alle 20 miljoonaa kuutiometriä lisäkasvua ko. jaksolla yhteensä. Ervasti ym. (1965) arvioivat, että kangas- ja turvemaiden lannoitukset voisivat lisätä kasvua yli 10 milj. m³ vuosittain (Kuva 7). Myöhempi tutkimus on osoittanut, että tuottavia lannoituskohteita

on vain osa kasvupaikoista, ja Pohjois-Suomessa myös viileä ilmasto rajoittaa investoinnin kannattavuutta (Kukkola ja Saramäki 1983).

Soita oli määrä ojittaa yhteensä 7 miljoonaa hehtaaria vuoteen 1990 mennessä, ja toteutuma oli lopulta reilut 5 miljoonaa hehtaaria. Jälkitarkasteluissa tuotakin määrää on pidetty ylimitoitettuna, sillä mukaan mahtui puolisen miljoonaa hehtaaria vähäpuustoisia ja vähäravinteisia soita, joilla puuston kasvu on jäänyt niukaksi ojituksesta huolimatta (Hökkä ym. 2002).

Ojitusten seurauksena metsien kasvu turvemaidella on kiihtynyt 1970-luvun noin 14:stä 24 miljoonaan kuutiometriin vuosittain, kaavailtua pienemmästä ojitusalasta huolimatta selvästi enemmän kuin työryhmä arvioi (Kuva 7). Samaan aikaan Suomen metsien vuosikasvu on kiihtynyt yli 40 miljoonalla kuutiometrillä, josta turvemaiden osuus siis on noin neljäsosa.

4.5 Miten vanhat ja nuoremmat metsät eroavat toisistaan?

Suomessa on edelleen runsaasti ennen vuotta 1964 uudistuneita, nyt vähintään 55-vuotiaita metsiä. Miten nämä eroavat nuoremmista, vuoden 1963 jälkeen uudistetuista? Lähes kolme neljäsosaa vuoden 1963 jälkeen syntyneistä kangasmetsistä on viljeltyjä, suometsistäkin puolet. Viljelymetsätalouden alkuvaiheessa 1960- ja 1970-luvuilla istutettiin valtaosin mäntyä, myös reheville maille. Puun laadun osalta tulokset eivät kuitenkaan vastanneet odotuksia (Huuskonen ym. 2008), ja viljavien maiden männynistutuksista luovuttiin. Nykyisin kuusen osuus kaikista istutuksista on puolestaan erittäin suuri, ennen muuta siksi, että kuusen taimikoissa hirvituhot jäävät vähäisiksi.

Uudistusalalle syntyneiden puiden alkukehitys on nopeampaa kuin poiminta- ja harsintahakkuiden seurauksena syntyneillä, ylempien latvuskerrosten varjossa kehittyneillä puilla (Kuusinen ym. 2017; Henttonen ym. 2019). Alkukehitystä pyritään nopeuttamaan perkaamalla kilpailevaa lehtipuustoa sekä harventamalla taimikot aikaisessa vaiheessa. Jalostetun taimimateriaalin käyttö nopeuttaa puiden kehitystä ja lämpenevän ilmastonkin (Henttonen ym. 2017) on osoitettu vaikuttavan samaan suuntaan.

Kasvunopeus korreloi negatiivisesti tärkeimmän puuaineen lujuutta selittävän tekijän, puuaineen tiheyden, kanssa (esim. Kliger ym. 1998; Verkasalo ym. 2014). Rakentamisessa keskeinen lujuusluokiteltu sahatavara sahataan rungon keskeltä, joka koostuu lujuudeltaan heikommasta nuorpuusta. Viljelymetsissä nuoruusvaiheen lustot ovat erityisen leveitä, ja nuorpuuta muodostuu runsaasti. Puun laatuun voidaan vaikuttaa esimerkiksi metsänjalostuksen keinoin tai viljely- ja taimikkovaiheen tiheyttä säätelemällä. Lienee kuitenkin mahdollista, että metsänhoitomenetelmien muutoksen seurauksena syntyneillä laatueroilla on merkitystä puuta jalostavalle teollisuudelle.

