

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Uusiutuvan energian koulutusohjelma
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tero Toivanen

PUUNKORJUUN KANNATTAVUUS KITUMAIDEN
RIISTANHOIDOLLISISSA ENNALLISTAMISHAKKUISSA
METSÄHALLITUKSEN LÄNSI-KAINUUN METSÄTIIMIN ALUEELLA

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2019



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2019
Uusiutuvan energian koulutus
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Tero Toivanen

Nimeke
Puunkorjuun kannattavuus kitumaiden riistanhoidollisissa ennallistamishakkuissa Metsähallituksen Länsi-Kainuun metsätiimin alueella

Toimeksiantaja
Metsähallitus Metsätalous Oy

Tiivistelmä

Puuraaka-aineen käyttö tulee nousemaan entistä korkeammalle ja paikallisesti voi tulla jopa pulaa energiapuusta tai ainespuusta. Tässä tilanteessa olisi otettava käyttöön vajaakäytössä olleet raaka-ainereservit. Yksi tällainen on ojituksen jälkeen karulle rämeelle syntynyt puusto, jonka kasvu on taantunut heikkojen kasvuolosuhteiden vuoksi. Tällaisilla kohteilla puuston kasvu on alle 1 m³/ha vuodessa, eli se on kitumaata. Näitä kitumaan soita on Suomessa 2,5 miljoonaa hehtaaria.

Ennallistamisessa ojituksen jälkeen syntynyt puusto hakataan pois ja ojat tukitaan. Näin saadaan suon vesitalous palautettua. Luonnontilaan palautettu suo on tärkeä elinympäristö monelle riistalajille. Eniten riistalajeista hyötyy riekko, joka elää puustoisien ja avoimen suon laidoilla. Kitumaan soiden hakkuussa on omat hankaluutensa. Haasteita tuovat pieni rungon koko ja huono kantavuus. Puusto otetaan usein kokopuuna tai karsittuna rankana energiaksi. Toimitettavan hakkeen laatua on vaikea saada tasaiseksi, koska kasojen kuivatuksessa ollaan olosuhteiden armoilla.

Opinnäytetyö on toteutettu toiminnallisena opinnäytetyönä. Työssä on selvitetty energiapuun korjuun kannattavuutta ennallistamiskohteilla. Lisäksi on arvioitu potentiaalisten hakkuukohteiden määrää ja hakkeen laatua. Tuloksena on toimintaohje kannattavaan ennallistamishakkuuseen.

Kieli
suomi

Sivuja 57
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
ennallistamishakkuu, energiapuu, kannattavuus



THESIS
June 2019
Master's Degree Programme in
Renewable Energy

Tikkarinne 9
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +350 13 260 600 (switcho-

Author(s)
Tero Toivanen

Title
Viability of restoration logging in Metsähallitus Länsi-Kainuu forest team

Commissioned by
Metsähallitus Forestry Ltd

Abstract

Demand for raw wood material will be growing and local wood shortages will occur. In this situation, it is important to use all wood material sources particularly those which are underutilized. One of these underutilized sources are forest stands grown on poor bogs after drainage. Due to limited nutrients and high-water tables, exceptionally poor growth conditions under 1 m³/ha/year on these bogs mean they are not productive for forestry. There 2,5 million hectares of such areas in Finland.

To restore these unsuitable bogs, tree stands that have established after ditching are removed and ditches are filled in. The natural hydrology of the bogs is restored. Open bogs in their natural state are important habitat for many game species. Willow grouse, which lives in border of forested and open swamps, benefits a lot from restoration. Restoration logging in unproductive areas has its own difficulties. Small average tree size and sensitive soils that cannot support large machinery are big challenges. These trees are usually cut and used for bioenergy production. However, it is difficult to get uniform wood chip quality because wood piles are in variable conditions.

This thesis has been executed as a practice-based work. In this work, the viability of restoration logging for energy wood has been examined. In addition, potential restoration area and wood chip quality have been estimated. The result of this work is a guide to profitable restoration logging.

Language
Finnish

Pages 57
Appendices
Pages of Appendices

Keywords
restoration logging, energy wood, viability

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Suomen biotalous	6
2.1	Euroopan unionin politiikka	6
2.2	Kansallinen biotalousstrategia	7
2.3	Aluetason biotalous ja strategia 2015–2020	7
3	Suot ja ennallistaminen	9
3.1	Luonnontilaiset suot	9
3.2	Ojitetut suot	10
3.3	Ennallistamisen vaikutukset ilmastoon	14
3.4	Soiden palauttaminen luonnontilaan	15
4	Bioenergia	17
4.1	Uusiutuvat energiamuodot Suomessa	17
4.2	Biomassapohjaiset energialähteet	18
4.3	Kokopuu, karsittu ranka ja hakkuutähde energiatuotannossa	19
4.4	Kokopuu Metsähallituksen kohteilla	20
4.5	Energiapuun toimitusmäärät	21
4.6	Hakkeen laatutekijät	21
4.7	Puun kosteusominaisuudet	22
4.8	Energiapuun kuivuminen	23
4.9	Kosteudenhallinta varastointivaiheessa	24
5	Riista	25
5.1	Riistan elinympäristöt suolla ja sen vaikutuspiirissä	25
5.2	Riekko	27
5.3	Teeri	29
5.4	Puronvarren elinympäristöt	31
5.5	Ennallistaminen ja kalasto	32
5.6	Puron kunnostaminen	33
6	Puunkorjuu ennallistamiskohteilla	34
6.1	Ennallistamiskohteiden hakkuun haasteet	34
6.2	Turvemaan kantavuus	35
6.3	Suunnittelun periaatteet	36
7	Kehittämistyön tavoite	37
8	Aineistot ja tulokset	38
8.1	Käytetyt aineistot	38
8.2	Aineistojen käsittely	39
8.3	Potentiaalisten ennallistamiskohteiden määrä	40
8.4	Kokopuuhakkeen ja rankahakkeen tulokset	41
8.5	Korjuukustannukset energiapuun osalta	46
8.6	Tulot energiapuusta	48
8.7	Kannattavan ennallistamishakkuun toteutus	49
8.8	Riistapainotteisen ennallistamishakkuun suunnittelun ja toteutuksen periaatteita	52
9	Pohdinta	54
	Lähteet	58

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on Karelia-ammattikorkeakoulun uusiutuvan energian koulutusohjelman ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon osa. Opinnäytetyössä selvitetään käytettävissä olevien aineistojen perusteella Metsähallituksen Länsi-Kainuun metsätiimin alueella tehtyjen kitumaan riistanhoidollisten ennallistamishakkuiden kannattavuutta. Työssä tarkastellaan kannattavuutta hakkeen laadun perusteella. Tarkoituksena on löytää kehittämiskohteita ja ohjata toimintaohjeen avulla aiempaa taloudellisempiin valintoihin jo suunnitteluvaiheessa.

Suomen valtionmaista on ojitettu n. 900 000 hehtaaria. Näistä alueista Metsähallituksen oman selvityksen mukaan noin 200 000 hehtaaria on soita, joiden hehtaariohtainen puusto on alle 60 m³ ja ojitusikä vähintään 30 vuotta. Näihin soihin on käytetty paljon aikaa ja rahaa, mutta saavutetut tulokset suhteessa panostukseen ovat todella huonot. Mahdollisesti kitumaiden puusto on kasvanut nykyisiin mittoihinsa ensimmäisten vuosikymmenien aikana suoritettujen lannoitusten voimalla.

Näitä huonosti kehittyneitä soita aktiivisesti ennallistamalla voidaan saada osa ojitukseen ja lannoitukseen sijoitetuista panoksista takaisin. Samalla saadaan positiivisia vaikutuksia paikallisiin riistakantoihin ja suoluonnolle. Aktiivisten ennallistamistoimenpiteiden jälkeen kohti luonnontilaa kehittyvä suo myös sitoo hiiltä ja toimii tulevaisuudessa hiilinieluna.

Luonnontilaiset suot ovat monien eläinlajien pääasiallista elinympäristöä ja soiden ojitamisella on ollut suuria vaikutuksia näiden lajien elinvoimaisuuteen. Riis-talle suot ja niiden vaihettumisvyöhykkeet ovat tärkeitä elin- ja poikueympäristöjä. Kanalinnuista erityisesti riekko on kärsinyt soiden ojituksista ja elinympäristöjen häviämisestä. Riekko ei viihdy suolla, joka on ojituksen seurauksena kuivanut ja metsittynyt. Harvakin rämeen puusto voi aiheuttaa riekolle sen, että suo ei enää ole otollinen elinympäristö.

2 Suomen biotalous

2.1 Euroopan unionin politiikka

Euroopan komissio loi vuonna 2012 biotaloustrategian. Sen tavoitteena on biotalouden kehittäminen ja vastaaminen yhteiskunnallisiin haasteisiin. Euroopan biotaloustrategia koostuu kolmesta tavoitteesta. Näitä tavoitteita ovat markkinoiden ja kilpailukyvyn parantaminen Euroopan tasolla. Kasvavat sijoitukset tutkimukseen, innovaatiotoimintaan ja ammattitaidon kehittämiseen.

Strategian edistämiseksi perustettiin vuonna 2013 Euroopan unionin biotalouspaneeli. Sen tarkoituksena on edistää strategian täytäntöönpanoa ja aktivoida eri toimijoita ja luoda yhteistyötä politiikan ja talouden toimijoiden välille. Paneelin toiminnalla halutaan myös vahvistaa ja tukea parhaita käytäntöjä. Biotalouspaneeli on myös yhteydessä kansallisiin toimijoihin. Tämän tarkoituksena on viestiminen asiasisällöistä Euroopan tasolta kansalliselle tasolle. (Luonnonvarakeskus 2013.)

Eräs tärkeä tavoite on kehittää biotalouden investointien tarvitsemaa logistista verkostoa. Biopohjaisten tuotteiden markkinoiden ja niiden kasvamisen tukeminen on yksi tavoite. Tarkoituksena on myös luoda standardeja ja keinoja arvioida tuotteiden ja tuoteryhmien kestävyyttä. Hiilijalanjälki nousee hyvin merkittävään asemaan tulevaisuuden tuotteita kehitettäessä ja nykytuotteita arvioitaessa.

Sijoitukset koulutukseen ja innovaatioihin ovat merkittävässä asemassa tulevaisuuden biotalouden kentässä. Biotalousstrategian mukaisesti tulisi koulujen välistä yhteistyötä edistää. Samaa yhteistyötä tulisi tehdä organisaatioiden kuin maidenkin välillä ja kehittää Euroopan biotalousklusteria yhtenä kokonaisuutena. Nykyistä tietotaitoa tulisi kehittää ja uutta tietoa ja menetelmiä löytää. Jäsenvaltioita rohkaistaan perustamaan omia paneeleitaan ja näin saataisiin strategia myös varmasti käytännön tasolle. Jäsenmaita kannustetaan myös tekemään alueellisia strategioita. Laajemmalta tasolta paikalliselle tasolle siirryttäessä myös tarkkuus lisääntyy ja saadaan enemmän konkretiaa. Euroopan unionin tasolla

strategiat ovat suuntaa-antavia ja varsin suurpiirteisiä. (Luonnonvarakeskus 2013.)

2.2 Kansallinen biotalousstrategia

Vuonna 2014 otettiin käyttöön kansallinen biotaloustrategia. Sen tarkoituksena on saada aikaan liiketoiminnan kasvua ja työpaikkoja biotalouteen. Tarkoituksena olisi luoda Suomeen 100 000 työpaikkaa. Lisäksi tavoitteena on tuottaa korkean arvonlisän tuotteita ja palveluita, joilla saadaan kestäviä ratkaisuja ja kilpailukyisiä malleja maailmanlaajuisiin ongelmiin. Biotalous tuo hyvinvointia Suomeen, mutta samalla varmistetaan myös ekosysteemien kestävä toimintaedellytykset. Strategian tavoitteena on nostaa Suomen biotalouden tuotos 100 miljardiin euroon vuoteen 2025 mennessä. Vuonna 2014 biotalouden tuotos oli noin 60 miljardia euroa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2014).

Tulevaisuudessa kierrätettävyys ja kestävyys ovat entistä merkityksellisemmässä asemassa. Tämä tarkoittaa jatkuvaa kehittymistä ja kehitystä. Suomen vahvuuksiin kuuluu jo nyt korkea teknologinen osaaminen ja pitkäjänteinen kehitystyö. Nykyinen fossiilisiin polttoaineisiin perustuva talous korvautuu vähitellen biotaloudella tulevaisuudessa. Tämä tarkoittaa myös vaikutuksia Suomen viennin ja tuonnin suhteeseen, koska Suomeen tuodaan valtavia määriä fossiilisia polttoaineita. Tulevaisuudessa yhä suurempi osa voidaan korvata omassa maassa valmistetuilla biopolttoaineilla. Toisaalta biopolttoaineiden omalla tuotannolla voidaan vähentää myös riippuvuutta tuonnista ja kasvattaa energiaomavaraisuutta.

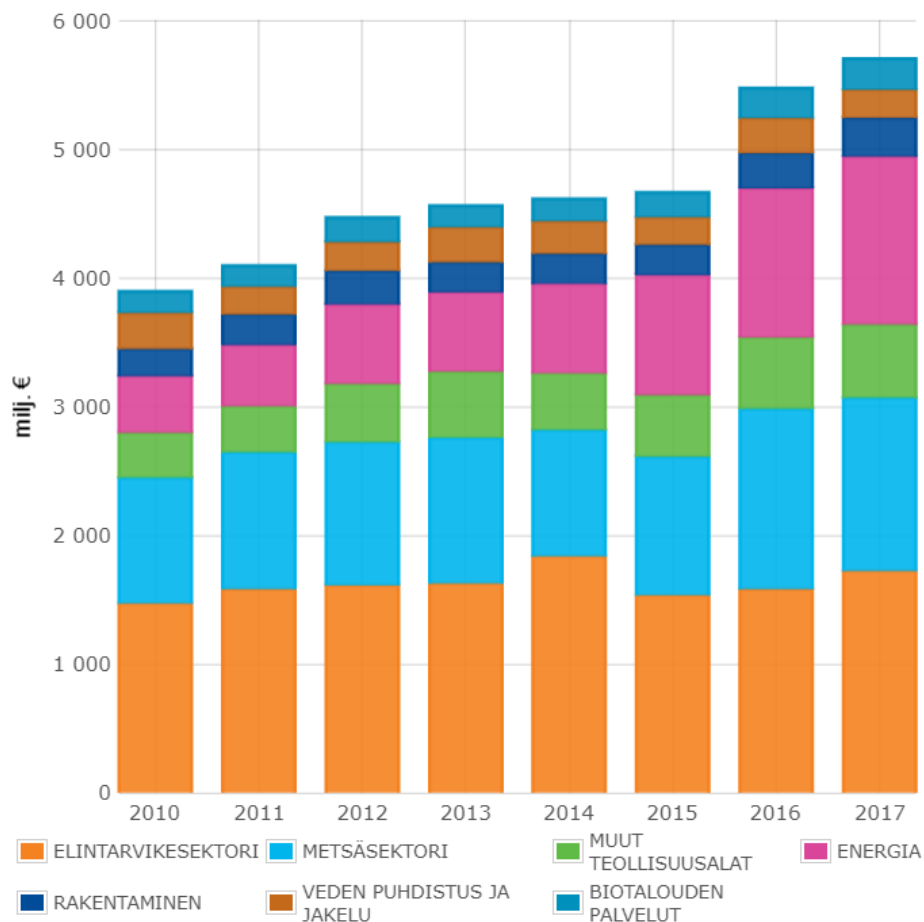
2.3 Aluetason biotalous ja strategia 2015–2020

Biotalous merkitys Kainuulle on suurempi kuin Suomessa keskimäärin. Biotalous osuus Kainuun kansantaloudesta on 17,5 %. Työllisten määrässä mitattuna Kainuun biotalous työllistää 13,9 % työllisistä. Kainuun metsät ovat olleet

vajaakäytössä jo pitkään. Kainuun metsien hakkuut ovat olleet keskimäärin 3,3 milj. kuutiometriä vuosina 2010–2014. Kainuussa jalostukseen tästä määrästä menee n. 1,7 milj. kuutiometriä vuodessa. Suuri osa Kainuussa kasvaneesta puusta viedään muualle jalostettavaksi ja työpaikat syntyvät muualle. Kainuun metsien kasvu on n. 7 milj. kuutiometriä ja kestävästi hakattavissa olisi 4,7 milj. kuutiometriä vuodessa. (Kainuun liitto 2016.)

Kainuun alueellisen biotaloustrategian tavoitteena on raaka-aineiden jalostuksen lisääntyminen Kainuun alueella ja teollisten investointien saaminen maakuntaan. Tarkoituksena on myös tukea ja kehittää olemassa olevien yritysten toimintaa, jolloin ne pystyvät entistä paremmin vastaamaan muuttuvaan toimintaympäristöön ja biotalouden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Eri kehittämisen- ja julkishallinnon sekä yksityisen sektorin organisaatioiden tiivis yhteistyö on tärkeä voimavara kehittyvälle biotalousklusterille. Yhteistyöllä saadaan tehokkuutta ja teollisen tuotannon symbioosi, jossa yritykset hyödyntävät toistensa raaka-aineiden sivuvirtoja ja energiaa. Tärkeä osansa on myös innovaatioilla, joilla voidaan saada uusia tuotteita ja palveluita. Tulevaisuudessa energiatehokkuuteen ja kiertotalouteen on kiinnitettävä yhä enemmän huomiota, jotta resursseja käytetään kestävästi. Kiertotalous on maailmanlaajuinen trendi. (Kainuun liitto 2016.)

Metsätalouden strateginen kärki on jalostusasteen nosto. Tähän tavoitteeseen pyritään ennakoimalla metsätalouden työvoimatarvetta ja organisoimalla koulutusta. Toinen toimenpide on lisätä puun käyttöä julkisissa hankinnoissa ja kaa-voitusratkaisuissa. Tarkoituksena on myös terminaalien perustaminen ja hakkeen laadun parantaminen tätä kautta. Lisäksi puunkuljetuksen logistiikkaan ja tieverkkoon tulisi saada kehitystä. Yhtenä osa-alueena on myös sahatavaran jalostusasteen nostaminen ja käyttö Kainuun alueella. (Kainuun liitto 2016.)



Kuvio 1. Biotalousinvestoinnit 2010–2017 (Luonnonvarakeskus 2018).

3 Suot ja ennallistaminen

3.1 Luonnontilaiset suot

Vedenpinnan taso on lähellä turpeen pintaosaa luonnontilaisilla soilla. Vesivarasto on suhteellisen vakaa ympäri vuoden. Aapa- ja rimpisuot toimivat vesivarastoina ja osaltaan tasaavat kevään tulvahuippuja. Keväiseen tulvimiseen vaikuttaa ilmeisesti myös suon puustoisuus. Avoimilta suon osilta lumi sulaa

aikaisemmin auringon sulattamana ja puustoisilla osilla lumen sulaminen kestää kauemmin. Ilmastonmuutos voi kuitenkin kuivattaa luonnontilaisia soita, jos kesän pitkät lämpöjaksot yleistyvät. (Luonnonvarakeskus 2015.)

