

➤ Puuntuotannon ja puunhankinnan kehittämismahdollisuudet Etelä-Lapin ojitetuilla soilla

The development opportunities of silviculture and wood procurement on drained peatland forests in southern Lapland, Finland

Oiva Hiltunen & Teijo Palander

Oiva Hiltunen, MMM, Lehtori, Lapin ammattikorkeakoulu, Jokiväylä 11, 96300 Rovaniemi, email: oiva.hiltunen@lapinamk.fi
Teijo Palander, MMT, Professori, Itä-Suomen yliopisto, Metsätieteiden osasto, PL 111, 80101 Joensuu, email: teijo.s.palander@uef.fi

Avainsanat: ojitus, puunkorjuu, suometsät, turvekankaat, kantavuus
Keywords: drainage, harvesting, tree species, site type, ditching, thinning, carrying capacity, forest management

Johdanto

Soiden ojitustoiminnan käynnistävänä voimana oli laajentuvan metsäteollisuuden lisääntyneet puuraaka-aineen tarve. 1960-luvulla oli vuosia, jolloin vuotuiset hakkuumäärät olivat suurempia kuin metsien vuotuinen kasvu. Vuonna 1962 laadittiin ensimmäiset ohjelmat puuntuotannon kasvattamiseksi. Nämä olivat Metsätalouden suunnittelukomitean HKLN-ohjelma ja Maatalouskomitean Teho-ohjelma. Ohjelmien keskeisenä tavoitteena oli varmistaa puun riittävyys metsäteollisuuden käyttöön (Pohtila 1999). Merkittävimmät ohjelmat puuntuotannon kasvattamiseksi olivat MERA I, II ja III, joissa keskityttiin metsänhoitoon ja metsien perusparannustoimintaan. Ohjelmakausi kesti vuodesta 1965 vuoteen 1975. Pyrkimyksenä oli puuntuotannon lisääminen valtion avustuksilla ja edullisilla lainoilla. Kolmannen MERA-ohjelman (1970–75) toteutuksessa painottuivat myös työllisyysnäkökohdat, koska elettiin kansainvälisen laman aikaa. Pohtila (1999) onkin todennut, että ilman valtion avustuksia ja edullisia lainoja Lapin yksityismetsätalous

tuskin olisi tuolloin pystynyt puuntuotannon kehittämiseen tähtääviin investointeihin. Osa puuntuotantoon tehdyistä investoinneista osoittautui myöhemmin heikosti kannattaviksi. Näitä olivat etenkin avosoiden ojitukset ja metsitykset (Palosuo 1979). Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien alueella ojitettiin myös kitu- ja joutomaita (Mattila ja Penttilä 1987).

Etelä-Lapin -alueeseen kuuluvat Lapin maakunnan kunnat lukuun ottamatta Inaria, Utsjokea ja Enontekiötä. Etelä-Lapin metsätalousmaasta on 43 % ja metsämaasta 22 % turvemaita, joka vastaa metsämaan kokonaispuuston määrästä 21 %. Se on metsä- ja kitumaalla kasvavien puustojen tilavuuskasvusta 22 % (VMI 11, Luonnonvarakeskus 2019a). Etelä-Lapin lounaisosassa turvemaiden merkitys on puuntuotannollisesti huomattavasti suurempi kuin alueen pohjoisosissa. Valtakunnan metsien 11. inventoinnin mukaan turvemaiden osuus metsämaasta (vuotuinen kasvu $> 1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) on suurin Lounais-Lapin kunnissa (Simo 46 %) ja Lapin keskiosassa niiden osuus on huomattavasti pienempi (Sodankylä 12 %). Turvemaiden kasvatushakkuiden osuus

vuosien 2015–2025 kestävästä hakkuusuunnitteesta on noin 20 %. Keskisen ja itäisen Lapin alueella osuudet jäävät huomattavasti alemmaksi johtuen ojitettujen soiden pienestä suhteellisesta osuudesta ja niiden viljavuuden alhaisesta tasosta. Toisaalta Lapin eteläosan kuntien alue on rinnastettavissa Pohjois-Pohjanmaan alueeseen, jossa harvennuskertymästä 44 % saadaan turvemaa-hakkuista (Luonnonvarakeskus 2019a).

Kotimaisen raakapuun vuotuinen käyttö on 2000-luvulla ollut Suomessa tasaista (53–57 milj. m³), ja se kasvoi vuonna 2017 62 milj. m³:iin (Luonnonvarakeskus 2019d). Pitkäaikaisten teollisuuden kasvutrendien perusteella on odotettavissa, että lisääntyvän puunkäytön takia puuta hankitaan tulevaisuudessa nykyistä enemmän myös turvemailta. Kemiin ja Kemijärvelle suunnitellut metsäteollisuuden investoinnit nostaisivat puun käyttöä enimmillään noin 9 milj. m³ v⁻¹ (Hyytinen 2019). Kasvava puuntarve edellyttää myös turvemailta tehtävän kesäaikaisen puunhankinnan lisäämistä. Tämä vähentäisi samalla nykyisiä puunhankintayritysten ja puunjalostuslaitosten ongelmia, jotka aiheutuvat hankinnan kausiluonteisuudesta. Etelä-Suomessa kehitettiin vastaavassa ongelmatilanteessa molempia eli sekä puunkorjuukaluston suokelpoisuutta että kantavuusluokitusta (Högnas ym. 2009). Luokitus on tarkoitettu apuvälineeksi maapohjan kantavuuden arvioinnissa. Kantavuusluokka kuvaa korjuulosuhdetta, jossa tietyn suokelpoisuuden omaavalla metsäkoneella talvileimikko voidaan korjata sulan maan aikana (Högnas ym. 2009, 2011).

Lappiin ojituksilla aikaan saatujen suometsien puuntuotannon realisointiin ja puunhankinnan kehittämiseen tarvitaan lisätutkimuksia. Tässä kirjallisuuskatsauksessa selvitetään Etelä-Lapin ojitettujen suometsien tilaa valtakunnan metsien inventointitilastojen ja tutkimustulosten perusteella. Edellinen aiheeseen liittyvä selvitys on tehty 1980-luvulla (Mattila ja Penttilä 1987). Tutkimus koski silloisen Lapin ja Koillis-Suomen (sis. Kuusamo) metsälautakuntien alueella olevia suometsiä vuosina 1952–1984 ja siinä käsiteltiin sekä suometsien ojitustilannetta että niiden metsänhoidollista tilaa.

Koska ojien kunto heikkenee ajan myötä, ojitettujen soiden kuivatuksen ylläpito vaatii yleensä kunnostusojitusta. Valtion tukemana metsänparannustyönä se tuli mahdolliseksi

metsänparannuslakimuutoksen (140/1987) seurauksena. Sen jälkeen kunnostusojituksen kriteerit ovat muuttuneet useampaan kertaan. Tässä katsauksessa selvitetään ensin kunnostusojituskelpoisten soiden määrä VM11 tulosten perusteella. Kunnostusojituskelpoisuuden lisäksi esitetään metsänkasvatuskelpoisten soiden määrä. Katsauksessa huomioidaan metsälain (1093/1996) 5 §:n ja metsänhoidon suositukset suometsien hoidon työoppaan (Vanhatalo ym. 2015) sekä kestävä metsätalouden rahoituslain (KEMERA) (34/2015) ja asetuksen (594/2015) 17 §:n suometsien hoidolle määrittämät ehdot (Kuva 1). Myös LULUCF-asetus on tuonut ”metsien hiilinielun” mukaan, kun arvioidaan kasvihuonekaasupäästöjen merkitystä osana puuntuotannon ja puunhankinnan toimenpiteiden valintaa.

Puunhankinnan kehittämiseksi katsauksessa tehdään Etelä-Lapin puunhankinnan vaihtoehtojen selvitys ja tarkastelu kahdesta puunkorjuulle tärkeästä ja toisiaan tukevasta näkökulmasta ottaen huomioon turvekankaiden puustojen rakenne ja kesäaikainen puunkorjuumahdollisuus (Kuva 1). Tarkastelu tukeutuu kantavuusluokitukseen (Högnas ym. 2009, 2011), joka on näin raportoitu Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon -työoppaassa (Vanhatalo ym. 2015). Tämän kirjallisuuskatsauksen synteessissä tuodaan esille luokitukseen liittyvät kehittämis- ja tutkimustarpeet.

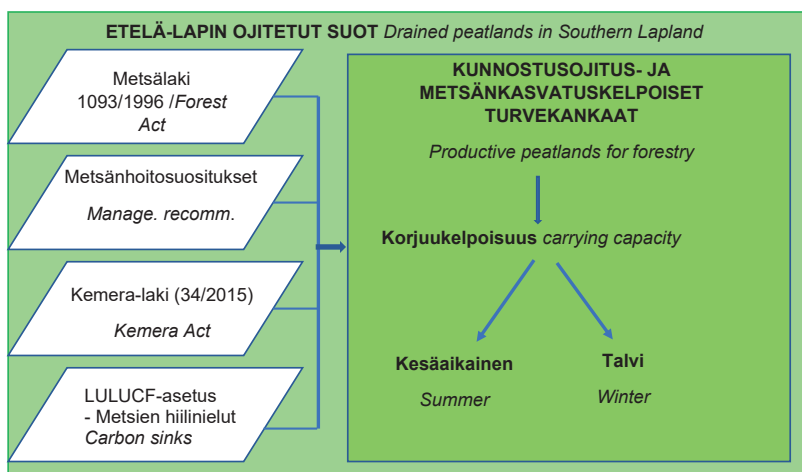
Etelä-Lapin ojitetut suot

Pääryhmät ja maaluokat

Soiden pääryhmiä ovat korvet, rämeet ja avosuot. Soiden ja kivennäismaiden maaluokkia ovat metsämaa, kitumaa ja joutomaa. Vuotuinen puuston kasvu on metsämaalla yli 1,0 m³ ha⁻¹, kitumaalla 0,1–1,0 m³ ha⁻¹ ja joutomaalla alle 0,1 m³ ha⁻¹. Etelä-Lapissa soiden ensiojituksia on tehty määrällisesti eniten 1960–1980 luvun aikana, ojitetut suot olivat enimmäkseen rämeitä (Taulukko 1). Valtakunnan metsien 9. inventointia (VM19) edeltävällä 10-vuotiskaudella uudisojitettiin 23 500 ha ja kunnostusojitettiin/perattiin 38 400 ha (Tomppo ym. 2005). Vuoden 1992 Metsänparannuslain (1278/1992) muutoksen seurauksena uudistusojitus tuettavana metsänparannustyölajina poistui, ja pääpaino siirtyi kunnostusojitukseen.

Kuva 1. Turvekankaiden puunhankinnan toimenpideratkaisuihin vaikuttavat säännökset ja ohjeistukset.

Figure 1. The factors affecting wood procurement solutions of drained peatlands in southern Lapland in Finland



VMI 5:n mukaan Lapin metsäkeskuksen alueella oli 56 % ojituksista tehty kitu- ja joutomailla. Enimmillään näitä on ollut 265 000 ha (Tomppo ym. 2005). Kitu- ja joutomaiden suhteellinen ja määrällinen osuus alkoi pienetä 1990-luvun alkupuolella. VMI11 mukaan kitu- ja joutomaita on yhteensä 217 000 ha ja suurin osa niistä on rämeiden kasvupaikoilla (Taulukko 1). Kitu- ja joutomaiden väheneminen johtuu osaltaan siitä, että ojitusten aikaansaaman puuston lisäkasvun seurauksena osa kyseisistä soista on siirtynyt parempaan luokkaan eli metsämaahan. Ojitetuista soista maaluokaltaan eniten on metsämaita (74 %) ja ojitetut avosuot ovat jääneet kokonaisuudessaan joutomaaksi.