Tuottiko aiempien metsänkäsittelytapojen tuloksena syntynyt eri-ikäisrakenne biodiversiteetiltään monipuolisempia metsiköitä? Erityisesti vanhat metsät ja suuret puut sekä lahoppu ovat hyödyllisiä uhanlaisen lajiston elinympäristöinä (Hyvärinen ym. 2019). Otantaan pohjautuvien seurantamittausten tulokset kertovat pääosin myönteisistä, mutta myös osin kielteisistä kehityssuunnista.

VMI-mittausten sadan vuoden aikajänteellä vanhat metsät ovat vähentyneet voimakkaasti Lapissa, mutta yleistyneet Etelä-Suomessa (Korhonen ym. 2017), joskin poiminta- ja harsintahakkuiden aikakaudella yleinen eri-ikäisrakenne vaikeutti metsiköiden keski-ikä määrittämistä. Suuret puut ovat yleistyneet samalla jaksolla (Henttonen ym. 2019). Vanhojen puiden määrän muutokset ovat olleet vähäisiä 1970-luvulta alkaneella seurantajaksoilla (Henttonen ym. 2019). VMI-aineistoilla tehty tarkastelu (Korhonen ym. 2020) osoittaa, että monimuotoisuudelle tärkeiden metsien rakennepiirteiden kehitys on ollut valtaosin myönteistä 1980-luvun jälkeen: lehtipuiden, järeiden haapojen ja kuolleiden puiden määrä on lisääntynyt.

Toisaalta tiedämme, että sata vuotta sitten Etelä-Suomessa oli yli kaksi miljoonaa hehtaaria metsälaitumia, jotka olivat usein vähäpuustoisia ja lehtipuuvaltaisia (Ilvessalo 1927). Nykyisin niitä ei käytännössä ole. Myös niittyjä ja ketoja oli nykyiseen verrattuna runsaasti. Metsittymisen seurauksena näiden biotooppien lajisto on uhanalaistunut. Sama pätee moniin suotyyppeihin, erityisesti runsasravinteisiin, joista suuri osa on ojitettu tai raivattu pelloiksi. Arvostelua ovat herättäneet myös ojitusten aikanaan arvioitua haitallisemmat vesistövaikutukset. Monet pienialaiset erityisen arvokkaat luontokohteet oli ennen 1990-luvun metsälakimuutosta jätetty huomioimatta metsien käsittelyssä, mutta tilanne lienee kohentunut lain varsin yksityiskohtaisten suojeluun velvoittavien säännösten myötä.

Entä eri tavoin syntyneiden metsien arvo virkistyskäytössä? Eniten virkistysarvoja tarjoaa metsä, jossa on täysikasvuista puustoa ja useita puulajeja ja joka on rakenteeltaan avara ja kasvilisuudeltaan kiinnostava (Sievänen ja Tyrväinen 2015). 1900-luvun alkupuolen harsintakäsittelyt tuottivat todennäköisesti virkistyskäyttöön paremmin soveltuvia puustoja.

5 Päätelmiä

Tulevien hakkuuohjelmien tai hakkuumahdollisuuksien arviointi oli keskeinen syy varhaisten metsäninventointien käynnistämiseen. Suomessa ensimmäiset arviot tulevista hakkuumahdollisuuksista perustuivat metsien metsänhoidollisen tilan ja kasvun arvioihin (Ilvessalo 1942). Lihtonen (1946) kehitti tuottohakkuulaskelman kansallisten ja alueellisten laskelmien tekemiseksi VMI-tietojen pohjalta. Kuusela ja Nyyssönen (1962) kritisoivat tuottohakkuulaskelmaa subjektiivisuuden vuoksi ja kehittivät tavoitehakkuulaskelman. Laskelmassa metsien ala, puusto ja kasvu arvioidaan kehitysluokittain ja metsätyypeittäin. Lisäksi määritetään tavoite tulevalle metsien kehitysluokarakenteelle ja puustolle. Tavoitetila yhdessä nykytilan ja kasvun kanssa määrittää vuotuisen hakkuuohjelman. Tavoitehakkuulaskelmaa käytettiin VMI:iin pohjautuvissa skenaariolaskelmissa 1980-luvulle saakka. Metsä2000-ohjelman laadinnassa 1980-luvulla siirryttiin käyttämään MELA-ohjelmistoa, joka perustuu puuston kehitysmalleihin, hakkuumalleihin, optimointiongelman määrittelyyn ja sen ratkaisuun lineaarisella ohjelmoinnilla (Siitonen 1990).