Soille tuleva vesi on peräisin sateesta ja valumalla ympäristöstä. Veden suuri määrä metsämaassa ja soiden yleisyys johtuvat paikallisesta humidisesta ilmastosta. Sadanta on tällöin suurempaa kuin haihdunta. Suomi on pääosin humidista aluetta. Suomen erikoisuus on väli-ilmastosta, jossa on vaikutteita sekä meri-ilmastosta että mantereisesta ilmastosta. Mantereinen ilmasto tarkoittaa Suomeen ajoittaisia pitkiä kylmiä jaksoja talvella ja äärimmäisiä hellejaksoja kesällä. Meriilmastolle tyypillisiä ovat toistuvat matalapaineet ja nopea vaihtelu säätilassa. (Solantie 2001.) Pitkät hellejaksot koettelevat suoluontoa kesällä. Erityisesti rahkasammalet voivat kärsiä hellejakson aikana, erityisesti jos vedenpinta on ollut alhaalla jo valmiiksi.

Normaalina kesänä vedenpinta on luonnontilaisilla soilla korkealla ja rahkasammal ei hajoa vaan kasvattaa turvekerrosta. Veden alla olevat turvekerrokset eivät hajoa. (Heikurainen & Joensuu 1981.) Hapettomat olosuhteet aiheuttavat sen, että hajotustoimintaa ei käytännössä ole ja muodostuu metaania, joka voi päästä ilmakehään. Luonnontilaiset suot ovat tärkein luontainen metaanilähde ilmakehässä. Toisaalta pohjoisen pallonpuoliskon soihin on sitoutuneena valtava määrä hiiltä, joka tasapainottaa metaanipäästöjen haittapuolia ilmaston kannalta.

3.2 Ojitetut suot

Luonnontilaisen suon rakenne on kehittynyt pitkän ajan kuluessa vedenvirtauksen mukaiseksi. Ojituksen seurauksena tämä virtausrakenne on voinut muuttua peruuttamattomasti, varsinkin jos suo reagoi voimakkaasti ojitukseen. Ennallistamisen jälkeen suon hydrologia palautuu hitaasti. Ennallistettu suo poikkeaa alkuperäisestä sitä enemmän, mitä voimakkaammin muuttunut suo on ollut. On olemassa paljon tekijöitä, jotka voivat johtaa alussa kasvilajiston köyhtymiseen luonnontilan palauttamisen jälkeen. Usein ennallistamisen suurimmat hyödyt

kasvillisuuden kannalta liittyvät soiden hydrologisen toiminnan palauttamiseen, siis varsinaisen ojitusalueen ulkopuolelle, missä on hitaasti eteneviä vaikutuksia. (Rehell 1989.)

Ojitus muuttaa suon keskeisiä ominaisuuksia. Suolle tulevan veden määrä vähentyy merkittävästi. Suurimpana syynä tähän on kankaan ja suon vaihettumissyöhykkeille kaivetut niskaojat, jotka keräävät kankaalta valuvaa vettä ja ohjaavat sen kulkemaan ojustossa. Suon ojittaminen nopeuttaa veden läpivirtausta ja muuttaa virtaussuhteita. Toisaalta veden virtaus turpeen sisällä hidastuu, koska maaton turve päästää vettä huonosti läpi (Heikurainen & Joensuu 1981). Vedennpinnan lasku käynnistää hajotustoiminnan turpeen pintaosissa. Olosuhteet muuttuvat myös metsittymiselle myönteiseksi, koska puiden juuristot tarvitsevat happea pysyäkseen hengissä. Suurimmat muutokset on havaittu ravinteikkailla soilla.



Kuva 1. Vuonna 2007 ennallistettu Sorrossuo Hyrynsalmella.

Suon muuttuminen turvekankaaksi kestää yleensä useita kymmeniä vuosia. Turvekankaan kasvistosta suurin osa on samanlaista kuin vastaavan ravinteisuus

tason kankaalla. Osa kuitenkin on edelleen suokasveja. Suokasvit väistyvät vähitellen elinympäristön muuttuessa. Toisaalta kuivatuksen heikentyessä suokasvit valtaavat taas alaa, koska niille syntyy vähitellen paremmat olosuhteet. Osa varsinkin märkien nevojen ja lettojen kasveista ei menesty suota kuivattavan puuston alla (Vasander, Hotanen, Nousiainen, Saarinen & Penttilä 2012).

Suoalueen vanhat ojat johtavat paljon vettä pois alueelta, vaikka olisivatkin pääosin tukossa. Ojat tukkimalla saadaan vedet ohjattua pintavaluntaan, ja näin puhtaampina eteenpäin vesistöihin. Näin pitkällä aikavälillä vaikutetaan myös alajuoksulla olevien vesistöjen tilaan. Jo tehdyissä Metsähallituksen ennallistamiskohteissa on havaittu, että veden nostaminen tasaisesti alueelle on hyvin hankalaa. Vettyminen tapahtuu pääasiassa ojien varsiin ja saran keskiosa jää usein selvästi kuivemmaksi. Yhtenä syynä tähän on heikko virtaama pitkälle hajonneessa turpeessa. Hajonneessa turpeessa vesi sitoutuu lujasti rakenteesseen ja on hidasta liikkumaan. Hajoamaton rahkaturve taas päästää veden lävitseen huomattavasti nopeammassa ajassa. Veden liikkumiseen voisi vaikuttaa tukkimalla koko oja ja muuttamalla enemmän vesien virtausta. Toisaalta kyseessä on myös kustannuskysymys. Ojien täyttäminen maksaa moninkertaisesti pelkkään patoamiseen verrattuna ja oletetaan, että suo kyllä palautuu myös itseksseen, kun aikaa kuluu (Kuva 1.)

Turpeen läpi suodattuessaan osa veteen liuenneista orgaanisista yhdisteistä sitoutuu siihen ja kuormitus vesistöihin vähentyy. Fosfaatit ja orgaaninen hiili näyttäisivät käyttävän samanlaisia pidätyspintoja pintavalutuskentillä. Rungas orgaanisen aineksen huuhtoutuminen voi näin lisätä myös fosfaattien huuhtoutumista. (Saari, Nieminen & Alm 2010.) Lyhyellä aikavälillä ennallistaminen voi johtaa korkeisiin vesistöä kuormittaviin päästöihin. Tämä johtuu siitä, että heti ennallistamisen jälkeen vedenpinnan taso nousee voimakkaasti esimerkiksi kevättulvan yhteydessä ja vie vesistöihin ravinteita ja kiintoaineita, joita on irronnut esimerkiksi kaivamisen yhteydessä. Suuret vesimäärät voivat kuljettaa mukanaan paljon aineksia aiemmin kuivana olleelta suolla. Pintavalunnalla on suuri merkitys ravinteiden sidonnassa. Tutkimuksissa on havaittu pintavalutuskentän pysäyttävän parhaimmillaan lähes kaiken typen ja fosforin. Parhaiten se toimii kuitenkin vain kasvukauden aikana. Osa tuestä näyttäisi muodostuvan kaasuksi ja siirtyvän ilmakehään. (Saari, Nieminen & Alm 2010.)

Soiden ennallistamisen suurimmaksi vesistövaikutukseksi on arvioitu fosforin huuhtoutumista alapuolisiin vesistöihin. Ennallistamiskohteiden seurantatutkimuksessa havaittiin fosforipäästöjen nousseen jopa kymmenkertaiseksi lähtötasoon nähden. Fosforin lisäksi myös typen ja orgaanisen hiilen pitoisuudet nousivat huomattavasti. Kuitenkaan kuormituksella ei ollut merkittävää vaikutusta alapuolisten vesistöjen pH-tasoon. Tulokset vaihtelivat niin, että pohjoisen kaaruilla soilla päästöt olivat pienemmät kuin etelän voimakkaasti ojituksen jäljiltä muuttuneilla soilla. Suon rehevyys lisäsi typen huuhtoumaa, mutta vähensi orgaanisen hiilen huuhtoumaa. (Koskinen 2011.)

Ennallistetuilta soilta pääsevät ravinteet aiheuttavat lyhytaikaisen kuormituspiikin alapuolisiin vesistöihin. Soilta tulevat vedet kuormittavat vähemmän kuin kankailla tulevat valumavedet. Kankailla tulevat ravinnepäästöt aktivoivat voimakkaammin mikrobitoimintaa, syytä tähän ei varmasti osata määrittää. Ennallistamiskohteilta tulevat fosforipäästöt olivat kuitenkin pääosin lyhytaikaisia ja viiden vuoden kuluttua ennallistamisesta lähes lähtötasolla. (Räsänen 2017.)



Kuva 2. Hakatun suon korpimainen reunaosa, jolle ohjataan ojavesiä.

3.3 Ennallistamisen vaikutukset ilmastoon

Suota on maa-alasta vain kolme prosenttia maailmanlaajuisesti, mutta niihin varastoituneen hiilen määrä on noin puolet ilmakehän hiilidioksidiin verrattuna. Soiden hiilinielu on hyvin merkittävästi riippuvainen ympäristön tekijöistä, joten ilmastonmuutos voi muuttaa hiilen sitoutumisen ja vapautumisen välistä tasapainoa ja vaikuttaa näin suon hiilinieluihin tulevaisuudessa. (Korrensalo 2017.)

Suon sisäisen vaihtelun lisäksi kasvillisuuden monimuotoisuus tasasi myös suon hiilinielun ajallista vaihtelua. Suon hiilinielu vaihtelee sekä vuoden sisällä että vuosien välillä, kun sitä säätelevät tekijät muuttuvat. Suokasvilajien hiilinielu oli voimakkaimmillaan eri vaiheissa kasvukautta, mikä teki koko ekosysteemin hiilinielusta tasaisemman kasvukauden aikana. Kun vuosien välillä esiintyy vaihtelua olosuhteissa, vaihtelevan kasvillisuuden voidaan ajatella toimivan eräänlaisena vakauttajana koko ekosysteemin hiilinielulle. Jos jonkin kasviyhteisön hiilinielu kärsii esimerkiksi kuivasta tai kosteasta kesästä, voi jokin toinen kasviyhteisö puolestaan hyötyä siitä. (Korrensalo 2017.)

Soiden ennallistamisella luonnontilaan on myös positiivisia vaikutuksia ilmastoon, kun suon paksuuskasvu alkaa uudestaan, ja samalla se sitoo ilmakehän hiiltä. Toisaalta suopuuston kasvu heikkenee nousevan veden takia. Kuolevat puut vapauttavat sitomansa hiilidioksidin ilmakehään. Suon hiilensidontakyky voi parantua muutamia vuosia ennallistamisen jälkeen. Myöhemmin hiilensidontakyky vaikiintuu, kun suon palautuminen luonnontilaan etenee. (Tuittila, Lode, Lundin, Ilomets, Sallantaus, Heikkilä, Pitkänen & Laine 2003.)

Suo toimii samalla lailla hiilinieluna kuin Suomen metsävarat, mutta hiilen kierto on huomattavasti hitaampaa. Pohjoisen boreaalisen havumetsävyöhykkeen soissa on sitoutuneena arviolta 15–30 % maailman maaperähiilestä. Suomessa olevista hiilivarannoista noin 70 % on sitoutuneena soihin. Vertailun vuoksi 10 cm paksu turvekerros sisältää saman verran hiiltä kuin vastaavalla pinta-alalla kasvava täysikokoinen puusto. (Simola, Pitkänen & Turunen 2012.)

Pohjoisen pallonpuoliskon suot sitovat arviolta kolmasosan maapallon hiilestä ja toisaalta päästävät ilmakehään 20–30% maapallon metaanipäästöistä. Ikiroudan sulaessa maaperästä vapautuu hiilidioksidia ilmakehään. Maanpinnan sulaminen vapauttaa vähitellen myös metaania, jota syntyy hapettomissa olosuhteissa vetisessä maaperässä. (Lawrence, Koven, Swenson, Riley, & Slater 2015.)

Ennallistettujen soiden vaikutuksista ilmastoon ei kuitenkaan ole vielä tarpeeksi tutkimustietoa. Siksi ennallistetut suot ovatkin omana ryhmänään ilmastoa kokevia laskelmia tehtäessä. (Asikainen, Ilvesniemi, Sievänen, Vapaavuori & Muho-
nen 2012.)

3.4 Soiden palauttaminen luonnontilaan

Metsähallituksessa ojitettujen soiden käsittelyssä on ollut käytössä monta vaihtoehtoa, riippuen lähtötilanteesta ja ojituksen onnistumisesta. Metsämaan suon ennallistaminen on mahdollista, jos ojituksen seurauksena se on muuttunut kitumaksi joutomaasta metsämaaksi. Muutos on kuitenkin pystyttävä todistamaan vanhoilla ojitussuunnitelmillä tai ilmakuville. Tällaista heikosti kasvavaa metsämaata voidaan ennallistaa yhdessä kitumaan hakkuiden kanssa. Tämä vaatii kuitenkin metsämaan osalta aktiivisia ennallistamistoimia ja luvan Metsäkeskukselta. Aktiivisilla ennallistamistoimilla tarkoitetaan tässä tapauksessa ojien tukkimista. Kitumaksi jääneitä soita on mahdollista hakata ilman ennallistamistoimenpiteitä. Suo jätetään kehittymään itsekseen kohti luonnontilaa. Tämä vaihtoehto vaatii maininnan metsänkäyttöilmoitukseen, että kyse on kitumaan hakkuusta. Yhtenä vaihtoehtona on myös ennallistaminen riistan ehdoilla, eli reh-prosessi. Siinä kohdetta valitaan ensi sijassa riistanhoidollisin perustein ja alue ennallistetaan aktiivisesti. Kohde toteutetaan yhdessä Metsähallituksen Eräpalveluiden kanssa.

Ojitettuja kitumaan soita on ennallistettu jossakin määrin jo 1970- ja 80-luvuilla Metsähallituksen suojelualueilla. Metsätalouden hallinnassa olevilla alueilla ennallistamistoimenpiteitä on tehty laajemmassa mittakaavassa vasta 2000-luvun

alkupuolelta lähtien. Soita on ennallistettu aiemmin REAH-hankkeina. Hankkeessa suo palautetaan lähelle alkuperäistä tilaa poistamalla ojituksen jälkeen syntynyt uusi puusukupolvi. Ojat padotaan, ja näin saadaan suon luontainen vesitalous pääosin palautumaan. Ojien tukkimiseen ja muihin kaivinkonetöihin tulee rahoitus eräpuolen lupatuloista. Hankkeen yhteydessä voidaan toteuttaa myös muita korjaavia toimenpiteitä kuten vanhan purouoman ennallistaminen tai lintukosteikon perustaminen sopivalle paikalle. Reuna-alueiden korpimaisia osia voidaan käyttää pintavalutukseen (Kuva 2.)

Metsähallituksessa tällä hetkellä on käynnissä Hydrologia-Life-hanke, jossa tarkoituksena on ennallistaa suojelualueiden sisään jääneitä vanhoja ojitusalueita ja puroja. Kohteet sijaitsevat pääosin Natura-suojelualueilla läpi Suomen. Kohteita on 103 ja niihin kuuluu soita, puroja ja lintuvesiä. Osalla kohteista vaikutus ulottuu myös metsätalouskäytössä olevien alueiden puolelle. Tällaisessa tapauksessa Metsähallituksen Luontopalvelut suunnittelee kohteen yhdessä Metsätalous Oy:n kanssa. Hankkeen kustannuksista 60 % maksaa Euroopan unioni. Rahalla saadaan ennallistettua 5000 ha suota ja 34 km puroja. (Metsähallitus 2018.)

Soita ennallistamalla pyritään palauttamaan ihmisen muuttamien suoekosysteemien toiminta ja rakenne luonnontilaisen kaltaiseksi. Suon kehittyminen täysin luonnontilaiseksi voi kestää jopa satoja vuosia. Suon luontainen vedenkorkeus saadaan nousemaan hyvinkin nopeasti, kun veden liikkumista rajoitetaan padoilla ja ojat ohjataan pintavaluntaan. Rahkasammal reagoi nopeasti nousevaan pintaveden tasoon ja vähähappisissa oloissa rahkasammalen hajoaminen hidastuu tai loppuu kokonaan ja turvekerros alkaa paksuuntua. Toisaalta muutos suokasvistossa kokonaisuutena kestää useita kymmeniä vuosia. Toiset lajit reagoivat muuttuneisiin olosuhteisiin nopeasti (Kuva 3.) ja toiset vasta vuosikymmenien päästä. Puuston rakenne ja dynamiikka vastaavat täysin luonnontilaista metsää vasta satojen vuosien päästä. (Ympäristöministeriö 2003.)



Kuva 3. Runsastunut tupasvilla ennallistetun suon reunoilla.

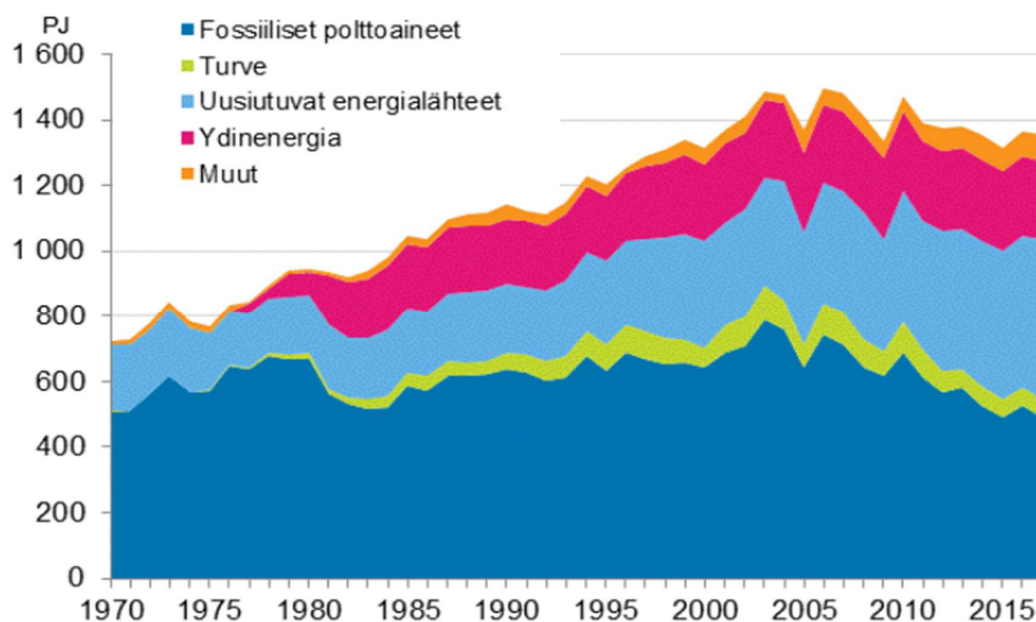
Ravinteikkaat suot voivat muuttua muotoaan jopa muutamissa vuosissa aivan toisenlaisiksi. Vähäravinteisilla soilla muutos on hitaampi ja kestää kymmeniä vuosia. Lisäksi ennallistamiseen vaikuttaa myös ojituksen teho ja suopuuston kasvu, ja haihdutuksen määrä. (Laine & Vanha-Majamaa 1992.)