Ojitusten kokonaispinta-alat vaihtelevat viimeisimmässä valtakunnan metsien inventoinneissa. Tämä johtunee osin tilastoinnista ja osin siitä, että ohuturpeisia soita on turvekerroksen hävittyä siirtynyt kivennäismaan luokkaan (Korhonen ym. 2017). VMI11:n mukaan Etelä-Lapissa on soita yhteensä 2 713 700 ha, joista on ojitettu 823 300 ha (Taulukko 1).

Turvekangastyypit

Soiden kasvupaikkojen luokitus toteutetaan siten, että ojitettu suokuvio jo ennen turvekangasvaiheen alkamista luokitellaan siihen turvekangastyypiin, johon se tulee todennäköisesti kehittymään (Laine 1989, Laine & Vasander 2008). Luokitusta ei ole sidottu ojitetun suon kuivatusvaiheisiin. Ojitetut suot voidaan rinnastaa

puutuotoksen perusteella kangasmetsätyyppiin. Mustikka- ja puolukkaturvekankaat on jaettu kahdeksi tyyppiä alkuperäisen suotyypin perusteella. Lapin alueella puuston tuotoksen kannalta parhaat turvekankaat (Rhtkg ja Mtkg I ja II) sijaitsevat pääosin Lapin kolmion alueella (Ranua, Kemi, Keminmaa, Simo, Tornio, Ylitornio, Tervola ja Rovaniemen länsipuoli) (Mattila ja Penttilä 1987).

Etelä-Lapin ojitetut suot ovat pääosin (66 %) kuivahkoja tai karumpiin kankaisiin luettavia turvekankaita (Taulukko 2). Ne ovat myös ohuturpeisia. Turvemaita, joiden turpeenpaksuudeltaan alle 1 m on eniten aitojen korprien (Mtkg I) ja rämeiden (Ptkg I) turvekankailla. Yhteensä tällaisten soiden osuus on 70 % ojitetuista soista. Ainoastaan Pohjois-Pohjanmaan alueella on enemmän turpeenpaksuudeltaan alle metrin olevia soita (72 %), kun Etelä-Suomessa vastaava luku on 56 % (VMI 11, Korhonen ym. 2017).

Ojitettujen soiden viljavuudella (ravinteisuudella) on havaittu olevan vaikutusta myös siihen, ovatko turvekankaat hiilidioksidipäästöjen osalta nieluja vai lähteitä. Tutkimuksen mukaan puolukka- ja varputurvekangastyypin maaperä on keskimäärin hiilen nielu (Ojanen 2015). Näitä karuja kasvupaikkoja on Etelä-Lapissa 66 % (Korhonen ym. 2017). Hiilidioksidipäästöjen (CO₂) osalta lähteitä voivat olla voimakkaasti ojitetut ravinteikkaimmat ja puustoisimmat turvekankaat johtuen turvekerroksen vähenemisestä (Ojanen 2015). Näitä turvekankaita esiintyy Lapin eteläisemmässä osassa.

Taulukko 1. Ojitetut suot pääryhmittäin ja maaluokittain (VMI 11).

Table 1. The drained peatlands by main groups and land classes of forestry (*metsämaa* = Forest land, *kitumaa* = Poorly productive forest land, *joutomaa* = waste land) (NFI 11).

Maaluokka <i>Land class</i>	Korpi		Pääryhmä <i>Main group</i>				Yhteensä <i>Together</i>	
	<i>Spruce peatland</i>		<i>Pine peatland</i>		<i>Open mire</i>		ha	%
	ha	%	ha	%	ha	%		
Metsämaa	198 500	92	407 800	68	0	0	606 300	74
Kitumaa	16 800	8	174 100	29	0	0	190 900	23
Joutomaa	0	0	16 800	3	9 300	100	26 100	3
Yhteensä	215 300	26	598 700	73	9 300	1	823 300	100

Taulukko 2. Kasvupaikat turvekerroksen paksuus -luokittain ojitetuilla metsä-, kitu- ja joutomaan soilla (VMI 11).

Table 2. Drained peatland forests by the thickness of peat and forest site classes (NFI 11).

Turpeen paksuus <i>Peat thickness</i>	Turvekangastyypit <i>Drained peatland type</i>														Yhteensä <i>Total</i>	
	Rhtkg		Mtkg I		Mtkg II		Ptkg I		Ptkg II		Vatkg		Jätkg		km ²	%
cm	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%		
0–29	294	32	471	60	143	13	1 152	43	126	12	109	7	0	0	2 296	28
30–99	336	37	202	26	479	45	1 211	46	463	43	690	42	50	49	3 431	42
100–199	202	22	76	10	294	28	202	8	336	31	538	33	17	17	1 665	20
200+	76	8	25	3	126	12	93	3	151	14	303	18	34	34	807	10
not meas. ¹⁾	0	0	8	1	17	2	0	0	0	0	8	0	0	0	34	0
Yht. Tot.	908	11	782	10	1 060	13	2 657	32	1 076	13	1 648	20	101	1	8 233	100

Ojitettujen soiden puuntuotannon nykytila

Ojitettujen soiden kuivatustilanne

Ojitetut suot on perinteisesti luokitettu kuivatusvaiheen mukaan ojikko-, muuttuma- ja turvekangasvaiheisiin, joiden katsotaan kuvastavan kasvupaikkojen kasvillisuuden kuivatussuksesiota (Laine 1989). Valtakunnan metsien inventoinnissa kyseistä luokitusta käytetään kuvaamaan ojitettujen soiden kuivatustilannetta (Korhonen ym. 2017). Heikoimmin kuivatus on vaikuttanut ojikkovaiheessa olevilla soilla, joilla aluskasvillisuus on vielä alkuperäisen suotyypin kaltainen eikä puuston kasvu ole lisääntynyt ojituksen jälkeen. Turvekangasvaiheessa ojitus on vaikuttanut niin hyvin, että aluskasvillisuus alkaa muistuttaa kangaskasvillisuutta ja puusto on tavanomaisen talousmetsän kaltaista (Heikurainen 1986).

Etelä-Lapin olosuhteissa kuivatussuksesiota on edennyt kohtalaisen hitaasti. Vuosituhannen vaihteeseen asti turvekankaiden suhteellinen

osuus oli alle 10 % (Tomppo 2005). Sen jälkeen turvekankaiden suhteellinen osuus on kasvanut noin 40 prosenttiyksikköä. Viimeisimmän inventoinnin (11/12) mukaan turvekankaiden osuus on 49 % metsätalousmaan ojitetuista soista (Luonnonvarakeskus 2019b). Joutomaalla tehdyt ojitukset ovat jääneet ojikko- ja muuttumasteelle (Taulukko 3). Turvekankaista vain kaksi prosenttia on ojitettuja kitumaita.

Metsätalousmaalla tehdyt ojitukset sisältävät myös puuntuotannon ulkopuolella olevien alueiden ojitukset. Nämä alueet ovat erityyppisiä lakiin, suojeluohjelmiin tai metsänomistajien päätöksiin perustuvia suojelualueita (Korhonen ym. 2017). Tilastoista on vaikea saada suoraan selville Etelä-Lapin ei-puuntuotannon luokassa olevien ojitettujen soiden määrää. Suuruusluokan voi päätellä Pohjois-Suomen tilanteesta. Lapin, Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella niitä on 7 % metsätalousmaan ojitetuista soista ja suurin osa niistä on ojitettu kitu- ja joutomaalla (85 %, VMI 11). Edellä olevasta voi päätellä, että Etelä-Lapin puuntuotannon piirissä olevia ojitettuja soita on noin 770 000 ha.

Taulukko 3. Ojitettujen soiden kuivatustilanne metsätalousmaalla Etelä-Lapissa (VMI 11).

Table 3. The condition of the ditch networks in drained peatlands (forest sites) in the South Lapland (NFI 11). Ojikko=site close to pristine mire or recently ditched mire, Muuttuma=moderately drained peatland, turvekangas=well drained peatland site.

Maaluokka <i>Land class</i>	Ojikko		Muuttuma		Turvekangas		Yhteensä <i>Total</i>	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Metsämaa	67	12	3574	68	2422	98	6063	74
Kitumaa	320	58	1539	30	50	2	1909	23
Joutomaa	168	30	93	2	0	0	261	3
Yhteensä	555	100	5206	100	2472	100	8233	100
Osuus <i>Share</i> %	7		63		30		100	

Turvemaiden kunnostusojituskelpoisuus

Turvemaiden vedenpinnan tasoon vaikuttaa moni asia. Tärkein on ojien kunto, joka liittyy ojien syvyyteen, sarkaleveyteen, kaltevuussuhteisiin, turpeen ominaisuuksiin ja turpeen alla olevaan pohjamaalajiin. Myös ilmasto-olot, puusto ja aluskasvillisuus vaikuttavat veden pinnan tasoon. (Heikurainen 1980, Saarinen ym. 1998, Sarkkola ym. 2013.) Ojat mataloituvat ajan myötä ja jo varhaisissa tutkimuksissa on havaittu, että hienolajitteisiin maihin ulottuvissa ojissa niiden eroosioriski kasvaa (Heikurainen 1957). Alkuperäiset uudisojat, jotka on kaivettu yleensä metrin syvyyteen, ovat mataloituneet 50–60 cm:n syvyyteen keskimäärin 14–26 vuodessa (Lauhanen ja Ahti 2000). Haahti ym. (2012) tutkimuksen mukaan Pohjois-Suomen puolukkaturvekankaiden kasvupaikoilla vedenpinnan syvyyden spatiaalista vaihtelua selittää parhaiten ojitusalueen topografia ja mittauskohdan etäisyys ojaan.

VMI11:n mukaan osa Etelä-Lapin soista on ojitettu virheellisesti. Virheellisyys liittyy siihen, että suo on teknisesti ojituskelvoton tai suo ei ole metsänkasvatuskelpoinen. Lapissa puuntuotannon metsämaalla virheellisesti ojitettujen soiden puuston keskitilavuus on 32 m³ ha⁻¹ ja kitumaalla 13 m³ ha⁻¹ (Korhonen 2019). Vähäpuusoisuuden perusteella (< 30 m³ ha⁻¹) kyseiset suot ovat heikkotuottoisia ja niitä on Etelä-Lapin kunnissa 11–40 % ojitettujen soiden kokonaispinta-alasta (Laiho ym. 2016).