Ervastin ym. tutkimus (1965) oli tietojemme mukaan ensimmäinen vaihtoehtoisia tulevaisuusskenaarioita tarkasteleva metsätalouslaskelma Suomessa. Puuston kehitysmallien, laskentaohjelmistojen ja -kapasiteetin kehittyessä vaihtoehtoisten skenaarioiden tarkastelu on tullut keskeiseksi osaksi kansallisten ohjelmien valmistelua (ks. esim. Huttunen 2017).

Metsäsektorin kehitystä on vaikea ennustaa vuosikymmeniksi eteenpäin kansakunnan poliittisten olojen ja kauppapolitiikan muuttuessa ja tekniikan nopeasti kehittyessä. Ervasti ym. (1965) hahmottelivat Suomen metsäsektorin näkymät 1960-luvulla varsin synkin värein. Noiden näkymien mukaan voimaperäiset metsänhoidon tehostamistoimet eivät estäisi puuston määrän tuntuvaa vähenemistä, joskin niiden avulla metsävarojen kehitys kääntyisi vuosikymmeniä myöhemmin kasvu-uralle.

Puuta jalostava teollisuus myös jatkoi tuolloin kaavailulla investointivetoisella linjalla ja teollinen puunkäyttö jopa ylitti ennusteet. Metsäsektori ei silti horjahtanut puuvarojen kestävä käytön polulta, mikä puuston kasvun lisäyksen ohella selittyi raaka-aineen tarkemmalla hyödyntämisellä, lisääntyneellä puun tuonnilla, vähentyneellä viennillä sekä kotitalouksien puunkäytön vähenemisellä. Valtiovalta reagoi tilanteeseen investoimalla vahvasti metsänhoitoon ja -tutkimukseen sekä tarvittavaan infrastruktuuriin ja uudistamalla lainsäädäntöä ja metsäalan organisaatioita.

Metsäsektorin toteutunut kehitys on epäilemättä ollut pitkälti valtiovallan tavoitteiden mukaista. Teollisuuden puunkäyttö ajan mittaan liki kaksinkertaistui. Kun lisäksi metsäteollisuuden puukuutiometriä kohden laskettu arvonlisäyskin lisääntyi vahvasti 1970-luvulta vuosituhannen

vaihteeseen, sektorin bkt-vaikutus kehittyi hyvin suotuisasti (Luonnonvarakeskus 2019). Koska metsäsektorin tuotantopanokset olivat – lainapääomaa ja tuontipuuta lukuun ottamatta – paljolti kotimaista alkuperää, alalla oli keskeinen merkitys sodasta toipuvan kansakunnan taloudelliselle kehitykselle (Kuisma 2015).

Kirsikkana kakussa metsiin muodostui hiilinielu, joka on lähes puolen vuosisadan ajan sitonut mittavan osan Suomen vuotuisista hiilidioksidipäästöistä. Toki sen merkitystä tuskin kukaan osasi 1960-luvulla ennakoita. On kuitenkin syytä muistaa, että ennen viime vuosisadan jälkipuoliskolla toteutunutta valtion edistämää metsänhoidon paradigman muutosta vuotuinen kasvu ja poistuma olivat pitkään liki tasapainossa. Vaikka myönteisiäkin ympäristövaikutuksia siis oli, Mera-ohjelmia on myöhemmin kritisoitu voimaperäisen, kaavamaisen metsänhoidon vaikutuksista metsäluontoon.

Painopaperin menekin heikennyttyä metsäteollisuudella oli edessä nopea jalostusasteen pudotus, ja alan puukuutiometriä kohden laskettu arvonlisäys on viime vuosina laskenut vahvasti. Tämä ei silti ole estänyt sekä perinteisiä metsäyhtiöitä että uusia toimijoita suunnittelemasta uusia mittavia metsäteollisuusinvestointeja Suomeen. Äänekosken biotuotetehdas on toiminnassa ja vastaavan mittaluokan investoinnista Kemiin on jo päätetty. Vaikka osa suunnitelmista odottaa toteutumistaan, vuotuinen poistuma on viime vuodet ollut ennätyksellisen korkealla tasolla. Kontrasti on jyrkkä. Vajaan 60 milj. m³:n vuotuinen poistuma arvioitiin 1960-luvulla kestävämmäksi. Vuoden 2018 ennätyksellinen poistuma 91 milj. m³ merkitsi mittavaa hiilidioksidin sitoutumista metsiin.