4 Bioenergia

4.1 Uusiutuvat energiamuodot Suomessa

Suomessa uusiutuvien energianlähteiden on kohtalaisen suuri ja kasvaa jatkuvasti (Kuvio 1.) Vuonna 2017 energian kokonaiskulutuksesta tuli uusiutuvista

energiälähteistä 36 %. Uusiutuviin energiälähteisiin lasketaan puu- ja kasviperäiset polttoaineet, biokaasu ja biohajoavat kierrätyspolttoaineet. Lisäksi tulevat vesivoima, tuulivoima, aurinkoenergia ja maalämpö. Euroopan unionin tavoitteissa uusiutuvan energian osuus määritellään loppukulutuksesta. Tässä tapauksessa se nostaa Suomen lukua 3–5 prosenttia. EU:n Suomelle asettama tavoite on saavuttaa uusiutuvan energian loppukulutuksessa 40 % osuus vuoteen 2020 mennessä. Tämä tavoite saavutettiin jo vuonna 2017. Tämä luku on Euroopan unionin maista toiseksi korkein. Kehitys tuskin päättyy tähän, vaan Suomen kansallinen tavoite on nostaa uusiutuvien energiamuotojen osuus yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Tämä tavoite on kirjattu hallitusohjelmaan vuonna 2016. (Pirkola 2018.)



Kuvio 2. Fossiiliset ja uusiutuvat energiälähteet Suomessa 1970-2017 (Tilastokeskus 2018).

4.2 Biomassapohjaiset energiälähteet

Uusiutuvien energiamuotojen joukossa bioenergialla on hyvin suuri merkitys Suomen tasolla. Kaikista suurin osuus on puupohjaisilla energiamuodoilla, joilla tuotettiin 27 % energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2017. Tämä tarkoittaa noin 100 terawattitunnin osuutta. Suomen tapauksessa merkittävän osan muodostavat teollisuustoiminnan yhteydessä syntyvät jätteet, kuten sellunvalmistuksessa syntyvä mustalipeä ja pääosin sahauksessa syntyvä puunkuori ja sahanpuru. Nämä energian lähteet ovat olleet käytössä jo pitkän aikaa. Myös hakkuiden sivutuotteena syntyy energiakäyttöön sopivaa raaka-ainetta. Hakkuiden yhteydessä kerättävä pienpuu ja hakkuutähde käytetään yleensä polttopuuna ja lämpölaitoksissa hakkeena. Pääosa polttopuusta käytetään kotitalouksissa. (Pirkola 2018.)

Puupohjaiset raaka-aineet eivät ole ainoita Suomessa käytössä olevia biomassoja. Myös pellolta saatuja raaka-aineita käytetään energiatuotannossa, muuhun polttoaineeseen sekoitettuna. Pellolta saatavia energian lähteitä ovat esimerkiksi ruokohelpi, olki ja joitain viljantuotannossa syntyviä lajittelujätteitä. Karjan lantaa voidaan myös käyttää energiana. Lannasta saatava biokaasu syntyy hapettomasti mädättämällä. Kaasuttamalla lannasta saadaan lopulta biokaasua, jota voidaan käyttää energiakäytössä. Energiakäyttöön voidaan ottaa myös teollisuudessa syntyviä biohajoavia jätteitä. (Pirkola 2018.)

4.3 Kokopuu, karsittu ranka ja hakkuutähde energiatuotannossa

Lämpölaitosten ja voimalaitosten metsähakkeen käyttö on vaihdellut 7–8 milj. kuutiometrin välillä viime vuosina. Keskimääräinen vuosimäärä on n. 7,5 milj. kuutiometriä. Tämä on noin 15 terawattituntia. Metsähakkeesta yli puolet on tullut rangasta. Ranka tulee enimmäkseen nuorten metsien hoidosta. Seuraavana tulee hakkuutähteet, joita käytetään myös energiantuotannossa. Vuoden 2017 puumäärästä rankaa oli 7,2 milj. kuutiometriä, hakkuutähdettä 2,3 milj. kuutiometriä ja kantoja 0,5 milj. kuutiometriä. Lisäksi jalostukseen kelpaamatonta runkopuuta käytettiin 0,4 milj. kuutiometriä. Haketta käytetään lisäksi kotitalouksilla, maataloilla ja myös teollisuuslaitoksissa. Nämä huomioiden metsähakkeen vuosimäärä

nousee lähelle 8 milj. kuutiometriä. Viime vuosina on lisääntynyt myös puuperäisten raaka-aineen jalostaminen liikennepolttoaineiksi. Puupoltto-aineiden käyttöön lasketaan myös pientalojen käyttämä polttopuu. Pientalojen käyttämä puu arvioidaan olevan noin 7 milj. kuutiometriä. Tämä määrä on lähes 10 % hakatusta puusta. (Pirkola 2018.)

Kokopuuhakkeen ja rankahakkeen kustannuksia vertailevissa tutkimuksissa on tultu siihen tulokseen, että puunkorjuu kannattaa toteuttaa kokorunkona, jos poistuman rinnankorkeusläpimita on alle 11 cm. Tästä eteenpäin ero pysyy hyvin pienenä. Poistuman rinnankorkeusläpimitan pienentyessä kustannukset nousevat voimakkaasti. Giljotiinipäällä tehty joukkokäsittely voisi tuoda kokopuun korjuuseen tehokkuutta. Kokopuun hakkuun kustannukset ovat hieman pienemmät kuin rankapuulla, koska karsiminen jää pois. Karsiminen kokopuun tyven osalta voisi olla tarpeellista, kun tavoitellaan nopeaa kuivumista. (Laitila & Väättäinen 2011.)

4.4 Kokopuu Metsähallituksen kohteilla

Valtionmailla toteutetuissa hakkuissa on kerätty aika pieniä määriä kokopuuta. Yleensä kysymyksessä ovat olleet erikoiskohteet. Suurin osa puusta on tullut soiden ennallistamiskohteista, missä hakkuutähteen jäämistä metsään on vältetty. Kokopuuta on tullut myös armeijan käytössä olevilta alueilta. Tällainen puu on käytännössä käyttökeltotonta muussa kuin energiakäytössä. Puuaineksen sisällä on usein metallia. (Seppänen 2016.)

Osalla kohteista on tehty myös yhdistettyä ainespuun ja energiapuun korjuuta. Kuitupuun ja energiapuun kysyntä vaikuttaa siihen, mitä milloinkin tarvitaan. Hyvän kuitupuun kysynnän aikana tehtäisiin mieluusti kuitupuuta, varsinkin jos energiapuuta on varastossa kuivumassa suuria määriä. Jos taas energiapuuvarasto on pieni ja kuitupuun kysyntä heikko, voidaan korjata suurempi osa hakkuista

kokopuuna. Kokopuuta korjataan myös Metsähallituksen Luontopalveluiden hallinnassa olevilta suojelualueilta. Sieltä tuleva puu on myös pääosin soiden ennallistamiskohteilta.

4.5 Energiapuun toimitusmäärät

Metsähallituksen Pohjanmaa-Kainuun alueen energiapuumäärästä noin 10 % vuonna 2015 oli kokopuuta. Energiarangan osuus oli noin 60 % ja loput 30 % oli hakkuutähdettä. Myös energiarangan seassa menee satunnaisesti pieniä määriä pilalle mennyttä kuitupuuta.

Koko Suomen alueella Metsähallitus korjasi noin 550 gigawattituntia energiaa, joka on noin 275 000 kiintokuutiometriä. Pohjanmaa-Kainuun alueella toimitettiin 160 000 megawattituntia energiaa vuonna 2015. Toimituspaikkoja oli 7–8, joihin toimitettiin pääosin haketta. Määrästä 95 % oli haketta ja loppu noin 5 % rankana. Energiapuupotentiaalin on arvioitu olevan jopa kaksinkertainen nykyiseen korjuumäärään verrattuna. (Seppänen 2016.)

4.6 Hakkeen laatutekijät

Hake toimitetaan yleensä loppukäyttäjälle asti. Kuorma punnitaan ja hakkeesta otetaan näytteet, joista määritetään hakkeen kosteus ja tehollinen lämpöarvo. Käyttäjä toimittaa kuormakohtaiset tiedot Metsähallitukselle ja laskutus hoidetaan kuukausittain. Puu on kuivatettu aikaisemmin pääsääntöisesti tienvarressa ja haketettu tienvarsivarastoissa. Viime vuosina on kuitenkin osa kokopuusta haketettu teknisistä syistä keskitetysti välivarastoilla, joissa myös kuivatus tapahtuu.

Hakkeen laatuun vaikuttaa myös inhimilliset tekijät. Varastointitekniikalla on suuri merkitys energiapuun kuivumiselle ja tätä kautta hakkeen laadulle. Pinoamisen

suorittaa energiapuun kuljettaja. Kuljettajan vastuulla on pohjapuiden laittaminen ja pinon teko. Pinoamistekniikkaan on olemassa ohjeita, mutta eri asia onko autossa tai kuljettajalla ohjetta mukanaan. Pinojen sijoittelulla on merkitystä kuivumiseen. Irti toisistaan olevat korkeat pinot on käytännössä todettu hyvin kuivaviksi. Tärkein asia on ilman kierto pinojen välissä ja sisällä. Usein pinon päällyspuut jätetään ulkonevaksi lipaksi, joka estää pinon sivua kastumasta. Sijoittelussa olisi hyvä huomioida auringon suunta, koska lämpö on yksi osa kuivamista.

Kuljettajat myös vaihtuvat paljon ja tekevät työtään tiukan aikataulun mukaan. Edellä mainituista syistä johtuen joskus polttoon menee mahdollisesti myös tuoreita kuormia, eli otetaan väärästä pinosta. Joskus pinosta löytyy sinne kuulumatonta tavaraa. Yleisimmin kiviä ja joskus jopa rautaesineitä. Hakkuriin joutessaan rautaesineet tekevät pahaa tuhoa laitteelle.

Välivarastolla tapahtuvassa toiminnassa on monia hyviä puolia. Puut saadaan pois leimikoilta heti hakkuun jälkeen ja näin vältetään lisäkustannuksilta aurauksen ja muun talvikunnossapidon suhteen. Raskaat hakkurit voivat paremmin toimia välivarastoilla, kuin hajallaan olevilla metsävarastoilla. Myös hakkuri on tehokkaassa käytössä ja siirtymiin menevä aika on minimissään. Keskitetyllä varastoinnilla lienee myös positiivisia vaikutuksia kuivamiseen, koska kasat ovat isoja. Välivarastoja on perustettu hyvillä paikoilla logistisesti ja myös kuivamisen kannalta. Välivarastolla kuivanut hake on todettu olevan tasalaatuisempaa kuin hajallaan olevilta varastoilta tule hake. (Seppänen 2016.)

4.7 Puun kosteusominaisuudet

Energiapuun kuivatuksella ja varastointitekniikalla on suuri merkitys polttoaineen laatuun. Tärkeimmät laatutekijät ovat kosteus, lämpöarvo, energiatiheys ja neulaspitoisuus. Ehdottomasti tärkein laatuominaisuus on kosteus, joka määrää hakkeen energiasisällön. Hakkeesta saatavat tulot saadaan pääsääntöisesti raaka-aineesta saatavan energiamäärän mukaan. (Hillebrand 2009.) Kaatotuoreen

puun kosteus vaihtelee puulajista riippuen 50–60 % välillä. Suuria vaihteluita on myös kaatoajankohdalla. Kesällä puuaineksen kosteus on alimmillaan, koska nesteet kiertävät ja latvus haihduttaa voimakkaasti. Lehtipuiden kosteus vaihtelee enemmän kuin havupuilla. Männyllä on suomalaisista puulajeista korkein keskimääräinen kosteusprosentti. (Erkkilä, Hillebrand, Raitila, Virkkunen, Heikkinen, Tiihonen & Kaipainen 2011.) Koivun kosteus keväisin ennen lehtien puhkeamista ja syksyllä lehtien varisemisen jälkeen voi olla jopa 50 prosenttia. Heinäkuun ja syyskuun välisenä aikana haihduttavan lehtipinnan ollessa suurimmillaan koivun kosteus on noin 38 prosenttia. (Hakkila 1962.) Puuyksilön sisälläkin kosteus vaihtelee suuresti. Latvassa kosteus on korkeampi kuin tyvessä. Latvaosan kosteus selittyy osaksi suurella pintapuun osuudella. Sydänpuu on kuivempaa. (Kärkkäinen 2007.)

Eri puulajien vedensitomiskyvyssä on merkittäviä eroja. Kotimaisten havupuiden kuorikerros imee hyvin voimakkaasti kosteutta ympäröivästä kosteasta ilmasta tai maaperästä. Tämä tarkoittaa syksyisin hyvin voimakasta vettymistä, kun ilmakeuhkosteus nousee korkeammalle tasolle. Koivulla tilanne on erilainen kuin kuusella ja männyllä. Koivun kuori imee heikosti vettä ja pysyy kuivempana, vaikka ilmakeuhkosteus nouseekin ylöspäin. Koivun kuori läpäisee huonosti vettä ja yhtenäinen kuori estää puun kuivumisen sisältä ja varastoinnin jatkuessa pidempään lahottaa puuaineksen. Rankakokoisella puulla katkaisukohtien ja vaurioiden pinta-ala riittää kohtuullisesti kuivattamaan puuainesta. Ongelma kasvaa suuremmaksi rungon koon kasvaessa. (Jahkonen, Lindblad, Sirkiä & Lauren 2012.)

4.8 Energiapuun kuivuminen

Perinteisesti polttopuun ja energiapuun kuivumiskautena on pidetty alkukesää. Keväällä lumiensulamisen jälkeen ilmakeuhkosteus on alhainen ja puu kuivuu hyvin. Paras kuivumiskausi päättyy heinä-elokuussa, kun ilmakeuhkosteus alkaa nousemaan ja vastaavasti lämpötila laskemaan. Puun kuivuminen tapahtuu pääasiassa

rungon vaurioista ja katkaisukohdista, riippuen hieman puulajista. Aisaamalla parannetaan puuaineksen kuivumista, kun kuori ei ole yhtenäinen. Kesällä kuivuminen on tehokasta ja parhaimmillaan karsittu energiapuu saavuttaa noin 40 % tavoitekosteuden jopa 2–4 viikossa. Vapaan veden poistuttua kuivuminen hidastuu ja 30 % kuivuusasteeseen pyrkiminen kaksinkertaistaa kuivatusajan. (Hakkila 1962.)

Kuivumisajan pidentämisellä ei saada suurta hyötyä. Pidempi varastointiaika vähentää energiasisältöä ja koivun lahoaminen alkaa. Lahoava puu ei kuiva enää yhtä helposti kuin tuore puu. Suurin vaikutus energiapuun laatuun on kuivumisajan olosuhteilla. Energiapuuta ei tulisi varastoida enempää kuin kaksi kesää. Kesäaikaan parhaiten kuivuvat pienet kasat, mutta talvella kasan suuri koko suojaa vettymiseltä (Fillbakk, Hoibo, Dibdiakova & Nurmi 2011).

Puuaineksen lähtökosteuteen vaikuttaa myös hakkuun vuodenaika. Energiapuu soilta hakataan yleensä korjuuteknisistä syistä talvella. Talvisaikaan puun kosteusprosentti on korkealla ja haihduttava latvus on lepotilassa havupuilla ja koivut ovat lehdettömiä. Kesällä tapahtuvassa kokopuun hakkuussa etuna on alhainen kosteusprosentti puuaineksessa ja lisäksi puiden haihdutus kuivattaa puuaineksessa olevan vapaan veden nopeasti. Lyhytaikainen palstakuivatus yhdistettynä järeämpien puiden tyviosan karsimiseen tehostaa kuivumista.

4.9 Kosteudenhallinta varastointivaiheessa

Varastointivaiheessa kosteudenhallinta on tärkeää, koska hake toimitetaan lopputuotajalle talvella. Keskitalvella kuivumista ei tapahdu käytännössä lainkaan. Siksi hakkeen kosteusprosenttiin vaikuttaa se, kuinka hyvin kuivuminen on kesällä onnistunut ja miten uudelleen vettäminen on onnistuttu estämään. Hakkeen laatuun vaikuttaa myös kasojen peittäminen. Tutkimuksissa peittämisellä on saavutettu kokopuun osalta 6 prosenttiyksikköä kuivempaa polttohaketta. Tärkeää on myös varastointipaikan aurinkoisuus. Varjossa olevien energiapuukasojen kosteuden on todettu olevan jopa 17 prosenttiyksikköä korkeampi. (Hillebrand 2009.)

Energiapuuta pinotessa tulisi kiinnittää huomiota myös kuivumiseen. Pinot pitäisi aina tehdä aluspuiden päälle, jotta maakosteus ei nouse suoraan pinoon. Myös pinoon laitettavilla välipuilla saadaan ilmavuutta ja näin kuivamista parannettua. Huolellinen pinoaminen on erityisen tärkeää kokopuuta varastoitaessa, koska latvusten tiiviys on iso ongelma kuivamisessa. Pinon päällimmäiset puut voidaan jättää ulkonevaksi lipaksi, joka suojelee pinon sivua vettymiseltä.

Talvella tulisi kiinnittää huomiota myös lumeen. Pinon pohja olisi hyvä puhdistaa lumesta, jos ajetaan välivarastoon puuta talvella. Käytännön toiminnan yhteydessä on huomattu, että lumen poistaminen pinojen päältä keskitalvella parantaa hakkeen laatua. Keväällä hakkeessa on havaittu korkeita kosteuksia. Tämä voi johtua sulavasta lumesta.

Hakkeen laadulla on suuri merkitys toimintaan. Voimalaitosten polttotekniikassa on monia eroavaisuuksia ja eri kokoluokkaa olevat polttolaitokset kestävät eri lailla kosteaa haketta. Suuret polttolaitokset pystyvät polttamaan kosteusprosenttiltaan kaatotuoretta vastaavaa puuta. Tosin tällaisessa tilanteessa energiasaanto jää hyvin heikoksi. Pienemmillä laitoksilla kosteusprosentti ei saisi mennä merkittävästi yli 40 prosentin (Erkkilä ym. 2011).

