

KESÄAIKAISTEN TURVEMAAHARVENNUSTEN
AJOURIEN RAITEISTUMINEN
JA SITÄ SELITTÄVÄT TEKIJÄT

Kiiskilä Karri

Opinnäytetyö
Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri AMK

2017

Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri

Tekijä	Karri Kiiskilä	Vuosi	2017
Ohjaaja(t)	Oiva Hiltunen		
Toimeksiantaja	Metsähallitus Metsätalous Oy		
Työn nimi	Kesäaikaisten turvemaaharvennusten ajourien rai- teistuminen ja sitä selittävät tekijät		
Sivu- ja liitesivumäärä	50 + 2		

Opinnäytetyön tilaajana on Metsähallituksen Metsätalous Oy, jonka tavoitteena on lisätä turvemaiden kesäkorjuun määrää. Aloite aiheesta tuli opinnäytetyön ohjaavalta opettajalta.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tekijöitä, jotka selittäisivät ajourapainaumien syntymistä kesäaikaisissa turvemaanharvennuksissa. Toisena tavoitteena oli selvittää, millaisille kohteille painaumia syntyy. Tutkimuksen tuloksia Metsähallitus voi käyttää apuna kesäaikaisten turvemaaharvennusten leimikon ja puunkorjuun suunnittelussa.

Tutkimus perustuu maastosta kerättyyn tutkimusaineistoon. Tutkimusaineisto on kerätty kesäaikaan korjatuilta turvemaaharvennuksilta. Aineistoa on kerätty yhdeksältä kohteelta ja mitattuja koealoja kertyi yhteensä 129 kappaletta, joista painaumia oli 25 koealalla. Aineiston analysointia on tehty Excel-laskentaohjelmistolla ja SPSS-ohjelmistolla. SPSS-ohjelmistolla testasin muuttujien tilastollista merkitsevyyttä.

Tuloksista selvisi useampia tekijöitä, jotka näyttäisivät selittävän painaumien syntymistä. Tulosten mukaan painaumien syntymistä parhaiten selittäviä tekijöitä ovat kasvupaikkatyyppi, havutuksen laatu, pintakasvillisuus ja kuusen poistuma. Painaumien syvyyttä parhaiten selittäviä tekijöitä tutkimuksessa olivat hakkuupoistuma, kuusen poistuma, kasvupaikkatyyppi ja havutuksen laatu. Painaumia sisältävien koealojen määrä jäi tutkimuksessa kuitenkin melko vähäiseksi, mistä johtuen tulokset ovat enemmän suuntaa-antavia. Koko tutkimusaineiston mitattujen kohteiden keskimääräiseksi painaumaprosentiksi tulee 3,5, joten keskimäärin painaumia on syntynyt melko vähän.

School of Forestry and Rural industries
Forestry Programme
Forestry engineer

Author	Karri Kiiskilä	Year	2017
Supervisor	Oiva Hiltunen		
Commissioned by	Metsähallitus Forestry Ltd		
Subject of thesis	Forming of dents on extraction racks in summer time thinning of the peatland and factors explaining it		
Number of pages	50 + 2		

This thesis was commissioned by the Metsähallitus Forestry Ltd with the aim is to add the amount of the timber harvesting of peatland in the summer time. The idea of this study came from the supervising teacher.

The main object of the study is to find out what explains the formation of dent extraction racks during the summer thinning of peatlands. The second object is to look at the exact soil types of the areas that have the most extraction rack formations of dents. The findings of this study can be utilized for the planning of the marked stand for summer thinning of peatlands and timber harvesting.

This study is based on material gathered from the terrain. The research material was gathered from peatland areas that had thinning done during the summer time. The material was gathered from nine different areas, and the total number of measured plots was 129. From these 129 plots, 25 plots had dents. The research data was analyzed by using Excel and SPSS programs. The SPSS program was used for analyzing the statistical significance of the observed values.

The study revealed several factors that might explain the formation of the dents. The factors that best explained the depth of the dents were the total logging waste, the logging waste of spruce, site type and the coniferous type of the trees. The total amount of the plots that had dents was fairly small in this study, and therefore more research needs to be done. The average per cent of the dents in this study was only 3,5 per cent. This number shows that overall the amount of formed dents was fairly small.

Key words Dent on extraction rack, extraction rack, peatland, stand
marker for cutting

SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 TURVEMAAN PUUNKORJUU	9
2.1 Leimikon suunnittelu	9
2.2 Korjuun suunnittelu ja toteutus.....	11
2.3 Ajourien vaikutus puustoon.....	14
2.4 Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus	15
3 AJOURAPAINAUMAT	18
3.1 Ajourapainauksiin vaikuttavia tekijöitä	18
3.2 Ajourapainauksien mittaus ja sallittu määrä	20
3.3 Ajoalustan vahvistaminen	20
3.4 Korjuukoneiden varustelu	22
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	24
4.1 Mittauskohteet	24
4.2 Mittausten toteutus	24
4.3 Pintakasvillisuus, ojankunto, havutuksen laatu ja määrä	29
4.4 Poistuman laskeminen.....	33
4.5 Aineiston käsittely	34
5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	35
5.1 Taustatiedot	35
5.2 Painauksien määrä.....	36
5.2.1 Koelajien mukaan ja painaumaprosentti	36
5.2.2 Kasvupaikkatyyppien ja pintakasvillisuuden mukaan	37
5.2.3 Havutuksen laadun, ojan kunnon ja turpeen paksuuden mukaan	38
5.2.4 Lähtöpuuston, poistuman ja kuusen poistuman mukaan.....	40
5.3 Painauksien syvyys	42
5.3.1 Poistuma ja kuusen poistuma	42
5.3.2 kasvupaikkatyyppi ja havutuksen laatu	43
5.4 Tutkimuksen luotettavuus	44
6 POHDINTA.....	46

LÄHTEET	48
LIITTEET	50

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus 2011	17
Kuvio 2. Koealalinjojen sijoitteluperiaate tarkastettavalle kuviolle	25
Kuvio 3. Puuston ja ajourien mittauspisteiden sijoitteluperiaate	27
Kuvio 4. Ajourapainaumien mittaaminen	27
Kuvio 5. Ajourapainaumien syvyyden mittaamisessa käytetty apuväline	28
Kuvio 6. Pintakasvillisuutena varvut	29
Kuvio 7. Pintakasvillisuutena heinä	30
Kuvio 8. Hyväkuntoinen oja	30
Kuvio 9. Ojankunto kohtalainen	31
Kuvio 10. Huonokuntoinen oja	31
Kuvio 11. Vasemmalla hyvälaatuinen havutus ja oikealla kohtalainen havutus	32
Kuvio 12. Huonolaatuinen havutus	33
Kuvio 13. Koealojen jakautuminen ensi- ja muiden harvennusten kesken	35
Kuvio 14. Koealojen jakautumien kasvupaikkatyypeittäin	35
Kuvio 15. Painaumien määrä koealojen mukaan	36
Kuvio 16. Painaumaprosentti painaumien pituuden mukaan	36
Kuvio 17. Painaumien määrä kasvupaikkatyypeittäin	37
Kuvio 18. Painaumien määrä pintakasvillisuuden mukaan	37
Kuvio 19. Painaumien määrä eri havutuksen laaduilla	38
Kuvio 20. Painaumien määrä ojan kunnon mukaan	39
Kuvio 21. Painaumien määrä turpeen paksuuden mukaan	39
Kuvio 22. Painaumien määrä lähtöpuuston mukaan	40
Kuvio 23. Painaumien määrä eri poistuma määrillä	41
Kuvio 24. Kuusen poistuman vaikutus painaumien syntymiseen	41
Kuvio 25. Hakkuupoistuman vaikutus painaumien syvyyteen	42
Kuvio 26. Kuusen poistuman vaikutus painaumien syvyyteen	43
Kuvio 27. Kasvupaikkatyyppin vaikutus painaumien syvyyteen	43
Kuvio 28. Havutuksen laadun vaikutus painaumien syvyyteen	44
Taulukko 1. Koealojen ja linjojen väliset etäisyydet	26

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihetta miettiessäni kolmannen opiskeluvuoden keväällä huomasin opettajalta tulleen sähköpostiviestin, jossa oli kaksi aihetta tarjolla. Aiheet koskivat sulan maan aikaan tehtyjen turvemaiden harvennushakkuiden korjuun laatua ja ajourapainauksiin johtavien tekijöiden selvittämistä. Aiheet olivat mielestäni mielenkiintoisia ja päätin ottaa yhteyttä opettajaan, joka kertoi, että toinen aiheista on vielä vapaana. Minun aiheekseni tuli ajourapainauksiin johtavien tekijöiden selvittäminen ja luokkakaverini tekee työnsä toisesta edellä mainituista aiheista. Maastomittaukset pystyimme kuitenkin tekemään yhteistyössä, koska molemmat mittasimme samat maastokohteet.

Työelämän puolelta työni tilaajana on Metsähallituksen Metsätalous Oy. Metsätalous Oy on Metsähallituksen omistama tytäryhtiö ja sen tehtävänä on hoitaa valtion metsiä, jotka ovat liiketoiminnan piirissä. Yhtiö tuottaa puuta kestävästi ja kannattavasti ja sen käytettävissä on kolme ja puoli miljoonaa hehtaaria talousmetsien metsämaata. Tästä määrästä ilman rajoituksia käytettävissä on kolme miljoonaa hehtaaria. Yhtiö myy ja toimittaa vuosittain noin kuusi miljoonaa kuutiometriä puuta metsäteollisuuden tarpeisiin. Metsät ovat PEFC-sertifioituja monikäyttömetsiä, jotka tarjoavat metsätalouden harjoittamisen lisäksi mahdollisuuden virkistyskäyttöön ja elinkeinotoimintaan. Liiketoiminnasta saadut tuotot tulotetaan vuosittain valtiolle. (Metsähallitus 2017.)

Aihe on hyvin ajankohtainen, koska sulan maan aikaan tehtävien turvemaiden hakkuiden määrää on tarvetta lisätä ja erityisesti vielä harvennushakkuiden määrää. Turvemaiden uudisojituksista metsän kasvatusta varten suurin osa on tehty 1960–1970-luvulla. Suometsien puunkasvu onkin viime vuosikymmeninä lisääntynyt merkittävästi etenkin ojitusten, lannoitusten ja metsien hoidon johdosta. Turvemaiden vuotuinen hakkuupotentiaali onkin huomattavasti suurempi, mitä siitä on hyödynnetty viime vuosien hakkuissa. Viime vuosien leudoista talvista johtuen jäisen maan aikainen korjuukausi on lyhentynyt ja suuntauksen jatkuessa samantapaisena ei tilanne tule helpottumaan korjuulojen osalta. Teollisuuden kasvava raaka-aineen tarve vaatii kuitenkin hakkuumäärien lisäämistä ja ympäri vuoden vakaata raaka-aineen saatavuutta.

Kesäkorjuukelpoisia kangasmaan leimikoita ei ole riittävästi saatavilla, jotta koko sulan maan kausi voitaisiin korjata puuta kangasmailta. Tästä johtuen turvemaan kohteita pitäisikin pystyä siirtämään nykyistä enemmän sulan maan aikaan korjattaviksi. Näin voitaisiin helpottaa teollisuuden tasaista raaka-aineen saantia ympäri vuoden ja käytettävissä olevat korjuuresurssit voitaisiin työllistää ympäri vuoden. Näin korjuu- ja kuljetusyrittäjien sekä heidän työntekijöidensä työn kausiluonteisuutta voitaisiin vähentää.

Viitekehyksessä tulen käsittelemään turvemaaharvennusten kesäaikaista puunkorjuuta ja ajourapainaumia. Puunkorjuusta käsittelen leimikon ja korjuun suunnittelua kasvatushakkuiden osalta, keskittyen turvemaan kesäleimikoiden suunnitteluun. Käyn läpi myös turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokituksen, joka on apuna turvemaaharvennusten kesäkorjuukohteiden kelpoisuuden määrittämisessä. Ajourapainaumien osalta käsittelen niiden tarkastusmittauksen ja kuinka paljon painaumia sallitaan syntyvän turvemaan korjuussa. Lisäksi kirjoitan ajourapainaumien syntyyn vaikuttavista tekijöistä ja kuinka niiden syntymistä voidaan vähentää. Korjuukoneiden osalta kerron niiden varustelusta turvemaan korjuuseen.

Työni pääasiallisena tavoitteena on selvittää, mitkä tekijät voisivat selittää ajourapainaumien syntymistä. Tämän lisäksi tarkastelen, minkälaisille korjuukohteille painaumia on syntynyt. Tulokset perustuvat kesän ja syksyn 2016 aikana maastosta keräämääni aineistoon. Tarkoituksena on, että tuloksia voitaisiin käyttää hyväksi turvemaan leimikoiden kesäkorjuun suunnittelussa ja korjuuta voitaisiin mahdollisesti kehittää. Työni tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mitkä tekijät selittävät ajourapainaumien syntymistä?
2. Millaisille kohteille ajourapainaumia syntyy?

2 TURVEMAAN PUUNKORJUU

2.1 Leimikon suunnittelu

Leimikon suunnittelun tarkoituksena on tiedon tuottaminen puukaupan tekoa ja puunkorjuun suunnittelua varten. Leimikkoa suunniteltaessa määritetään leimikolle rajat, arvioidaan puutavarakeritymää ja määritetään sille hinnoitteluperusteet. Leimikon muodostamiseen vaikuttaa metsänkäsittelyn tarve ja puunmyyjän tavoitteet. Leimikko ja korjuulohkot merkitään leimikkokartalle ja tarvittaessa leimikko merkitään maastoon kuitunauhalla. (Metsäteho 2005, 12.)

Turvemaiden harvennushakkuita suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, että harvennuksen jälkeiseen puuston kasvureaktioon on myös vesi- ja ravinnetalouden oltava kunnossa. Tästä johtuen hakattavan alueen kunnostusojitus- ja lannoitus tarve on syytä selvittää. Näiden toimenpiteiden ajoittamisella samaan ketjuun tulee alue hoidettua kerralla kuntoon. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 149.)

Ojitetun suometsän vesitalouteen ja siten kunnostusojitus tarpeeseen vaikuttavat ojaverkoston kunto, puuston määrä sekä ilmastotekijät. Ajan kuluessa ojat alkavat menettää vedenjohtokykyään tukkeutumisen ja umpeenkasvun seurauksena. Kunnostusojitus on yleensä tarpeen tehdä vähintään kerran puuston kiertoajan kuluessa. Kunnostusojituksen tarkoituksena on saada ojaverkoston kuivatuskyky sellaiseksi, ettei liika vesi ala haitata puiden kasvua. Kunnostusojituksen tarpeellisuutta mietittäessä otetaan huomioon metsikön tuleva kehitys ja taloudelliset perusteet kunnostusojituksen tekemiselle. Runsaspuustoisissa metsiköissä puuston vedenkäyttö voi riittää kompensoimaan ojien tukkeutumisen eikä kunnostusojitusta välttämättä ole tarpeen tehdä ollenkaan. (Laine, Penttilä, Kojola, Hökkä, Ahti, Minkkinen & Nieminen 2008, 211 – 212.)