VMI11:n yhteydessä ojitetulle suolle on tehty kunnostusojitusehdotus, jos ojien kunto on huono sekä puuston kasvun hidastuminen märkyiden

takia ja soistumisen merkit pintakasvillisuudessa ovat selvästi havaittavissa. Lisäksi suotyypin pitää sijaita ns. rajalämpösummavyöhykkeellä. Kunnostusojitusehdotusta ei ole tehty, jos kasvukauden tehoisa lämpösumma jää alle 750 d.d. VMI11:n maastotyöohjeen mukaan Pohjois-Suomessa lämpösumma-alueella 800–900 d.d. turvekankaista Vatkg I ja Ptkg I eivät ole kunnostusojituskelpoisia (Korhonen 2009). Tämä ohje on hiukan tiukempi kuin vastaava ohje suometsän hoidon suosituksissa (Vanhatalo ym. 2015), joissa suometsien kunnostusojituskelpoisuutta arvioitaessa ratkaisut perustuvat turvekangastyyppeihin ja lämpösummaan (Taulukko 4, Metsänhoitosuositukses 2014). Etelä-Lappi kuuluu Pohjois-Suomen alueeseen, jossa lämpösumma on alle 1 000 d.d. Koska Pohjois-Suomessa korkeusvaihtelu on suurta, alueen tarkempi lämpösumma saadaan kertomalla erillisellä korjauskertoimella kohteen korkeus merenpinnasta ja saatu tulo vähennetään keskimääräisen (1981–2010) korkeuskorjatun tehoisan lämpötilan summasta (Metsänhoitosuositukses 2014). Etelä-Lapin keskisen osan kunnissa kuten Sodankylän alueella, keskimääräinen lämpösumma on ollut 823 d.d ja eteläisessä osassa Rovaniemellä 922 d.d. jaksolla 1981–2010. Alueella lämpösumman vaihteluväli on 700 d.d–1 000 d.d (Ilmatieteen laitos 2019).

VMI11:n mukaan Etelä-Lapissa on ojien perkaus- ja kunnostusojitustarvetta puuntuotannon mailla yhteensä 244 000 ha (Taulukko 5). Näistä on 96 % metsämaihin luokiteltavia soita. Lisäksi on 6 000 ha perattavia ja täydennysojitettavia soistuneita kankaita. Inventointia edeltävällä 10-vuotiskaudella perkaus- ja kunnostusojituksia

Taulukko 4. Kunnostusojituskelpoisuuden arviointia erilaisilla kasvupaikoilla ja lämpösukka-alueilla (Vanhatalo ym. 2015). * kunnostusojituskelpoinen, x ei ojituskelpoinen, ** kannattavan taloudellisen tuloksen saavuttaminen edellyttää, että metsikössä tehdään vähintään yksi puunmyyntituloja tuotava harvennushakkuu. ES = Etelä-suomi, VE = Väli-suomi, PS = Pohjois-suomi.

Table 4. Evaluation of improvement drainage in various growing site (forest site) and heat sum areas in southern (Etelä-Suomi) and northern Finland (Väli-Suomi, Pohjois-Suomi). * suitable for ditch network maintenance (DNM), x not suitable for DNM, **at least one thinning treatment needed for profitable management. ES = Southern Finland, VS = Central Finland, PS = Northern Finland.

Turvekangastyyppi Forest site type	Runkoluku, Stem number kpl/ha			
	Lämpösukka-alue, d.d. Temperature sum area, d.d.			
	ES	VS	PS	PS
>1200	1000–	900–	750–	900
		1200	1000	900
Rhtkg I ja II, Mtkg I	*	*	*	*
Mtkg II	*	*	600	1000
Ptkg II	*	*	600	1000
Ptkg I	600	1000**	1100**	1200**
Vatkg I ja II	600	1100**	1200	x

Taulukko 5. Valtakunnan metsien 11. inventoinnin mukaiset kunnostusojitustarpeet (ha) työlajeittain ja kasvupaikkaluokittain ojitetuilla turvemilla seuraavalla 10-vuotiskaudella Etelä-Lapissa.

Table 5. Ditch network maintenance needs of ditches (1000 ha) by forest land types in southern Lapland according to 11th National Forest Inventory in Finland (NF11). Ojien perkaus = ditch cleaning, Täydennysojitus = complementary ditching.

Ojitus ehdotus Recommendation	Turvemaa peatlands (1000 ha)		
	Metsämaa Forest land	Kitumaa Waste land	Yhteensä Total
Ojien perkaus	152	5	157
Täydennysojitus	83	4	87
Yhteensä Tot.	235	9	244

on tehty keskimäärin 9 000 ha vuodessa. Toisaalta Luonnonvarakeskuksen tilastoinnin mukaan kunnostusojituksia on tehty vuosina 2004–2013 yhteensä 59 000 ha, mikä vuositasolle muutettuna vastaa Lapin metsäohjelman mukaista

kunnostusojitustavoitetta (Lapin metsäohjelma, Luonnonvarakeskus 2019b). Viime vuosina kunnostusojitusmäärät ovat kuitenkin laskeneet. Alimmillaan ojitusmäärät olivat 2 550 ha vuonna 2018 (Luonnonvarakeskus 2019b). Kunnostusojitukselle asetettujen vaatimusten kasvaessa ne ovat keskittyneet Etelä-Lapin eteläisimpään osaan.

Puusto vaikuttaa haihdunnallaan vedenpinnan tason ja siten myös tarvittaviin kunnostusojitustoimenpiteisiin. On todettu, että puuston määrän ylittäessä 150 m³ ha⁻¹, puuston haihdunta riittää Pohjois-Suomen olosuhteissa pitämään vedenpinnan keskimäärin 30–40 cm:n tasolla puuston kasvulle kriittisen loppukesän aikaan (Sarkkola ym. 2010). Kokonaisuuston määrän ollessa alle 100 m³ ha⁻¹, mikä on tavallinen puuston keskittavuus Etelä-Lapin turvekankailla, kasvupaikan kuivatustilanne kuitenkin heikkenee. Tällöin puuston haihdutuspotentiaali tuskin pystyy pitämään vedenpinnan tasoa riittävän alhaalla. Riski kasvaa sitä suuremmaksi mitä pohjoisempaan kasvupaikka sijaitsee ilmaston humidisuuden kasvaessa ja kunnostusojitustoimenpiteitä tarvitaan enemmän vedenpinnan tason pitämiseksi riittävän alhaalla (Sarkkola ym. 2010, Haahti ym. 2012, Sarkkola ym. 2013, Sarkkola, Hökkä ym. 2013). Mikäli puuston kuivatusvaikutus jää liian pieneksi, ojitustarpeen arvioinnin ensisijainen kriteeri on ojien kunto, joka yleensä heikkenee ojituksesta kuluvan ajan myötä siten, että uusi kunnostusojitus tulisi ajankohtaiseksi 20–30 vuoden kuluttua edellisestä ojituksesta. Näillä perusteilla vuotuinen kunnostusojitustarve tulisi olemaan 8 000–12 000 ha vuodessa, mikä on huomattavasti enemmän kuin nykyiset toteutusmäärät. Lopulliseen kunnostusojituksen määrään vaikuttaa myös se, kuinka intensiivisesti kunnostusojituksia tehdään ja millainen kuivatusteho ojitukselta vaaditaan. Hökkä ym. (2016) mukaan ns. ehdollisella kunnostusojitusstrategialla ojituspinta-ala vähenee 62–80 % verrattuna intensiiviseen strategiaan, jossa ojitus tehdään aina kun ojasto on huonossa kunnossa sekä metsän uudistamisen yhteydessä. Ehdollisessa kunnostusojitusstrategiassa ojitusten kunnostus tehdään vain silloin, kun kuivatustilanne sitä vaatii. Tällöin myös ojitusten aiheuttamat ravinne- ja kiintoainekuormitukset vesistöihin vähenisivät.

Turvemaiden metsänkasvatuskelpoisuus

Soiden kasvatuskelpoisuuden kriteerit ovat tiukentuneet useampaan kertaan siitä, kun Lapin soiden laaja ensiojittaminen alkoi MERA-kausilla 1960-luvulla. Nykyisin kaikki kitu- ja joutomaiden ojitusalueet eivät ole metsänkasvatuskelpoisia johtuen alhaisesta puuntuotoksesta. Kitumaita ei myöskään koske Metsälain 5 §:n mukainen uudistamisvelvoite. Metsänomistaja, niin yksityinen kuin valtio, joutuu ratkaisemaan ojitetun suon kasvatuskelpoisuuden kuivatustilanteen ja kasvupaikan ravinteisuuden perusteella. Lisäksi valintaan vaikuttavat metsänomistajan tuotto-odotukset ja siten myös valmius panostaa suometsien hoitoon. VMI11:n mukaan suon metsänkasvatuskelpoisuutta harkittaessa otetaan huomioon suotyypin ja lämpösumman lisäksi puuston määrä (Korhonen ym. 2017).

Pohjois-Suomessa puustojen vuotuinen kasvu on ollut kunnostusojitetuilla rämeillä $0,6\text{--}1,0\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ ja korvissa $1,5\text{--}1,9\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ suurempi kuin kunnostusojittamattomilla kasvupaikoilla (Lauhanen ym. 1998). Hökän (1997) esittämien (ks. Lauhanen ym. 1998) laskelmien perusteella kunnostusojituksen aikaan saama puuston vuotuinen kasvu olisi Pohjois-Suomen rämeillä $0,3\text{--}1,3\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ suurempi kuin kunnostusojittamattomien rämeiden, riippuen lähtöpuustosta. Puolukkaturvekankailla (Ptkg I) ja sitä ravinteikkaimmilla kasvupaikoilla vuotuinen kokonaiskasvu saavuttaa kestävänsä metsätalouden rahoituslain asetuksessa (594/2015) mainitun keskimääräisen ($1,5\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$) vuotuisen kasvun Etelä-Lapin alueella (Kojola ym. 2008). Vastaavasti varputurvekankailla puuston keskimääräinen kasvu jää edellä mainitun kasvuluvun alapuolelle.

Kojolan ja Ahtikosken (2013) ojitusalueiden investointilaskelmien mukaan (ks. Vanhatalo ym. 2015) Pohjois-Suomessa alle 900 d.d lämpösumma-alueella 3 % korkovaatimuksella ja 900 € ha⁻¹ perustamiskustannuksilla Mtkg II kasvupaikkojen ja sitä karumpien turvekankaiden uudistaminen viljellen on taloudellisesti kannattamatonta. Vastaavasti lämpösumma-alueella 900–1 125 d.d varputurvekankaiden uudistaminen on edelleen kannattamatonta. Ainoastaan puolukkaturvekankailla (Ptkg II) ja sitä paremmilla kasvupaikoilla uuden puusukupolven kasvattaminen olisi

taloudellisesti kannattavaa. Kun tuottovaatimus lasketaan 2 %:iin ja investointikustannukset ovat enimmillään 400 € ha⁻¹, olisi uuden puusukupolven kasvattaminen turvekankailla taloudellisesti kannattavaa. Uudistamiskustannuksella 400 € ha⁻¹ voidaan suorittaa luontainen uudistaminen joko ilman tai kevyellä muokkauksella ja perkaamalla ojat tarvittaessa. Varputurvekankailla uuden puusukupolven kasvattaminen on kaikissa vaihtoehdoissa kannattamatonta. Näissä tutkimuksissa laskelmat on tehty puustojen kehitystä kuvaavilla simulointimalleilla ja ne perustuvat sellaisiin lähtöpuustoihin, jotka ovat kehittyneet 15–20 vuotta ensimmäisen ojituksen jälkeen.

Kestävänsä metsätalouden rahoituslain (34/2015) perusteella on mahdollista saada suometsien hoitoon avustusta, joka on enimmillään 70 % kustannuksista. Suometsien hoidolla tarkoitetaan ojitetun alueen kunnostamista ja se voi tarkoittaa oijen perkausta, täydennysojitusta, vesiensuojelua tai ojitusalueeseen liittyvää piennartien tekemistä. Hoidon kohteena olevalta alueelta vaaditaan, että se on kasvupaikaltaan kuivahkoa kangasta vastaava turvekangas (Ptkg I ja Ptkg II). Puuston edellytetään olevan metsänhoidollisesti tyydyttävässä kunnossa ja suometsän hoitotoimenpiteen jälkeen kohteen puuston vuotuisen kasvun tulee olla keskimäärin vähintään $1,5\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$ ilman toistuvia lannoituksia. (Kemera asetus 594/2015.)