Selvitys tutkimusdatan ja aineistojen avoimuudesta

Tutkimusaineisto ja materiaalit ovat saatavissa kirjoittajilta tieteellistä tutkimusta varten, pois lukien koalojen tarkka sijainti. Koalojen tarkka sijainti salataan VMI:n pysyvien koalojen tulevan käytön turvaamiseksi.

Kirjoittajien roolit

Tutkimusidea syntyi tekijöiden yhteistyönä. Henttonen vastasi VMI-aineistoihin perustuvista laskennoista. Nöjd kirjoitti pääosan käsikirjoituksen ensiversiosta, lukuun ottamatta Aineisto ja menetelmät -lukua, jonka laati Henttonen, sekä Päätelmät -lukuun sisältyvää suunnittelulaskelmien historiikkia, josta vastasi Korhonen. Kaikki ryhmän jäsenet osallistuivat tulosten tulkintaan sekä käsikirjoituksen kriittiseen muokkaamiseen ja viimeistelyyn.

Kiitokset

Käsikirjoituksen ovat lukeneet MMT Sauli Valkonen sekä kolme anonyymiä arvioitsijaa. Kiitämme heitä hyödyllisistä korjausehdotuksista.

Rahoitus

Suomen Akatemia on tukenut työtä (n:o 315495).

Lähteet

- Appelroth E, Heikinheimo O, Kalela EK, Laitakari E, Lindfors J, Sarvas R (1948) Julkilausuma. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 11/1948: 315–316.
- Eriksson M (1993) Metsätalouden asiantuntijavalta MERA-kaudella. Teoksessa: Palo M, Hellström E (toim) Metsäpolitiikka valinkauhassa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 471: 251–269. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1318-2>.
- Ervasti S, Kuusela K (1975) Suomen metsätase vuosina 1965–72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäykymät vuoteen 2000. Folia For 232. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0161-3>.
- Ervasti S, Heikinheimo L, Holopainen V, Kuusela K, Siren G (1965) Forecasts of removals, growing stock and the growth of Finland's forests and a proposal for a silvicultural programme for a sustained supply of industrial raw wood – a memorandum to the economic council. Silva Fenn 117.2: 1–35. <https://doi.org/10.14214/sf.a14282>.
- Ervasti S, Heikinheimo L, Kuusela K, Mäkinen VO (1970) Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970–2015. Folia For 88. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207191745>.
- Haapanen M, Hynynen J, Ruotsalainen S, Siipilehto J, Kilpeläinen M-L (2016) Realised and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. Eur J For Res 135: 997–1009. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0989-0>.
- Helander AB (1949). Suomen metsätalouden historia. Söderström, Porvoo.
- Henttonen HM, Nöjd P, Mäkinen H (2017) Environment-induced growth changes in the Finnish forests during 1971–2010 – an analysis based on National Forest Inventory. For Ecol Manag 386: 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.11.044>.
- Henttonen HM, Nöjd P, Suvanto S, Heikkinen J, Mäkinen H (2019) Large trees have increased greatly in Finland during 1921–2013, but recent observations on old trees tell a different story. Ecol Indic 99: 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.015>.
- Henttonen HM, Nöjd P, Suvanto S, Heikkinen J, Mäkinen H (2020) Size-class structure of the forests of Finland during 1921–2013: a recovery from centuries of exploitation, guided by forest policies. Eur J For Res 139: 279–293. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01241-y>.
- Huttunen R (toim) (2017) Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ympäristöstrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>.
- Huuskonen S, Hynynen J, Ojansuu R (2008) Stand characteristics and external quality of young Scots pine stands in Finland. Silva Fenn 42: 397–412. <https://doi.org/10.14214/sf.245>.
- Hyvärinen E, Juslén A, Kempainen E, Uddström A, Liukko U-M (2019) Suomen lajien uhanalaisuus – punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. <http://hdl.handle.net/10138/299501>.
- Hökkä H, Kaunisto S, Korhonen K, Reinikainen A, Tomppo E (2002) Suomen suometsät 1951–1994. Metsätieteen aikakauskirja 2A/2002: 201–357. <https://doi.org/10.14214/ma.6242>.
- Ilvessalo Y (1927) Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Commun Inst For Fenn 11. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171044>.
- Ilvessalo Y (1942) Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Commun Inst For Fenn 30. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-metla-201207171062>.
- Jensen-Eriksen N (2007) Lämpimurto. Metsäteollisuus kasvun, integraation ja kylmän sodan Euroopassa 1950–1973. Suomalaisen kirjallisuuden seuran toimituksia 1055:4. Gummerus, Jyväskylä. ISBN 978-951-746-923-4.
- Kliger IR, Perstorper M, Johansson G (1998) Bending properties of Norway spruce timber. Comparison between fast- and slow-grown stands and influence of radial position of sawn timber.