Mietittäessä oikeaa ajankohtaa suometsän harvennukselle, kiinnitetään ensisijaisesti huomiota puuston kasvukuntoon, tiheyteen ja rakenteeseen. Oikein ajoitettu harvennus lisää käyttöpuuntuotosta ja kasvatuksen kannattavuus paranee. Hoidetuissa suometsissä kannattavin harvennusajankohta on, kun puuston pohjapinta-ala saavuttaa harvennusmallien leimausrajan. Hoitamattomissa metsissä

harvennus joudutaan tekemään aikaistettuna ennen leimausrajan täyttymistä, ettei puuston kasvukunto heikkene entisestään. Harvennuksessa puutavaraker-
tymän tulisi olla mielellään vähintään 40 kuutiometriä hehtaarilta, jotta hakkuu
olisi taloudellisesti kannattavaa. (Vanhatalo, Väisänen, Sved, Koistinen & Äijälä
2015, 29.) Liian aikaisessa vaiheessa tehdyissä turvemaiden ensiharvennuk-
sissa korjuukertymä jää pieneksi ja heikentää siten taloudellista kannattavuutta.
Runsasravinteisilla kasvupaikoilla männikön kehitystä saattaa alkaa haitata hies-
koivusekoitus ja tässä tapauksessa aikaistettu ensiharvennus on metsänhoidolli-
sesti järkevä ratkaisu. (Päivänen 2007, 238.)

Turvemaan puuston ollessa epätasaista harvennustarvetta ei välttämättä ole
muualla kuin ojien reuna-alueilla. Tällaisessa tilanteessa harvennus voidaan
tehdä koko kuviolle tai vain kuvion harvennustarpeessa oleville osille ja ojalinjat
avataan tarvittaessa. Toisena vaihtoehtona on viivästyttää koko kuvion harven-
nusta myöhempään ajankohtaan. (Vanhatalo ym. 2015, 29.)

Leimikon rajauksen tarkoituksena on määrittää hakattavan alueen sijainti, koko,
muoto ja rajaus. Leimikon rajaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat metsikkökuvioille
tulevat käsittelyt, korjattavat puutavaralajit sekä metsänomistajan toiveet. Leimi-
kon rajauksessa tulisi pyrkiä selväpiirteisyyteen ja rajaamaan korjuun kannalta
järkeviä kokonaisuuksia. Tarvittaessa leimikko voidaan jakaa vielä korjuulohkoi-
hin. Korjuulohkot voidaan jaotella metsikön käsittelyn, korjuukelpoisuuden tai kor-
juumenetelmän mukaan. (Metsäteho 2005, 19.)

Kesällä korjattavan turvemaaleimikon rajausta tulee suunnitella huolellisesti. Ra-
jauksessa tulee välttää monimutkaisia ja pitkulaisia kuvioita, jos ne eivät rajoitu
kangasmaihin. Laajoja yhtenäisiä turvemaakuvioita, joissa metsäkuljetusmatka
venyy pitkäksi ja varastointi mahdollisuudet ovat rajalliset, on tarpeen välttää.
Metsäkuljetusmatkan mennessä turvemaalla yli 200 metrin on leimikko syytä jät-
tää talvikorjuuseen. (Suomen metsäkeskus 2014, 2.) Turvemaaleimikko voidaan
jakaa myös osiin lohottamalla kesä- ja talvikorjuukohteet erilleen. Leimikon so-
veltuvuutta kesäkorjuuseen voidaan parantaa rajaamalla huonosti kantavat ja
heikkopuustoiset kohdat korjuun ulkopuolelle. (Vanhatalo ym. 2015, 67.)

Turvemaaleimikon suunnittelussa kesäkorjuuseen tärkeimpänä tekijänä on osata arvioida maaston kantavuutta. Kantavuuden arvioinnissa voidaan käyttää apuna siihen tarkoitukseen suunniteltua turvemaiden korjuukelpoisuusluokitusta. Maastossa kuljettaessa leimikon kantavuutta voidaan arvioida silmämääräisesti tarkastelemalla maapohjaa, märkyyttä ja kantavuutta ennakoivaa kasvillisuutta. Pienialaiset pehmeikkökohdat tulisi myös huomata, jotta ne voidaan rajata leimikosta pois tai kiertää korjuussa. Maastossa kantavuuden arvioinnissa voidaan käyttää apuvälineinä russia tai piikkisiipikairaa. Rassilla saadaan selville turvekerroksen paksuus ja piikkisiipikairalla voidaan mitata maan pintakerroksen leikkauslujuutta. (Vanhatalo ym. 2015, 65, 68.)

Sopivan korjuukaluston valintaan turvemaaleimikolle vaikuttaa eniten kohteen kantavuus. Yleiskoneet soveltuvat useimmille leimikoille, kunhan ne varustellaan turvemaalle sopiviksi. Varusteluksi riittävät yleensä leveät ja reunoiltaan pyöristetyt telat, jotka pienentävät maanpintaan aiheutuvaa kuormitusta. Haastavimmille kohteille soveltuvat parhaiten tela-alustaiset erikoiskoneet. (Vanhatalo ym. 2015, 69 – 70.)

2.2 Korjuun suunnittelu ja toteutus

Turvemaan puunkorjuuta suunniteltaessa tulee tarkastella metsätiestöä ja sen kuntoa. Tiestön on kestettävä puutavaran kaukokuljetus kesäaikaan ja se toimii piennarteiden kanssa runkona puunkorjuun toteutukselle. Kattava tieverkosto mahdollistaa varastopinojen hajauttamisen useisiin kohtiin mikä parantaa leimikon soveltuvuutta kesäkorjuuseen. Teiden käyttöoikeus tulee myös selvittää suunnittelu vaiheessa. (Vanhatalo ym. 2015, 74.)

Suunniteltaessa varastopaikkoja on otettava huomioon riittävä tilantarve ja paikan sopivuus puutavaran varastointiin. Varastopaikkojen sijainti merkitään leimikkokarttaan. Myös varastopaikkojen ja leimikolle johtavan ajouran käyttöoikeus on selvitettävä. Varastopaikan ja leimikolle johtavan ajouran käyttöön on kysyttävä lupa, jos ne sijaitsevat toisen omistajan maalla. (Metsäteho 2005,12, 22, 30.)

Turvemaan korjuussa varastopaikat on suunniteltava niin, että metsäkuljetusmatka pysyy mahdollisimman lyhyenä. Metsäkuljetusmatkan lyhentämiseen ja

ajouraverkoston kuormitukseen voidaan vaikuttaa varastopaikkojen hajauttamisella useampaan kohtaan tien varressa. Varastopaikkojen sijoittumiseen vaikuttavat leimikon koko, muoto ja kantavuustekijät. Varastojen tilantarve määritetään hakkuukertymäennusteen ja puutavaralajien määrän perusteella. Varastopaikoilla riski maastovaurioiden syntymiseen on suuri, joten maaperän kantavuuden parantamiseen on kiinnitettävä korjuussa erityistä huomiota. Varastopaikat sijaitsevat teiden varsilla ja niinpä ne toimivatkin näyteikkunana korjuujäljelle. (Vanhatalo ym. 2015, 74.)

Ennen hakkuutta tulee selvittää leimikon ennakkoraivaustarve. Ennakkoraivaus on tarpeen, jos leimikolla on runsaasti korjuussa näkyvyyttä heikentävää alikasvospuustoa. Koivualikasvoksen vesomisen takia ennakkoraivausta ei ole järkevää tehdä liian aikaisin ennen hakkuuta. Tämän lisäksi raivatulla alikasvoksella on maaperän kantavuutta parantava vaikutus, silloin kun se on vielä tuoretta. (Vanhatalo ym. 2015, 64.)

Ennen hakkuutyön aloittamista täytyy hakkuukoneenkuljettajan suunnitella leimikolle ennakkoon ajouraverkosto ja varastopaikat. Ajouraverkoston suunnittelu tehdään leimikkokartan pohjalta. Ajouraverkosto tulisi suunnitella siten, että siitä tulee toimiva ja mahdollisimman selkeä. Suunnittelussa tulee ottaa huomioon leimikon ja maaston ominaisuudet sekä mahdolliset rajoitteet ajourien sijoittelulle. Erityistä huomiota on kiinnitettävä ajouraverkoston suunniteluun turvemaaleimikolle, jossa kantavuus on yleensä heikko. Toimivan ajouraverkoston suunnittelu turvemaaleimikolle onkin usein haastava tehtävä, mutta se on korjuun onnistumisen kannalta ratkaisevan tärkeä tehtävä. Ajouraverkoston suunnittelussa on pyrittävä käyttämään hyväksi leimikon parhaiten kantavat osat ja mahdollisuuksien mukaan ajourat sijoitetaan leimikon runsaspuustoisimpiin kohtiin. (Vanhatalo ym. 2015, 71 – 73.)

Ajouraverkoston suunnittelu aloitetaan varastopaikalta, joita voi olla useita samalla leimikolla. Ensimmäisenä suunnitellaan kokoojaurat, jotka muodostavat ajouraverkoston rungon. Kokoojaurat sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan leimikon parhaiten kantaviin osiin, koska niiden tulee kestää useita ajokertoja. (Metsäteho 2005, 52.) Kangasmaihin rajoittuvilla turvemaaleimikoilla sijoitetaan kokoojaurat mahdollisuuksien mukaan kulkemaan kangasmaita pitkin. Kokoojauriin

kohdistuvaa rasitusta voidaan pienentää hajauttamalla varastopinot useaan eri varastopaikkaan tien varressa. (Vanhatalo ym. 2015, 68.)

Turvemaaleimikon ajouraverkoston suunniteluun vaikuttaa mahdollinen kunnostusojitus, lannoitteiden maalevitys ja sarkaleveys. Kokoojaurien jälkeen suunnitellaan varsinaiset ajourat. Ajourat lähtevät kokoojaurilta ja niistä tehdään mahdollisuuksien mukaan läpiajettavia lenkkejä ja risteyksiä tehdään mahdollisimman vähän. Ajourien kohdalle osuvat pienialaiset pehmeiköt kierretään mahdollisuuksien mukaan. Ajouraverkostoa voidaan tarvittaessa täydentää lyhyillä pistourilla ja hakkuu-urilla. Ongelmana hakkuu-urien käytössä turvemaalla on, ettei varsinaiselle ajouralle saada riittävästi havutusta, joten niitä tulee käyttää harkiten. (Vanhatalo ym. 2015, 70, 72 – 73.)

Mikäli kunnostusojitusta ei tehdä sijoitetaan ajourat yleensä kulkemaan ojien suuntaisesti saralla, mutta joissakin tapauksissa ne voivat kulkea poikittain ojiin nähden. Ajouria sijoitetaan saralle yleensä yksi tai kaksi kappaletta, riippuen sarka leveydestä. Ajouria ei sijoiteta kulkemaan ojien päällä eikä vieressä. (Vanhatalo ym. 2015, 73.)

Kunnostusojitettavilla kohteilla ajouraverkoston perusta muodostuu avattavista perkaus- ja täydennysojista. Avattavilta ojalinjoilta puusto täytyy poistaa joka tapauksessa, joten ojalinjoja käytetään yleensä myös ajourina. Ajourat voidaan sijoittaa ojien päälle tai viereen. Ojalinjat avataan hakkuussa 5 – 6 metriä leveiksi. Ajouran kulkiessa ojan vieressä ojalinjasta tulee noin kaksi metriä leveämpi. Sulan maan korjuussa ajourat suositellaan tehtäväksi ojan viereen tai saralle. Toisaalta ojan viereen avatulta ajouralta joudutaan poistamaan ojan läheisyydessä kasvavaa parasta puustoa. Ojan päällä kuljettaessa ongelmaksi muodostuu pehmeillä kohteilla ojapenkkojen sortuminen. (Vanhatalo ym. 2015, 73.)

Ajouraverkoston suunnittelun lisäksi myös hakkuun toteutuksen on oltava kunnossa. Kaikki hakattavasta puustosta kertyvät hakkuutähteet tulee levittää ajouralle parantamaan kantavuutta. Ajouria avattaessa niistä tulee tehdä mahdollisimman suorina, riittävän leveitä ja tarpeettomia mutkia on vältettävä. Ajourien leveys heikosti kantavilla kohteilla voi olla keskimäärin 4,5 – 5 metriä ja haastavissa kohdissa vieläkin leveämpi. Heikoimmin kantavat pehmeikkökohdat tulee

pyrkii kiertämään kokonaan. Ajouralta poistettavat puut katkaistaan mahdollisimman lyhyeen kantaan, mikä vähentää kuormatraktorin kallistelua ja näin maanpinnan rikkoutumista. Ajourien kaarrokset sijoitetaan mahdollisuuksien mukaan kovalle maalle. Muutoin kaarrokset sijoitetaan puustoiisiin tai leimikon kantavimpiin kohtiin ja kaarroksista tehdään riittävän leveitä. (Vanhatalo ym. 2015, 63, 71.)

Hakkuukoneenkuljettajan on tarkkailtava työn edetessä maaperän kantavuutta ja korjuuolosuhteita. Turvekerroksen paksuuden kehittymistä voidaan mitata syöttämällä runkoa turvekerrokseen. Näin saadaan tietoa myös maaperän kantavuudesta. Metsäkuljetukseen vaikuttavista tekijöistä ja heikosti kantavista kohdista tulee tietoa saattaa myös kuormatraktorinkuljettajalle. Kantavuuden tai korjuuolosten heikentyessä keskeytetään korjuu tarvittaessa kokonaan. (Kariniemi 2008, 5, 10.)

Metsäkuljetuksen onnistumisella on ratkaiseva merkitys ajourapainaumien syntymiseen ja siihen voidaan vaikuttaa ajotekniikalla. Ajokertojen määrää ajourilla pyritään minimoimaan. Ajokertoihin voidaan vaikuttaa ajamalla sekakuormia, jolloin kaikki ajouran varressa olevat puutavaralajit kuormataan samaan kuormaan. Täysien kuormien ajaminen vähentää myös kokoojauriin kohdistuvaa rasitusta ajokertojen määrän vähentyessä. Ajourien kuormitusta voidaan vähentää myös kuormakokoa säätämällä, mutta se lisää ajouralla tarvittavien ajokertojen määrää. Leimikon pehmeissä kohdissa kuormakokoa pienentämällä voidaan maastovaurioilta vältyä. Ajouran leveyden salliessa voidaan välillä ajaa raiteen vieressä mikä vähentää yhteen raiteeseen kohdistuvaa kuormitusta ja maanpinnan rikkoutumista. Heikoimmin kantavissa kohdissa kantavuutta voidaan tarvittaessa parantaa viemällä niihin lisää hakkuutähteitä, tekemällä kuitupuutela tai käyttämällä ajosiltoja. Ojien ylityskohtiin tehdään tarpeen mukaan siltoja täyttämällä oja kuitupuulla tai käyttämällä siirrettäviä siltaratkaisuja. (Vanhatalo ym. 2015, 62 – 63, 66 – 67.)

2.3 Ajourien vaikutus puustoon

Ajourapainaukset johtavat puuston osalta kasvutappioihin, koska painaukset vaurioittavat puiden juuristoa ja maaperää. Etenkin kuusella ja koivulla lähellä runkoa olevat juurivauriot johtavat lähes aina lahon syntymiseen rungossa. Lahoviasta

seuraakin tulevissa hakkuissa puutavaralajisiirtymää tukista kuiduksi tai metsään jääviksi lumpeiksi. (Sirén 2005, 153.)