Kunnostusojituskohteiden valinnassa korostuu metsänkasvatukselliset ja puuntuotannolliset tekijät (PEFC kriteeri 11). Tarkoituksenmukaiseksi kunnostusojituskohteeksi katsotaan puuntuotannollisesti runsastuottoiset turvemaat, joilla runkopuun vuotuinen kasvu on yli $1,0\text{ m}^3\text{ ha}^{-1}$. VMI11:n mukaan jokaisella turvekangastyypillä on sekä kitumaalla että joutomaalla ojitettuja soita (Taulukko 6). Kitu- ja joutomaat (217 000 ha) ovat soita, jotka eivät täytä edellä kuvattuja vaatimuksia, joten suot jäävät pois metsätalouden piiristä. Se on noin 30 % Suomessa ojitettujen kitu- ja joutomaiden kokonaismäärästä (778 000 ha) (Laiho ym. 2016).

Etelä-Lapissa on metsämaan varpu- ja jäkäläturvekankaita n. 66 500 ha. Ne ovat soita, joita ei kannata taloudellisessa mielessä uudistaa edes luontaisesti, eikä niille myönnetä kunnostusojitukseen Kemera-tukea. Lisäksi alle 900 d.d lämpösumma-alueella on lukuisa määrä Ptkg I

Taulukko 6. Turvekangastyypit ojitetuilla metsä-, kitu- ja joutomaan soilla (VMI 11) Etelä-Lapin alueella.

Table 6. Area of drained peatland forest site types on different forest land classes in southern Lapland (according to NFI 11). Metsämaa = forest land; Kitumaa+Joutomaa = Waste land.

Maaluokka Land class	Rhtkg		Turvekangastyypit Drained peatland type				Vatkg		Jätkg		Yhteensä Total km ²				
	km ²	%	Mtkg I km ²	%	Mtkg II km ²	%	Ptkg I km ²	%	Ptkg II km ²	%		km ²	%	km ²	%
Metsämaa	841	93	774	99	774	73	2447	92	563	52	648	39	17	17	6063
Kitumaa	59	6	8	1	219	21	202	8	437	41	942	57	42	42	1909
Joutomaa	8	1	0	0	67	6	8	0	76	7	59	4	42	42	261

-kohteita, joiden uudistaminen joko viljellen tai luontaisesti on taloudellisesti kyseenalaista. Kun otetaan huomioon metsälain 5 §:n, metsien sertifiointin 11. kriteeri ja KEMERA-lain ehdot sekä viimeaikaiset tutkimustulokset, Etelä-Lapin ojitetuista (823 300 ha) soista tulee olemaan noin 520 000 ha metsätalouden ja puuntuotannon piirissä. Siten lähes 300 000 ha on ojitettuja soita, joiden pitäminen puuntuotannossa on taloudellisesti vain heikosti kannattavaa tai kokonaan kannattamatonta.

Vähätuottoisten ojitusalueiden kokonaispuusto on noin 6 milj. m³. Näillä soilla kasvavien puustojen (tyypillisesti 13–32 m³ ha⁻¹) korjuu on pääasiassa taloudellisesti kannattamatonta. Todennäköisesti laajojen heikkotuottoisten ojitusalueiden sisällä on kuitenkin pienialaisempia alueita, jotka voisivat taloudellisin perustein jatkossakin olla puuntuotannon piirissä. Tällaisilla runsaspuustoisemmilla alueilla olisi mahdollista suorittaa hakkuita ja korjata ojituksen jälkeen kehittyneet puuskupolvi.

Puunhankinnan potentiaali Etelä-Lapissa

Puuntuotannossa olevien ojitusalueiden metsävarat

Etelä-Lapin ojitusalueilla puustot ovat eri-ikäisrakenteisempia ja harvempia kuin kivennäismaalla. Samalla turvekangaskuviolla voi olla eri kehitysvaiheissa olevia metsiköitä ja maapohjan ravinteisuustaso voi vaihdella. Metsikkökuviointi ei kaikilta osin noudata sitä periaatetta, että tietyn kehitysluokan omaava yhtenäinen metsikkö muodostaa yhden kuvion. Kuvan 2 perusteella ojitettujen soiden ja

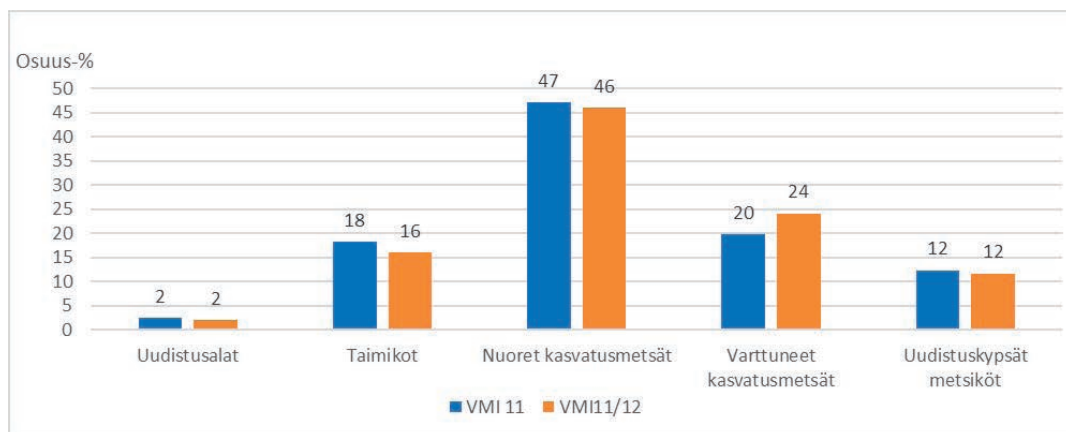
kivennäismaiden metsät ovat pääsääntöisesti nuoria kasvatusmetsiä. Niiden osuus puuntuotantoon soveltuvasta metsämaasta (turve- ja kivennäismaat) on 46 % (Korhonen ym. 2017).

Viimeisemmän valtakunnan metsien inventoinnin (11/12) tulosten perusteella varttuneiden kasvatusmetsien osuus on lisääntynyt (Luonnonvarakeskus 2019b). Tämä tarkoittaa, että metsät ovat ikärakenteeltaan vanhempia kuin edellisessä inventoinnissa. Yhdennentoista inventoinnin mukaan Etelä-Lapin puuntuotannon metsämaasta on 79 % mäntyvaltaisia metsiä, kuusivaltaisia 13 % ja koivuvallaisia 7 %. Alle 100 vuoden ikäisistä metsiköistä mäntyvaltaisten metsien osuus on yli 80 %. (Korhonen ym. 2017) Tämä johtuu siitä, että 1960-luvun alkupuolelta 1980-luvulle saakka uudistettiin paljon vajaatuottoisia metsiä männylle ja samaan aikaan myös soiden uudisojitusta tehtiin paljon rämeillä, joissa metsät ovat luontaisesti mäntyvaltaisia. Etelä-Lapin kasvupaikat myös soveltuvat parhaiten männyn kasvatukseen.

Yhdennentoista inventoinnin mukaan Etelä-Lapin puuntuotannon metsämaan puuston keskitilavuus on 68 m³ ha⁻¹, josta männyn osuus on 65 %. Vastaavasti Etelä-Suomessa keskitilavuus on 138 m³ ha⁻¹ ja männyn osuus 43 prosenttia. Nuorten kasvatusmetsien keskitilavuus on 67 m³ ha⁻¹ ja varttuneiden kasvatusmetsien 105 m³ ha⁻¹ (Kuva 3). Ojitettujen soiden metsämaalla puuston keskitilavuus on samansuuruinen kuin koko Etelä-Lapin alueen puuntuotannon metsämaalla (Korhonen ym. 2017).

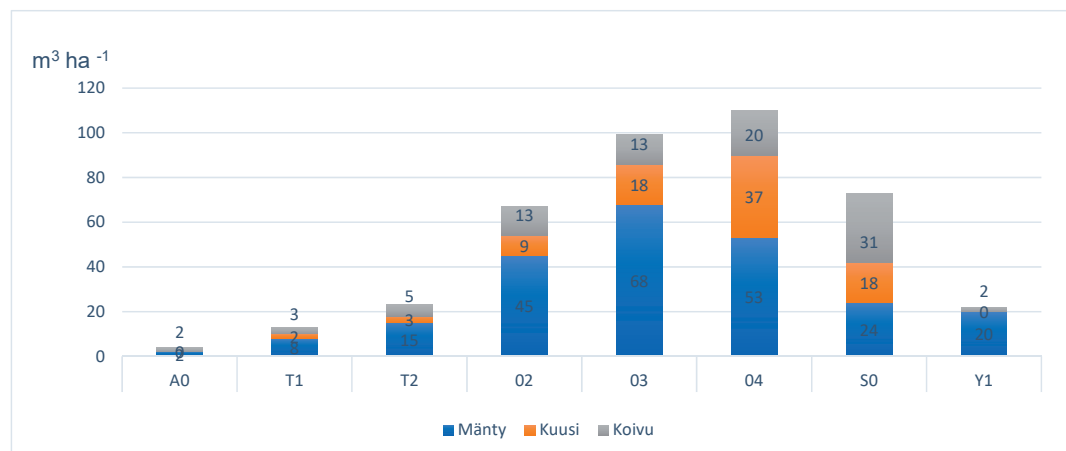
Kasvatushakkuupotentiaali

VMI11:tä edeltävällä viisivuotiskaudella ensiharvennuksia oli tehty puuntuotannon metsämaan



Kuva 2. Kehitysluokkien osuudet puuntuotannon metsämaalla Etelä-Lapin alueella (Korhonen ym. 2017 ja Luonnonvarakeskus 2019b).

Figure 2. Development class distribution on productive forest land in southern Lapland according to 11th National Forest Inventory in Finland (Natural Resources Institute Finland 2019b). Uudistusalat=regeneration areas; Taimikot=seedling stands; Nuoret kasvatusmetsät=young stands; Varttuneet kasvatusmetsät=stands approaching maturity; Uudistuskypsät metsiköt=mature stands.

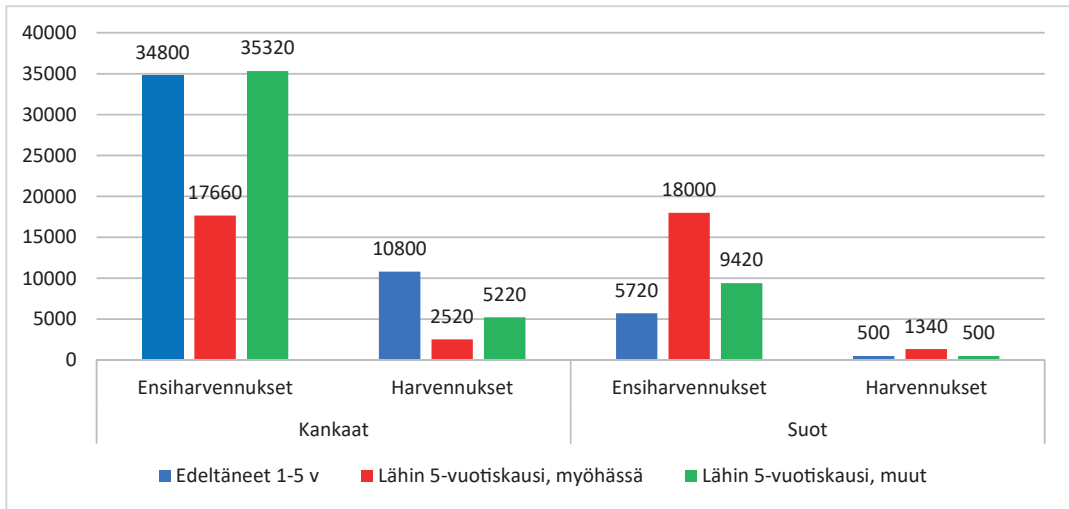


Kuva 3. Puuston tilavuus kehitysluokittain ja puulajeittain puuntuotannon metsämaalla (Korhonen ym. 2017).