- Ann For Sci 55: 349–358. <https://doi.org/10.1051/forest:19980306>.
- Korkman S (2015) Väärää talouspolitiikkaa. Talouden kriisit ja opilliset kiistat. Otava, Helsinki. ISBN 978-951-1-29830-4.
- Kuisma M (2015) Venäjä ja Suomen talous, 2. painos. Siltala, Helsinki. ISBN 978-952-234-325-3.
- Kukkola M, Nöjd P (2000) Kangasmetsien lannoitusten tuottama kasvunlisäys Suomessa 1950–1998. Metsätieteen aikakauskirja 4/2000: 603–612. <https://doi.org/10.14214/ma.6065>.
- Kukkola M, Saramäki J (1983) Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Commun Inst For Fenn 114. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0622-4>.
- Kuusela K (1959) Suurin kestävä hakkuusuunnite ja menetelmä sen arvioimiseksi. Acta Forestalia Fennica 71: 1–36. <https://doi.org/10.14214/aff.7110>.
- Kuusela K (1999) Metsän leiviskät, metsäsuunnittelu ja saavutukset 1947–1996. Atena Kustannus Oy, Jyväskylä. ISBN 951-796-163-4.
- Kuusinen N, Valkonen S, Berninger F, Mäkelä A (2019) Seedling emergence in uneven-aged Norway spruce stands in Finland. Scand J Forest Res 34: 200–207. <https://doi.org/10.1080/02827581.2019.1575976>.
- Kuusterä A, Tarkka J (2012) Suomen pankki 200 vuotta, parlamentin pankki. Otava, Helsinki. ISBN 978-951-1-24272-7.
- Lihtonen V (1946) Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. Acta Forestalia Fennica 53. <https://doi.org/10.14214/aff.7386>.
- Luonnonvarakeskus (2018) Suomen metsätilastot. Vaahtera E, Aarne M, Ihalainen A, Mäki-Simola E, Peltola A, Torvelainen J, Uotila E, Ylitalo E (toim) Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201902043966>.
- Luonnonvarakeskus (2019) Suomen metsätilastot 2019. Peltola A, Ihalainen A, Mäki-Simola E, Sauvula-Seppälä T, Torvelainen J, Uotila E, Vaahtera E, Ylitalo E. (toim) Luonnonvarakeskus. https://stat.luke.fi/suomen-mets%C3%A4tilastot-2019-2019_fi. Viitattu 12.4.2021.
- Luonnonvarakeskus (2021a) Tilastotietokanta. Metsätilastot. Talous. Pientalojen polttopuun käyttö. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__22%20Pientalojen%20polttopuun%20kaytto/02_Pientalo_polttopuu_maak.px/. Viitattu: 13.5.2021.
- Luonnonvarakeskus (2021b) Metsätilinpito 2018. https://stat.luke.fi/mets%C3%A4tilinpito-2018_fi. Viitattu: 12.4.2021.
- Metsäntutkimuslaitos (1979) Metsätilastollinen vuosikirja 1977. Uusitalo M (toim) Folia For 375. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0367-5>.
- Metsäntutkimuslaitos (1997) Metsätilastollinen vuosikirja 1997. Sevola Y (toim) Gummerus, Jyväskylä. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1585-1>.
- Mikola P (1984) Harsintametsätalous (Suomen metsätieteellisen seuran kokouksessa 19. 9. 1984 pidetty esitelmä). Silva Fenn 18: 293–301. <https://doi.org/10.14214/sf.a15399>.
- Ollonqvist P (1998) Metsäpolitiikka ja sen tekijät. Pitkä linja 1928–1997. Metsälehti kustannus, Jyväskylä. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2018092036225>.
- Ristolainen S (2016) Rajamaata rahoittamassa. Maailmanpankin muuttuva Suomi-kuva kehitysrahoituksen kaudella 1948–1975. Pro gradu tutkielma. Turun yliopisto, Filosofian, poliittisen historian ja valtio-opin laitos, poliittinen historia. <https://docplayer.fi/19331660-Rajamaata-rahoittamassa-maailmanpankin-muuttuva-suomi-kuva-kehitysrahoituksen-kaudella-1948-1975.html>. Viitattu 6.11.2020.
- Sevola Y (1988) Puun käyttö Suomessa 1923–1985. Teoksessa: Sevola Y (toim) Metsä, yritys, yhteiskunta: metsäekonomian tutkimusosasto 60 vuotta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 288: 107–127. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-0822-7>.
- Sievänen T, Tyrväinen L (2015) Virkistyskäyttö ja luontomatkailu. Teoksessa: Salo K (toim) Metsä: monikäyttö ja ekosysteemipalvelut. Luonnonvarakeskus, Helsinki. <http://urn.fi/>