Kaikkien hakkuutähteiden puinti ajouralle aiheuttaa sen, että poistettujen puiden hakkuutähteistä vapautuvat ravinteet ovat lähinnä ajouran reunapuiden käytössä. Tämä johtaa reunapuiden tuntuvaan kasvunlisäykseen erityisesti kuusikoissa, joissa hakkuutähteitä kertyy runsaasti. Männiköissä reunapuiden kasvu reaktio on kuusikoita heikompi. Tärkeimpänä syynä männyn heikompaan reagointiin puulajin ominaisuuksien lisäksi lienee kuusikoita pienempi hakkuutähteiden määrä, jolloin ravinteitakin vapautuu vähemmän. Hakkuutähteiden keskittyminen ajouralle ei ole kuitenkaan pelkästään huono asia, koska reunapuiden kasvunlisäys lieventää ajouran muuten aiheuttamia kasvutappioita. Reunavaikutuksesta hyötyy kuitenkin vain ne puut, joiden latvuksella ja juuristolla on välitön yhteys ajouraan. Myönteinen reunavaikutus ulottuu kolmen metrin päähän ajouran reunasta, tätä edempänä olevilla puilla sitä ei ole enää havaittu. (Isomäki 2005, 154.)

Mikäli ajourat hakataan neljä metriä leveiksi ja niitä tehdään 20 metrin välein, sijoittuu kasvamaan jäävistä puista noin kolmannes ajouran reunaan ja jopa puolet kolmen metrin päähän tai alle ajourasta. Reunapuiden kasvu saattaa voimistua, jopa viidenneksen metsikön muuhun puustoon verrattuna. Ajouran reunavyöhyke edustaakin metsikön tulevasta kasvusta ja tuotoksesta, jopa puolta. Reunapuuston käsitellyllä vaikutetaan olennaisesti metsikön puuntuotannon tilaan. Toisaalta ajouran reunapuusto altistuu korjuukoneiden aiheuttamille runko- ja juurivaurioille. Koneiden vaatiman työskentelytilan vuoksi ajouran reunapuustoa voidaan joutua harventamaan enemmän, kuin ajourasta etäämpänä olevaa puustoa. (Isomäki 2005, 154.)

2.4 Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus

Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus (Kuvio 1) on kehitetty avuksi leimikon suunnitteluun ja korjuukaluston valintaan sulan maan aikaan tehtäviin turvemaaharvennuksiin. Turvemaan kantavuuden ja korjuukaluston suokelpoisuuden yhdistävän luokituksen avulla voidaan päätellä, millaiset turvemaaleimikot soveltuvat kesäkorjuuseen ja minkälaisella kalustolla korjuu voidaan suorit-

taa. Toimivan luokituksen ansiosta turvemaaleimikoita voidaan siirtää kesäkorjuuseen ja näin voidaan parantaa konekaluston tehokasta ympärivuotista käyttöä. (Högnäs, Kumpare & Kärhä 2011, 2 – 3.)

Kantavuutta kuvaamaan on kehitetty kolme kantavuusluokkaa, jotka määritellään leimikon kokonaispuuston perusteella. Kantavuusluokkaa määritettäessä lisämääreinä käytetään pohjaveden syvyyttä suon pinnasta, sateisuutta ja turvekerroksen paksuutta. Lisämääreet parantavat tai heikentävät kantavuusluokkaa yhdellä pykälällä. Lisäksi kantavuusluokan määrittämisessä arvioidaan, kuinka suuri kuormitus leimikon ajouraverkoston tulee kohdistumaan. Arviointi tehdään leimikon muodon, koon ja varastojärjestelyjen perusteella, johon on käytössä kolmeportainen luokitus: pieni, kohtalainen tai suuri kuormitus. Kantavuusluokan tarkoituksena on kuvastaa, millainen talvikorjuuleimikko voidaan korjata kesäaikaan, kun käytävissä on tietynlaisen suokelpoisuuden täyttävä korjuukalusto. Kantavuusluokituksen käyttö edellyttää hakkutähteiden puimista ajouralle ja ajouraverkoston heikosti kantavien kohtien vahvistamista. (Högnäs, Kärhä, Lindeman & Palander 2009, 4, 8.)

Korjuukalustolle on määritetty kolme suokelpoisuustasoa, jotka määräytyvät kuormatraktorin pintapaineen mukaan. Kantavuusluokan yksi suokelpoisuustaso on parannettu kantavuus ja siinä maksimi pintapaine on 50 kilopascalia tai alle. Luokan kaksi suokelpoisuustasoa on kantava ja siinä maksimi pintapaine on 40 kilopascalia tai alle. Luokan kolme suokelpoisuustasoa on superkantava ja siinä maksimi pintapaine on 30 kilopascalia tai alle. Maksimi pintapaineen mennessä yli 50 kilopascalin ei turvemaalle mennä ollenkaan sulan maan aikaan. (Högnäs ym. 2009, 9.)

Leimikon suunnitteluvaiheessa ajouraverkostolle aiheutuvan kuormituksen arviointi voi olla haastavaa. Ajouraverkostolle aiheutuvaan kuormitukseen vaikuttaa eniten hakattavan leimikon koko, muoto ja varastojärjestelyt. Nämä tekijät tiedetään jo leimikon suunnitteluvaiheessa. Ajouraverkostolle aiheutuvaa räsitusta voidaan pienentää varastojärjestelyillä, mikäli leimikon puut voidaan hajauttaa useampaan tienvarsivarastoon. Korjuun kannalta hankalan muotoiset kuviot ja laajat yhtenäiset turvemaaleimikot aiheuttavat ajouraverkostolle suuren kuormituksen. Tällaisia kohteita ovat pitkulaiset ja monihaaraiset kuviot etenkin, jos kuvion

reuna-alueilla ei voida käyttää hyväksi paremmin kantavia kangasmaita. (Högnäs ym. 2009, 10.)

Ajouraverkostolle aiheutuvaa kuormitusta voidaan arvioida mittaamalla keruualueen keskimääräistä metsäkuljetusmatkaa turvemaalla. Mittaus tehdään keruualueen puumäärällä punnitusta keskipisteestä purkupaikalle. Mikäli kohteella on useita varastopaikkoja, jakautuu kohde useaan keruualueeseen. Jokaiselle keruualueelle mitataan oma keskikuljetusmatka, jolloin ajouraverkoston kuormitus muodostuu pienemmäksi, kuin yhden varastopaikan tilanteessa. Varastolle johtavat ajourat ja kokoojaurat tulee pyrkiä sijoittamaan kovalle maalle. Silloin turvemaalla kulkevan ajouraverkoston rasitus pienenee ja kovan maan osuus voidaan vähentää pois kokonaiskuljetusmatkasta. (Högnäs ym. 2011, 5.)

Turvemaalle kohdistuva keskikuljetusmatka mitataan kohdekartalta. Kartalle merkitään kaikki varastopaikat, joille määritetään jokaiselle keruualueet. Keruualueille arvioidaan puumäärällä punnittu keskipiste. Keruualueiden keskipisteistä mitataan metsäkuljetusmatka varastolle todennäköisintä ajoreittiä pitkin, josta vähennetään mahdollinen kangasmaan osuus pois. Lopuksi lasketaan eri keruualueille puumäärällä painotettu kuljetusmatkan keskiarvo. (Högnäs ym. 2011, 7.)

Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus 2011

Korjattavan kuvion kokonaispuusto, m ³ /ha	Korjuukohteen varastojärjestelyjen, muodon ja koon perusteella arvioitu kuormitus ajouraverkostolle *)		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
	Kantavuusluokka **)		
>170	1	2	3
170 – 120	2	3	TALVI
<120	3	TALVI	TALVI
Korjaukset korjuukelpoisuusluokkiin:			
Pohjaveden syvyys:			
<ul style="list-style-type: none"> • Kohteissa, joissa pohjavesi on alle 25 cm:n syvyydellä suon pinnasta, käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta. • Jos korjuuta on edeltänyt yli 4 viikkoa kestänyt kuiva kausi, suunnittelutietojen kantavuus paranee toteutuksessa yhdellä luokalla. 			
Turpeen paksuus: Kohteella, jossa turvekerroksen paksuus on alle 75 cm, kantavuus paranee yhdellä luokalla.			
*) Suuntaa-antava keskimääräinen maastokuljetusmatka turvemaalla: pieni <100 m, kohtalainen 100–200 m ja suuri >200 m. **) Edellytetään, että hakkuutähteet hakataan ajouralle ja pienialaiset ja ajouraverkoston kriittiset kohdat vahvistetaan hakkuutähteillä tai muulla tavalla.			

Kuvio 1. Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus 2011 (Högnäs ym. 2011, 8.)

3 AJOURAPAINAUMAT

3.1 Ajourapainauksiin vaikuttavia tekijöitä

Tärkein tekijä sulan maan aikaisen turvemaaharvennuksen onnistumisessa laadukkaasti on metsäkoneenkuljettajien ammattitaito ja toimintatavat. Erityisesti kuormatraktorikuljettajan ammattitaidolla on ratkaiseva merkitys korjuujälkeen. Toimittaessa turvemaalla sulan maan aikaan tulisi korjuuketjussa olla aina yksi kokeneempi kuljettaja vastaamassa työn laadukkaasta toteutuksesta. (Kariniemi 2008, 4 – 5, 12.)

Korjattavan leimikon puuston määrä ja kasvillisuus vaikuttavat merkittävästi maaston kulkuominaisuuksiin turvemaalla. Rungas lähtöpuusto ja varpukasvillisuus muodostavat turvekerroksen päälle laajan ja tiheän juuriverkoston, joka vahvistaa maaperän kantavuutta. Rungaan puuston kasvamisen edellytyksenä on, että kohde on valmiiksi kohtalaisen kuiva, tämä kertoo yleensä maaperän hyvästä kantavuudesta. Rungas puusto pitää myös veden haihtumisen korkeana, jolloin kohde pysyy paremmin kuivana. Lähtöpuuston rungas määrä merkitsee suurempaa hakkuukertymää, jolloin ajouran vahvistamiseen käytettävissä olevien hakkuutähteiden määrä on suurempi. Hakkuutähteiden rungas määrä luo edellytykset hyvälaatuisen havumaton tekemiseen ajouralle. Toisaalta suuri hakkuukertymä merkitsee ajokertojen määrän lisääntymistä ja suurempaa rasitusta ajourille. (Airavaara, Ala-Illomäki, Högnäs & Sirén 2008, 25.)

Puuston määrän perusteella tehtävään kantavuuden arviointiin aiheuttaa jonkin verran ongelmaa suopuustoissa usein esiintyvä epätasaisuus. Harvennustarpeessa oleva kohde on keskimäärin usein melko puustoinen, mutta usein kohteelle osuu myös vähäpuustoisia kohtia. Korjuussa joudutaankin todennäköisesti jossain vaiheessa kulkemaan tällaisten kohtien läpi, missä kantavuus on todennäköisesti heikko ja riski ajourapainaumien syntyymiseen kasvaa. (Heikkilä 2007, 25.)

Sademäärää pidetään yleisesti ottaen hyvänä korjuuajankohtaan vaikuttavana tekijänä maan ollessa sula. Sateisina kausina pohjavedenpinta nousee ja maaston kantavuus heikkenee, mikä kasvattaa ajourapainaumien riskiä. Kuivina kau-

sina taas kantavuus paranee ja korjuun toteuttaminen sopivilla kohteilla on mahdollista. Sademäärä vaikuttaa ainakin ohutturpeisilla kohteilla pohjamaan kantavuuteen. Paksutturpeisilla turvemaan kohteilla vaaditaan taas pitkä vähäsateinen jakso, jotta puuta voitaisiin korjata sulan maan aikaan. Sademäärää vaikuttaa korjattavan leimikon kantavuuden lisäksi metsä- ja sorateiden kulkukelpoisuuteen ja tätä kautta kaukokuljetuksen toteutukseen. Tämäkin seikka on otettava huomioon suunniteltaessa leimikkoa kesäkorjuuseen. (Heikkilä 2007, 25.) Sateisuus- ja pohjaveden syvyys on otettu huomioon myös turvemaaharvennusten kantavuusluokituksessa. (Högnäs ym. 2009, 8).

Leimikon koko ja muoto vaikuttavat ajouraverkoston kohdistuvaan rasitukseen. Monihaaraiset ja pitkulaiset kuviot aiheuttavat suuren rasituksen ajourille, jos niiden reunoilla ei ole kovia maita, joita voitaisiin hyödyntää metsäkuljetuksessa. Laaja-alaisilla yhtenäisillä turvemaakuviolla metsäkuljetusmatka venyy pitkäksi mikä aiheuttaa myöskin suuren kuormituksen ajouraverkostolle. Ajouraverkostolle aiheutuvaa kuormitusta voidaan vähentää huomattavasti varastojärjestelyillä. Leimikolta kertyvät puut tulisi mahdollisuuksien mukaan hajauttaa useampaan tienvarsivarastoon. Varastopinoja hajauttamalla ajokertojen määrää etenkin kokoojaurilla voidaan vähentää, jolloin riski painaumien syntymiseen pienee. (Suomen metsäkeskus 2014.)

Pohjavedenpinnan tasolla on vaikutusta kohteen kulkukelpoisuuteen. Pohjavedenpinnan ollessa korkealla kulkukelpoisuus heikkenee. Pohjavedenpinnan tasoon vaikuttavat puuston haihdunta, sateisuus ja ojaverkoston kunto. Ojaverkosto tulisikin pyrkiä pitämään hyvässä kunnossa, jotta pohjavedenpinta pysyisi riittävän matalalla. (Väätäinen, Lamminen, Sirén, Ala-Ilomäki & Asikainen 2010, 8.)

Muita raiteenmuodostukseen vaikuttavia tekijöitä ovat mutkat ja kannot ajourilla sekä turvekerroksen paksuus. Ajourilla olevien mutkien kohdalla tai kannon ollessa vastakkaisella raiteella painaumamat ovat usein syvempiä, jos niitä on syntynyt. Turvekerroksen paksuuden kasvaessa myös raiteiden syvyys yleensä kasvaa. (Kärhä, Poikela & Keskinen 2010, 37.)

3.2 Ajourapainaumien mittaus ja sallittu määrä

Ajourapainaumien mittaamiseen on määritetty ohjeet metsäkeskuksen maastotarkastusohjeessa. Ajourapainaumat mitataan puustotunnusten mittaamiseen käytettyä koealaa lähimmäksi sijoittuvalta ajouralta. Mittauskohdan määrittämisen lähtöpisteenä on koealan keskipistettä lähimpänä sijaitsevan ajouran raiteiden keskikohta. Raiteiden mittaus suoritetaan 30 metrin matkalta eli 15 metriä koealan keskipisteestä molempiin suuntiin ajouraa. Painaumaksi luetaan turvemaalla yli metrin mittainen ja yli 20 senttimetriä syvä painauma, jonka tulee olla leikkautunut turpeeseen. Painauman pituuden mittauksessa riittää, että painauma on syntynyt jompaankumpaan raiteeseen. Ajouralla tarkoitetaan uraa, jota myöten metsätraktorilla on kuljetettu puutavaraa. Pelkästään hakkuukoneen käyttämiä hakkuu-uria ei oteta huomioon tarkastuksessa. Ojan päälle sijoitetuilta ajourilta painaumia ei mitata. Ajouran kulkiessa ojan vieressä painaumat mitataan ainoastaan saran puoleiselta raiteelta. (Suomen metsäkeskus 2016, 19 – 20.)