Figure 3. Mean volume of growing stock ($m^3 ha^{-1}$) by development classes of the stands and tree species on productive forest land (according to NFI 11).

kivennäismailla 34 800 ha ja muita harvennuksia 10 800 ha. Turvemaiden ensiharvennuksia oli tehty 5 720 ha ja muita harvennuksia 500 ha (Kuva 4). Yhteensä erilaisia harvennuskäsittelyjä oli tehty vuosittain keskimäärin 51 100 ha. Soilla tehdyt ensiharvennuksien määrä on jäänyt 60 %:iin siitä, mitä sen niin sanotulla tasaisella harvennuskierrolla pitäisi olla eli 9 420 ha. Inventoinnin perusteella soilla on myöhässä olevia

ensiharvennuksia 90 000 ha, joka on noin 35 % soiden puuntuotannon alasta. Kyseisellä hehtaanimäärällä on muodostunut hakkuusäästöjä noin 3–3,5 milj. m^3 (hakkuukertymä 30–40 $m^3 ha^{-1}$). Kivennäismaiden ja turvemaiden pinta-aloihin suhteutettuna myöhässä olevien ensiharvennusten määrä on soilla kolminkertainen verrattuna kangasmaihin. Kokonaisuudessaan myöhästyneitä eri harvennuksia on 197 600 ha (Korhonen ym.



Kuva 4. Toteutuneiden ensiharvennuksien sekä harvennusten määrä (ha a⁻¹) kankailla ja soilla VMI11 edeltäneeltä 5-vuotiskaudelta. Hakkuuehdotukset lähimmälle 5-vuotiskaudelle erikseen myöhässä olevien ja normaalin harvennuskierron (muut) ensiharvennusten ja harvennusten määrät (ha a⁻¹) (VMI 11).

Figure 4. The areas of first commercial thinnings and intermediate thinnings (ha a⁻¹) performed late (myöhässä) and normally according to the recommendations during the 5-year period before NFI 11.

2017). Mikäli myöhässä olevat ensiharvennukset ja muut harvennukset soilla ja kangasilla tehdään viiden vuoden sisällä, pitäisi normaalin harvennuskierron (50 500 ha v⁻¹) lisäksi harventaa 39 500 ha v⁻¹ enemmän kuin tasaisella harvennuskierrolla ilman rästejä.

Suomen metsäkeskukselle vuosien 2010–2017 tehtyjen metsänkäyttöilmoitusten mukaan ensiharvennuksia on ilmoitettu tehtävän 21 600 ha ja muita harvennuksia 34 200 ha eli yhteensä 55 800 ha (Luonnonvarakeskus 2019b). Toteutuneiden vuosittaisten 2010-luvulla tehtyjen harvennusten määrät ovat siten sen verran alhaisia, että harvennusrästien määrä on kasvanut. Metsänkäyttöilmoitusten perusteella näyttäisi siltä, että muita harvennuksia kuin ensiharvennuksia tehdään 3,5-kertainen määrä, mitä VMI 11:ssä on ehdotettu. Eron selittää se, että joidenkin ensiharvennusmetsiköiden hakkuu ilmoitetaan metsänkäyttöilmoituksessa ns. *muuksi harvennushakkuutavaksi*. Näin on esimerkiksi sellaisten metsiköiden kohdalla, joiden puusto iältään ja rakenteeltaan muistuttaa varttuneita kasvatusmetsiä, vaikka se olisi puustotunnusten perusteella luettava nuoreksi kasvatusmetsiköksi.

Kesäaikainen puunhankinta Etelä-Lapissa

Kasvatushakkuiden tuottavuuteen ja kannattavuuteen vaikuttavat tekijät

Koneellisessa puunkorjuussa hakkuun tuottavuuteen vaikuttaa ainespuurungon koko, hakkuutapa, puumäärän kokonaiskertymä, puutavaralajien määrä, maasto, vuodenaika, aluskasvillisuus sekä jonkin verran puulaji (Kuitto ym. 1994, Rajamäki ym. 1996, Kärhä ym. 2001, Nurminen ym. 2006). Nuorten metsien ensiharvennuksessa hakkuun tuottavuuteen vaikuttaa myös se, että korjataan puut ns. integroidusti vai erilliskorjuuna (Kärhä ym. 2010, 2011). Tuottavuuteen vaikuttaa merkittävästi hakkuukoneen kuljettajan kyky hahmottaa työympäristö kokonaisvaltaisesti, ja hallita hakkuun eri työmenetelmät ja työtekniikat (Väätäinen ym. 2005, Kariniemi 2006, Ovaskainen 2009, Ovaskainen ym. 2013). Ensiharvennuksilla samankaltaisissa olosuhteissa osaavimmilla kuljettajilla tuottavuus voi olla yli 40 % suurempi kuin vähemmän kokemusta omaavilla kuljettajilla. (Tanttu & Siren 2001,

Väättäinen ym. 2005, Ovaskainen ym. 2013). Harvennushakkuilla korjuusuoritteiden erot voivat olla jopa kaksinkertaiset (Taskinen 2016).

Metsäkuljetuksen tuottavuuteen vaikuttaa hakkuutapa, metsäkuljetuksen pituus, ajouravastiheys $m^3/100 m$, puumäärän kokonaiskertymä, puutavaralajien määrä ja pituus, maasto-olosuhteet ja vuodenaika sekä ajokoneen kuormatilan koko (Kuitto ym. 1994, Väkevä ym. 2001, Poikela ja Alanne 2002, Nurminen ym. 2006). Tuottavuuteen vaikuttaa myös se, onko hakkuualueelta korjattu energia- ja ainespuuta (Kärhä ym. 2011).

Haasteena turvemaiden ja yleensäkin harvennusten puunkorjuussa on poistuman vähäinen määrä ja runkojen pieni keskikoko sekä kokonaiskertymä, jotka yhdessä vaikuttavat korjuun tuottavuuteen, kustannustehokkuuteen ja kannattavuuteen. Harvennuksen kannattavuusrajana pidetään yleensä vähintään $40 m^3$ poistumaa hehtaarille ja runkojen keskikoon pitäisi olla vähintään $60 dm^3$ sekä leimikon kokonaiskertymän tulisi olla suurempi kuin $500 m^3$ (Vanhatalo ym. 2015). Etelä-Lapissa turvemaiden ensiharvennuksissa runkojen käyttöosan keskikoko jäänee noin $40 dm^3$:iin (Bergroth ym. 2008). Lisäksi turvemaiden puustojen suuri tiheyden vaihtelu, puuston eri-ikäisrakenne sekä puiden laatuongelmat tuovat omat haasteensa puunkorjuuseen.

Harvennushakkuiden kannattavuutta voidaan parantaa siten, että lisätään poistumaa tekemällä harvennus suositusta myöhemmin esimerkiksi liittämällä harvennus ojien kunnostamisen yhteyteen. Kojolan ym. (2008) mukaan harvennusten viivästyttäminen 10 vuotta lisää yhden harvennuksen kasvatusketjussa käyttöpuun kasvua kaksi prosenttia ja kahden viivästetyn harvennuksen mallissa viisi prosenttia. Kasvatusketjuissa kunnostusojitukset tehdään harvennusten yhteydessä. Harvennusten ajankohdan aikaistaminen tai myöhästyminen ei vaikuta merkittävästi uudistamiskypsyysrajan saavuttamiseen (Kojolan ym. 2008). Harvennusten myöhentämisen seurauksena kertymän määrä kasvaa ja samalla korjuun, puunhankinnan ja puuntuotannon kannattavuus paranee oleellisesti (Hynynen & Arola 1999).

Poistuman määrään voidaan vaikuttaa myös tekemällä harvennukset voimakkaammin kuin mitä harvennusmallit edellyttävät, minkä Metsälaki mahdollistaa. Voimakkaammassa metsien

käsittelyssä pudotetaan metsikön pohjapinta-ala harvennusmallien suositusten alapuolelle, jolloin puita poistetaan kaikista latvuseroksista enemmän kuin tavanomaisessa harvennuksessa. Toimenpiteellä vaikutetaan suoraan hakattavan puuston kertymän määrään, keskijäretyteen ja puutavaralajien kertymärankenteeseen. Voimakkaat harvennukset johtavat alhaisempaan puuston kokonaistuotokseen verrattuna normaaleihin harvennusmallien mukaisiin hakkuisiin, mutta käyttöpuun kasvu lisääntyy kuitenkin hieman (Hynynen & Arola 1999, Kojola ym. 2008).

Jatkuvan kasvatuksen hakkuumenetelmät turvemaidella

Puuntuotannon tuotos- ja kannattavuuslaskelmat perustuvat kasvatushakkuissa ja uudistamisessa tasarakenteisten metsien kasvatukseen. Niiden mukaan Etelä-Lapin turvekankaiden uudistaminen viljellen tai kylvään muokkauksineen on taloudellisesti heikosti kannattavaa, ja sijoituksen tuotto jäänee pieneksi ilman valtion tukea (Vanhamäki ym. 2015). Merkittävä osa Etelä-Lapin ojitetuista turvekankaista on tulossa lähivuosikymmeninä uudistamisvaiheeseen. Haasteena on, miten puustoja saadaan kasvatettua puusukupolvesta toiseen ilman suurta taloudellista panostusta.

Metsälaki (1996/1093) mahdollisti ”uusvanhojen” metsänkäsittelyvaihtoehtojen mukaan ottamisen metsänomistajan päättäessä metsiensä hakkuista. Nykyisen metsälain mukaan metsänomistaja päättää hakkuutavan. Omistajan päätäntävaltaa rajoittaa metsälain (5 §) uudistamisvelvoite tietyin ehdoin, ja kasvatushakkuissa täytyy noudattaa puuston vähimmäispohjapinta-aloja. Metsälaki mahdollistaa erilaiset metsänkäsittelytavat, joten kaikille kuvioille löytyy periaatteessa sopiva toimenpide. Voisi sanoa, että rajana on vain oma mielikuvitus. Perinteistä uudistusikää nuoremmatkin metsät ovat nykyisin mahdollista uudistaa, jos se on tarpeellista esim. metsänomistajan omista taloudellisista lähtökohdista johtuen.