5 Riista

5.1 Riistan elinympäristöt suolla ja sen vaikutuspiirissä

Soiden vaihettumisvyöhykkeet ja korvet ovat erinomaisia poikueympäristöjä metsäkanalinnuille. Vaihettumisvyöhykkeet tarjoavat metsäkanalintujen poikasille suojaa ja ravintoa. Vaihettumisvyöhykkeiden puusto on yleensä vaihtelevaa ja monimuotoista. Vaihteleva kenttä- ja pensaskerros suojelee poikasta ja tarjoaa hyönteisravintoa. Vaihettumisvyöhykkeiden eläinlajisto on laajempi ja monipuolisempi kuin kankaalla tai suolla, koska erilaiset elinympäristöt menevät limittäin.

Tutkimuksissa on huomattu, että kanalintujen pesimätulos on huonompi, kun yhtenäiset metsäalueet puuttuvat. Yhtenäiset metsäalueet näyttäisivät lisäävän poikasten selviämismahdollisuuksia. Yhtenä syynä tähän voi olla hyvien poikueympäristöjen vähäisempi määrä. Tällaisessa tapauksessa poikasten selviytyminen on vaikeampaa. Rikkinainen metsien rakenne voi aiheuttaa myös suurempaa riskiä pesien tuhoutumiselle. (Kurki, Nikula, Hele & Lindén 2000.)

Metsäkanalintujen poikueille merkitystä on elinympäristön kenttäkerroksen kasvillisuudella. Varpujen ja heinien peittävyys on yleistä poikueiden elinympäristöille. Kenttäkerroksen tiheys antaa suojaa pienille poikasille ja lisäksi runsas hyönteislajisto tarjoaa hyvän ravinnonlähteen ensimmäisten elinviikkojen aikana. (Okkonen 2007.) Teeren poikueilla näyttäisi olevan hieman väljemmät vaatimukset elinympäristölleen kuin metson poikueilla. Metsopoikueet esiintyvät yleisimmin rehevissä kasvatusmetsissä ja korvessa. Metson poikaset käyttävät ravinnokseen paljon mustikan ja juolukan varvustossa elävää lajistoa. Metson poikasilla näyttääkin olevan tiukemmat vaatimukset poikaselin ympäristön suhteen kuin muilla kanalinnuilla. (Okkonen 2007.)

Pyyn poikue-elinympäristön vaatimukset ovat osin samanlaisia kuin metsolla ja teerellä. Pyyllä sopivassa elinympäristössä on tiheä pensas- ja kenttäkerros, joka tarjoaa suojaa ja ravintoa. Pyyllä mieluisimpia ovat lehtipuista koivu ja leppä ruokailupuina ja kuusi suojapuuna. Pyyllä suosimat metsät ovat keskimäärin hieman tiheimpiä kuin muilla kanalinnuilla. (Åberg, Swenson, & Angelstam 2003.)

Vaihtumisvyöhykkeen puusto on usein pienempää ja monilajisempaa kuin kanakaalla. Usein säästettävä puusto on vähäarvoista ja näin metsänomistajalle ei koidu riistan huomioonottamisesta suuria tulon menetyksiä. Jos vyöhykkeitä käsitellään, kyseeseen tulee yleensä poimintahakkuut, jolloin poistettavat puut ovat suurimpia ja arvokkaimpia puita. Usein taloudellisesti vähäarvoiset puut kuten haapa ja raita ovat luonnolle kaikista arvokkaimpia. Tärkeintä on säilyttää metsä peitteisenä, erityisesti pensaskerros. Turhaa raivaamista vältetään mahdollisuuksien mukaan. Jos alueella tehdään raivaussahatöitä, voidaan samalla katkaista nuorista kuusista latvoja, jolloin pensastuvat kuuset muodostavat hyviä suojapaikkoja riistalle. Suojavyöhykkeelle säästetyt koivut ja haavat tarjoavat ruokailumahdollisuuksia metsoille ja teerille.



Kuva 4. Riistatiheikkö korven laidassa.

5.2 Riekko

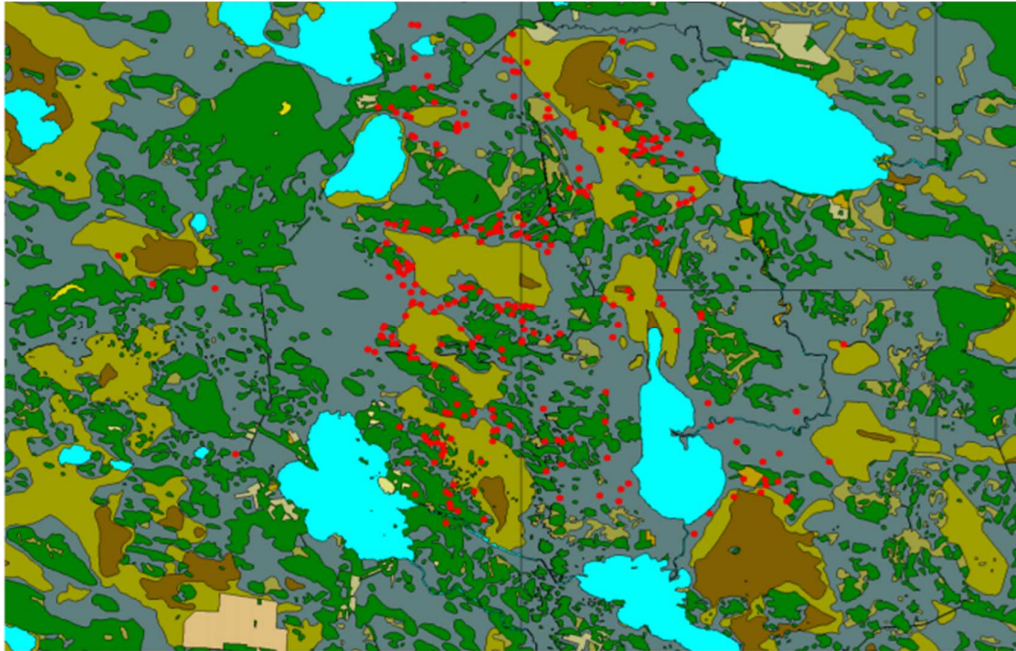
Riistalajeista erityisesti riekko hyötyy soiden ennallistamishakkuista. Riekkokanta on laskenut viimeisten 30 vuoden aikana murto-osaan aikaisemmasta. Osa-syynä pidetään suoalueiden metsittymistä metsäojituksen seurauksena. Ojitetulla suolla riekon pesimistulos on heikempi kuin luonnontilaisilla soilla. Ojitetulla suolla poikasten selviytyminen on hankalampaa. Tämä voi johtua kasvillisuudesta ja heikommista poikasajan elinympäristöistä. Avoimet ojat lisäävät varhaisen poikasvaiheen kuolleisuutta. Toisaalta suorien ojalintojen on todettu lisäävän aikuisten lintujen kuolleisuutta. Tämä johtuu petolintujen kohdistamasta saalistuksesta. (Osmala 2012.) Kanahaukan aiheuttaman saalistuspaineen on arvioitu

olevan suurin yksittäinen riekkokantaan vaikuttava tekijä. Kanahaukka on tehokas saalistaja ja riekkopopulaatioon kohdistuu suuri paine varsinkin, jos muiden ravintokohteiden kannat ovat alhaisella tasolla. (Osmala 2012.)

Riekko käyttää ravinnokseen lehtipuiden silmuja ja oksankärkiä. Pohjoisessa yleisimmät ravintolähteet ovat tunturikoivu ja vaivaiskoivu. Etelämpänä riekko käyttää ravinnokseen eri pajulajeja, hieskoivua ja vaivaiskoivua. Hieskoivu vaikuttaa kuitenkin olevan ravintokohde, jota käytetään silloin kun parempaa ei ole tarjolla. Pajuista erityisen haluttavia ovat pensastavat lajit lukuun ottamatta virpajua. Pajuista riekko syö silmuja ja oksankärkiä. Kesäaikaiseen ravintoon kuuluvat myös kankaiden ja vaihettumisvyöhykkeiden varvusto. (Miettunen 2010.)

Pohjoismaisissa tutkimuksissa on saatu viitteitä, joiden mukaan kevään sääolosuhteilla on huomattava merkitys riekon pesimätuloksiin. Riekkonaaraan palautumiseen talven koettelemuksista vaikuttaa laadukkaan ravinnon saanti keväällä ja alkukesällä. Tutkimuksissa on todettu, että naaraat, joilla on hyvät rasvavarat, saavat enemmän poikasia lentokykyisiksi. (Hörnell-Willebrand 2005.) Naaraan heikkoon kuntoon voi vaikuttaa myös linnuilla usein esiintyvät suolistoloiset. Suolistoloisten ja kanalintujen runsastumissykleillä on todettu olevan korrelaatio. Erityisesti heisimatojen vaivaamilla kanalinnuilla on suuri todennäköisyys joutua saaliiksi. (Isomursu 2014.)

Metsähallituksessa metsätaloudessa toteutettiin riekkosoiden ennallistamisia REAH-hankkeena vuosina 2007–2008. Tämän jälkeen toimintaa on jatkettu nimellä REH (riistan elinympäristöjen hoito) normaalin metsätaloustoiminnan ohessa. Riekon palaamista ennallistetuille soille on tutkittu vuosina 2008-2011 Pudasjärven ja Utajärven alueella. Tutkimuksessa laitettiin uroslinnuille radiolähetimet ja niiden soidinkäyttämistä tutkittiin keväällä. Tutkimuksen mukaan koiraat eivät käyttäneet täysin avoin suota, vaan reviirit olivat sijoittuneet avoimen suon välittömään lähiympäristöön.



Kuva 5. Erään tutkimusalueen riekkohavainnot punaisilla pisteillä. Värikoodien selitykset: vaaleanruskea on avosuo, harmaa on metsäinen suo ja vihreä on kangas (Kuva: Antti Paasivaara).

5.3 Teeri

Teeri on koko Suomessa tavattava kanalintulaji, joka viihtyy avoimessa ja rikko-
naisessa maastossa. Teeren elinympäristöä tyypillisimmillään ovat puustoiset
suot ja nuoret havumetsät. Teeri välttelee mahdollisuuksien mukaan sulkeutu-
neita metsäalueita. Teeri voi elää myös ihmisasutuksen lähetyvillä ja ruokailla
valtateiden varsilla ja pihapiirin koivuissa. (Kangas & Karsikko 1993.)

Kevät- ja syysoidin ovat yleisimmin avosuolla, järven jäällä tai pellolla. Soitimella
olevilla vanhoilla kukoilla on omat reviirit keskeisillä paikoilla. Nuoret teeret puo-
lestaan ovat yleensä soidinalueen reunoilla. Teeri kasvaa sukukypsäksi noin vuo-
den ikäisenä. Soitimen jälkeen naaraat siirtyvät hyvälle ruokailualueille valmistau-
tumaan pesintään. Teeren poikueympäristöjä ovat yleensä useampaa puolajia
olevat kasvatusmetsät, metsän ja suon vaihtumisvyöhykkeet ja korvet (Kuva 6.)
Näissä ympäristöissä riittää yleensä hyönteisravintoa poikasten ensimmäisten

viikkojen ravinnoksi. Poikaset siirtyvät muutaman viikon ikäisenä käyttämään samanlaista ravintoa kuin emo. Pääasiallista ravintoa ovat versot, silmut ja loppukesällä marjat. (Kangas & Karsikko 1993.) Kuoriutumisen jälkeiset viikot ovat poikasille kriittisintä aikaa selviytymisen kannalta. Alkupesän pakkasyöt ja vesisateet voivat tappaa valtaosan poikasista huonona vuonna.

Teeren elinympäristövaatimuksia voidaan ottaa huomioon metsätaloudessa suhteellisen pienillä valinnoilla. Tällaisia toimia ovat suon ja kankaan vaihtumisyöhykkeiden säästäminen hakkuussa ja metsänhoitotöissä, korpinotkelmien ja riistatiheikköjen säästäminen (Kuva 4.) Soiden ennallistamiseen tähtäävissä toimissa voidaan suunnitella toimia myös teeren elinympäristöjä silmällä pitäen. Suon keskellä on usein suurempia tai pienempiä metsämaan saarekkeitä, joita ei hakata ennallistamishakkuussa. Näitä suosaarekkeitä voidaan käsitellä harvennushakkuilla, joissa säästetään lehtipuustoa ja kuusialikasvosta. Erityisesti suon ja kankaan laidassa olevat koivut ovat tärkeitä teeren talvisena ravintokohteena. Jos koivua on paljon, voidaan käyttää koivua suosivaa harvennustyyliä. Koivun urvut ovat teeren pääasiallista ravintoa lokakuun ja maaliskuun välisenä aikana. Jonkin verran teeri käyttää myös mäntyä ja leppää ravinnokseen. Haavan säästäminen on hyväksi monimuotoisuudelle yleensä ja alkusyksystä se toimii myös metson ruokailupuuna. Ennallistamishakkuussa säästettävät vanhat suomännyt ovat teerelle sopivia tähystyspaikkoja kevätsoitimen ajaksi. Säästettäviä puuyksilöitä ovat myös männyt, joissa näkyy harsumaista latvusta. Se voi olla metson ruokailu- eli hakomispuu.

Suuriin ennallistamiskohteisiin liittyy usein myös puroja ja puronvarsia. Niistä löytyy hyviä poikueympäristöjä teerelle ja muille metsäkanalinnuille. Tällainen potentiaalinen kohde pitäisi etsiä suunnittelussa ja rajata pois hakkuussa. Puronvarsiakorpeen voidaan myös ohjata vesiä vanhoista ojista, jolloin korpi palautuu kohti luonnontilaa ja vedet menevät pintavaluntana puroon asti suodattuen.



Kuva 6. Metsäkanalintujen poikue-elinympäristö rämeen reunassa.

5.4 Puronvarren elinympäristöt

Purolaajat ja niiden välitön lähiympäristö ovat tärkeitä elinalueita monille eläin- ja kasvilajeille. Puronvarret ovat usein ympäristöstään poikkeavia sekä lajistoltaan että maaperän ravinteisuudeltaan. Purojen varsilla on yleensä tulva-alue, joka jää taasisin väliajoin veden peittoon ja näin puronvarren kasvillisuus saa jatkuvasti ravinnetäydennystä. Rehevä kasvillisuus yhdessä monipuolisen hyönteislajiston kanssa tuo ravintoa purolaajalle ja metsäkanalintujen poikueille. Puronvarren lepät tarjoavat talviravintoa erityisesti pyylle.

Puuston varjostus tuo omintakeisen pienilmaston puron välittömään lähiympäristöön. Tässä pienilmastossa menestyvät monet vaateliaat kasvi- ja hyönteislajit,

jotka hyödyttävät myös puron kaloja ja puronvarren linnustoa. Purotaimenen viihtymisen kannalta varjostus on tärkeää, koska lohikalat viihtyvät viileässä vedessä kesäaikaan. (Kajava, Silver, Saarinen & Heikkilä 2002.)

5.5 Ennallistaminen ja kalasto

Purotaimen on yksi niistä lajeista, joiden elinolosuhteita voidaan parantaa soiden kunnostuksen yhteydessä. Puro olisikin hyvä koekalastaa ennen kuin raskaampiin toimenpiteisiin purotaimenen elinolosuhteiden parantamiseksi ryhdytään. Mahdolliset vaellusesteet tulisi tutkia tarkkaan, että esimerkiksi tierummut eivät estä kalojen liikkumista purossa. Merkitystä on myös pienillä toimenpiteillä, kuten pienen kutosoraikon lisäämisellä (Kuva 7.) Paikkaa suunniteltaessa pitää huolehtia siitä, että ylhäältä tuleva liete ei tuki soraikkoo. Taimenen kutu tarvitsee paljon happea pysyäkseen elossa. (Jormola, Harjula & Sarvilinna 2003.)

Kutosoraikon koko riippuu kutevien naaraiden määrästä. Yhden naarastaimenen tilantarve on arvioitu olevan noin 2–5 m². Soran tulee olla tarpeeksi karkeaa, että mätimunat pysyvät kivien välissä. Soran raekoon tulisi olla 20–30 mm ja hienoainesta saisi olla korkeintaan 10 %. Sopiva vedensyvyys taimenelle on kutosoraikon kohdalla noin 20–30 cm. (Louhi & Mäki-Petäys 2003.)



Kuva 7. Kutusoraikkoa ennallistetussa purossa. Liettyminen on pahin riski purotaimenen lisääntymisen kannalta.

5.6 Puron kunnostaminen

Laajamittaisessa puron kunnostuksessa pyritään vesi palauttamaan entiseen uomaansa, mikäli sellainen on olemassa. Aikaisemmin purot yleisesti perattiin kaivinkoneella ojituksen yhteydessä ja luontaisia mutkia oikaistiin, että vesi virtaisi paremmin. Joissakin tapauksissa koko vanha uoma jäi kuivaksi. Tällaisessa uoman vesittämisessä joudutaan mahdollisesti tekemään maavalleja tai patoja, että vesi saadaan menemään vanhaan uomaansa. Myös vanhat puroon johtavat ojat tukitaan ja ohjataan sopivaan paikkaan, johon saadaan toimiva pintavalutus. Kun käytössä on kaivinkone, voidaan uomaan nostaa virtausesteitä parantamaan kalojen viihtyvyyttä. Tällaisia esteitä ovat esimerkiksi puunrungot ja suuret kivet. Esteet tarjoavat taimenille piilopaikkoja. Kaivutöitä tehdessä tulisi muistaa varovaisuus, ettei puronvartta muokata tarpeettoman paljon. Tällaisessa tapauksessa

riskinä on, että hienoa kiintoainesta lähtee paljon liikkeelle ja kaivaminen saattaa käynnistää eroosion, jos virtauksen muuttuvat voimakkaasti. Eroosiota voi estää kiveämällä rantaa, johon kohdistuu voimakasta kulutusta. (Maa- ja metsätalousministeriö 2008.) Kaivamisessa irtoava hienoaines pahimmillaan tukkii olemassa olevat kutasoraikot käyttökelvottomiksi ja aiheuttaa ja veden laatu huononee.

6 Puunkorjuu ennallistamiskohteilla

6.1 Ennallistamiskohteiden hakkuun haasteet

Ennallistamiskohteiden puunkorjuuseen liittyy monia erityispiirteitä, joita ei tule vastaan kangasmaiden puunkorjuussa tai normaaleissa rämeiden harvennustyökohteissa. Pieni rungon koko ja alhainen kertymä tarkoittaa monilla kohteilla tappiollista toimintaa. Lähikuljetusmatkat venyvät pitkiksi ja usein tarvitaan myös talvitie. Voidaan joutua polkemaan ajouria ja linjaamaan niitä mahdollisuuksien mukaan kankaalla kulkeviksi. Kankaalla kulkevat kokoojaurat voivat olla toteutuksen kannalta paras ratkaisu, kun otetaan huomioon viime vuodet, jolloin lumi on tullut roudattomaan tai lähes roudattomaan maahan. Keskitalvella paksu lumikerros voi olla ainoa kantava tekijä. Toisaalta Pohjois-Suomessa liian paksu lumipeite haittaa ainakin pienempien koneiden etenemistä ja pienet puumäärät hautautuvat helposti lumen sekaan.