Maastotarkastuksen tulosta arvioidaan kolmeportaisella sapluunalla: hyvä, huomautettavaa ja virheellinen. Painaumia sallitaan turvemaalla enintään kymmenen prosenttia ajourien kokonaispituudesta, jotta tulos olisi hyvä. Painaumien mennessä yli kymmenen prosentin tulokseksi tulee huomautettavaa ja yli 25 prosentin painauma määrällä tulos on huono. (Suomen metsäkeskus 2016, 21.)

3.3 Ajoalustan vahvistaminen

Turvemaalla maaperän kantavuus on yleensä heikko varsinkin, jos puunkorjuu toteutetaan kesäaikaan. Heikon kantavuuden vuoksi ajoalustaa on tarpeen vahvistaa, jotta ajourapainaumien syntymistä voitaisiin välttää. Turvemaallakin erittäin heikosti kantavia kohtia esiintyy yleensä vain pienellä osalla ajouraverkostoa. Erittäin heikkoa kantavuutta aiheuttaa esimerkiksi vetisyys ja ajouran suuri kuormitus. Toisinaan erityisen heikosti kantavia kohtia esiintyy vain hyvin lyhyellä matkalla ajouraa. Tällaisia kohtia voivat olla ojien ja purojen ylitykset tai notkot. Suurimmalle kuormitukselle ajouraverkostossa joutuvat kokoojaurat ja varastolle johtavat varastourat. Erityisen heikosti kantavissa kohdissa ajoalustan kunnollinen

vahvistaminen on erityisen tärkeää ja niiden sijainti on usein jo etukäteen selvitetävissä. (Airavaara ym. 2008, 20.)

Ajoalustan vahvistamiseen käytössä olevia keinoja ovat havutus, kuitupuutelan rakentaminen, siirrettävät pitkospuut, kevytsillat ja siirrettävät sillat. Näistä yleisimmin käytössä ovat havutuksen ja kuitupuutelan tekeminen. Havutuksessa hakkutähteet levitetään ajouralle havumatoksi lisäämään kantavuutta. Havutusta on pyrittävä saamaan erityisesti raiteiden kohdalle eli siihen kohtaan mistä koneen pyörät kulkevat. Hakkutähteitä pyritään levittämään tasaisesti koko ajouralle, mutta selvästi heikommin kantaviin kohtiin niitä tulee mahdollisuuksien mukaan levittää enemmän. Hakkuuvaiheessa hakkutähteitä voidaan tehdä kasoihin, joista niitä voidaan kuljettaa heikosti kantavien kohtien vahvistamiseen. Hyvän havutuksen aikaansaamiseksi kaikki käytettävissä oleva hakkutähde tulee käyttää hyödyksi ajouran vahvistamiseen. Erittäin huonosti kantaviin kohtiin ja raskaasti kuormitetuille ajourille yksi vaihtoehto on kuitupuutelan tekeminen. Se tehdään latomalla kuitupuupölkkyjä poikittain ajouraan nähden. Tarpeen vaatiessa telan alle voidaan laittaa ensin pölkkyjä pitkittäin ja telan päälle voidaan kasata vielä hakkutähteitä. (Airavaara ym. 2008, 20 – 21.)

Muita ajoalustan vahvistamiseen käytettyjä ratkaisuja ovat siirrettävät pitkospuut ja lavat sekä rengasmatot. Pitkospuilla on pystytty vähentämään ajourien raiteistumista merkittävästi. Rengasmattojen käyttökokeiluissa ajourien raiteistuminen on ollut vähäisempää kuin kohtalaisella havutuksella, mutta suurempaa verrattuna pitkospuiden käyttöön. Yksi tapa ajouran kantavuuden lisäämiseen on pehmeiden kohtien kiertäminen hakkuussa. Mahdollisuudet tähän ovat kuitenkin rajalliset, mutta keino on kuitenkin käyttökelpoinen. Kevytsiltoja ja siirrettäviä siltoja voidaan käyttää ojien ja purojen ylityksissä. Kevytsilta rakennetaan asettamalla muutama pölkky ojan yli, joiden päälle ladotaan pölkylaveri. Käytännössä silta tehdään yleensä vain täyttämällä oja kuitupuupölkkyillä. Siirrettävät sillat ovat metsätraktorilla liikuteltavia siltoja, jotka laitetaan ojan yli. (Airavaara ym. 2008, 21-22.) Pitkospuut ja sillat ovat kuitenkin erikoispaikkojen ratkaisuja ja ne eivät sovellu jokapäiväiseen käyttöön. Pitkospuita voidaan käyttää esimerkiksi lyhyen heikosti kantavan kohdan ylitykseen, jos leimikko on muuten kesäkorjuukelpoinen. (Kariniemi 2008, 9.)

3.4 Korjuukoneiden varustelu

Metsäkoneiden kulkukelpoisuutta pehmeillä mailla voidaan parantaa erilaisilla keinoilla. Keinoja ovat koneiden erilaiset varusteet ja konevalinta. Varustelun tarkoituksena on yleensä pintapaineen alentaminen ja koneen maahan aiheuttaman rasiuksen vähentäminen. Yleisimmin käytössä oleva varuste on koneen teliin asennettavat telat. Teloilla koneen pintapainetta saadaan alennettua ja samalla parannetaan pitoa. Teloja on saatavilla erilaisia malleja. Telojen käytön ongelmana on kuitenkin niiden aiheuttamat maastovauriot ja koneen kulkuvastuksen kasvaminen. Teloilla voidaan pienentää koneen pintapainetta entisestään tekemällä niistä koneen renkaita leveämpiä. Pintakerroksen rikkoontumiseen ja kulkuvastukseen voidaan vaikuttaa telakengän muotoilulla. Mahdollisimman suuri muotoillut telakengät aiheuttavat vähiten maanpinnan rikkoontumista. (Airavaara ym. 2008, 6 – 7.) Kuusipyöräisiin koneisiin on saatavilla kantavuuden parantamiseksi kehitettyjä pyöräteloja. Pyörätelat ovat samantapaisia kuin normaali telat, mutta ne asennetaan telin sijasta yksittäiselle pyörälle. (Kärhä ym. 2010, 2.)

Koneen rengastuksella voidaan vaikuttaa pintapaineeseen. Pintapainetta voidaan alentaa käyttämällä leveämpiä renkaita, lisäämällä niiden määrä tai alentamalla ilmanpainetta. Leveämmillä renkailla pintapainetta ja sitä kautta raiteenmuodostusta pystytään vähentämään. (Airavaara ym. 2008, 10, 13 – 14.) Erilaisia ratkaisuja renkaiden määrän lisäämisestä on kahdeksanpyöräinen hakkuukone ja kymmenpyöräinen kuormatraktori. Renkaiden määrän lisääminen mahdollistaa myös pitempien telojen käytön ja sitä kautta matalamman pintapaineen. Renkaiden ilmanpainetta alentamalla erityisesti hakkuukoneiden maastokelpoisuutta saadaan parannettua huomattavasti. Hakkuukoneiden renkaiden ilmanpainetta alentamalla raiteen muodostuksen osalta on päästy, jopa samalle tasolle kuin käyttämällä teloja. Kahdeksanpyöräisellä kuormatraktorilla ajokertoja on voitu lisätä ilmanpaineita alentamalla, mutta raiteen keskisyvyyteen sillä ei ole ollut juuri alentavaa vaikutusta. (Kärhä ym. 2010, 2, 27, 29.)

ProSilva on kehittänyt pehmeiden maiden korjuuseen jäykällä umpitelolla varustetun hakkuukoneen ja kuormatraktorin. Jäykkä umpitela on samanmallinen, jota

käytetään kaivinkoneissa. Pehmeiden maiden korjuussa kokemukset jäykkätelaisesta kuormatraktorista ovat olleet hyviä. Raiteen muodostuminen on ollut vähäistä eikä havituksen laadulla ole ollut ollenkaan vaikutusta raiteen muodostumiseen. Sitä voidaankin pitää lupaavana konseptina pehmeiden maiden puunkorjuuseen. (Kärhä ym. 2010, 11, 1, 35.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Mittauskohteet

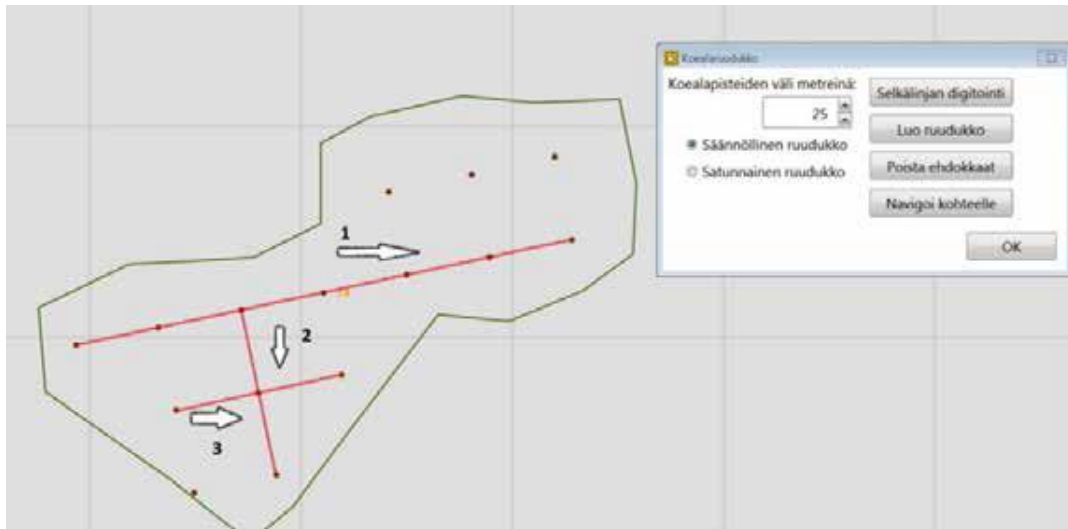
Mitatut kohteet sijaitsevat Ranuan, Simon ja Tervolan kuntien alueella. Kohteiden sijainti kartalla selviää liitteenä 1 olevasta kartasta. Kaikki mitatut kohteet ovat kesällä korjattuja turvemaan ensiharvennuksia tai myöhempiä harvennuksia. Kohteiden valintaa varten saimme toista opinnäytetyötä tekevän kaverini kanssa Metsähallitukselta listan kesällä korjatuista turvemaan harvennuskohteista. Listalta valitsimme yhdeksän kohdetta mittaukseen. Listalta valitsimme joka toisen kohteen mitattavaksi. Myöhemmin jouduimme kuitenkin vaihtamaan osan kohteista. Tämä johtui siitä, että osalla kohteista korjuu oli kesken tai turvekerroksen paksuus oli alle 30 senttimetriä, jota pidetään turvemaan luokituksen rajana. Näistä seikoista johtuen muutamia kohteita ei voitu ottaa mukaan mittaukseen. Kohteiden hakkuut on suoritettu kesien 2014–2016 aikana ja kaikki kohteet on korjannut sama korjuuyrittäjä. Korjuu on suoritettu superkantavaksi luokitellulla korjuuketjulla, jonka lisätiedot löytyvät liitteestä 2.

Mittauskohteista saimme Metsähallitukselta kuviokartat ja kuvioiden perustiedot sekä lähtöpuuston tiedot. Yhdeltä kohteelta lähtöpuuston tiedot jäivät puuttumaan, koska Metsähallitukselta ei niitä enää ollut saatavilla. Yhdeksältä kohteelta mittasimme yhteensä 15 kuviota, joilta kertyi 129 mitattua koealaa. Pinta-alaa kertyi yhteensä 107,3 hehtaaria. Tästä määrästä ensiharvennuksia on 40,1 hehtaaria ja muita harvennuksia 67,2 hehtaaria.

4.2 Mittausten toteutus

Mittaukset toteutimme vuoden 2016 heinäkuun ja lokakuun välisenä aikana. Mittaukset teimme kaverini kanssa yhdessä, koska hänellä oli samat kohteet mitattavana toiseen opinnäytetyöhön liittyen. Mittaukset toteutimme suurimmaksi osaksi Metsäkeskuksen maastotarkastusohjeen periaatteella systemaattisella koealaotannalla.

Koealalinjat sijoitimme mitattaville kuvioille maastotarkastusohjeen mukaisesti (Kuvio 2). Korjuuohjeen kartalta määritimme mitattavan kuvion pisimmän halkaisijan linjan, jonka mukaan koealalinja sijoitettiin. Muutamalla kohteella jouduimme hieman poikkeamaan tästä, koska koealalinja olisi kulkenut ojien suuntaisesti. Tarvittaessa käytimme apukoealalinjaa. Koealalinjan suuntaamiseen maastossa käytimme kompassia.



Kuvio 2. Koealalinjojen sijoitteluperiaate tarkastettavalle kuviolle (Suomen metsäkeskus 2016, 10.)

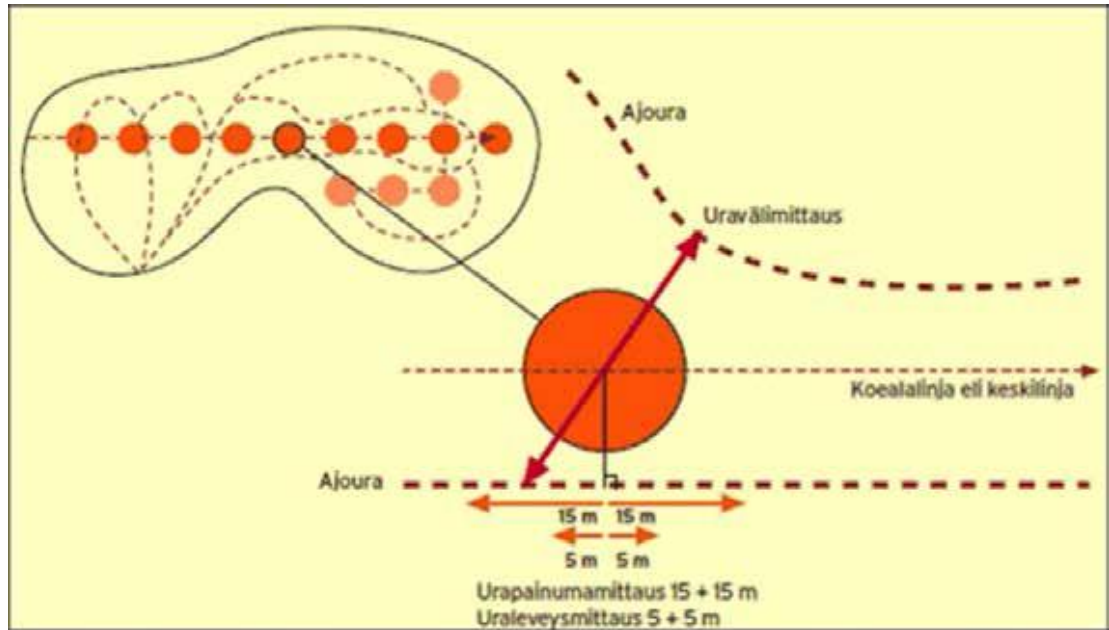
Koealaväli vaihteli kuvion pinta-alan mukaan ja se määritettiin maastotarkastusohjeen taulukon (Taulukko 1) mukaan. Ensimmäinen koeala sijoitettiin puolen koealavälin päähän linjan lähtöpisteestä mitattuna. Koealavälin mittasimme askelmitalla. Koealoja mittasimme jokaiselta kuviolta niin, että niitä tuli vähintään yksi tarkastettavan kuvion hehtaaria kohden. Koealojen säteenä käytimme 5,64 metriä, jolloin koealan pinta-alaksi tulee sata (100) neliometriä ja muuntokertoimeksi tulee sata (100). Muuntokerrointa tarvitaan koealalta mitattujen tunnusten muuntamisessa hehtaarikohtaisiksi. Koealan säteen määrittämisessä käytimme siihen tarkoitukseen lyhennettyä kuuden metrin onkivapaa.