URN:ISBN:978-952-326-123-5.

- Siitonen M (1990) Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990–2030. Selvitys Metsä2000 -ohjelman tarkistustoimikunnalle 13.7.1990. Metsäntutkimuslaitos, metsänarvioimisen tutkimusosasto.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2021a) Väestön koulutus rakenne. Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/vkour/meta.html>. Viitattu 29.3.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2021b) Kasvihuonekaasut. Tilastokeskus, Helsinki. <http://www.stat.fi/til/khki/index.html>. Viitattu 7.4.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2021c) Hakkuukertymä ja puuston poistuma. Luonnonvarakeskus, Helsinki. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__02%20Rakenne%20ja%20tuotanto__10%20Hakkuukertyma%20ja%20puuston%20poistuma/?tablist=true&rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0. Viitattu 29.3.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2021d) Metsäteollisuuden puunkäyttö alkuperittäin ja puutaralajeittain. Luonnonvarakeskus, Helsinki. http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__04%20Talous__08%20Metsateollisuuden%20puunkaytto/04_metsateol_puunk_tavaralajeittain_1860.px/chart/chartViewLine/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0. Viitattu: 29.3.2021.
- Suomen virallinen tilasto (SVT) (2021e) Energian hankinta ja kulutus. 4. vuosineljännes 2019, Liitekuvio 8. Energian kokonaiskulutus 1975–2019. Tilastokeskus, Helsinki. http://www.stat.fi/til/ehk/2019/04/ehk_2019_04_2020-04-17_kuv_008_fi.html. Viitattu: 12.4.2021.
- Tilastokeskus (2021) StatFin arkistokanta. Kansantalous. Kansantalouden tilinpito. 901 – Historiasarjat: yksityisen kulutuksen, tavaratuonnin ja tavaraviennin rakenne 1860–1970. Tilastokeskus, Helsinki. https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin_Passiivi/StatFin_Passiivi__kan__vtp/statfinpas_vtp_pxt_901_197000.px/. Viitattu: 5.5.2021.
- Tomppo E, Heikkinen J, Henttonen HM, Ihalainen A, Katila M, Mäkelä H, Tuomainen T, Vainikainen N (2011) Designing and conducting a forest inventory – case: 9th National Forest Inventory of Finland. *Manag For Ecosyst* 21. Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1652-0>.
- Verkasalo E, Kilpeläinen H, Ihalainen A, Ropponen T (2014) Wood processing properties of plantation-grown Norway spruce for saw milling in Finland. Proceedings of the 3rd international Conference on Processing Technologies for the Forest and Bio-based Products Industries (PTF BPI 2014). Kuchl/Salzburg, Austria, September 24–26, 2014.

47 viitettä.