Viime vuosina korjuuseen käytettyjen koneiden koko on kasvanut ja samalla myös toiminnan tehokkuus. Suuret kuormatraktorit kuljettavat suuremman lastin kerralla. Toisaalta suuret koneet aiheuttavat myös suuremman pintapaineen metsänpohjalle ja raiteiden muodostumisen riski kasvaa. Tämä tulee erityisesti esille turvemaiden puunkorjuussa. Ennallistamishakkuussa tulisi ongelmiin valmistautua varustamalla kone kantavilla teloilla ja kiinnittämällä erityistä huomiota lähikuljetusreitteihin. Raiteenmuodostukseen vaikuttaa myös kuljettajasta johtuvat

tekijät. Painuminen vähenee, jos mutkiin ja pehmeikköjen ylittämiseen kiinnitetään erityistä huomiota. Vaikutusta on myös sillä, miten kuorma on lastattu. Keulan kevennyksellä näyttäisi olevan merkittävää vaikutusta raiteenmuodostukseen. Tutkimuksissa on saatu viitteitä, että tyhjällä kuormatraktorilla ajettaessa syntyy jopa enemmän urautumista kuin kuorman kanssa. Tämä voi johtua siitä, että tyhjänä ajetaan varomattomasti ja joissain kuormatraktoreissa etummaiselle renkaalle tulee suurempi paino ilman kuormaa. Etupainoisena kone kyntää mutkissa ja rikkoo maanpinnan. (Lamminen 2008.) Kuljettaja voi vaikuttaa urapainauksiin myös kuormaimella. Hankalassa paikassa voi ottaa puuta kuormaimeen ja keventää näin toisen puolen renkasiin tulevaa painetta. Kokonaisuutena tämä on kuitenkin työläs menetelmä. (Palander, Punttila & Kariniemi 2012.)

Turvemaan hakkuissa olisi järkevää käyttää pieniä tai keskikokoisia koneita, jos ainoana tavoitteena olisi vähäiset urapainaukset. Pienimassaisilla koneilla maastovaurioita tulisi vähemmän ja puunkorjuu ei olisi niin paljoa sidoksissa sopiviin korjuukeleihin. Tässä kuitenkin tulee vastaan tehokkuus. Uudet koneet ovat tehokkaita, mutta myös varsin painavia ja näin huonommin sopivia turvemaiden korjuuseen. Telavarustuksella tosin isompienkin koneiden turvemaakelpoisuutta voidaan parantaa. Turvemaakohteiden pienehkö osuus korjuumäärästä houkuttaa yrittäjää laittamaan yleiskoneen, jolla pärjätään kohtuullisesti turvemaidella, joka soveltuu myös kivennäismaiden päätehakkuihin ja harvennuksiin. Pienillä koneilla työn tuottavuus on heikompi ja toiminta ei ole yhtä kannattavaa. Kannattavuutta haetaan suurilla kuormatraktoreilla. Turvemaiden hakkuussa suuresta hakkuukoneesta ei sinällään ole samanlaista etua kuin kivennäismailla, koska puumäärät ovat pieniä, hajallaan ja rungon keskikoko on pienempi (Ahti, Kainisto, Moilanen, Murtovaara 2005).

6.2 Turvemaan kantavuus

Turvemaan rakenne ja vesitalous vaikuttaa suuresti kulkukelpoisuuteen ennallistamiskohteilla. Turve koostuu pääosin elävistä ja kuolleista, osittain maatuneista

kasvinosista sekä veden ja ilman täyttämistä huokosista. Suuresta huokostilavuudesta johtuen turvemaan kokoonpuristuvuus kuormituksessa on suuri, joten myös ajoneuvon uppoama kulkualustaan nousee äkkiä suureksi. Kasvillisuus vaikuttaa oleellisesti turvemaan kantavuuteen. Tosin kantavuus saattaa vaihdella hyvinkin paljon pienellä matkalla. Puustoisilla alueilla myös puun juuristot lisäävät kantavuutta korjuukoneille. Maatuneella turpeella ei ole hyviä kantavia ominaisuuksia, vaan yleensä suon pintakerros on kantava. Heti, kun pinta rikkoontuu, ajoura menettää kantavuutensa lähes kokonaan. Monet turvemaan kohteet kestävät kyllä yksittäisiä ajoja, mutta ongelmat alkavat ajokertojen lisääntyessä. Turvemaan kohteissa myös teloihin kannattaa kiinnittää huomiota. Teloissa voi olla terävät laidat, jotka varsinkin mutkissa leikkaavat turpeen rikki ja ajoura menettää kantavuutensa. Talviaikaan tehty polkeminen saa turpeen tiivistymään ja siinä olevan veden jäätymään kovaksi alustaksi. Tarvitaan kovaa pakkasta, jotta maassa oleva vesi jäätyy. Turve voi sisältää paljon lämpöenergiaa ja pienellä pakkasella se ei jäädy kunnolla kestäväksi (Ahti ym. 2005)

Ennallistamishakkuussa on myös hyviä puolia, kun verrataan perinteiseen rämeharvennukseen. Puustoa ei tarvitse suuremmin varoa ja ajouria pystyy melko sijoittamaan parhaaseen kohtaan. Myös vanhojen ojien rikkoutuminen ei haittaa, koska ne laitetaan umpeen myöhemmin, jos kyseessä on aktiivisesti ennallistettava reh -hanke. Puronvartta käsiteltäessä ja suodatuskentällä toimiessa tulee välttää korjuuvaurioita ja pitää huoli siitä, että mahdollisimman vähän hakkuutähdettä jäisi päästämään ravinteita. Hakkuutähdettä syntyy, jos otetaan hakkuun yhteydessä myös ainespuuta. Reh -kohteissa puusto on poistettu pääasiassa kokopuuna, jolloin ravinteita vapautuu hakkuun jälkeen mahdollisimman vähän.

6.3 Suunnittelun periaatteet

Osaltaan tärkeää olisi kohteen suunnitteluvaiheessa kiinnittää huomiota taloudelliseen puoleen. Suokokonaisuudesta tulisi ottaa mukaan vain taloudellisesti toteutettavissa oleva ala ja jättää loput luonnontilaan, jos kohteella ei ole muita

esim. luonnon- tai riistahoidollisia tarpeita. Suunnittelijan tulisi ottaa huomioon myös ennallistamiskohteen toteutettavuus muuta leimikkoa ja varsinkin talvitietä suunniteltaessa. Ennallistamiskohteen hakkuu olisi hyvä toteuttaa samanaikaisesti alueen muiden hakkuiden kanssa, jolloin säästetään esimerkiksi korjuun sivukuluissa.

Kokoojaurien suunnittelussa voi käyttää apuna olemassa olevia aineistoja. Näistä Metsähallituksessa käytössä ovat vinovalovarjoste (pinnanmuodot) ja korjuukelpoisuus. Korjuukelpoisuus karttataso avulla lähikuljetusreitit voidaan ohjata parhaiten kantaville paikoille. Toki viimekädessä tarkemman linjauksen tekee monitoimikoneen kuljettaja, mikäli uraa ei ole merkitty maastoon. Karttatasoa ei välttämättä ole saatavilla kaikille alueille.

7 Kehittämistyön tavoite

Toiminnallisessa opinnäytetyössä lähtökohtana on usein konkreettinen tulos tai ohjeistus, jolla tavoitellaan toiminnan parantamista ja oman ammattialan tiedon kehittämistä. Opinnäytetyössä on kaksiosainen rakenne. Ensimmäisessä osassa muodostetaan teoriaosa ammattiteoriaan pohjautuen. Toisessa osassa tehdään nykytilan selvitys ja toiminnan kehittäminen. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tutkimus on usein selvityksen tekemistä ja selvitys toimii tässä tapauksessa tiedonhankinnan apuvälineenä (Vilka & Airaksinen 2003).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on parantaa riistanhoidollisten ennallistamishakkuiden taloudellista tulosta valtion mailla. Lisäksi tavoitteena on selvittää potentiaalisten ennallistamiskohteiden määrä. Hakkeesta saatujen aineistojen perusteella selvitetään toiminnan nykytila ja esitetään parannusehdotukset toimintaan. Aineistosta selvitetään rankahakkeen ja kokopuuhakkeen keskimääräinen kosteusprosentti ja jakautuminen eri kosteusluokkiin. Energiasisällön perusteella lasketaan tulot hakkeesta. Parannusehdotuksissa keskitytään siihen,

miten hakkeen laatua saadaan tasaisemmaksi ja korkeimmat loppukosteudet voidaan välttää. Työhön perustuen laaditaan ohje kannattavaan riistanhoidolliseen ennallistamishakkuun suunnitteluun ja käytännön toteutukseen. Ohjeessa keskitytään pääasiassa suunnitteluvaiheen valintoihin, joilla on suurin merkitys toiminnan kannattavuuteen. Ohjeessa on myös keinoja, joiden avulla hakkeen laatuun voidaan vaikuttaa kuivatusvaiheessa.

8 Aineistot ja tulokset

8.1 Käytetyt aineistot

Tässä opinnäytetyössä on käytetty pääasiassa Metsähallituksen omia aineistoja. Energiapuuaineistosta selviää hakekuormien paino, hakkeen määrä irtokuutiometreinä, energiasisältö ja toimitusaika tunnin tarkkuudella. Käytettävissä olleet aineistot sisälsivät loppukäyttäjän mittaamaa ja tallentamaa tietoa, pääosin painosta ja energiasisällöstä. Hakekuormista otetaan systemaattisesti näytteet, joista määritetään hakkeen energiasisältö. Kokopuuhake ja karsitusta rangasta saatava hake eritellään, jolloin saadaan luotettavat mittaustulokset.

Potentiaalisista ennallistamiskohteiden suuruusluokkaa arvioitaessa käytettiin Metsähallituksen paikkatietojärjestelmästä saatua aineistoa, jossa metsämaa, kitumaa ja joutomaa on eritelty. Jaottelu on karkea, mutta suuruusluokka saadaan selville. Vertailtaessa Metsähallituksen aineistoa Luonnonvarakeskuksen VMI-aineistoon selviää, että Luonnonvarakeskuksen arvio kitumaan määrästä on suurempi. Valtion metsien inventoinnin mukaan kitumaata olisi valtion mailla 250 000 ha. Metsähallituksen oma arvio on noin 200 000 ha.

Korjuukustannuslaskelmia tehtäessä on käytetty Metsähallituksen tällä hetkellä käytössä olevia urakointimaksutaulukoita. Laskennassa on myös otettu työnvaikeustekijät huomioon. Käytössä on omat maksutaulukonsa ainespuulle ja integ-

roidulle korjuulle. Integroidussa korjuussa ainespuu otetaan yhdessä energia-puun kanssa. Kaukokuljetuksessa osalta on käytetty voimassaolevia urakointi-maksuja. Energiapuun kaukokuljetuksen urakointimaksun lisäksi tulee myös ha-ketuskustannukset. Käytettävissä oli kokopuuhakkeen osalta 170 rekkakuorman tiedot. Karsitun rangan aineisto koostui 428 kuorman kokonaisuudesta. Koko-puun osalta aineisto on kolmen lämmityskauden ajalta. Karsitun rangan aineisto on lämmityskaudelta 2017–2018.

8.2 Aineistojen käsittely

Hakkeen loppukäyttäjältä saaduista tiedoista laskettiin keskiarvot kosteusprosen-tin, kuormien painon, hakkeen energiasisällön ja kuutiomäärän osalta. Lisäksi laskettiin keskihajonta. Aineistoissa käytetyt irtokuutiometrit muunnettiin kiinto-kuutiometreiksi, koska irtokuutiometriä käytetään vähemmän metsätalouteen liit-tyvissä laskelmissa. Energiapuuta mitataan yleensä painon mukaan ja tämän vuoksi laskelmissa esiintyy tonneja. Nämä on kuitenkin laskelmien vertailun vuoksi muunnettu kiintokuutiometreiksi. Lämmityskauden 2017–2018 osalta teh-tiin ristiintaulukointi kokopuun ja karsitun rangan kuivuuden osalta.

Korjuukustannukset on arvioitu voimassaolevien Metsähallituksen yksikkömak-sujen mukaan. Taulukosta saatujen urakointimaksujen lisäksi on käytetty voi-massa olevia lisiä ja työhaittakorvauksia. Korjuun kustannukset laskettiin erilai-sella rungon koolla. Laskelmiin valittiin mukaan pienin taulukoissa esiintyvä poistettavan rungon keskikoko 35 litraa. Lisäksi mukaan otettiin luokat 40, 50, 60 ja 70 litraa. Useamman luokan avulla on tarkoitus kuvata korjuun kannattavuuden kehitystä rungon koon kasvaessa. Laskelmissa on otettu huomioon maastokulje-tuslisä, kun lähikuljetusmatka ylittää määritellyn rajan. Lisäksi käytössä on lumi-haittakorvaus ja alitiheyslisä. Maastokuljetuslisä ja alitiheyslisä on otettu kaava-maisesti 30% alueelle käsiteltävästä pinta-alasta. Lisäksi kaikkiin laskelmiin otettiin mukaan korjuun sivukulut, joita tulee erityisesti talvella hakattaessa. Näi-

hin kuuluu esimerkiksi talvitiekustannukset ja auraus. Kokopuun ja karsitun rangan korjuun laskelmissa on otettu huomioon myös kasojen peittelystä koituneet kustannukset.

Korjuun ja työmaan kustannusten lisäksi tulee vielä haketuksen ja välivarastoinnin kustannukset. Ranka ajetaan yleensä hakkuun jälkeen välivarastoon kuivamaan ja kokopuu kuivataan tienvarsivarastossa. Aiempina vuosina kuitenkin myös kokopuuta on kuivatettu välivarastossa. Tässä opinnäytetyössä on kuitenkin kokopuun haketuksen kustannukset otettu tienvarsihaketuksena ja karsitulla rangalla välivarastohaketuksena. Kaukokuljetuksen kustannukset otettiin huomioon erilaisilla kaukokuljetusmatkoilla. Taulukosta otettiin tarkasteluun luokat 50, 100, 150, 200 ja 250 km. Näin saadaan käsitystä kaukokuljetuksen vaikutuksesta kokonaiskustannuksiin. Pääosin vertailussa käytetään kaukokuljetusmatkana 250 km, koska opinnäytetyössä käsitellään pääosin Kainuun tilannetta. Tällä hetkellä valtaosa energiapuusta käytetään Kainuun ulkopuolella. Nämä laskelmat on tehty euroina, mutta muunnettu opinnäytetyötä varten eri muotoon, koska julkisessa opinnäytetyössä ei käytetä euroja.

8.3 Potentiaalisten ennallistamiskohteiden määrä

Valtionmaiden soista on ojitettuja noin 900 000 hehtaaria ja näistä noin 200 000 hehtaaria katsotaan jääneen luokituksessa kitumaaksi tai joutomaaksi puuston määrän suhteen. Tällöin hehtaarikohtainen kasvu jää alle 1 m³/vuosi. Kitumaaksi merkityillä kohteilla ojitusikä on yli 30 vuotta ja puusto alle 50 m³/hehtaari. Valtion mailla olevilla kitu- ja joutomaan soilla on arvioitu koko maan tasolla olevan puustoa 4,66 Mm³. Tämä tarkoittaa noin 23 m³/ha puustoa. Pohjanmaa-Kainuun alueella kokonaispuusto kitu- ja joutomailla on 2,1 Mm³. Hehtaarikohtainen puusto on noin 31 m³.

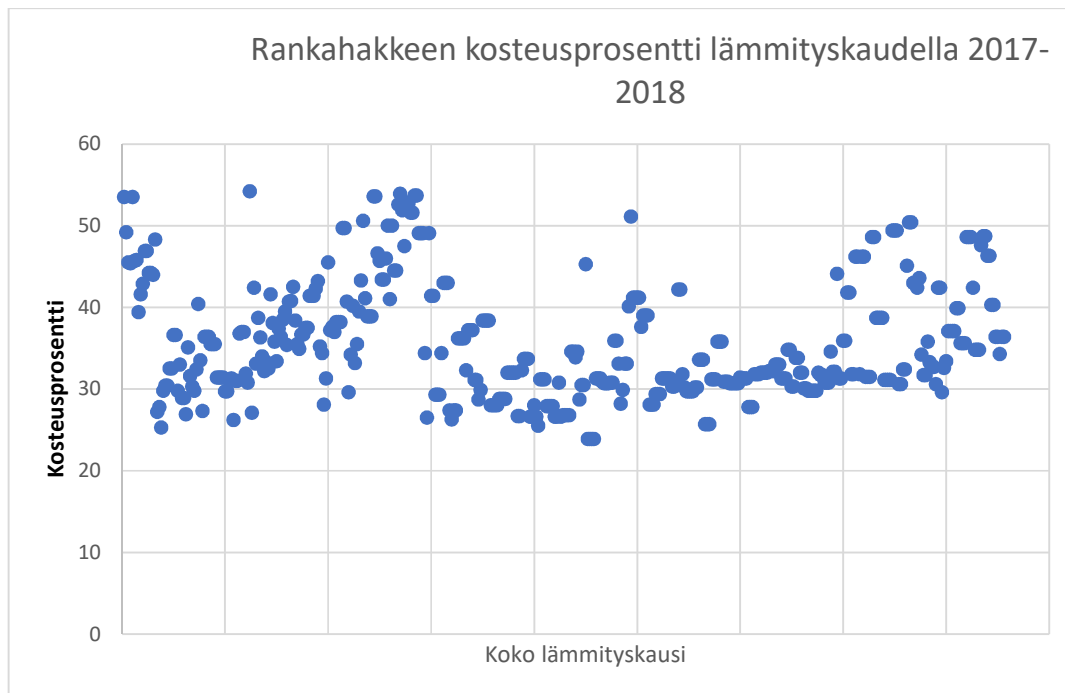
Jos haetaan korjuuteknisesti järkevästi toteutettavia kohteita, joudutaan tekemään karsintaa. Kaksi alinta luokkaa, joissa hehtaarikohtainen puusto jää alle 30

m³, jätetään pois luvuista. Näin rajattuna koko Suomen tasolla saadaan mahdollisia ennallistamiskohteita 92 000 ha, joilla hehtaarikohtainen puusto on 38 m³. Valtaosa näistä vähäpuustoisista kitumaista on Lapin ja Pohjanmaa-Kainuun alueella. Pohjanmaa-Kainuun alueella on potentiaalisia ennallistamiskohteita 45 000 ha. Näillä soilla kokonaispuusto on 1,73 Mm³. Hehtaarikohtainen puusto on 38 m³.