Taulukko 1. Koealojen ja linjojen väliset etäisyydet (Suomen metsäkeskus 2016, 10.)

Kuvion koko, ha	Linja- ja koealaväli, m
< 1,0	25
1,0 - 2,0	30
2,1 - 3,0	35
3,1 - 4,0	40
4,1 - 6,0	45
> 6,0	50

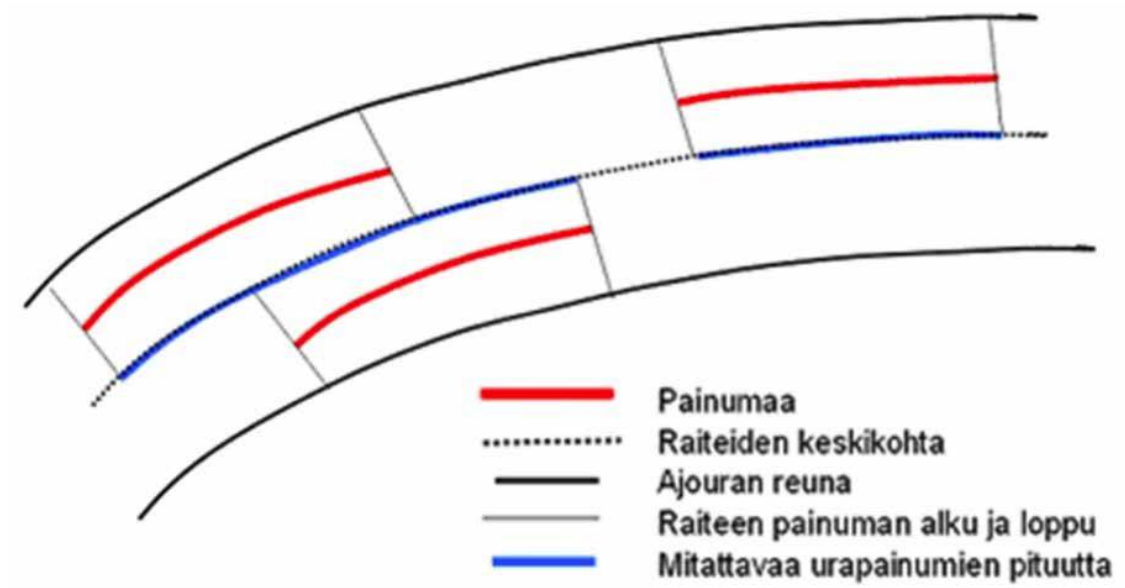
Koealoilta mittasimme maastotarkastusohjeessa määritettyjen puustotunnusten lisäksi koepuita poistuman tilavuuden selvittämistä varten. Koepuiksi valittiin joka kolmas koealalle sattunut puu. Koepuiden laskemista jatkettiin seuraavalla koealalla siitä, mihin edellisellä koealalla jäätiin. Jos koealan koepuiksi osui toiseksi viimeinen puu, seuraavalla koealalla ensimmäinen koepuu oli toinen koealalle osunut puu. Koepuista mittasimme rinnankorkeusläpimitan, kannonkorkeusläpimitan ja pituuden. Lämpimitan mittaamisessa käytimme kaulainta ja pituuden mitauksessa hypsometriä. Pituutta mitattaessa oikean etäisyyden puuhun mittasimme metsurinmitalla.

Ajourakoealan sijoitimme puustotunnusten mittaamisessa käytettyä koealaa lähimmälle ajouralle maastotarkastusohjeen mukaan (Kuvio 3). Ajouralta mittasimme ajouraleveyden, ajouravälin ja ajourapainumat. Ajouraleveyden, ajouravälin ja painaumien pituuden mittasimme mittanauhalla. Ajouraleveyden mittasimme kymmenen metrin matkalta eli koealan keskipisteestä viisi metriä molempiin suuntiin ajouraa. Tältä matkalta mittasimme ajouran vasemmalta ja oikealta puolelta lähimpien puiden etäisyyden puun kyljestä raiteen keskelle ja laskimme ne yhteen. Ajouravälin mittasimme puustotunnusten mittaukseen käytetyn koealan keskipisteen kautta kulkevan suoran linjan mukaan koealaa lähimpien ajourien raiteen keskeltä keskelle (Kuvio 3).



Kuvio 3. Puuston ja ajourien mittauspisteiden sijoitteluperiaate (Suomen metsäkeskus 2016, 18.)

Ajourapainumat mittasimme ajourakoealalta 30 metrin matkalta eli 15 metriä koealan keskipisteestä molempiin suuntiin ajouraa (Kuvio 4). Painaumaksi lasimme yli kaksi metriä pitkän painauman, joka oli leikkautunut turpeeseen ja jonka syvyys oli vähintään 20 senttimetriä. Painauman mittauksessa riittää, että toisella raiteista on painaumaa.



Kuvio 4. Ajourapainumien mittaaminen (Suomen metsäkeskus 2016, 19.)

Ajourapinauman pituuden lisäksi mittasimme painauman syvimmän kohdan. Tämä mittaus tehtiin rassilla ja apuna käytettiin itse tekemääni apuvälinettä (Kuvio 5). Mallin apuvälineen tekoon löysin Metlan työraportista (Airavaara ym. 2008, 33). Apuvälineen mitat olivat kuitenkin erilaiset kuin Metlan käyttämässä laitteessa.



Kuvio 5. Ajourapinaumien syvyyden mittaamisessa käytetty apuväline

Lisäksi mittasimme ajourakoealalta turpeen paksuuden ja kaikkien poistettujen puiden kantoläpimitat puulajeittain 5,64 metrin säteeltä koealan keskipisteestä. Turpeen paksuuden mittasimme kolmesta kohdasta, koealan keskipisteestä ja yhdeksän metrin päästä koealan keskipisteestä molempiin suuntiin ajouraa. Mittaus tehtiin rassilla ja turpeen paksuudeksi tuli näiden kolmen mittauskohdan keskiarvo. Kantoläpimitat mittasimme rullamitalla senttimetrin tarkkuudella. Epämääräisen muotoisista kannoista mittasimme ristimitan ja laskimme niistä keskiarvon. Näiden lisäksi mittasimme vielä etäisyyttä ajouraa lähimpään ojaan raiteiden keskeltä ojan keskikohtaan. Etäisyyden mittasimme mittanauhalla kymmenen senttimetrin tarkkuudella.

4.3 Pintakasvillisuus, ojankunto, havutuksen laatu ja määrä

Kaikilta koealoilta määritimme pintakasvillisuuden, ojan kunnon sekä ajouralla olevan havutuksen laadun- ja määrän. Kaikki edellä mainitut tunnuksot määritimme silmämääräisesti tarkastellen käyttäen kolmeportaista luokitusta. Pintakasvillisuuden luokat ovat: varpuinen, heinäinen ja rahkainen. Luokan ollessa varpuinen pintakasvillisuus koostuu pääsääntöisesti varpukasvillisuudesta (Kuvio 6). Varpukasvillisuus viittaa yleensä kohtuullisen kuivaan maaperään.



Kuvio 6. Pintakasvillisuutena varvut

Heinäisessä luokassa (Kuvio 7) pintakasvillisuus koostuu pääsääntöisesti heinä-vartisista kasveista. Heinäisyys viittaa yleensä myös tuoreempaan kasvupaikkaan ja kostempaan maaperään. Rahkaisessa luokassa pintakasvillisuus koostuu suurimmaksi osaksi rahkasammalesta. Rahkaisuus luokkaan tuli vain viisi koealaa, joten sillä ei ole tutkimuksen kannalta merkitystä.



Kuvio 7. Pintakasvillisuutena heinä

Ojien kuntoa arvioin kolmeportaisella luokituksella: hyvä, kohtalainen ja huono. Luokituksen ja määritelmät niille löysin aiemmin tehdystä tutkimuksesta, jossa on tutkittu ojien kunnan säilymiseen vaikuttavia tekijöitä kunnostusojituksen jälkeen. (Silver & Joensuu 2005, 70). Muutamalla koealalla ojaa ei ollut, joten näillä koealoilla merkinnäksi aineistoon tuli ei ojaa.

Hyväkuntoinen oja (Kuvio 8). Ojien pohjalla voi olla hieman veden kulkua hidastavia esteitä, mutta ojan luiskat eivät ole sortuneet eikä ojissa ole lietettä. Ojissa voi olla hieman kasvillisuutta, mutta ojat ovat kunnoltaan lähes uutta vastaavia. (Silver & Joensuu 2005, 70.)



Kuvio 8. Hyväkuntoinen oja

Kohtalaisen kuntainen oja (Kuvio 9). Ojien pohjalla saattaa olla yhtenäistä kasvillisuutta tai ojissa voi olla lievää luiskan sortumis- tai liettymishaittaa, josta johtuen ojat ovat mataloituneet jonkin verran. (Silver & Joensuu 2005, 70.)



Kuvio 9. Ojankunto kohtalainen

Huonokuntainen oja (Kuvio 10). Ojien pohjalla oleva kasvillisuus on runsasta ja se haittaa selvästi veden kulkua tai ojien luiskien sortumis- tai liettymishaitta on huomattavaa, minkä seurauksena ojat ovat mataloituneet selvästi. (Silver & Joensuu 2005, 70.)



Kuvio 10. Huonokuntainen oja

Havutuksen laadulle tein itse luokituksen ja niille määritelmät. Tein luokituksen ja määritelmät ennen mittauksien aloittamista, mutta tarkensin niitä hieman mittauksien alkuvaiheessa. Havutuksen laadun tarkastelussa otin huomioon, kuinka hyvin käytettävissä olleet hakkuutähteet on hyödynnetty havutukseen ja kuinka tasaisesti ne on levitetty ajouralle. Hyvälaatuisessa havutuksessa (Kuvio 11) lähes kaikki hakkuutähteet on puitu ajouralle ja ne peittävät raiteet lähes kokonaan. Kohdallaisessa havutuksessa (Kuvio 12) hakkuutähteitä voi olla hieman ajouran ulkopuolella. Raiteissa saattaa olla kohtia, joissa havutusta ei ole lainkaan tai vain vähän. Osa hakkuutähteistä voi olla kasoissa.



Kuvio 11. Vasemmalla hyvälaatuinen havutus ja oikealla kohtalainen havutus

Huonolaatuisessa havutuksessa (Kuvio 12) hakkuutähteitä on ajouran ulkopuolella jonkin verran. Ajouran raiteilla havutuksessa on huomattavia aukkoja tai hakkuutähteitä ei ole levitetty riittävästi vaan ne ovat kasoissa.



Kuvio 12. Huonolaatuinen havutus

Havutuksen määrää tarkastellessa otin huomioon kaikki hakkuutähteet mitkä olisi ollut käytettävissä ajouran havutukseen eli huomioin myös ajouran ulkopuolelle jääneet hakkuutähteet. Hakkuutähteiden määrälle tein kolme luokkaa ja niille määritteet. Määrän ollessa runsas, hakkuutähteitä on ollut käytettävissä paljon. Kohtalaisessa luokassa hakkuutähteitä on ollut käytettävissä keskinertaisesti. Luokassa vähäinen hakkuutähteitä on ollut heikosti käytettävissä.

4.4 Poistuman laskeminen

Ajouralta hakatun puuston määrän selvitin poistettujen puiden kantojen läpimitan perusteella. Koepuista mitattujen tunnusten avulla muodostettiin Excel-laskentaohjelmistolla puiden pituutta- ja rinnankorkeusläpimittaa ennustavat mallit puulajeittain käyttäen kantoläpimittaa selittävänä tekijänä. Kaikkiaan mitattiin 223 koepuuta, joista 141 on mäntyjä, 43 kuusia ja 39 koivuja. Malleista saaduilla kaavoilla laskin männyn (Kaava 1), kuusen (Kaava 2) ja koivun (Kaava 3) rinnankorkeusläpimitat eri kantoläpimitoille. Malleista saaduilla kaavoilla laskin myös männyn (Kaava 4), kuusen (Kaava 5) ja koivun (Kaava 6) pituudet eri kantoläpimitoille.

$y = 0,7858x + 0,1578$	$R^2 = 0,8985$	(1)
$y = 0,8737x - 1,2123$	$R^2 = 0,9604$	(2)
$y = 0,7985x + 0,019$	$R^2 = 0,9506$	(3)
$y = 0,3457x + 4,8532$	$R^2 = 0,5369$	(4)
$y = 0,3702x + 4,0451$	$R^2 = 0,7695$	(5)
$y = 0,3844x + 4,3977$	$R^2 = 0,6046$	(6)

missä

x on kantoläpimitta

Tämän jälkeen laskin tilavuudet yksittäisille puille käyttäen Laasasenahon tilavuusyhtälöitä. Tilavuusyhtälöinä käytin rinnankorkeusläpimittaan ja pituuteen perustuvia malleja. Laskutoimitukset tein jokaiselle puulajille erikseen. Yksittäisen puun tilavuuden jaoin tuhannella (1000), jotta sain muunnettua puun tilavuuden litroista kuutiometreiksi. Tämän jälkeen kerroin tulon sadalla (100), jolloin sain muunnettua puiden kuutiotilavuuden hehtaarikohtaiseksi. Sitten laskin vielä koealan eri puulajien tilavuudet yhteen, jolloin sain selville koealakohtaisen poistuman kokonaistilavuuden.

4.5 Aineiston käsittely

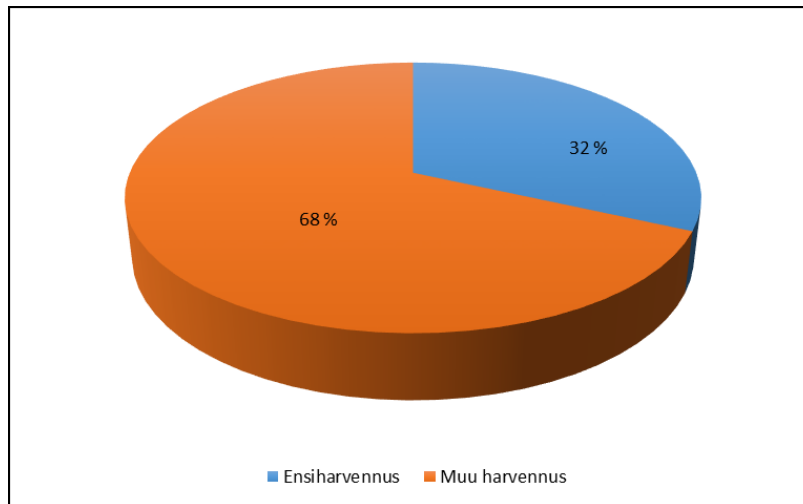
Tutkimus on määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimuksen tulokset perustuvat maastosta kerättyyn aineistoon. Maastosta lomakkeille kerätyn aineiston siirsin Excel-ohjelmistoon, johon koostin sen yhdeksi aineistoksi. Excel-ohjelmaan tallensin kaikki tiedot numeerisessa muodossa, jotta aineiston siirtäminen onnistui myös SPSS-ohjelmaan.