Suometsien hoidon työoppaassa on esitelty eri-ikäisrakenteiseen metsän kasvatukseen soveltuvat hakkuukohteet (Vanhatalo ym. 2015). Eri-rakenteisen metsän kasvatusta on kuvattu myös termeillä jatkuva kasvatusta, jatkuvapeiteinen metsän kasvatusta tai eri-ikäisrakenteisen

metsän kasvatusta. Yhteistä näille on se, että metsän uudistaminen perustuu luontaisen taimettumisen ylläpitämiseen alikasvokseen ilman avohakkuuta ja metsänviljelyä. Eri-ikäisrakenteen metsikössä ei ole erillisiä kehitysvaiheita, ns. kehitysluokkia, niin kuin tasarakenteisessa metsässä. Kasvatushakkuissa harvennetaan metsää poistamalla suurimpia puita (ns. poimintahakkuut) ja antamalla kasvutilaa kehityskelpoisille taimille sekä harvennetaan pienempiä puustoryhmiä. Poimintahakkuiden lisäksi voidaan soveltaa muitakin hakkuumenetelmiä, mutta kuitenkin niin, että kasvupaikka säilyy peitteellisenä.

Niemisen ym. (2018) mukaan jatkuvapeitteisen metsän kasvatuksen etuna verrattuna tasarakenteisen metsän kasvatukseen on, että puuston haihduttava vaikutus pitää kasvukauden vedenpinnan tason tasaisempana ja alempana, mikä vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Jatkuvapeitteinen metsän kasvatusta vaatisi vähemmän kunnostusojitusta, jonka seurauksena kiintoaineita huuhtoutuisi vesistöön vähemmän. Kasvatusmallissa vältytään uudistamiskustannuksilta ja tarvitaan vähemmän investointeja kasvun ylläpitämiseen. Toisaalta kuusikoiden ja männiköiden eri-ikäisranteinen metsänkasvatusta voisi lisätä aktiivisuutta puuntuotantoon sellaisilla metsänomistajilla, jotka eivät hyväksy avohakkuuta, vaan painottavat metsän omistuksessaan luontoa ja ympäristöarvoja.

Turvemaiden luontaisesta uudistumisesta tehdyt havainnot osoittavat, että jatkuvapeitteisessäkin kasvatuksessa tyydyttävä uudistuminen on mahdollista, joten ko. kasvatusmalli voisi olla joillakin ojitetuilla turvemaidella puuntuotannollisesti järkevä vaihtoehto (Niemi ym. 2018). Edellytyksenä on, että turvekankaiden kuivatus-tilanne pysyy tyydyttävällä tasolla. Luontaista taimettumista voidaan edistää tekemällä metsikköön enintään 0,3 ha:n pienaukkoja. Hökkän ja Repolan (2018) mukaan Pohjois-Suomessa voidaan saada korpikuusikossa pienaukkohakkuun avulla uudistamistulos, joka ylittää selvästi metsälain vähimmäisvaatimuksen.

Etelä-Lapin ojitetut turvekankaat ovat suurelta osin jatkuvaan metsänkasvatukseen soveltuvia johtuen metsiköiden luontaisesta erirakenteisuudesta ja -ikäisyydestä (Hökkä ja Laine 1988). Samalla käsittelykuviolla tai kunnostusojitusalueella voi esiintyä kaikkia kehitysluokkia taimikosta

uudistuskypsään saakka. Tosin näitä metsikön erirakenteen kasvatumahdollisuuksia on aikaisempien vuosikymmenien aikana vähennetty, kun turvekankaiden harvennushakkuissa on pyritty ensisijaisesti kasvattamaan metsiä tasarakenteisen mallin mukaan kuten kangasmaiden metsiköitä ja rakenteellinen vaihtelu on pienentynyt (hyvän metsänhoidon suositukset turvemaidelle 2007).

Kesäaikainen puunhankinta

Puunhankinnan kausiluonteisuutta on pyritty vähentämään lisäämällä kesäaikaisia hakkuuta. Tilastojen mukaan 2000-luvun alkupuolella talvikuukausina ja syksyllä käytetystä puukorjuukalustosta on ollut käytössä huhti-elokuussa noin 65–70 % (Luonnonvarakeskus 2019b). Investoinnit turvemaiden puunkorjuun kehittämiseen (Airivaara ym. 2008, Högnas ym. 2009) näkyvät myös osaltaan kausiluonteisuuden vähenemisenä. 2010-luvulla puukorjuukalustosta on ollut käytössä huhti-elokuussa 75–80 % talvikuukausien ja syksyn korjuukaluston määrästä (Luonnonvarakeskus 2019b). Kausiluonteisuus on ollut suurempaa niillä alueilla, joissa suometsien osuus korjatusta puumäärästä on ollut suurta (Väättäinen ym. 2010).

Väättäisen ym. (2010) simulointitutkimuksen mukaan samoilla vuotuisilla käyttötuntimäärillä kesäaikainen puunkorjuu on 10–17 % talvikorjuuta kalliimpi vaihtoehto johtuen koneiden varusteluratkaisuista ja kesäaikaisen puunkorjuun alemmasta tuottavuudesta. Tilanne, jossa koneiden tehokkaampien varusteluratkaisujen ansiosta päästään ympärivuotiseen puunkorjuuseen ja koneiden suurempiin käyttömääriin voi merkitä sitä, että korjuun yksikkökustannukset saattavat olla pelkkään talviseen turvemaiden puunkorjuuseen verrattuna pienemmät (Väättäinen ym. 2010). Tavoitteena on lisätä ensisijaisesti turvemaiden kesäaikaisia harvennushakkuuta.

Turvemaiden kantavuusluokitus

Turvemaiden kesäaikaiseen puunkorjuuseen on laadittu kantavuusluokitus, jota voi käyttää apuvälineenä kantavuuden arvioinnissa. Kantavuusluokka kuvaa korjuuolosuhdetta, jossa tiettyä suokelpoisuutta omaavalla metsäkoneella ns. talvileimikko voidaan korjata sulan maan

aikana. Luokituksessa on lähtökohtana korjattavan kuvion kokonaispuusto (kolme luokkaa) ja korjuukohteen varastojarjestelyjen, muodon sekä koon perusteella arvioitu kuormitusluokka ajouraverkostolle (Högnas ym. 2009, 2011). Kantavuusluokkaa korjataan vedenpinnan syvyyden ja turvekerroksen paksuuden mukaan.

Etelä-Lapin puuntuotannon metsämaalla turvekankaiden puustojen keskitilavuus on $68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Korhonen ym. 2017), mikä jää kantavuusluokituksen (Högnas ym. 2009, 2011) alimpaan luokkaan (alle $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Lapin maakunnan eteläisimmän osan kunnissa ns. Lapin kolmion alueella, puustojen keskitilavuudet ovat korkeammat ($90\text{--}100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), joten alueella korjattavan kohteen kokonaispuuston keskitilavuus voi joissakin kohteissa nousta $120\text{--}170 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$:iin. Toisaalta, Pohjois-Suomessa metsätietiheys (m ha^{-1}) on pienempi kuin Etelä-Suomessa, jolloin myös keskimääräinen metsäkuljetusmatka on pidempi. Korjattavan kuvion kokonaispuuston ja puunkorjuun kuormittavuustekijöiden perusteella voisi olettaa, että Etelä-Lapin turvekankaiden puunkorjuu olisi mahdollista sellaisella kalustolla, jonka pintapaine olisi enintään 30 kPa. Muutoin kohteet olisi korjattava talvella.

Puunkorjuun suunnittelutietojen kantavuusluokkaa korjataan paremmaksi yhdellä luokalla, jos korjuuta on edeltänyt yli neljä viikkoa kestänyt kuiva kausi. Edeltävien viikkojen sadannalla ja kokonaishaihdunnan avulla on mahdollista ennustaa vedenpinnan tason vaihtelua turpeessa ainakin runsaspuustoisilla eteläsuomalaisilla ojitusalueilla (Hökkä ym. 2016b). Lapissa puuston rakenteellisen vaihtelun ollessa suurta on mahdollista, että puuston määrä selittäisi vedenpinnan vaihtelua huomattavasti enemmän kuin Etelä-Suomessa. Toisin sanoen, Pohjois-Suomessa puuston määrän merkitys ja käyttömahdollisuus kantavuusluokituksen tekemisessä saattaa olla pienempi.

Monilla Etelä-Lapin turvekankaiden puustojen haihduntavaikutus tuskin riittää pitämään vedenpinnan tasoa riittävän alhaalla puuston vähäisyyden takia. Pohjois-Suomessa vuosisadannasta haihtuu 30–40 % ja vastaavasti Etelä-Suomessa tämän osuus on yli puolet. Vastaavasti keskimääräinen valunta on Pohjois-Suomessa suurempi kuin Etelä-Suomessa (Vakkilainen 2016). Todennäköisyys korjuuta edeltävän kuivan kauden jakson muodostumiseen on Etelä-Lapissa

pienempi kuin Etelä-Suomessa. Puuston haihduttavan vaikutuksen jäädessä pienemmäksi ja valunnan ollessa suurempi, on todennäköistä, että vedenpinnan tason syvyys maassa jää useammin kantavuusluokituksessa mainitun 25 cm:n tason yläpuolelle.

Tarkastelu ja kehittämis- ja tutkimustarpeita

Etelä-Lapissa on soita puuntuotannon pinta-alasta 24 %, joista on ojitettuja 8233 km^2 . Ojitetusta pinta-alasta 26 % on kitu- ja joutomaata. Nämä ovat kohteita, jotka voidaan jättää puuntuotannon ulkopuolelle esim. rikastuttamaan luonnon monimuotoisuutta. Noin puolet ojitetuista soista on turvekangasvaiheessa. Toteutuneet kunnostusojitusmäärät eivät riitä pitämään ojitettujen soiden kuivatustilannetta riittävänä ja tämä johtaa väistämättä siihen, että ojitetuilla soilla tapahtuu hitaasti luontaista ennallistumista ojitusta edeltäneeseen alkuperäiseen tilaan.

Ravinteisuustasoltaan ojitetut suot ovat karuja, lähes 70 % on ravinteisuustasoltaan kuivahkoja tai sitä karumpia turvekangastyyppejä. Ne ovat turvemaita, joiden maaperä ei tutkimusten mukaan olisi kasvihuonekaasujen lähde vaan voivat toimia jopa hiilen nettonieluina. Kasvihuonekaasupäästöjen lähteitä voivat olla Lapin eteläisemmässä osassa voimakkaasti ojitetut ravinteikkaimmat ja puustoisimmat turvekankaat johtuen voimakkaasta turvekerroksen hajoamisesta (Ojanen 2015). Soiden merkitys kasvihuonekaasujen nieluna tai tiettyssä tilanteessa päästöjen lähteenä tulee ottaa huomioon osana suometsien hoitoa. Tämä tulisi tehdä kiertoajan puuvirta- ja hiiliasapainomalleilla, jotta lyhytaikainen lähi-tulevaisuuteen tähtäävä ilmastokeskustelu olisi rakentavaa (Palander 2019).