Metsähallituksen turvemaakorjuun ohjeistuksessa on kuitenkin otettu tiukemmat rajat. Ohjeistuksen mukaan hehtaarikohtaisen puuston määrän ylittäessä 40 m³/ha, ollaan jo luokituksessa metsämaan puolella ja tämä tarkoittaa myös uudistamisvelvoitetta. Näin ollen lopullinen puuston määrän haarukka potentiaalisille kitumaan ennallistamishakkuille on 30–40 m³/ha. Näin rajattuna kohteita löytyy koko Suomen alueella noin 50 000 ha. Ainespuuta tältä alueelta löytyy noin 1,7 Mm³. Pohjanmaa-Kainuun alueella vastaavat luvut ovat noin 26 000 ha ja 0,9 Mm³.

8.4 Kokopuuhakkeen ja rankahakkeen tulokset

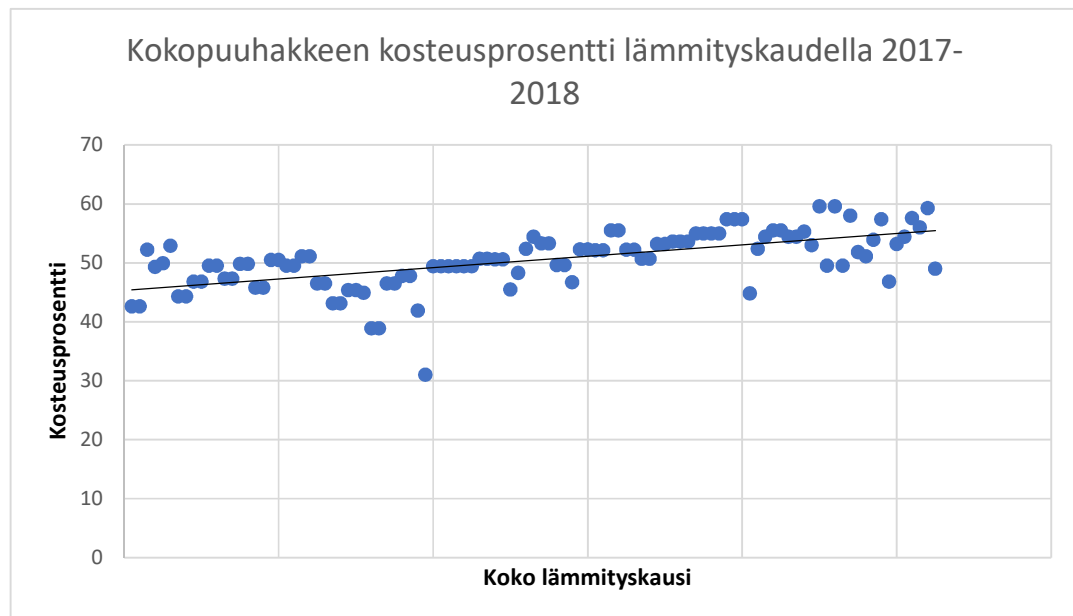
Rankahakkeen kuivuus vaikuttaa olevan keskimäärin hyvällä tasolla ja toiminta kannattavaa. Muutama asia kuitenkin herättää huomiota. Kuvaajan alussa olevilla kuormilla syyskuussa on todella korkeat kosteudet (Kuvio 3.)



Kuvio 3. Loppukäyttäjälle toimitetun rankahakkeen kosteuden vaihtelut kuormittain aikavälillä 18.9.2017–12.5.2018. Korkeimmat kosteudet sijoittuvat joulukuulle ja huhtikuulle.

Myöhemmin lokakuulla viedyissä kuormissa kosteusprosentti on erinomaisella tasolla. On mahdollista, että syyskuussa on viety haketta, joka on haketettu tuoreesta puutavarasta. Alkusyksyllä hake on usein todella hyvälaatuista normaalin kesän jäljiltä. Toki myös varastokohtaiset erot voivat olla suuria.

Talven aikana toimitetut kuormat ovat olleet hyvälaatuisia, muutamia yksittäisiä kuormia lukuun ottamatta. Keväällä huhti-toukokuussa hakkeen laadun vaihtelu kasvaa sulavan lumen takia ja silloin tulisi kiinnittää erityistä huomiota, ettei viedä läpimärkää haketta. Voisi olla paikallaan myös puhdistaa lumet pinojen päältä siinä vaiheessa, kun lumi on vielä kuivaa alkukevästä.

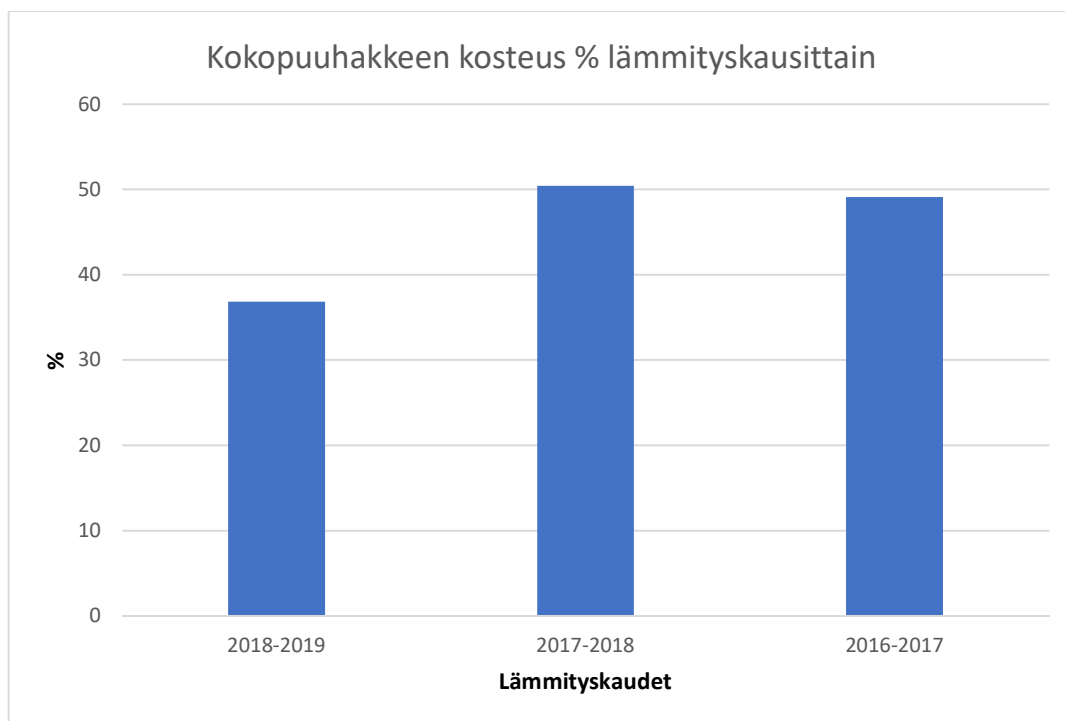


Kuvio 4. Loppukäyttäjälle toimitetun kokopuuhakkeen kosteuden vaihtelut kuormittain aikavälillä 15.9.2017–4.5.2018. Kosteusprosentti nousee koko lämmityskauden ja korkeimmat kosteudet sijoittuvat huhtitoukokuulle.

Kokopuuhaketta toimitetaan kokonaisuutena vähemmän kuin rankahaketta. Toimitetun rankahakkeen määrä lämmityskaudella 2017–2018 oli noin nelinkertainen kokopuuhakkeeseen verrattuna. Lisäksi kokopuuhaketta toimitettiin poikkeuksellisen paljon muihin talviin verrattuna. Kuvaajassa eniten herättää huomiota kosteusprosentin nouseva trendi (Kuvio 4.) Syksyn aikana toimitetuissa kuormissa kosteus on pysynyt kohtuullisella tasolla. Hakkeen kosteus on kuitenkin vuodenvaihteen jälkeen noussut 50–55 % luokkaan ja keväällä jopa luokkaan 55–60 %. Tällainen kosteusprosentti on tyypillinen tuoreelle havupuulle.

Luultavimmin pinojen kesäaikainen kuivuminen ei ole suurin ongelma, vaan niiden talviaikainen kastuminen. Kokopuuna kerätyn puuston latvaosat ovat pitkiä ja lumi ja kuura tarttuu niihin herkästi. Lisäksi pinoja on vaikea tehdä niin, että saataisiin tarpeeksi harva pino. Latvaosat jäävät usein liian tiiviiseen kasaan ja yhdistettynä kerääntyvään lumeen, lopputulos on läpimärkä kasan pohja. Kokopuuhakkeen laatuun vaikuttaa myös hakkuutapa. Jos tyvestä on otettu ainespuu, on karsimaton latvaosa todennäköisesti huonompaa haketta, koska runkopuuta

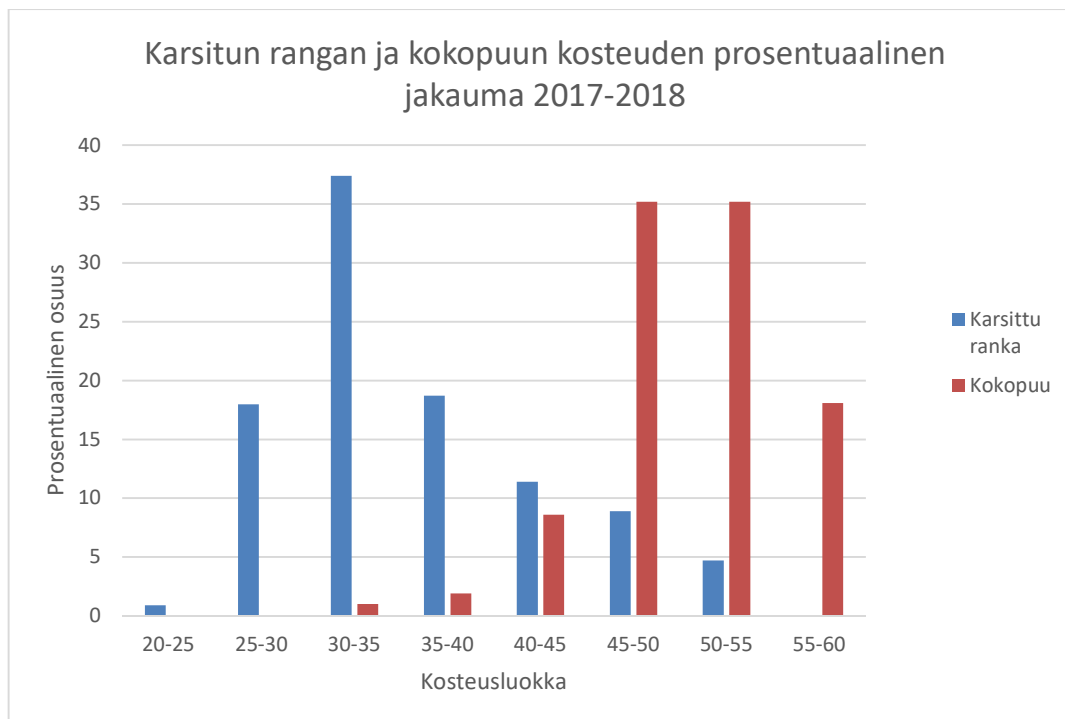
on vähemmän. Latvaosan kosteusprosentti on jo lähtötilanteessa korkeampi kuin tyven, johtuen sydänpuun määrästä. Toinen kuvaajasta heräävä ajatus on satunnaisuuden puuttuminen. Useissa peräkkäin toimitetuissa kuormissa on täsmälleen sama kosteusprosentti. Oletettavasti useampi kuorma ajetaan kasaan ja sama kosteusprosentti tulee useammalle kuormalle.



Kuvio 5. Kosteusprosentin vaihtelu kokopuuhaakkeen osalta kolmena viimeisenä lämmityskautena. 2018–2019 erottuu kuuman loppukesän ansiosta.

Kokopuuhaakkeen kosteusprosentit ovat olleet aika korkealla tasolla lämmityskausina 2016–2017 ja 2017–2018. Tämä johtuu mitä luultavimmin kesän olosuhteista. Molemmat kesät olivat viileitä ja sateisia. Vastaavasti lämmityskaudella 2018–2019 viety kokopuuhaake on ollut erittäin hyvällä tasolla (Kuvio 5.) Syynä tähän on melko varmasti kuuma ja kuiva loppukesä 2018, joka kuivatti energia-puun tavoite tasolle. Lämmityskaudella 2016–2017 vietyjen kokopuuhaakekuor-

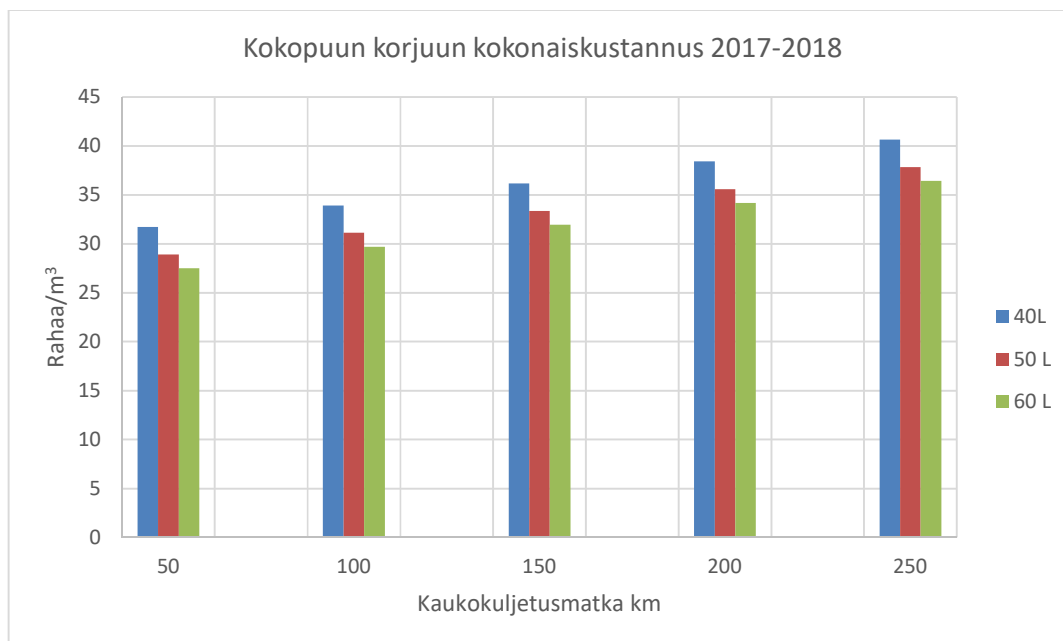
mien kosteusprosenttien keskiarvo oli 49,13 keskihajonnalla 3,66. Lämmityskaudella 2017–2018 vastaavasti 50,44 keskihajonnalla 4,75. Lämmityskaudella 2018–2019 vastaava keskiarvo oli 36,87 keskihajonnalla 6,75.



Kuvio 6. Kokopuuhakkeen ja rankahakkeen kuivuusasteen jakauma lämmityskaudella 2017–2018.

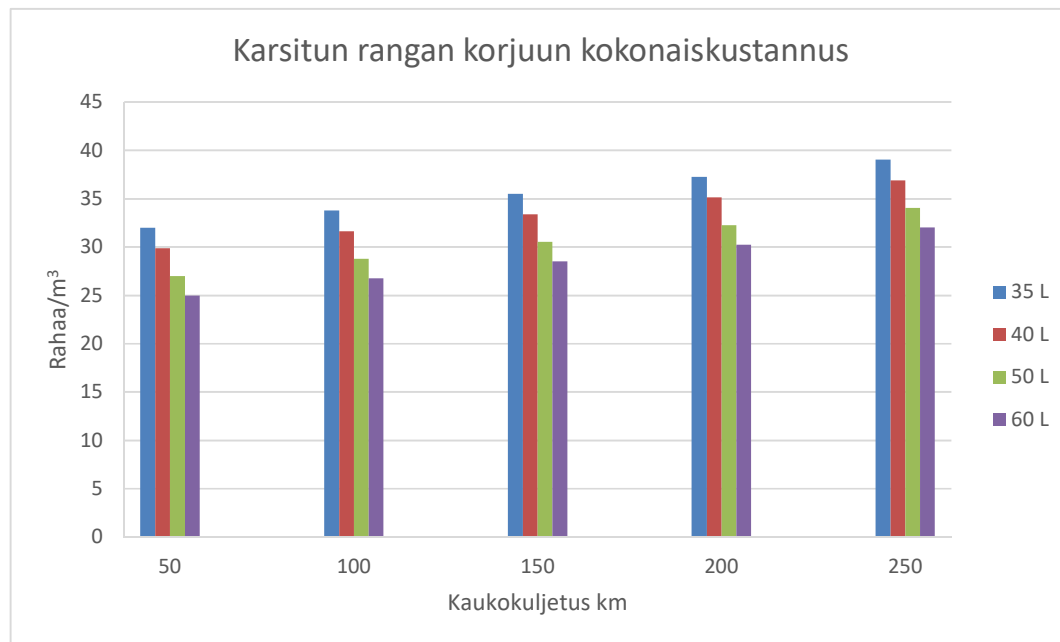
Koko lämmityskauden aineisto jaettiin kosteusprosentin mukaan kahdeksaan luokkaan. Alarajana pidettiin 20 % kuivuusastetta, koska yhtään sen alittavaa arvoa ei tutkittavassa aineistossa esiintynyt. Maksimi oli puolestaan 60 %, joka on käytännössä talvella korjatun tuoreen puun kosteus ja jopa hieman yli. Luokista laskettiin prosentuaaliset osuudet. Kuvio osoittaa selvän eron karsitun rangan ja kokopuun välillä. Kokopuun osalta korkeimpaan 55–60 % luokkaan osui 18,1 % havainnoista ja seuraavaan 50–55 % luokkaan 35,2 %. Karsitulla rangalla vastaavat olivat 0 % ja 4,7 % (Kuvio 6.) Karsitun rangan osalta on hyvä muistaa, että siihen sisältyy myös korjuun sivutuotteena tullutta kuollutta puuta, jonka korjuu on sittemmin lopetettu kokonaan. Todennäköisesti karsitun rangan kosteusprosentti nousee tulevaisuudessa.

8.5 Korjuukustannukset energiapuun osalta



Kuvio 7. Poistettavan rungon koko vaikuttaa merkittävästi korjuun kannattavuuteen ja kaukokuljetusmatka kokonaiskannattavuuteen.