Aineiston analysointia tein SPSS-ohjelmalla sekä Excel-ohjelmalla. Molemmilla ohjelmilla analysointi tapahtui ristiintaulukointia käyttämällä. SPSS-ohjelmalla testasin lisäksi muuttujien tilastollista merkitsevyyttä Pearsonin Khiin neliö -testillä. Tuloksissa esitetyt diagrammit olen tehnyt Excel-ohjelmalla.

5 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

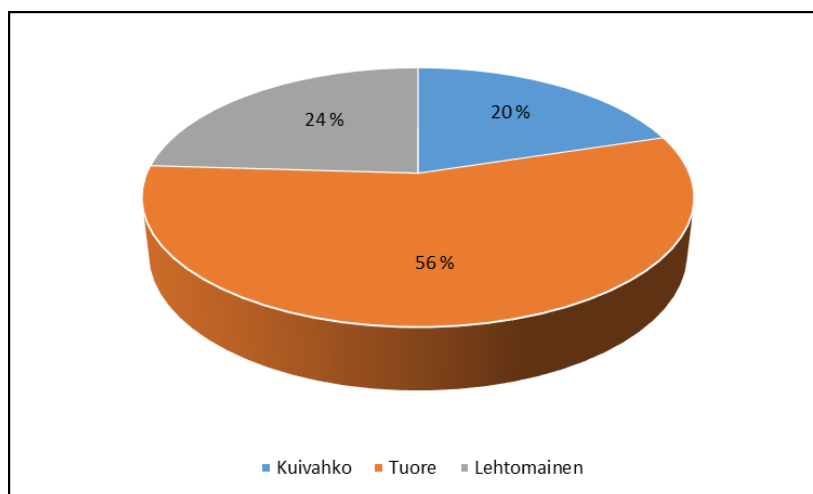
5.1 Taustatiedot

Kohteilta mitattiin kaikkiaan 129 koealaa ensi- ja muu harvennus kohteilta. Suurin osa koealoista sijoittui muu harvennus kohteille. Koealojen määrän jakautuminen ensi- ja muiden harvennusten välillä selviää kuviosta 13.



Kuvio 13. Koealojen jakautuminen ensi- ja muiden harvennusten kesken

Mitatut koealat sijoittuivat kolmelle eri kasvupaikkatyypille (Kuvio 14). Kasvupaikkatyypit ovat kuivahkoa, tuoretta ja lehtomaista kangasta vastaavia soita. Suurin osa koealoista sijoittuu tuoretta kangasta vastaavalle suolle. Kuivahkoja ja lehtomaisia kankaita vastaavia soita on suurin piirtein saman verran.

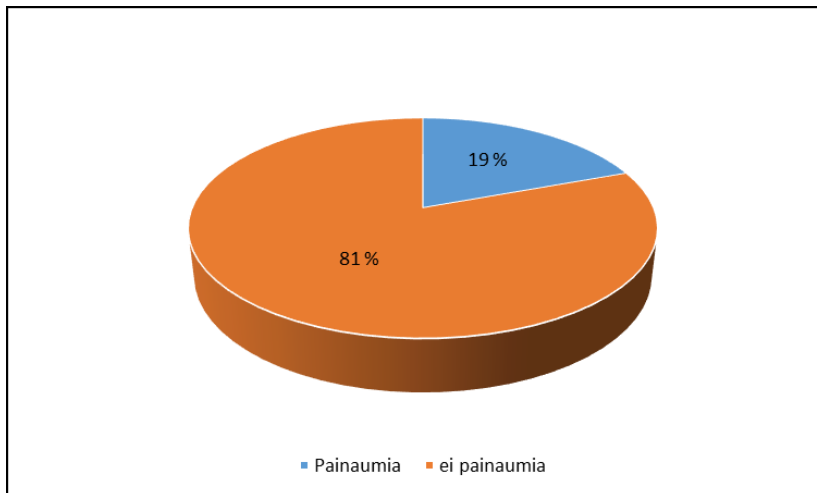


Kuvio 14. Koealojen jakautumien kasvupaikkatyypeittäin

5.2 Painaumien määrä

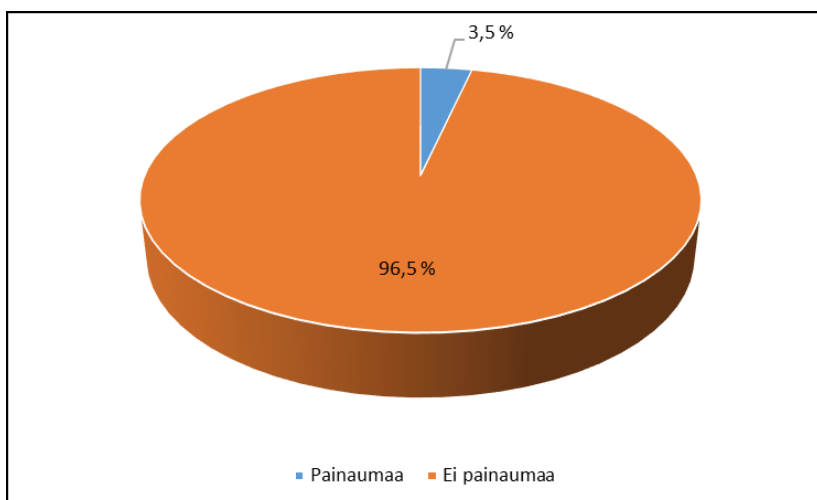
5.2.1 Koealojen mukaan ja painaumaprosentti

Kaikista mitatuista koealoista painaumia oli 25 koealalla. Koealojen määrän osalta painaumia oli 19 prosentilla koealoista (Kuvio 15). Huomattavan suuri osa koealoista oli sellaisia missä painaumia ei ollut.



Kuvio 15. Painaumien määrä koealojen mukaan

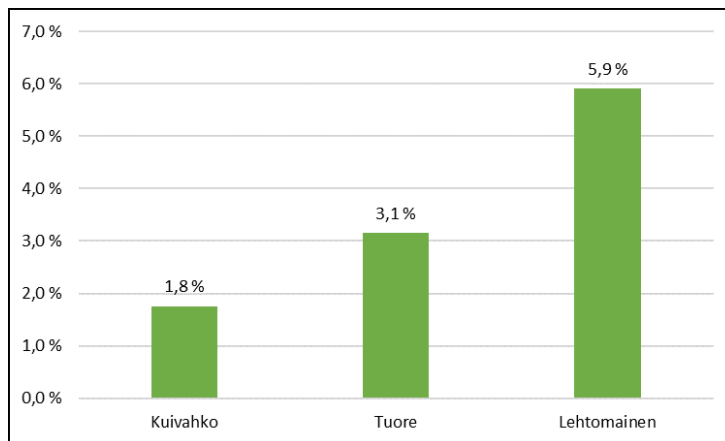
Ajourapinaumien pituutta tarkasteltiin ajourakoealoilta yhteensä 3870 metrin matkalta, josta painaumaa oli syntynyt 136,6 metrin matkalle. Kun syntyneiden painaumien pituus jaetaan tarkastellun matkan pituudella ja kerrotaan sadalla (100), saadaan painaumaprosentiksi kolme ja puoli (Kuvio 16).



Kuvio 16. Painaumaprosentti painaumien pituuden mukaan

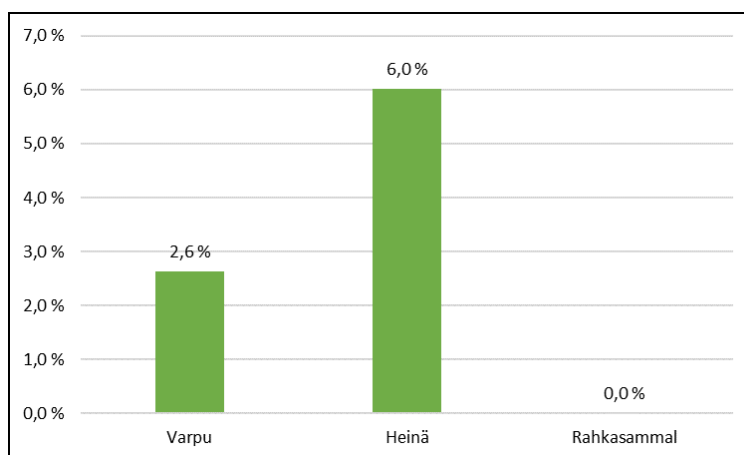
5.2.2 Kasvupaikkatyypin ja pintakasvillisuuden mukaan

Kuviosta 17 selviää painaumien määrä kasvupaikkatyypeittäin tarkasteltuna. Painaumien määrä näyttää kasvavan jonkin verran mentäessä kuivahkolta tuoreelle kasvupaikkatyypille. Tuoreen ja lehtomaisen kasvupaikkatyypin välillä ero on jo kaksinkertainen. Tulosten perusteella painaumien määrä näyttää kasvavan mitä rehevämpi kasvupaikkatyyppi on kysymyksessä.



Kuvio 17. Pinaumien määrä kasvupaikkatyypeittäin

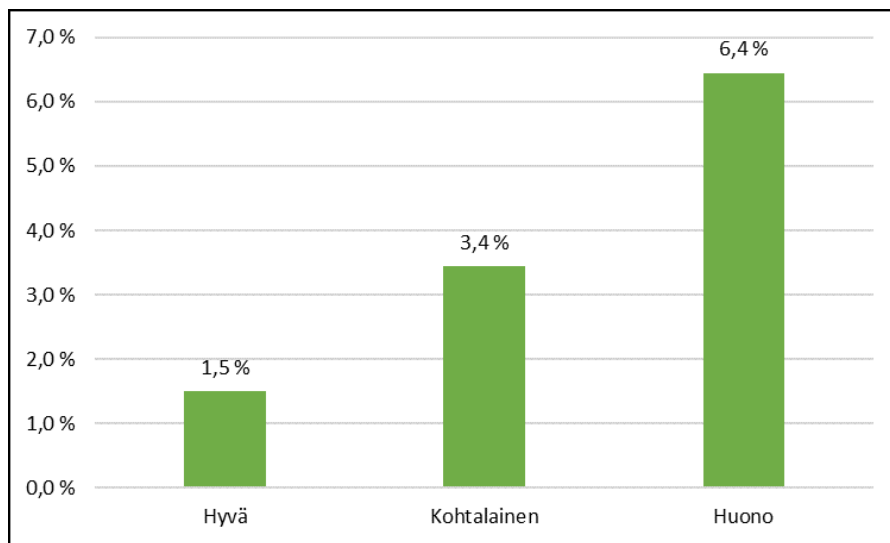
Pintakasvillisuuden mukaan painaumet jakautuvat heinäisen ja varpuisen kasvillisuuden kesken (Kuvio 18). Pintakasvillisuuden ollessa heinäinen painaumia on syntynyt yli kaksi kertaa enemmän kuin varpuiselle kasvillisuudelle. Varpukasvillisuuden vaikutuksesta kantavuuteen on saatu muissakin tutkimuksissa saman suuntaisia tuloksia. Rahkasammalista pintakasvillisuutta oli vain viidellä koelalla, joten sillä ei ole tulosten kannalta merkitystä.



Kuvio 18. Pinaumien määrä pintakasvillisuuden mukaan

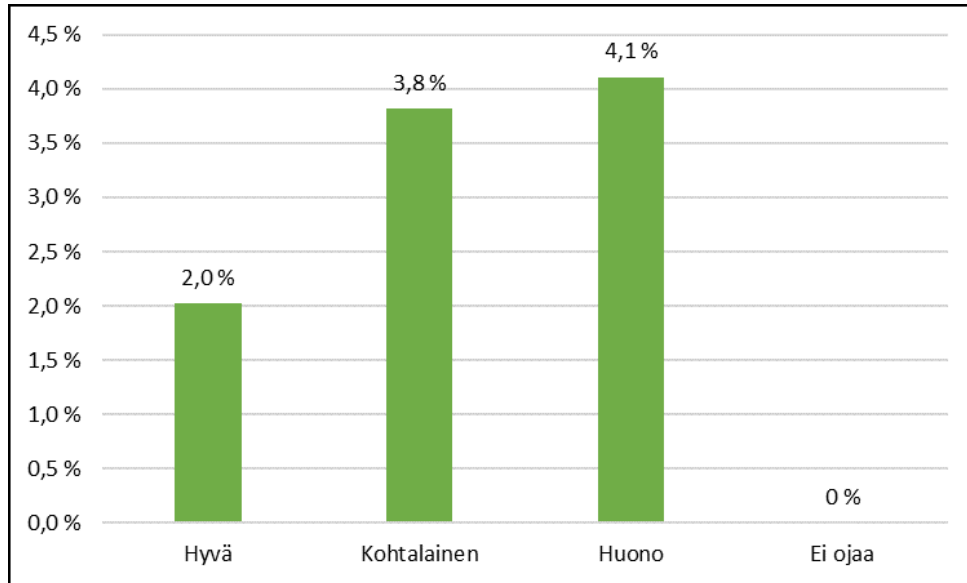
5.2.3 Havutuksen laadun, ojan kunnan ja turpeen paksuuden mukaan

Havutuksen laadulla näyttää olevan selvä vaikutus painaumien syntymiseen (Kuvio 19). Painaumien määrä kasvaa noin kaksinkertaiseksi siirryttäessä hyvälaatuisesta havutuksesta kohtalaiseen havutukseen ja kohtalaisesta huonolaatuisesta havutukseen. Hyvälaatuisen ja huonolaatuisen havutuksen vaikutus painaumien syntyyn on jo huomattavan suuri. Havutuksen laadun vaikutuksesta painaumien syntyyn on saatu samansuuntaisia tuloksia muun muassa Metsätehon tekemässä tutkimuksessa.



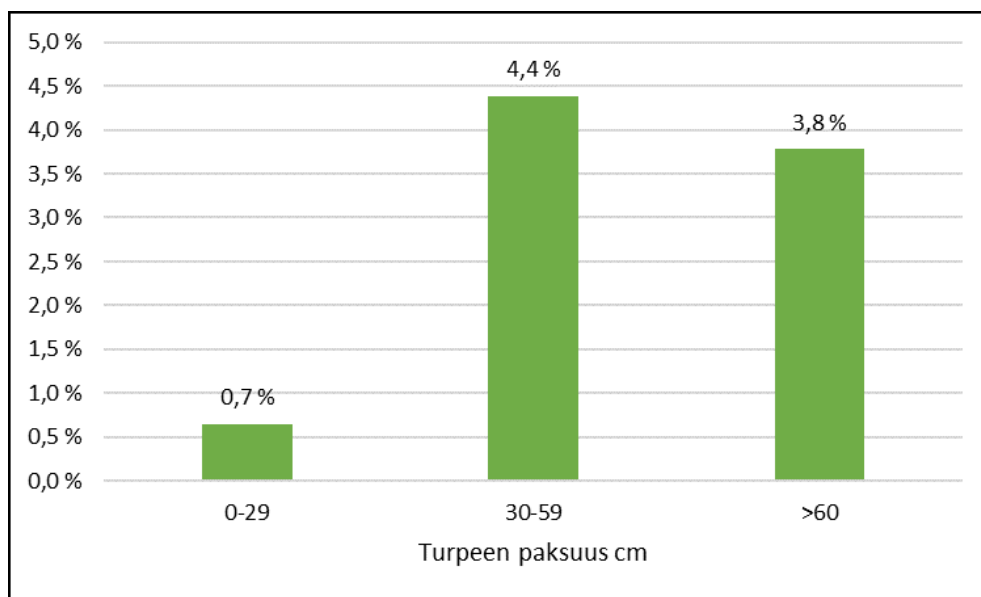
Kuvio 19. Pinaumien määrä eri havutuksen laaduilla

Ojan kunnolla näyttäisi olevan pientä vaikutusta painaumien syntyyn (Kuvio 20). Ojan kunnan ollessa hyvä painaumia on syntynyt vähemmän kuin huonommissa luokissa. Ojan ollessa hyväkuntoinen painaumia on syntynyt kaksi kertaa vähemmän verrattuna huonokuntoiseen ojaan. Kohtalaisen ja huonokuntoisen ojan välillä ei näytä olevan suurta merkitystä painaumien syntymiseen. Ojien kunto vaikuttaa kohteiden pohjavedenpinnan tasoon, joka vaikuttaa maaperään vetisyyteen ja sitä kautta kantavuuteen.