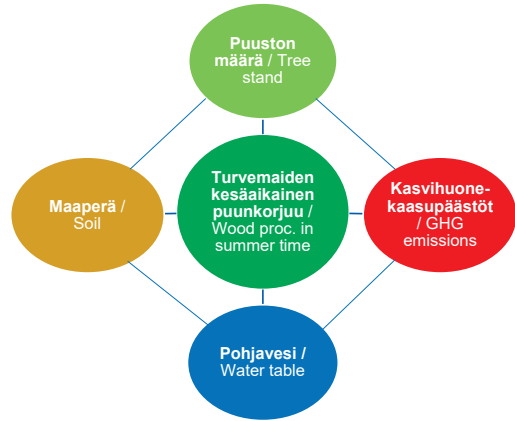
Ojituskohteiden puuntuotantoa ja metsänkasvatuskelpoisuutta tulee analysoida ja perustella entistä tarkemmin. Suometsien hoidon intensiivisyyden mukaan ratkaisut voivat olla hyvin erilaisia ja ne vaikuttavat taloudelliseen kannattavuuteen (Hökkä ym. 2016). Tulevaisuudessa soiden kuivatustilanteen parantamiseksi ei riitä, että aiemmin kaivetut ojatot perataan ja kenties tehostetaan täydennysojilla, unohtamatta vesiensuojeluratkaisuja. Samalla pitää tarkastella voidaanko vaihtoehtoisilla puunkorjuun tavoilla määrittää se puuntuotannon ja/tai poistuman taso,

jolla puunkorjuu onnistuu teknisesti ja taloudellisesti samalla kun kasvihuonekaasupäästöt ja ojitusten haittavaikutukset alueelta minimoidaan (Kuva 5).

Nähdäänkö hakkuiden lopettaminen elinvoimaisen hiilinielun menettämisenä ja metsäpaloja lisäävänä tekijänä? Toisaalta heikkotuottoisten soiden jättäminen metsätalouden ulkopuolelle voi olla monimuotoisuuden ja ilmastonmuutoksen (kasvihuonekaasupäästöt) hillinnän näkökulmasta suotavaa. Tässä suhteessa pitäisi myös muistaa, että ilmaston lämpenemisen vuoksi terminen kasvukausi pitenee ja samalla lämpösumma kasvaa. Voi olla, että ne ojitetut turvekangastyypit, jotka eivät nyt olisi kunnostusojituskelpoisia, olisivat sitä ilmaston lämpenemisen myötä tämän vuosisadan loppupuolella.

Käytäntö on osoittanut, että turvemaiden leimikot saavuttavat Pohjois-Suomessa harvoin käytössä olevan kantavuusluokituksen mukaiset puumäärät (Högnas ym. 2009, 2011). Etelä-Lapin turvekankailla korjattavien kuvioiden lähtöpuustot ovat puuntuotannon metsämaalla keskimäärin $68 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Lisäksi ojitettujen soiden puustot ovat tiheydeltään ja iältään erirakenteisia, ja puuston kokonaistilavuus vaihtelee korjattavien kohteiden sisällä. Tästä seuraa se, että myös kantavuusluokka vaihtelee käsiteltävän kuvion sisällä. Havutuksen määrä vaikuttaa osaltaan kantavuuteen ja havutuksen määrä riippuu korjatusta puumäärästä. Etelä-Lapissa tulisi selvittää se, voidaanko hakkuutavoilla ja harvennusvoimakkuudella vaikuttaa latvusmassan määrään niin paljon, että saadaan kantavuusluokkaa nostetuksi yhdellä luokalla samalla huomioon ottaen metsälain vaatimukset. Lähtötilanne kyseisen asian selvittämiseen on hyvä, koska pohjoisessa on puiden latvusmassaa suhteessa runkopuuhun enemmän kuin etelässä johtuen runkomuodosta ja elävän latvuksen pituudesta (Hakkila 1991). Kun harvennusvoimakkuudella tai pienaukkohakkuilla vaikutetaan latvusmassan määrään, silloin kertymän määrä kasvaa ja poistettavien puiden keskijäreys suurenee, jotka vaikuttavat suoraan puunkorjuun kannattavuuteen.

Turvemaiden kantavuutta koskevat tutkimukset (mm. Haavisto ym. 2011, Lindeman ym. 2013, Uusitalo ym. 2013) on tehty kohteissa, joissa turpeen paksuus ylittää metrin tai keskimääräi-



Kuva 5. Turvemaiden kesäaikaisen puunkorjuun vaikutus(suhde)kaavio.

Figure 5. The effect chart of wood harvesting in peatland forests during summertime.

nen korkeus on lähes metrin. Tutkimuksissa ei ole selvitetty turvemaan alla olevan pohjamaan maalajia ja sen vaikutusta kantavuuteen varsinkin ohutturpeisilla kohteilla. Etelä-Lapin ohutturpeisilla turvekankailla pohjamaan laatu voi vaihdella esimerkiksi savisesta siltistä hiekkaan ja sen päällä olevan turpeen maatuneisuusaste vaihtelee. Edellä olevien maalajien vedenjohtavuus poikkeaa toisistaan (Päivinen 1989). Kyseisten tekijöiden kokonaisvaikutus vedenpinnan tasoon ja sen vaihteluun sekä korjuuta edeltävien kuivien jaksojen toistumiseen tulisi selvittää. Tiedolla on merkitystä, kun arvioidaan turvemaiden kesäaikaista korjuuajankohtaa ja ajourien sijoittelua hakkuukohteella.

Ilmastonmuutoksen vaikutuksesta talvien ennustetaan lyhenevän edelleen ja tarve korjata puuta turvemailta kesäaikaan kasvaa vuosittaisten puunhankintamäärien kasvaessa. Tässä tilanteessa korjuukaluston ja puunkorjuumenetelmien merkitys korostuu. Tulisi selvittää, kuinka paljon voitaisiin määrällisesti kasvattaa turvemaiden kesäkorjuuta käyttämällä kantavuudeltaan ja pintapaineeltaan 30 kPa ja sen alle olevaa korjuukalustoa. Kantavuudeltaan pienempien koneiden käyttö vaikuttaa negatiivisesti puunkorjuun tuottavuuteen ja siten myös kustannuksiin. Toisaalta kokonaistulos voi olla positiivinen, kun otetaan huomioon puunhankinnan kausiluontoisuuden

väheneminen ja puuraaka-aineen laatu sekä puuhuollon turvaaminen. Tässä suhteessa pitäisi ratkaisut tehdä optimoimalla puunhankinnan kokonaisuutta ns. monitavoitteisilla optimointimalleilla. Monitavoitteisten optimointimenetelmien ja -järjestelmien tarve on ilmeinen myös puunhankinnan rajapinnoilla. Esimerkiksi, puiden tilavuuskasvu ja kasvihuonekaasupäästöt sekä turvemaiden kantavuus kulminoituvat mielenkiintoisella tavalla toisiinsa vedenpinnan ollessa 30–40 cm tasolla. Tällöin puiden kasvun kannalta vedenpinta olisi riittävän alhaalla, metaanipäästöt minimoituvat ja hiilidioksidipäästöt eivät ole suurimmillaan. Puunkorjuukoneiden

kannalta turvemaiden kantavuus puolestaan paranee. Kiinnostava kysymys on, että voidaanko vaihtoehtoisilla metsänkasvatustavoilla määrittää se poistuman taso, jolla puunkorjuu onnistuu teknisesti ja taloudellisesti samalla, kun kasvihuonekaasupäästöt ja ojitusten haittavaikutukset alueelta minimoidaan.

Kiitokset

Kiitämme käsikirjoituksen arviointiin osallistuneita tärkeistä parannusehdotuksista ja MMT Juha-Pekka Snäkinä arvokkaista kommentteista.

Summary: The development opportunities of silviculture and wood procurement on drained peatland forests in southern Lapland, Finland

In this literature review, the quantity of drained peatland forests, the present state of their growing stock and the needs for further drainage operations and discussed in southern Lapland in Finland were analysed and presented. In addition, the possibilities for wood procurement operations during growing season and non-frost period in winter are reviewed. Information and data for this review were gathered from the statistics such as National Forest Inventories in Finland, as well as literature.

There are totally 0.823 million hectares of drained peatlands in southern Lapland covering 24 % of the total wood production area in this region. Out of this area, about 0.3 million hectares are too poor for productive forestry. About 0.217 million hectares of this area are sites, where the annual stand growth is less than 1 m³/ha.

At present, large areas of drained peatland forests have reached their stage of first commercial thinning. Most of these forests are Scots pine (*Pinus sylvestris*) dominated rather young stands, and the structure of the growing stock is usually uneven-aged and -sized and the spatial variation in the stand density is large. The mean growing stock is substantially low, ca 68 m³/ha, in southern Lapland. The most important factor affecting the performance of all silvicultural and wood procurement operations of peatland forests is the height of water table level in peat. It further affects the need of ditch network maintenance as well as even on the amounts of greenhouse gas emissions from peat. Additional knowledge is needed on the factors affecting the water table level and how it would be possible to control by management.

Timber yields of the thinning harvests in peatland forest are generally low in northern Finland. It seems that the economic viability of the thinnings could be improved by adopting an uneven-aged type forest management approach. It could combine economic wood production targets of forest owners with considering the impacts of forestry on GHG emissions and carbon stocks. On the other hand, it has been predicted that global warming may improve wood production capacity of poor sites increasing the need for wood procurement during continuously elongating non-frost period of the year (e.g. in autumn). However, the present guidelines of the soil carrying capacity for successful timber haulage (aiming at avoiding rutting) require large growing stock volumes (>120 m³/ha) in the forests, which are high in northern conditions. Therefore, the development of the guidelines to produce specific ones suitable to the conditions prevailing in southern Lapland is needed. Those should be taken into account the development of the hauling machinery as well as techno-economic, environmental and ecological criteria in wood procurement planning.

Kirjallisuus

- Asetus kestävän metsätalouden rahoituksesta 594/2015.
- Bergroth, J., Heikkilä, J. & Ihalainen, A. 2008. Ojitettujen turvemaiden ensiharvennuspotentiaali. Metsätehon tulosalvosarja 1/2008. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2008_01_Ensiharvennuspotentiaali_jh.pdf.
- Haahti, K., Koivusalo, H., Hökkä, H., Nieminen, M. & Sarkola, S. 2012. Vedenpinnan syvyyden spatiaaliseen vaihteluun vaikuttavat tekijät ojitetussa suometsikössä Pohjois-Suomessa. *Suo* 63(3–4): 107–121.
- Haavisto, M., Kaakurivaara, T. & Uusitalo, J. 2011. Älykkyyttä puunkorjuun suunnitteluun – Laserkeilaus- ja paikkatietoaineiston hyödyntämismahdollisuudet turvemaaleimikon enakkosuunnittelussa. Metlan työraportteja. 18 s.
- Hakkila, P. 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. (Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase). *Folia Forestalia* 773. 24 s.
- Heikurainen, L. 1957. Metsäojien syvyyden ja pintaleveyden muuttuminen sekä ojien kunnan säilyminen. *Acta Forestalia Fennica* 65: 1–45.
- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. *Acta Forestalia Fennica* 167. 38 s.
- Heikurainen, L. 1986. *Suo-opas*. 4. uudistettu painos. Yhteiskirjapaino Oy, Helsinki 1986. 51 s.
- Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusaikokohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 5–23.
- Högnäs, T., Kärhä, K., Lindeman, H. & Palander, T. 2009. Turvemaaharvennusten kantavuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 17/2009. http://www.metsateho.fi/wpcontent/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2009_17_Turvemaaharvennusten_kantavuusluokitus_kk.pdf.
- Högnäs, T., Kumpare, T. & Kärhä, K. 2011. Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 3/2011. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2011_03_Turvemaaharvennusten-korjuukelpoisuusluokitus_kk_th_tk.pdf.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. *Silva Fennica* 1988, 22(1): 45–65.
- Hökkä, H., Salminen, H., Ahtikoski, A., Kojola, S., Launiainen, S. & Lehtomaa, M. 2016. Long-term impact of ditch network maintenance on timber production, profitability and environmental loads at regional level in Finland: a simulation study. *Forestry* 90: 234–246, <https://doi.org/10.1093/forestry/cpw045>.
- Hökkä, H., Uusitalo, J., Lindeman, H. & Alalilomäki J. 2016. Performance of weather parameters in predicting growing season water table depth variations on drained forested peatlands – a case study from southern Finland. *Silva Fennica* vol. 50 no. 4 article id 1687. 12 s. <https://doi.org/10.14214/sf.1687>.
- Hökkä, H. & Repola, J. 2018. Pienaukkohakkuun uudistumistulos Pohjois-Suomen korpi-kuusikossa 10 vuoden kuluttua hakkuusta. *Metsätieteen aikakauskirja* 2018: 7808. <https://doi.org/10.14214/ma.7808>.
- Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2007.
- Hyytinen, T. 2019. Uusista sellutehtaista juostaan kilpaa – kiinalaiset ratkaisevat, montako uutta tehdasta Suomeen mahtuu. *YLE Uutiset* 2019. <https://yle.fi/uutiset/3-10946009>. [Viitattu 28.12.2019].
- Ilmatieteen laitos. <https://ilmatieteenlaitos.fi/terminen-kasvukausi>. [Viitattu 25.2.2019].
- Kariniemi, A. 2006. Kuljettajakeskeinen hakkuukonetyön malli – työn suorituksen kognitiivinen tarkastelu. Operator-specific model for mechanical harvesting – cognitive approach to work performance. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 38. 131 s.
- Kestävän metsätalouden määräaikainen rahoituslaki 34/2015.
- Kojola, S., Hökkä, H., Laiho, R. & Penttilä, T. 2008. Harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus puuston kasvuun ja tuotokseen ojitetuilla rämeillä – simulointitutkimus. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2008: 75–95.
- Korhonen, K.T. 2009. VMI 11 Maastotyöohje 2009/Koko Suomi/2. painos. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201603038534>. [Viitattu 20.3.2019].
- Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Ahola, A., Heikkinen, J., Henttonen, H.M., Hotanen, J.-P.,