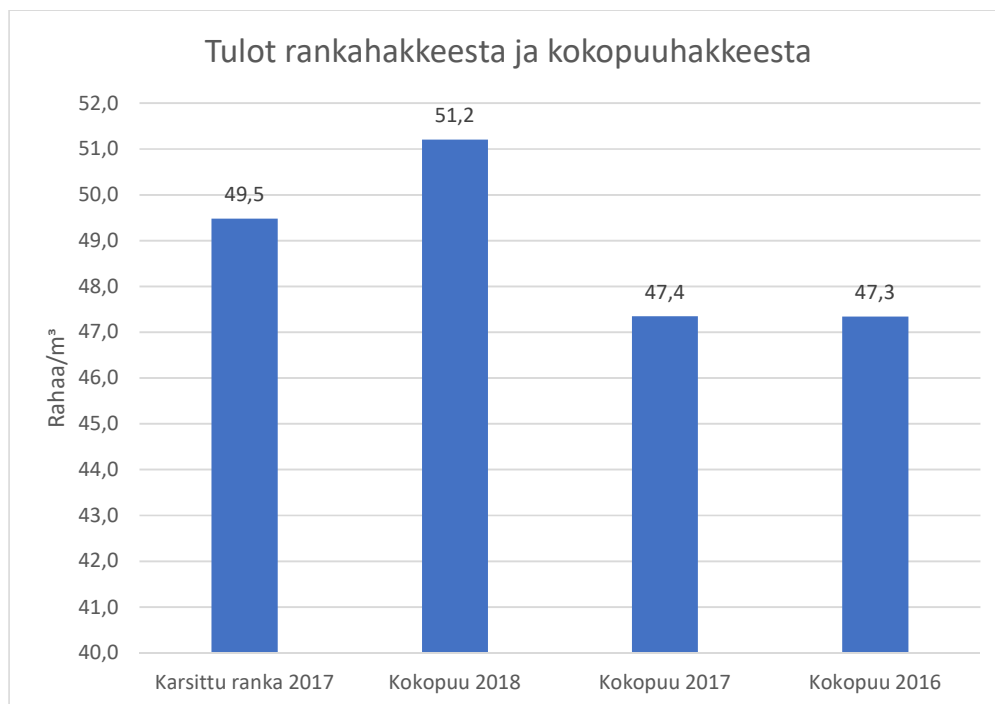
Kokopuun korjuun kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi poistettavan puuston koko ja kaukokuljetusmatka. Poistettavan rungon ollessa 40 litraa ja kaukokuljetusmatkan ollessa 100 km, kokonaiskustannukseksi muodostuu 33,9 rahaa (Kuvio 7.) Vastaavasti 250 km kaukokuljetusmatkalla kustannus on 40,6 rahaa. Lämmityskauden 2017–2018 aineistoa tarkastellessa huomataan, että teoreettisella 250 km kaukokuljetusmatkalla 13,3 % toimitetuista kokopuuhakekuormista olisi tappiollisia. Vastaavasti 100 km kaukokuljetusmatkalla tappiollisia kuormia ei ollut yhtään. Koko lämmityskauden aineistosta laskettu tulojen keskiarvo on 47,35 rahaa/m³. Aineiston vaihteluväli on 33,9–61,8 rahaa/m³. Lämpöarvoltaan heikoin kuorma tekee siis 250 km kaukokuljetusmatkalla ja 40 l keskirungolla tappiota 6,7 rahaa/m³. Kosteusprosentti tällä kuormalla oli aineiston mukaan 59,6.



Kuvio 8. Karsittu ranka on yleensä pienikokoista ja menee alimpaan 35 litran luokkaan, jos ainespuu otetaan talteen.

Samoin kuin kokopuun korjuussa, myös karsitun rangan korjuussa koko vaikuttaa korjuukustannuksiin. Käytettävissä olevan aineiston mukaan laskettuna 50 km kaukokuljetusmatkalla kustannusero 35 litran rungolla verrattuna 60 litran runkoon on noin 28 %. Vastaavasti 250 km kuljetusmatkalla ero on noin 22 %. Kaukokuljetuskustannuksen merkitys on ratkaiseva, kun rungon koko on pieni. Järeämpi karsittu ranka olisi kannattavaa ajaa vähän kauempaakin, mikäli laatu on hyvällä tasolla. Käytännössä tällaista järeää rankaa voisi tulla kitumaan ennallistamishakkuissa, jos ei kerätä ainespuuta. Tämä voisi tulla kysymykseen tilanteessa, jossa kuitupuulle ei ole markkinoita tai käyttöpaikat ovat kaukana suhteessa energiapuun käyttöpaikkaan. Karsitulla rangalla ei näyttäisi olevan samantlaisia kuivumisongelmia kuin kokopuulla, ainakin lämmityskauden 2017–2018 aineiston perusteella. Karsitun rangan aineiston tulojen vaihteluväli on 29,9–54,2 rahaa/m³. Rungon koon ollessa 35 litraa ja kaukokuljetusmatkan 250 km karsitun rangan korjuukustannukseksi muodostuu 39 rahaa/m³ (Kuvio 8.) Verrattaessa lämmityskauden 2017–2018 tuloihin huomataan, että 10,5 % kuormista olisi tappiollisia.

8.6 Tulot energiapuusta



Kuvio 9. Toteutuneet tulot hakkeen osalta. Mukana karsitusta rangasta ja kokopuusta saatu hake.

Aineistoista parhaiten vertailukelpoisia ovat 2017–2018 lämmityskaudelta olevat tiedot. Sekä karsitun rangan että kokopuun osalta käytössä on koko lämmityskauden tiedot. Lämmityskausilta 2016–2017 ja 2018–2019 on kokopuun osalta mukana vain syksyn kuormat. Aineistosta erottuu selvästi syksy 2018 (Kuvio 9.) Erittäin kuiva ja lämmin loppukesä kuivatti kokopuukasat tehokkaasti. Vastavasti kesät 2016 ja 2017 olivat molemmat kylmiä ja sateisia.

Hakkeesta saadut tulot riippuvat täysin sen energiasisällöstä. Hyvälaatuista haketta kannattaa ajaa loppukäyttäjälle kauempaakin. Toki parhaan tuloksen tuo läheltä käyttöpaikkaa tuotu kuiva hake.

8.7 Kannattavan ennallistamishakkuun toteutus

Metsähallituksessa ojitettujen soiden käsittelyssä on ollut käytössä monta vaihtoehtoa, riippuen lähtötilanteesta ja ojituksen onnistumisesta. Metsämaan suon ennallistaminen on mahdollista, jos ojituksen seurauksena se on muuttunut kitumaksi joutomaasta metsämaaksi. Muutos on kuitenkin pystyttävä todistamaan vanhoilla ojitussuunnitelmillä tai ilmakuville. Tällaista heikosti kasvavaa metsämaata voidaan ennallistaa yhdessä kitumaan kanssa. Tämä vaatii kuitenkin metsämaan osalta aktiivisia ennallistamistoimia ja luvan Metsäkeskukselta. Aktiivisilla ennallistamistoimilla tarkoitetaan tässä tapauksessa ojien tukkimista. Kitumaaksi jääneitä soita voidaan hakata ilman ennallistamistoimenpiteitä. Suo jätetään kehittymään itsekseen kohti luonnontilaa. Tämä vaihtoehto vaatii maininnan metsänkäyttöilmoitukseen, että kyse on kitumaan hakkuusta. Yhtenä vaihtoehtona on myös ennallistaminen riistan ehdoilla, eli reh-prosessi. Siinä kohteet valitaan ensisijaisesti riistanhoidollisin perustein ja alue ennallistetaan aktiivisesti. Kohde toteutetaan yhdessä Metsähallituksen Eräpalveluiden kanssa.

Suunnitteluvaiheessa tehdyt valinnat vaikuttavat olennaisesti toteutuneeseen kannattavuuteen. Potentiaaliset ennallistamiskohteet löytyvät yleensä suunnittelun yhteydessä, kun sijoitussuunnittelun yhteydessä aluetta ja sen tiestöä tarkastellaan. Usein suunnittelijoilla on paljon paikallistuntemusta ja jonkinlainen käsitys riistakannoista erityisesti, jos metsästää omalla suunnittelualueellaan. Suunnittelijan olisi hyvä muodostaa käsitys oman suunnittelualan potentiaalista energiaapuun korjuun suhteen. Kaikilla alueilla ei välttämättä ole ennallistamiseen sopivia kohteita tai niiden korjuu energiapuuksi on kannattamatonta pitkän kaukokuljetusmatkan takia. Tällaisia alueita ovat esimerkiksi itärajan läheisyydessä olevat suunnittelupiirit. Toki myös tällaisilla alueilla voi tehdä kitumaiden ainespuuhakkuuta.

Riistan elinympäristövaatimukseen olisi hyvä kiinnittää huomiota suunnittelun aikana, jos halutaan vaikuttaa riistakantoihin. Riekko vaatii soidinalueeseen avointa suota, mutta tutkimusten mukaan pesintä sijoittuu puustoiselle rämeelle (Kuva 5.) Tämän takia ennallistamishakkuussa ei yleensä hakata suota koko-

naan aukeaksi, vaan osia jätetään puustoisiksi ja vaihettumisvyöhykkeitä säästetään. Tämä vaatimus on yleensä helppo toteuttaa, koska osa suosta on yleensä metsämaata. Suuren suoalueen kohdalla on tärkeää miettiä kokonaisuutta. Erityisesti Kainuussa on paljon soita, jotka on ojitettu lähes kokonaan. Usein kuitenkin suon keskelle on jäänyt paksuturpeisin osa ojittamatta. Näiden avosoiden välialueiden kitumaat ennallistamalla voitaisiin saada suurempi elinympäristö riekkoa ajatellen. Elinalueiden yhdistäminen voisi tuoda kaivattua elinvoimaa riekkokantaan. Erityisen tärkeää ennallistaminen olisi suoalueella, jossa ei ole ollenkaan tai hyvin vähän avosuota. Tässä tapauksessa syntyisi kokonaan uusia potentiaalisia riekon reviierejä.

Puustoiset suot ovat hyviä myös lakan esiintymisen kannalta. Puusto suojaa lakan kukintaa jonkin verran alkukesän hallalta. Korkealla oleva vedenpinnan taso saattaa myös suojata alkukesällä lakan kukintaa. Suon avoimelle osalle säästettävät yksittäiset puut tai pienet ryhmät palvelevat teertä ja metsoa, jotka talvisiikaan ruokailevat mieluusti avoimella paikalla, jossa on hyvä näkyvyys. Jos suon keskellä olevia metsäsaarekkeitä harvennetaan, niissä voidaan toteuttaa harvennushakkuu riistapainotteisena. Tämä tarkoittaa esimerkiksi koivun ja kuusen suosimista. Koivu tarjoaa ravintoa ja kuusi suojaa. Suon laidoilla olevia korpia säästetään poikue-elinympäristöiksi. Niitä voidaan käyttää apuna vesien suodatuksessa.

Pieniä ennallistamiskohteita suunnitellessa voi korjuu onnistua kesätielle, mutta laajempia suoalueita hakattaessa talvitie on usein järkevän korjuun edellytys. Lähikuljetusmatkat saadaan pysymään näin kohtuullisina. Talvitielle olisi kuitenkin hyvä saada muuta harvennus- ja avohakkuuta samaan aikaan toteutettavaksi, jotta korjuu on mielekästä hakkaajille ja myös taloudellisesti paremmin kannattavaa. Talvitiekustannukset nousevat helposti liian suureen merkitykseen, jos talvitielle hakataan vain ennallistamispuuta. Isompi hakkuumäärä mahdollistaa myös paremmin kokoojaurien polkemisen, kun urat voidaan käydä valmistelemassa talvitielle tullessa ja sen jälkeen hakataan muita lohkoja, kunnes poljetut ajourat kestävät tarpeeksi hyvin lähikuljetuksen. Keskiajomatka vaikuttaa korjuukustannuksiin, koska lisät nostavat urakointimaksua. Tehokkuus laskee, kun puut joudutaan ajamaan kaukaa. Tämän takia suon kaukaisempia osia kannattaa jättää pois hakkuusta, jos talvitietä ei tehdä.

Teknisen suunnittelun vaiheessa kannattaa käyttää kaikkia saatavilla olevia aineistoja. Hyödyllisimpiä ovat luultavasti latvusmalli, josta saa nopeasti käsityksen laajan alueen puustosta. Vinalojarjosteen avulla voi etsiä auki olevia ojia ja vanhoja purojen uomia. Suon ennallistamisen kanssa samaan aikaan voi tehdä myös vanhan purojen vesityksiä ja korjata ojituksessa tehtyjä virheitä. Latvusmallin avulla pystyy rajaamaan suhteellisen helposti pois alueet, joissa ei ole tarpeeksi puustoa. Latvusmalli auttaa myös kitumaan ja metsämaan erottamisessa toisistaan. Metsämaa on tärkeä erottaa kitumaasta uudistamisvelvoitteen takia. Tätä varten on olemassa karttataso, jonka avulla kitumaat saadaan karkeasti selvitettyä. Alle 30 m³ hehtaari puustoa ei ole tarkoituksenmukaista lähteä korjaamaan. Myös rungon koko asettaa omat rajoitteensa. Poistettavan puuston järeys olisi hyvä olla vähintään 40 litraa. Täytyy kuitenkin muistaa, että käyttöpaikkojen lähellä korjuukustannukset voivat olla korkeampiakin, mikäli kaukokuljetusmatka on lyhyt.

Varsinainen ennallistamissuunnitelma olisi hyvä suunnitella kesäaikaan, jolloin nähdään vesitilanne. Yleisin tapa muuttaa veden virtausta suolla, on padota oja ja ohjata vedet sivuun vanhasta uomasta. Vesien ohjaaminen suon vähäpuustoiselle keskiosalle on usein hyvä ratkaisu. Tukkimalla poisjohtavat ojat voidaan veden poistumista hidastaa. Ennallistamisen yhteydessä olisi hyvä tutkia myös vesistöihin menevät ojat. Vanhat ojat saattavat mennä jopa suoraan puroon tai järveen. Tällaisessa tapauksessa olisi tärkeää saada vedet pintavaluntaan. Eri-tyisen tärkeää vesiensuojelu on kalastoltaan arvokkaiden purojen ja jokien yläjuoksulla. Usein vanhoissa ojituksissa on ollut tapana ohittaa avosuo reunaa myötäilevällä veto-ojalla. Näin veden virtausta on saatu nopeutettua. Tukkimalla nämä ojat voidaan vedenpinnan tasoa nostaa tehokkaasti. On kuitenkin tarpeellista tutkia valuma-alue yllätysten välttämiseksi. Muutama yksittäiseen ojaan saattaa tulla jopa satojen hehtaarien valuma-alue. Lisääntyvät vesimäärät saattavat aiheuttaa ongelmia alueen metsänteille. Jos ennallistettavan alueen läheisyydessä sijaitsee yksityisessä omistuksessa olevia kiinteistöjä, olisi hyvä olla yhteydessä omistajiin ennen toimenpiteiden aloitusta.

8.8 Riistapainotteisen ennallistamishakkuun suunnittelun ja toteutuksen periaatteita

Kitumaan soiden käsittelyvaihtoehtoja on kaksi.

- Puuston poisto ilman aktiivisia ennallistamistoimia (Usein ainespuuna tai ainespuun ja energiapuun yhdistelmänä)
- Riistanhoidollinen hakkuu, jossa puustoa poistetaan ja vesitalous ennallistetaan ojitusta edeltäneeseen tilaan (Korjataan mahdollisuuksien mukaan kokopuuna, Reh-prosessi)

Suunnittelu

- Oman suunnittelualueen potentiaalin tunnistaminen. Lähellä polttolaitoksia sijaitsevilla suunnittelualueilla energiapuun korjuu on varmimmin kannattavaa.
- Kaukokuljetuskustannukset nousevat toiminnan kannattavuuden kannalta ratkaisevaan asemaan, kun kuljetusmatka on yli 200 km.
- Ennallistamissuunnitelma kannattaa tehdä sulan maan aikaan, kun vedet virtaavat.
- Kohdevalinta on tärkeässä roolissa.
 - Pienin korjattava runko rinnankorkeuslähimitaltaan 8 cm, keskimääräisen rungon koko vähintään 35 litraa
 - Minimikertymä 30 m³/ha
 - Keskiajomatka alle 800m

Tärkeissä riistakohteissa voidaan joustaa kriteereissä.

- Korjuutavan valinta:
 - Ainespuun talteenotto (Tilanteessa, jossa energiapuuta ei kannata korjata. Kertymä voi olla liian pieni tai loppukäyttäjä kaukana. Kitumaan hakkuut ilman aktiivista ennallistamista.)
 - Ainespuu ja karsittu runko (Työkohteelta kertyvän energiapuun määrä vähintään 50 m³. Jos energiapuulle on kysyntää ja kaukokuljetusmatka on kohtuullinen)
 - Kokopuu (Ainespuulla huono menekki ja energiapuun käyttäjä suhteellisen lähellä. Tai muun luonnonhoidollisen tarpeen takia tapahtuva kokopuun korjuu.)
- Minimikertymän alle jäävät suon osat kannattaa jättää hakkuiden ulkopuolelle. Samoin erittäin pehmeät paikat, joita ei saada kohtuullisella vaivalla korjattua. Suunnittelijan olisi hyvä merkitä pehmeimmät kohdat korjuusuunnitelmaan.

Korjuu ja varastointi

- Toteutetaan muiden hakkuiden yhteydessä, mikäli mahdollista.
- Joudutaan tekemään valmisteleviä töitä ennen hakkuuta, jotta saadaan toiminta sujuvaksi → kokoojaurien polkeminen ja mahdollisuuksien mukaan sijoittaminen kivennäismaalle.

- Puuta ei pääsääntöisesti jätetä kuivumaan talvitien varteen, vaan ajetaan kesä-kuljetuskelpoisen tien varteen.
- Pinoissa käytetään pohjapuita ja energiapuun peittelemine tehdään mahdollisuuksien mukaan kuivana ajankohtana.
- Haketettavien pinojen päältä poistetaan lumi keskitalvella, mikäli se on mahdollista kohtuullisilla kustannuksilla.
- Hakkeen kuivuus on ehdoton edellytys toiminnan kannattavuudelle, siksi varastopaikkojen valinta ja varastointi kannattaa tehdä huolella.
- Hyvä varastopaikka on tuulinen ja kuiva paikka, johon paistaa aurinko.

Riistanäkökohdat

- Riistan elinympäristövaatimukset on yleensä helppo ottaa huomioon ennallistamiskohteella.
- Ennallistaminen suunnitellaan yhdessä Eräpalveluiden kanssa
- Vaihtumisvyöhykkeet ja korvet säästetään. Avoimelle suolle säästetään ennen ojitusta kasvaneita puita vähintään 20 kpl/ha. Teerelle ja metsolle voidaan jättää koivuja ja mäntyjä ruokailupuiksi.
- Riekko vaatii soidinalueekseen avoimen suon. Varsinainen pesintä tapahtuu puustoisella rämeellä.
- Kuusta säästetään varsinkin suon reuna-alueilla. Korpimaisia reunaosia voi käyttää vesien selkeytykseen, jos vesistö on lähellä.
- Vanhat ojat tukitaan ja vedet ohjataan keskisaralle. Suoraan vesistöihin vievät ojat tukitaan ravinne- ja kiintoainepäästöjen välttämiseksi.
- Vesiensuojeluun kiinnitettävä erityistä huomiota, jos alajuoksulla on raakun tai purotaimenen elinympäristöjä.
- Ennallistamiskohteen yhteydessä on mahdollista tehdä puron kunnostuksia, jos puro on ojitamisen seurauksena muuttunut tai jopa kuivanut.