Kuvio 20. Painaumien määrä ojan kunnon mukaan

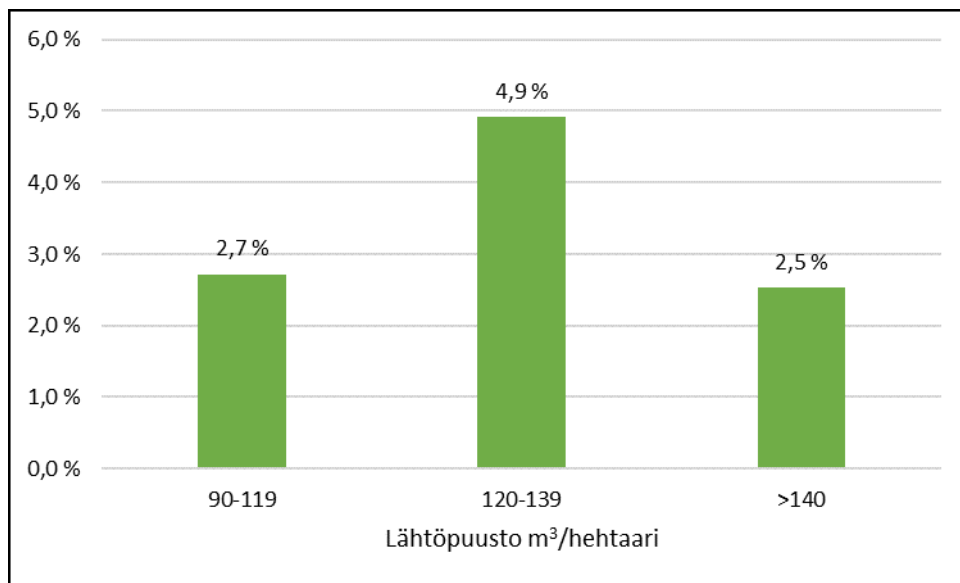
Turvekerroksen paksuus ei noussut tässä tutkimuksessa painaumia kovin hyvin selittäväksi tekijäksi (Kuvio 21). Painaumien määrän olettaisi nousevan turvekerroksen paksuuden lisääntyessä, mutta tämän tutkimuksen mukaan näyttäisi painaumat hieman vähenevän turvekerroksen paksuuden kasvaessa. Myöskään painaumien syvyyden turvekerroksen paksuudella ei ollut mainittavaa merkitystä.



Kuvio 21. Painaumien määrä turpeen paksuuden mukaan

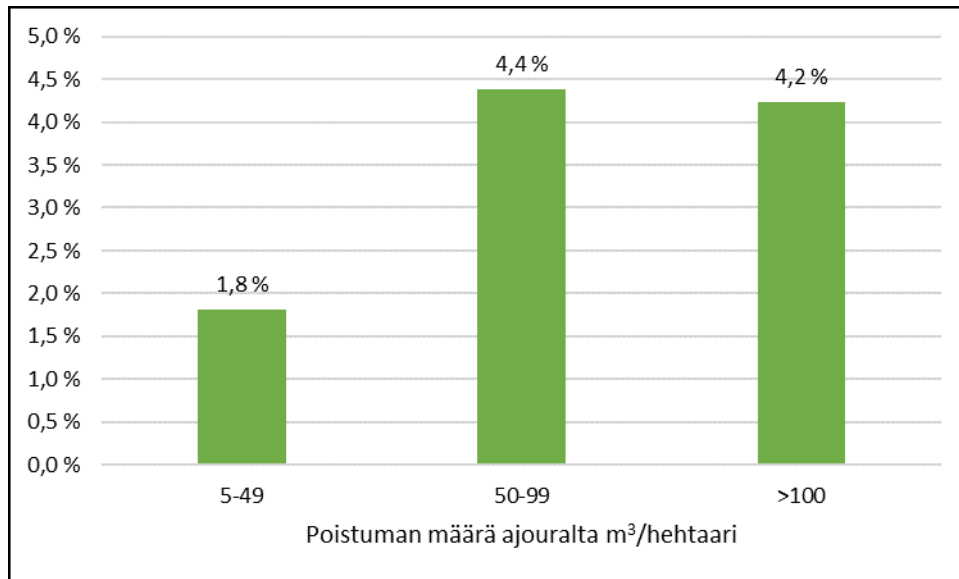
5.2.4 Lähtöpuuston, poistuman ja kuusen poistuman mukaan

Puuston määrää on pidetty yleisesti kantavuutta hyvin selittävänä tekijänä. Puuston määrän lisääntyessä kantavuuden tulisi olla parempi. Tässä tutkimuksessa saadut tulokset eivät kuitenkaan anna täysin samansuuntaisia tuloksia (Kuvio 22). Puuston määrän ollessa 90-119 ja yli 140 kuutiometriä hehtaarilla painaumia on syntynyt suurin piirtein saman verran. Puuston määrän ollessa 120-139 kuutiometriä hehtaarilla painaumia on syntynyt huomattavasti kahta edellistä luokkaa enemmän.



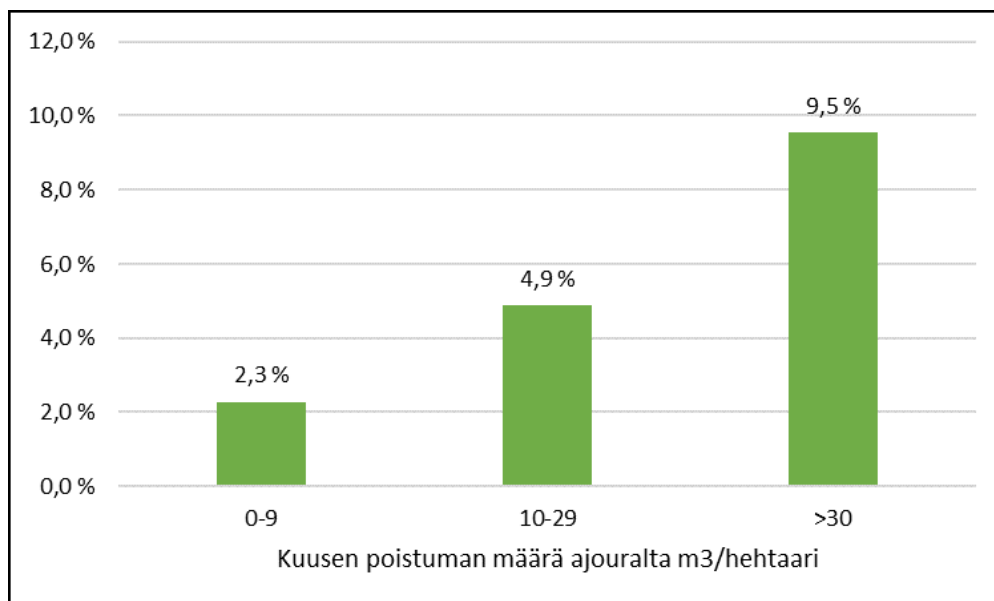
Kuvio 22. Painaumien määrä lähtöpuuston mukaan

Ajouralta hakatun puuston määrän kasvaessa yli 50 kuutiometrin hehtaarilla näyttää painaumien määrä lähtevän kasvuun (Kuvio 23). Poistuman mennessä yli 100 kuutiometrin hehtaarilla näyttäisi painaumien määrä lähtevän hienoiseen laskuun. Poistuman määrän kasvaessa myös ajouran havutukseen käytettävissä olevan hakkuutähteen määrä kasvaa, jolloin kantavuuden pitäisi olla parempi. Tämän luulisi johtavan myös painaumien määrän vähenemiseen. Poistuman kasvaessa tosin ajokertojen määrä kasvaa, joka lisää ajourien kuormitusta. Tämä voisi selittää miksi painaumien määrä kasvaa poistuman kasvaessa.



Kuvio 23. Painaumien määrä eri poistuma määrillä

Kuusen poistuma nousi tutkimuksessa painaumia eniten selittäväksi tekijäksi ja se oli ainoa tilastollisesti merkitsevä tekijä. Kuusen poistumalla on tutkimuksen mukaan vaikutusta painaumien pituuteen ja syvyyteen. Painaumien pituuden osalta p-arvo on 0,004. Kuusen poistuman kasvaessa näyttää myös painaumien määrä kasvavan ja prosentuaaliset erot ovat huomattavat (Kuvio 24). Muiden puulajien osalta yhtä suoraa vaikutusta painaumiin ei löytynyt. Vertailu pohjaa kuusen poistuman vaikutuksesta painaumiin en löytänyt muista tutkimuksista.

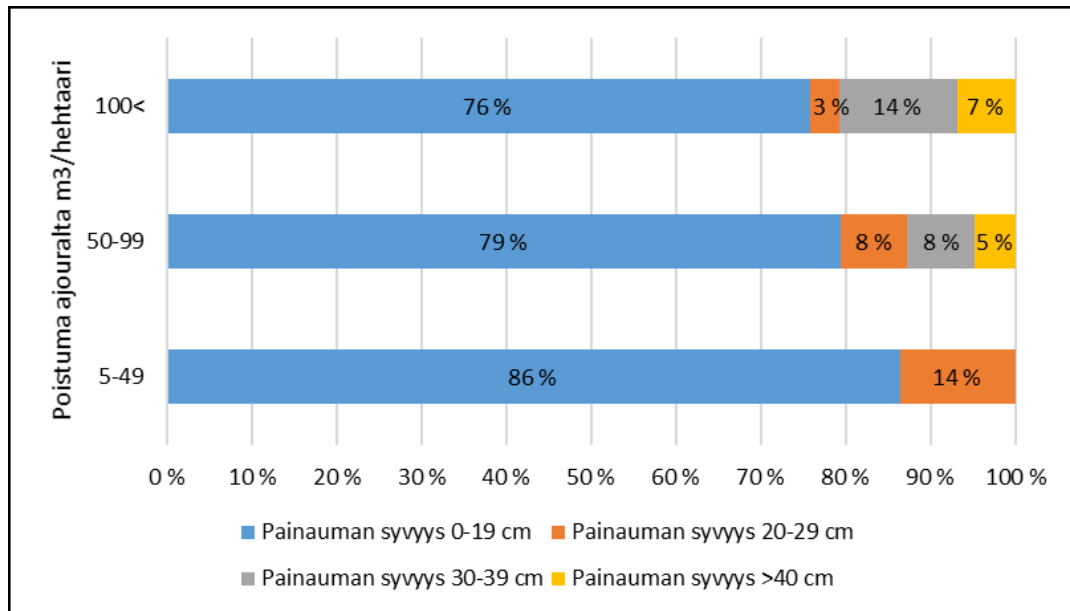


Kuvio 24. Kuusen poistuman vaikutus painaumien syntymiseen

5.3 Painaumien syvyys

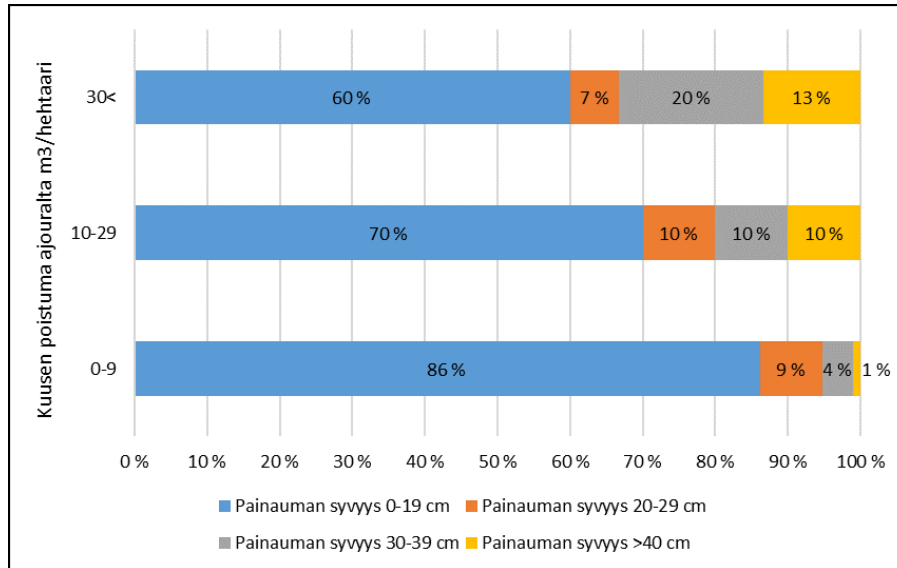
5.3.1 Poistuma ja kuusen poistuma

Poistuman vaikutukset painaumien syvyyteen on nähtävissä kuviosta 25. Poistuman ollessa 5-49 kuutiometriä hehtaarialta ei yli 30 senttimetriä syviä painaumuja ole syntynyt ollenkaan. Poistuman mennessä yli 50 kuutiometrin hehtaarilla lähtee yli 30 senttimetriä syvien painaumien määrä kasvuun ja kun poistumaa on yli 100 kuutiometriä hehtaarilla, määrä jatkaa kasvuaan. Matalien alle 30 senttimetriä syvien painaumien määrä laskee poistuman kasvaessa. Painaumien syvyys näyttäisi siis kasvavan poistuman kasvaessa.



Kuvio 25. Hakkuupoistuman vaikutus painaumien syvyyteen

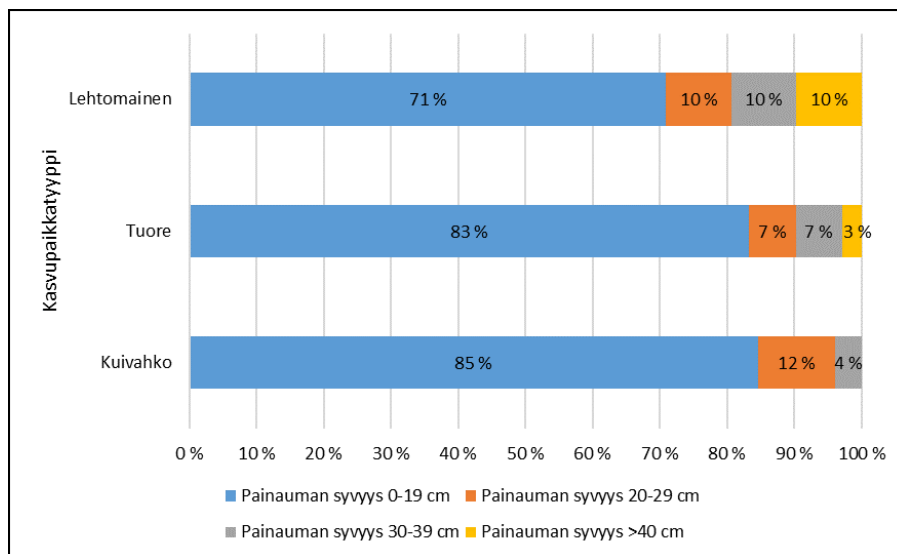
Kuviosta 26 selviää kuusen poistuman vaikutus painaumien syvyyteen. Kuusen poistuman määrän kasvaessa painaumien syvyys näyttää kasvavan ja vaikutus näyttäisi olevan huomattava. Kuusen poistuman määrän kasvaessa yli 30 senttimetriä syvien painaumien määrää alkaa kasvaa ja tätä matalampien hiukan laskea. Tilastollisesti tämä on merkitsevä tekijä p-arvon ollessa 0,001.