- Nevalainen, S., Pitkänen, J., Strandström, M. & Viiri, H. 2017. Suomen metsät 2009–2013 ja niiden kehitys 1921–2013. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 59/2017. Luonnonvarakeskus, Helsinki. 86 s.
- Korhonen, K.T. 2019. Ojitettujen soiden puustotilavuus VMI 11. kari.t.korhonen@luke.fi. [Luettu 12.3.2019].
- Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Tiedotus Metsäteho Report 410. 33 s.
- Kärhä, K., Ryyänen, S. & Rönkkö, E. 2001. Harvennusharvestereiden tuottavuus ja hakkuukustannukset. Työtehoseuran tiedote 12.2001 (640). 5 s.
- Kärhä, K., Mutikainen, A., Keskinen, S. & Petty, A. 2010. Integroidusti vai erilliskorjuuna – koko-vai rankapuuna? Metsätehon tulosalvosarja 2/2010. http://metsate1.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2010_02_Integroidusti_vai_erilliskorjuuna_kk.pdf.
- Kärhä, K., Kumpare, T., Keskinen, S. & Petty, A. 2011. Ponsse Ergo/H7 rankapuun hakkuussa ensiharvennuksella. Metsäteho & Metsähalitus Metsätehon tulosalvosarja 1/2011. http://metsate1.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2011_01_PonsseErgoH7_kk_ym.pdf.
- Laiho, R., Tuominen, S., Kojola, S., Penttilä, T., Saarinen, M. & Ihalainen, A. 2016. Heikko-tuottoiset ojitetut suometsät – missä ja paljonko niitä on? Metsätieteen aikakauskirja 2/2016: 73–79.
- Laine, J. 1989. Metsäojitettujen soiden luokittelu. *Suo* 40(1): 37–51.
- Laine, J. & Vasander, H. 2008. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. Metsäkustannus Oy. Karisto Oy. Hämeenlinna 2008. 110 s.
- Lapin metsäohjelma. Metsäohjelman seuranta 19.12.2018. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/amo-seuranta-lappi.pdf>. [Viitattu 2.2.2019].
- Lauhanen, R., Piironen, Marja-Leena., Penttilä, T. & Kolehmainen, E. 1998. Kunnostusojitustarpeen arviointi Pohjois-Suomessa. *Suo* 49(3): 101–112.
- Lauhanen, R. & Ahti E. 2000. Kunnostusojituksella kestävään suometsien kasvatukseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2000. Tieteen tori. 8 s.
- Lindeman, H., Ala-Ilomäki, J., Siren, M., Vastaranta, M., Holopainen, M. & Uusitalo, J. 2013. Turvemaan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistoilla. Metlan työraportteja 263. 31 s.
- LULUCF-asetus, 2019. Maa- ja Metsätalousministeriö. <https://mmm.fi/lulucf> [Viitattu 27.3.2019].
- Luonnonvarakeskus 2019a. TuPa hakupalvelu-VMI11-VMI12 (2013-2017). <http://mela2.metsla.fi/mela/tupa/index.php>. [Viitattu 30.1.2019].
- Luonnonvarakeskus 2019b. Luke Tilastotietokanta Metsätalostat. https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa/?rxid=f02f413e-d9cb-4966-98d1-b5a0bb6ae539. [Viitattu 28.1.2019].
- Luonnonvarakeskus 2019c. https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsan_hoito_metsan_jatkuva_kasvatus/. [Viitattu 30.3.2019].
- Luonnonvarakeskus 2019d. https://stat.luke.fi/mets%C3%A4teollisuudepuunk%C3%A4ytt%C3%B6-2017_fi. [Viitattu 10.3.2019]
- Mattila, E. & Penttilä, T. 1987. Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakuntien suometsät vuosina 1952–1984. *Folia Forestalia* 703. 56 s.
- Metsälaki 1093/1996.
- Metsänhoitosuosituksen. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Hyväksytyt 11.12.2013. 181 s.
- Nieminen, M., Hökkä, H., Laiho, R., Juutinen, A., Ahtikoski, A., Pearson, M., Kojola, S., Louniainen, S., Valkonen, S., Penttilä, T., Lohila, A., Saarinen, M., Haahti, K., Mäkipää, R., Miettinen, J. & Ollikainen, M. 2018. Could continuous cover forestry be an economically and environmentally feasible management option on drained boreal peatlands? *Forest Ecology and Management* 424: 78–84.
- Ojanen, P. 2015. Metsäojituksen vaikutukset ilmastoon. *Suo* 66(2): 49–55.
- Ovaskainen, H. 2009. Timber harvester operators' working technique in first thinning and the importance of cognitive abilities on work productivity. *Dissertationes Forestales* 79. Faculty of Forest Sciences University of Joensuu. 62 s.
- Ovaskainen, H., Uusitalo, J. & Väättäin, K. 2013. Characteristics and Significance of a Harvester Operators' Working Technique in Thinnings. *International Journal of Forest Engineering*

- 15: 67–77 <https://doi.org/10.1080/14942119.2004.10702498>.
- Palander, T., Kärhä, K. & Kortelainen, E. 2019. The energy efficiency measures of road transportation for carbon negative wood procurement in the Finnish forest industry. 14th conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems (SDEWES), Dubrovnik, Croatia, October 1–6.
- Palosuo, V.J. 1979. MERA-ohjelmat Suomen metsätaloudessa. *Acta Forestalia Fennica* Voi. 165, 1979. Suomen metsätieteellinen seura. Pdf. 62 s. <https://doi.org/10.14214/aff.7599>
- PEFC-metsäsertifioinnin kriteerit. Suomen PEFC-standardi. PEFC FI 1002:2014. PEFC Suomi–Suomen Metsäsertifiointi ry. http://pefc.fi/wp-content/uploads/2016/09/PEFC_FI_1002_2014_Metsasertifioinnin_kriteerit_20141027.pdf. [Viitattu 28.3.2019].
- Pohtila, E. 1999. Aikaisemmat puuntuotanto-ohjelmat. *Metsätieteellinen aikakauskirja* 1/1999:130–133.
- Poikela, A. & Alanne, H. 2002. Puutavaran lajitelu korjuun yhteydessä. *Metsätehon raportti* 135. 41 s.
- Päivinen, J. 1989. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä Oy. 231 s.
- Rajamäki, J., Kariniemi, A. & Oijala, T. 1996. Koneellisen harvennushakkuun tuottavuus. *Metsätehon raportti* 8. 20 s.
- Saarinen, M., Silver, T. & Joensuu, S. 1998. Ojien mitoitus kunnostusojituksessa. *Suo* 49(3): 75–85.
- Sarkkola, S., Hökkä, H., Koivusalo, H., Nieminen, M., Ahti, E., Päivinen, J. & Laine, J. 2010. Role of tree stand evapotranspiration in maintaining satisfactory drainage conditions in drained peatlands. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 1485–1496. <http://dx.doi.org/doi:10.1139/X10-084>.
- Sarkkola, S., Nieminen, M., Koivusalo, H., Ahti, E., Launiainen, S., Nikinmaa, E., Marttila, H., Laine, J. & Hökkä, H. 2013. Domination of growing-season evapotranspiration over runoff makes ditch network maintenance in mature peatland forests questionable. *Mires and Peat* 11(2): 1–11.
- Sarkkola S., Hökkä H., Jalkanen R., Koivusalo H. & Nieminen M. 2013. Kunnostusojitus-tarpeen arviointi tarkentuu – puuston määrä tärkeä ojituskriteeri. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2013. 8 s.
- Sirén, M. & Tantt, V. 2001. Pienet hakkuukoneet ja korjuri rämemännikön talvikorjuussa. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2001: 599–614.
- Taskinen, J. 2016. Koneellisen hakkuutyön tuottavuus sekä iän ja kokemuksen vaikutus tuottavuuteen. *Metsätieteen gradu, erikoistumisala metsä-, energia-, ja puuteknologia*. Joensuu. 51 s.
- Tomppo, E., Tuomainen, T., Heikkinen, J., Henttonen, H., Ihalainen, A., Korhonen, K. T., Mäkelä, H. & Tonteri, T. 2005. Lapin metsäkeskuksen alueen metsävarat 1970–2003. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/2005: 199–287.
- Uusitalo, J. & Ala-Illomäki J. 2013. The significance of above-ground biomass, moisture content and mechanical properties of peat layer on the bearing capacity of ditched pine bogs. *Silva Fennica* 47 no. 3 article id 993. 18 s.
- Vakkilainen, P. 2016. Hydrologian perusteet. Teoksessa: Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. *Salaojajyhdistys ry.* s. 73–123
- Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. *Tapion julkaisuja*. 106 s.
- Väkevä, J., Kariniemi, A., Lindroos, J., Poikela, A., Rajamäki, J. & Uusi-Pantti, K. 2001. Puutavaran metsäkuljetuksen ajanmenekki. *Metsätehon raportti* 123 2001. 44 s.
- Vätäinen, K., Ovaskainen, H., Ranta, P. & Ala-Fossi, A. 2005. Hakkuukoneenkuljettajan hiljaisen tiedon merkitys hakkuutulokseen työpistetasolla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 937, 2005. 106 s.
- Vätäinen, K., Lamminen, S., Sirén, M., Ala-Illomäki, J. & Asikainen, A. 2010. Ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutukset ojitetuilla turvemaidilla – korjuuyrittäjätason simulointitutkimus. *Metla työraportteja* 184. 57 s.