Huomioitavaa

- Suuria ennallistamiskohteita suunniteltaessa olisi hyvä kiinnittää huomiota valuma-alueisiin. Suuri vesimäärä voi aiheuttaa myös vesistöhaittoja. Samalla olisi hyvä arvioida riski alueen tiestölle ja yksityisten maanomistajien kiinteistöille.
- Metsämaalla on uudistamisvelvoite. Yli 0,5 ha kokoiset metsämaakuviot on uudistettava aktiivisesti. Toinen vaihtoehto on rajata ne kokonaan ulkopuolelle tai harventaa.
- Metsämaan suota voi ennallistaa, mikäli se on ennen ojitusta ollut kitumaata. Tämän todistaminen vaatii kuitenkin vanhoja ojitussuunnitelmia tai ilmakuvia. Lisäksi alueesta pitää olla Metsäkeskusta varten valmis ennallistamissuunnitelma.
- Nouseva vedenpinnan taso voi vaikuttaa myös suon osiin, jotka ovat metsämaata. Siksi olisi tärkeää, että ei tukita metsämaalta vetensä johtavia ojia heti ennallistettavan suon reunassa.

9 Pohdinta

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena selvittää kitumaan soiden ennallistamishakkuista saadun hakkeen laatua ja ennallistamishakkuiden kehittämiskohteita. Taloudellisesti kannattamattomana sitä ei kannattaisi tehdä laajassa mittakaavassa. Aihe oli kiinnostava ja vaikutti myös siihen, että valitsin sen. Oma tietämykseni energiapuusta oli aluksi heikko, mutta syventyi prosessin myötä. Aihe oli monipuolinen, koska käsiteltiin myös riistaa. Koen, että oma ammattitaitoni kehittyi ja voin käyttää sitä tulevaisuudessa suunnittelijan työssä. Opinnäytetyö tuo myös lisää tietoa kitumaiden käsittelystä ja toivottavasti antaa keinoja toiminnan laadun parantamiseen. Kitumaiden käsittelyn yleistyessä vaikutuksia tulee myös paikallisiin riistakantoihin ja tätä kautta metsästyksen.

Tässä työssä käytettyjen aineistojen perusteella tehdyt laskelmat osoittavat rankahakkeen energiasisällön olevan keskimäärin hyvällä tasolla. Kokopuuhakkeen osalta tulokset ovat heikommat, mutta silti toiminta vaikuttaa olevan keskimäärin positiivista. Kokonaisuutena energiapuun laatu näyttää olevan hyvällä tasolla. Varsinkin karsitun rangan osalta on päästy hyviin tuloksiin. Rangan kuivuminen on nopeampaa ja laatu vaikuttaa tasaisemmalta kuin kokopuulla. Rankapuulla karsiminen vaikuttaa puun vauriokohtien pinta-alaan ja tätä kautta suoraan kuivumiseen (Jahkonen, Lindblad, Sirkiä & Lauren 2012.) Aineistoista saadut tulokset ovat samansuuntaiset. Toki puun kuivumisessa on paljon muitakin muuttujia. Ainakin lämmityskauden 2017–2018 aineistossa rankahake antaa selvästi paremman energiasisällön kuin kokopuuhake. Tällä perusteella rankana korjuuta kannattaisi suosia ja kokopuuta ottaa tilanteissa, joissa se on perusteltua muista esimerkiksi luonnonhoidollisista syistä.

Aineistoon liittyviä muuttuvia tekijöitä on paljon. Alun perin tarkoituksena oli tutkia muutamaa yksittäistä korjuun työkohtetta, mutta heti alkuun se osoittautui mahdolltomaksi. Tietoja ei saanut enää edellisten vuosien työkohteista eriteltyä. Yksi mahdollisuus olisi ollut aloittaa uudet työkohteet ja kerätä heti tiedot niistä. Tämä vaihtoehto olisi kuitenkin tarkoittanut opinnäytetyön venymistä liian pitkälle ajan-

jaksolle. Lopulta päädyttiin käyttämään toteutuneita hakkeen energiasisältöjä viimeisiltä lämmityskausilta. Korjuun ja kaukokuljetuksen kustannustaso selvitettiin käytössä olevien urakointimaksutaulukoiden avulla, koska todellisten kustannusten hakeminen olisi ollut erittäin työlästä ja aikaa vievää. Työn luotettavuutta arvioitaessa kannattaa muistaa, että ainoastaan lämmityskaudelta 2017–2018 käytössä oli koko aineisto. Kahdelta muulta vuodelta käytössä oli vain syksyn aineisto. Tämän takia vuosien väliseen vertailuun kannattaa suhtautua varauksella.

Aineiston sisällä olevan raaka-aineen vaihtelu tuo virhemahdollisuuksia tuloksiin. Karsitun rangan aineistossa on harvennuksilta ja avohakkuilta tullutta karsittua latvarankaa. Joukossa on kuitenkin myös pystykuivaa puuta, joka parantaa tuloksia. Kokopuun aineistossa on kitumaiden ennallistamiskohteiden hakkuista tullutta puuta, joka on pääasiassa mäntyä ja jonkin verran koivua. Kuitenkin seassa voi olla myös pieniä määriä pilalle mennyttä kuitupuuta.

Energiapuun korjuun kannalta paras aika olisi kesä, mutta korjuuteknisistä syistä se tehdään yleensä talvella. Kesällä puun kosteusprosentti on jo hakkuuvaiheessa parempi kuin talvella. (Hakkila 1962.) Tällä perusteella kesäaikaista korjuuta voisi kokeilla erikseen valikoiduilla kohteilla. Sekä talvella että kesällä suurin ongelma on kantavuus. Roudaton suo ei kanna kunnolla, vaikka lunta olisi paljonkin. (Ahti ym. 2005.) Ajourien suunnittelulla ja polkemisellä etukäteen vältytään monelta ongelmalta ja tehokkuus paranee.

Tällä hetkellä tuleva karsittu ranka ajetaan suoraan välivarastoon kuivumaan ja kokopuu on tarkoitus kuivattaa tienvarressa. Voisikin olla järkevää viedä myös kokopuut välivarastoon suoraan. Se toisi haketukseen tehokkuutta ja hakkeen laatu pysyisi tasaisempina. Toisaalta se tuo myös yhden vaiheen lisää kuljetukseen ja näin vaikuttaa kustannuksia toista kautta. Pienemmissä pinoissa on todettu olevan hakkeen laadussa enemmän vaihtelua. Tienvarsivarastoissa kuivuminen on olosuhteiden takia keskimääräisesti heikompa, kuin välivarastossa. Välivarastoissa todennäköisesti kiinnitetään enemmän huomiota olosuhteisiin ja pinot ovat suurempia. Pinon suuri koko vähentää tutkimusten mukaan kastumista, jos vain peittely on kunnolla tehty. (Heiskanen, Raitila & Hillebrand, 2014.)

Pinoamistekniikkaan ja varastonhallintaan pitäisi kiinnittää erityistä huomiota kokopuun kohdalla.

Välillä tulee tilanne, että polttoon menee läpimärkää haketta, joko inhimillisen erehdyksen takia tai hankalien olosuhteiden takia. Käytännössä tappiollisten kuormien kosteusprosentti oli aina yli 55, eli kaatotuoreen puun taso. Talvella tehtyihin pinoihin menee aina lunta mukana, erityisesti kokopuun tapauksessa. Lumen puhdistamista pinojen päältä ja sivuilta voisi myös harkita, ainakin kevättalvella. Sekä karsitun rangan että kokopuun aineistossa on havaittavissa korkeita kosteusprosentteja keväällä huhti-toukokuussa. Pinoja on myös vaikea saada riittävän harvoiksi, jotta latvaosat saataisiin myös kuivumaan. Heikkoon laatuun tulee puuttua välittömästi. Näin vältetään tappiollista toimintaa. Kokopuun vaihtelevaa laatua on pidetty ongelmana, varsinkin pienemmille laitoksille. Pienemmät laitokset tarvitsevat yleensä kuivempaa polttoainetta toimiakseen tehokkaasti.

Kainuun tilanne energiapuun osalta on hieman hankala, koska suuret lämpölaitokset sijaitsevat aika kaukana ja paikalliset laitokset käyttävät vähän energiapuuta ja hankkivat raaka-aineensa pääosin muualta. Aiempina vuosina energiapuuta on viety Kainuun länsiosista rannikon suuriin lämpölaitoksiin, mutta muista osista se on ollut aika vähäistä. Tämä johtuu pääasiassa heikosta kannattavuudesta. Erittäin hyvälaatuisia haketta voisi viedä vähän pidemmällekin menemättä tappiolle. Tämän opinnäytetyön laskelmien mukaan hyvälaatuisia rankahaketta kannattaisi ajaa lämpölaitoksille myös muualta kuin läntisen Kainuun alueelta. Tässä tilanteessa kuitenkin suurin haaste on hakkeen laadun vaihtelevuus. Lähempänä käyttöpaikkoja myös kokopuun hakkuu kannattaa paremmin. Kainuun energiapuun kannalta olisi tärkeää, että Kajaaniin saataisiin tulevaisuudessa menemään haketta. Silloin Kainuun itäosissa kaukokuljetusmatka ei olisi ongelma energiapuun kannattavuudelle. Kuitenkin kitumailla oleva puumäärä on arvioiden mukaan varsin merkittävä ja järkevästi hyödynnettävissä olevat kohteet kannattaa hakata. Varsinkin kun tulevaisuudessa hakkuumäärät tulevat todennäköisesti nousemaan investointien seurauksena.

Kitumaiden hakkuita tehdään joka tapauksessa riistanhoidollisista näkökulmista jonkin verran, vaikka se olisikin tappiollista. Tässä opinnäytetyössä käytettyjen

aineistojen perusteella sekä karsitun rangan että kokopuun korjuussa saatu hake on keskimäärin tarpeeksi hyvälaatuista. Vaihtelua kuitenkin on toimitusajankohdista riippuen paljonkin. Mahdollinen tulevaisuudessa tutkittava asia voisi olla lumen poistaminen pinojen päältä ennen haketusta. Ainakin kokopuulla kuormien kosteusprosentit nousivat vähitellen talven kuluessa. Tämä voisi viitata myös puutteelliseen peittelyyn. Kannattavuutta voidaan saada paremmalle tasolle, kun hakkeen laatuun reagoidaan heti kun tietoa saadaan loppukäyttäjältä. Hakkeen laatu on mahdollista saada tasaisemmaksi, kunhan suunnittelu ja toteutus tehdään huolellisesti ohjeita noudattaen.

Lähteet

- Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. & Muhonen, T. 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. Metsäntutkimuslaitos. Työraportti.
- Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M., Murtovaara, I. 2005. Suosta metsäksi -suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Metsäntutkimuslaitos. Tutkimusohjelman loppuraportti.
- Erkkilä, A., Hillebrand, K., Raitila, J., Virkkunen, M., Heikkinen, A., Tiihonen, I. & Kaipainen, H. 2011. Kokopuun ja mäntykantojen korjuuketjun sekä varastoinnin kehittäminen. Tutkimusraportti. VTT.
- Fillbakk, T., Hoibo, O.A., Dibdiakova, J. & Nurmi, J. 2011. Modelling moisture content and dry matter loss during storage of logging residues for energy. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26, 267–277.
- Hakkila, P. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Metsäntutkimuslaitos.
- Heikurainen, L. & Joensuu, S. 1981. Metsäojituksen hydrologiset seurausvaikutukset. *Silva fennica* vol. 15, 1981, n: 3, 285–305.
- Heiskanen, V., Raitila, J. & Hillebrand, K. 2014. Varastokasassa olevan energiapuun kosteudenmuutoksen mallintaminen. Teknologian tutkimuskeskus.
- Hillebrand, K. 2009. Energiapuun kuivaus ja varastointi -yhteenvedo aiemmin tehdyistä tutkimuksista. Teknologian tutkimuskeskus.
- Hörnell-Willebrand, M. 2005. Temporal and spatial dynamics of willow grouse *Lagopus lagopus*. Swedish University of Agricultural Sciences. Umea. Väitöstutkimus. <https://pub.epsilon.slu.se/850/>. 13.1.2019.
- Isomursu, M. 2014. Metsäkanalintujen ja niiden suolistoloismatojen väliset vuorovaikutukset. Oulun Yliopisto. Väitöstutkimus. <http://jultika oulu.fi/Record/isbn978-952-62-0364-5>. 13.8.2018.
- Jahkonen, M., Lindblad, J., Sirkiä, S. & Lauren, A. 2012. Energiapuun kosteuden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitos. Tutkimusraportti.
- Jormola, J., Harjula, H. & Sarvilinna, A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen - uusia näkökulmia vesiensuojeluun. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 631.
- Kajava, S., Silver, T., Saarinen, M. & Heikkilä, H. 2002. Purot ja norot metsälain kohteina. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2002, 179–188.

- Kangas, J. & Karsikko, J. 1993. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset, metsänhoito ja metsäsuunnittelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 476.
- Kainuun liitto. 2015. Kainuun biotalousstrategia 2015 – 2020. http://kuiskinta.fi/wp-content/uploads/2016/01/Kainuun-biotalousstrategia_2015_2020.pdf. 24.1.2019.
- Kiljunen, N. & Soikkeli, P. 2015. Soiden biomassa talteen. Metsähallitus.
- Korrensalo, A. 2017. Kasvillisuuden rooli boreaalisen suoekosysteemin hiilenkierron ajallisessa ja paikallisessa vaihtelussa. Väitöstutkimus. Itä-Suomen yliopisto.
- Koskinen, M. 2011. Post-restoration development of organic carbon and nutrient leaching from two ecohydrologically different peatland sites. *Ecological Engineering* 37, 1008–1016.
- Kurki, S., Nikula, A., Hele, P. & Lindén, H. 2000. Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests. *Ecology* Vol 81.
- Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Metsäkustannus Oy.
- Laitila, J. & Väätäinen, K. 2011. Kokopuun ja rangan autokuljetus ja haketus-tuottavuus. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2011, 107–126.
- Lamminen, S. 2008. Raiteistumista selittävät tekijät turvemaiden puunkorjuussa. Pro gradu -työ. Joensuun yliopisto. Käsikirjoitus.
- Lawrence, D. M., Koven, C. D., Swenson, S. C., Riley, W. J. & Slater, A. G. 2015. Permafrost thaw and resulting soil moisture changes regulate projected high-latitude CO₂ and CH₄ emission. *Environmental research letter*.
- Louhi, P. & Mäki-Petäys, A. 2003. Elämää soraikon ulkopuolella ja sisällä-lohen ja taimenen kutupaikan valinta sekä mädin elinympäristövaatimukset. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. *Kalatutkimuksia* 191.
- Luonnonvarakeskus. 2013. Euroopan biotalousstrategia. <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/bioeconomypanel/Euroopan%20biotalousstrategia>. 15.1.2019.
- Luonnonvarakeskus. 2015. Suot ja ilmasto. <https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/soiden-erityinen-kasvi-huonevaikutus/>. 20.3.2019.
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2008. Purot-elävää maaseutua. Purokunnostus-opas, 55. 5.5.2018.
- Metsähallitus. 2018. Hydrologialife. 17.12.2018. <http://www.metsa.fi/hydrologialife>. 15.12.2018.
- Miettunen, J. 2010. Riekon (*Lagopus lagopus*) talviravinnon käyttö ja

- valinta Suomen eteläisissä populaatioissa. *Suoseura*. Suo 61(2), 35–48.
- Okkonen, L. 2007. Teeren (*Tetrao tetrix*) pienpoikasajan elinympäristöt ja poikasravinnoksi tarjolla olevan selkärangatonfaunan määrä ja laatu keskisuomalaisissa talousmetsissä. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu -tutkielma. https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/18406/URN_NBN_fi_jyu-200801211080.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 12.8.2018.
- Osmala, E. 2012. Riekon (*Lagopus l. lagopus*) reviirin muodostus havumetsä-alueella. Itä-Suomen yliopisto. Pro gradu -tutkielma. http://epublications.uef.fi/pub/urn_nbn_fi_uef-20120372/urn_nbn_fi_uef-20120372.pdf. 25.10.2018.
- Palander, T., Punttila, T. & Kariniemi, A. 2012. Kuormatraktorin massan hallinta kuormaimen avulla turvemaiden puunkorjuuta varten. *Suoseura*. Suo 63(2), 57–72.
- Pirkola, K. 2018. Suomessa uusiutuvasta energiasta suurin osa on bioenergiaa. Maa- ja metsätalousministeriö. <https://mmm.fi/biotalous/bioenergia>. 15.9.2018.
- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät. Helsinki: Metsäkustannus.
- Rehell, S. 1989. Tutkimuksia veden virtauksesta eräillä luonnontilaisilla suoalueilla. Lisensiaattityö. Oulun yliopisto, Geologian laitos.
- Räsänen, N. 2017. Microbial activity in runoff waters of restored boreal mires. Itä-Suomen yliopisto. Väitöstutkimus. http://epublications.uef.fi/pub/urn_isbn_978-952-61-2636-4/. 12.12.2018.
- Saari, P., Nieminen, M. & Alm, J. 2010. Pintavalutus metsätaloustoimien valumavesien puhdistamisessa. Kirjallisuustarkastelu. *Suo* 61, 77–85.
- Seppä, H., Lindholm, T. & Vasander, H. 1993. Metsäojitettujen soiden luonnontilan palauttaminen. Vantaa. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja.
- Seppänen, P. 2016. Metsähallitus. Kuljetusesimiehen haastattelu. 12.11.2016.
- Simola, H., Pitkänen, A. & Turunen, J. 2012. Carbon loss in drained forestry peatlands in Finland, estimated by re-sampling peatlands surveyed in the 1980s. *European Journal of Soil Science* 63.
- Solantie, R. 2001. Suomen ilmaston erityispiirteitä. *Tieteessä Tapahtuu*, 19(3).
- Suomen Riistakeskus 2014. Riistaa reunoilta -hanke <https://riista.fi/riistatalous/riistakannat/hoitosuunnitelmien-toimeenpano/riistaa-reunoilta/>. 15.4.2018.
- Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L. & Laine, J. 2003. Status and restoration of peatlands in Northern Europe. *Wetlands ecology and management* 11, 51–63.

- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2014. Suomen biotalousstrategia. https://www.biotalous.fi/wp-content/uploads/2015/01/Suomen_biotalousstrategia_2014.pdf. 25.2.2019.
- Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat -opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Metsäkustannus, Helsinki.
- Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Ympäristöministeriö. 2003. Ennallistaminen suojelualueilla. Ennallistamistyöryhmän mietintö. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40488/SY_618.pdf?sequence=1&isAllowed=y. 5.4.2019.
- Åberg, J., Swenson, J. E. & Angelstam, P. 2003. The habitat requirements of hazel grouse (*Bonasa bonasia*) in managed boreal forest and applicability of forest stand descriptions as a tool to identify suitable patches. *Forest Ecology and Management* 175, 437–444.
-