Kuvio 26. Kuusen poistuman vaikutus painaumien syvyyteen

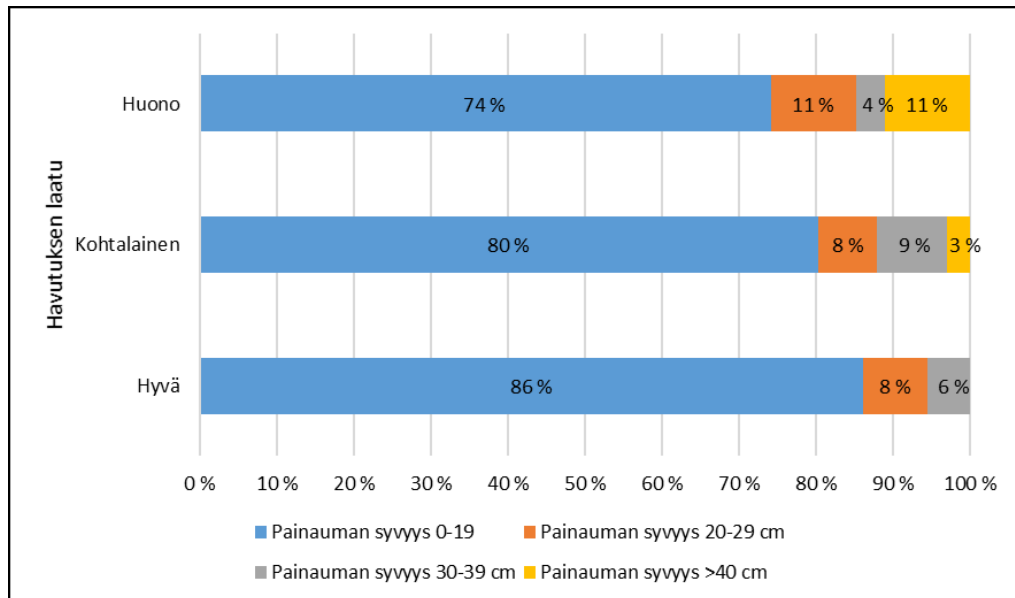
5.3.2 kasvupaikkatyyppi ja havituksen laatu

Kasvupaikkatyyppin vaikutus painaumien syvyyteen on esitetty kuviossa 27. Lehtomaisella kasvupaikkatyyppillä painaumia on 20 senttimetrin jälkeen yhtä paljon kaikissa luokissa. Kuivahkolla kasvupaikkatyyppillä painaumien syvyydet ovat matalampia muihin kasvupaikkatyyppihin verrattuna. Yli 40 senttimetriä syviä painaumia ei kuivahkolla kasvupaikkatyyppillä ole ollenkaan. Lehtomaisella kasvupaikkatyyppillä yli 40 senttimetriä syviä painaumia on syntynyt muita kasvupaikkatyyppisiä enemmän.



Kuvio 27. Kasvupaikkatyyppin vaikutus painaumien syvyyteen

Havutuksen laadulla näyttää olevan pientä merkitystä painaumien syvyyksiin (Kuvio 28). Kaikilla havutuksen laaduilla 20-29 senttimetriä syviä painaumuksia on suunnilleen saman verran. Havutuksen laadun ollessa hyvä ei yli 40 senttimetriä syviä painaumuksia ole ollenkaan. Huonolla havutuksen laadulla yli 40 senttimetriä syviä painaumuksia on muita havutuksen laatuja enemmän.



Kuvio 28. Havutuksen laadun vaikutus painaumien syvyyteen

5.4 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen tulokset perustuvat maastosta kerättyyn aineistoon. Kaikki mitatut kohteet ovat sulan maan aikaan korjattuja turvemaan harvennusleimikoita, joten ne soveltuvat hyvin tutkimusaineistoksi tähän tutkimukseen. Aineisto on kerätty käyttäen systemaattista koelaoitusta. Koelajinjaston on sijoitettu maastoon jokaisella kohteella samalla periaatteella. Kaikilta koelajoilta on mitattu samat tunnuksat ja mittauksissa on käytetty metsätaloudessa yleisesti käytössä olevia mittausmenetelmiä. Myös silmämääräisesti tarkastellut muuttujat on määritetty kaikilta koelajoilta samalla tavalla. Mittausten toteutustapaa voidaankin näin pitää luotettavana.

Tutkimusaineisto kattaa 129 koealalta mitatut tiedot, joista ajourapainaukia oli 25 koealalla. Ajourapainaukia selittäviä tekijöitä on voitu tarkastella näiden 25 koealan painaumien perusteella. Painaukia sisältävien koealojen ja painaumien vähäisen määrän vuoksi tutkimuksen tulokset ovatkin suuntaa-antavia eikä niitä voi yleistää. Yksittäisen tekijän ei voida myöskään sanoa vaikuttavan suoraan painaumien syntymiseen, vaan vaikuttavia tekijöitä voi olla yhtä aikaa useampia. Vaikka painaukia sisältäviä koealoja onkin tutkimuksessa melko vähän, ei se tarkoita, että tutkimus olisi epäonnistunut. Tutkitut kohteet on valittu sattumanvaraisesti eikä painaumien määrää ole voitu tietää ennakkoon. Eikä tutkimuksen tarkoituksena ole ollutkaan se, että painaukia olisi ollut kohteilla mahdollisimman paljon. Jos kohteet olisi valittu niin, että painaukia olisi ollut mahdollisimman paljon ei tutkimus olisi antanut todellista kuvaa painaumiin vaikuttavista tekijöistä.

Maastossa mitatut tiedot merkittiin paperilomakkeille. Paperilomakkeilta tiedot siirrettiin manuaalisesti Excel-tiedostoon. Paperilomakkeita oli useita kappaleita jokaiselta mitatulta kuviolta ja tietoja oli kaikkiaan melko paljon. Tietojen siirtäminen manuaalisesti Excelliin aiheuttaa pienen virhe mahdollisuuden tuloksiin, jos siirron aikana on tapahtunut näppäily virheitä tai tuloksia on kirjattu vahingossa väärin kohtiin.

6 POHDINTA

Kaikkiaan opinnäytetyöprosessiin on kulunut aikaa lähes vuosi. Mielestäni onkin hyvä asia, että sain aiheen hyvissä ajoin. Tämä on mahdollistanut sen, että olen voinut työstää opinnäytetyötä rauhassa eikä kiirettä ole tullut missään vaiheessa. Työtä tehdessä on ollut tarvetta selvittää paljon mittauksiin ja tulosten analysointiin liittyviä asioita. Myös alkuperäisiin suunnitelmiin on ollut tarvetta tehdä jonkin verran muutoksia työn edetessä. Työtä tehdessä olen oppinut lisää asioita kesäaikaisten turvemaaharvennusten suunnittelusta ja toteutuksesta. Koenkin, että työn tekemisestä on ollut minulle hyötyä ammattilaisesti ajatellen. Myös tutkimuksen tekemiseen liittyvät asiat ovat tulleet tutummiksi. Aineiston analysointia tehdessä olen oppinut SPSS-ohjelmiston käyttöä ja Excelin käyttötaitoni on parantunut myös.

Tulosten perusteella voi todeta, että opinnäytetyön tavoitteet tuli saavutettua, koska molempiin tutkimuskysymyksiin löytyi jonkinlainen vastaus. Opinnäytetyöstä on toivottavasti hyötyä myös tilaajalle turvemaiden kesäaikaisten hakkuiden suunnittelussa. Mikäli työstä on apua turvemaaharvennusten kesähakkuiden suunnitteluun, sitä kautta myös niiden määrää voidaan toivottavasti kasvattaa.

Kasvupaikkatyypeistä eniten painaumia näytti syntyneen lehtomaista kangasta vastaavalle suotyypille. Kasvupaikan mennessä karumpaan suuntaan painaumien määrää näytti vähenevän. Myös painaumien syvyys on keskimäärin matalampi mitä karumpi kasvupaikkatyyppi on kyseessä. Hyvälaatuisella havutuksella painaumien määrä on vähäisempää ja painaumat matalampia kuin havutuksen laadun huonontuessa. Pintakasvillisuuden ollessa heinäinen painaumia on syntynyt huomattavasti enemmän kuin varpuisella pintakasvillisuudella. Ojien kunto vaikutti painaumien määrään siten, että ojan kunnon ollessa hyvä painumia on syntynyt huomattavasti vähemmän kuin ojan kunnon ollessa huono.

Poistuman määrän kasvaessa näyttäisi painaumien määräkin kasvavan jonkin verran ainakin johonkin pisteeseen asti. Kuusen poistuman määrän kasvaessa näyttää myös painaumien määrä ja syvyys kasvavan. Yleisesti ei voida kuitenkaan sanoa, että kuusen poistuma vaikuttaisi suoraan painaumia lisäävästi,

koska samaan aikaan moni muukin tekijä on voinut vaikuttaa painaumien syntyyn. Lähtöpuusto ja turpeen paksuus eivät nousseet tässä tutkimuksessa kovin hyviksi painaumia selittäviksi tekijöiksi. Muissa tutkimuksissa näillä tekijöillä on kuitenkin havaittu olevan jonkin verran vaikutusta painaumien syntyymiseen.

Kokonaisuutena kaikkien tarkastettujen kohteiden painaumaprosentiksi tuli keskimäärin 3,5. Tämän perusteella voisikin todeta korjuun onnistuneen painaumien määrän syntyymisen osalta keskimäärin hyvin. Kuvioiden välillä on kuitenkin vaihtelua ja osalla kuvioista korjuu oli onnistunut paremmin kuin toisilla. Osalla mitatuista kuvioista painaumia ei ollut syntynyt lainkaan tai vain hyvin vähän. Kun taas muutamalla kuviolla painaumia oli syntynyt reilummin. Suurin osa mitatuista kohteista näytti soveltuneen hyvin kesällä korjattaviksi. Yhdellä kohteella talvikorjuu olisi ollut parempi vaihtoehto. Kohteella oli painaumia melko paljon ja hakkuu oli jäänyt maan pehmeystä johtuen kesken. Kohde sijaitsi kankaiden välissä ja oli mittausten aikaan paikoin todella märkä ja ojat olivat huonokuntoisia. Tästä tulikin mieleeni, että kankaiden väliin jäävien notkelmien korjuuta kesäaikaan tulisi harvita tapauskohtaisesti hieman tarkemmin.

Jatkotutkimusaiheena tuli mieleen samanlaisen tai ainakin saman tyyppisen tutkimuksen toteuttaminen suuremmalla aineistolla. Myös tutkimus järjestelyt pitäisi olla hieman erilaiset. Tulevissa tutkimuksissa tulisi tarkastella myös ajokertojen määrää ajourilla ja mahdollisesti myös ajouran pituuden vaikutusta painaumiin. Tässä tutkimuksessa ajokertojen määrää ajouralla ei voitu ottaa huomioon, koska sen selvittäminen korjuun jälkeen olisi ollut lähinnä arvailua. Myös hakkuupoistuman tilavuus tulisi saada kuviokohtaisesti hakkuukoneelta, jotta sen vaikutusta olisi helpompi tutkia. Tutkittavat kohteet tulisikin valita ennen korjuun toteuttamista, jotta edellä mainitut tekijät olisi mahdollista ottaa huomioon.

LÄHTEET

- Airavaara, H., Ala-Illomäki, J., Högnäs, T. & Sirén, M. 2008. Nykykalustolla turvemaiden puunkorjuuseen. Metlan työraportteja 80.
- Heikkilä, J. 2007. Turvemaiden puun kasvatusta ja korjuu – nykytila ja kehittämistarpeet. Metlan työraportteja 43.
- Högnäs, T., Kumpare, T. & Kärhä, K. 2011. Turvemaaharvennusten korjuukelpoisuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 3/2011. Viitattu 10.3.2017 <http://www.metsateho.fi/turvemaaharvennusten-korjuukelpoisuusluokitus/>.
- Högnäs, T., Kärhä, K., Lindeman, H. & Palander, T. 2009. Turvemaaharvennusten kantavuusluokitus. Metsätehon tulosalvosarja 17/2009. Viitattu 10.3.2017 <http://www.metsateho.fi/turvemaaharvennusten-kantavuusluokitus/>.
- Isomäki, A. 2005. Ajourien vaikutus puuntuotokseen. Teoksessa J. Hynynen, S. Valkonen & S. Rantala (toim.) Tuottava metsänkasvatusta. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. 154-155.
- Kariniemi, A. 2008. Heikosti kantavan maan puunkorjuu sulan maan aikana. Metsätehon tulosalvosarja 11/2008. Viitattu 22.2.2017 https://www.google.fi/?gws_rd=ssl#q=mets%C3%A4tehon+tuloskalvosarja+11/2008&*&spf=1.
- Kärhä, K., Poikela, A., & Keskinen, S. 2010. Korpi kuusikon harvennusta sulan maan aikana. Metsätehon tulosalvosarja 5/2010. Viitattu 15.2.2017 <http://www.metsateho.fi/korpikuusikon-harvennusta-sulan-maan-aikana/>.
- Laine, J., Penttilä, T., Kojola, S., Hökkä, H., Ahti, E., Minkkinen, K., Nieminen, M. 2008. Metsänkasvatusta erityispiirteet turvemaidilla. Teoksessa S. Rantala (toim.) Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. 207 – 218.
- Metsähallitus 2017. Metsätaloustus Oy. Viitattu 20.3.2017 <http://www.metsa.fi/met-sataloustus>.
- Metsäteho 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Viitattu 27.2.2017 [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun_ suunnittelu_ ja_toteutus_ver02.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun_suunnittelu_ ja_toteutus_ver02.pdf).
- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Silver, T. & Joensuu S. 2005. Ojien kunnon säilymiseen vaikuttavat tekijät kunnostusojituksen jälkeen. Viitattu 16.3.2017 http://www.suoseura.fi/Alkuperainen/suo/pdf/Suo56_Silver.pdf.
- Sirén, M. 2005. Metsän kasvatusta ja puunkorjuu, korjuujälki. Teoksessa J. Hynynen, S. Valkonen & S. Rantala (toim.) Tuottava metsänkasvatusta. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. 148-160.

Suomen metsäkeskus 2014. Suometsien puunkorjuu. Viitattu 15.2.2017
<https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/suometsien-puunkorjuu.pdf>.

Suomen metsäkeskus 2016. Maastotarkastusohje. Viitattu 16.2.2017
<https://www.metsakeskus.fi/julkaisut/metsakeskuksen-maastotarkastusohje-2016>.

Vanhatalo, K., Väisänen, P., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Tapion julkaisuja.

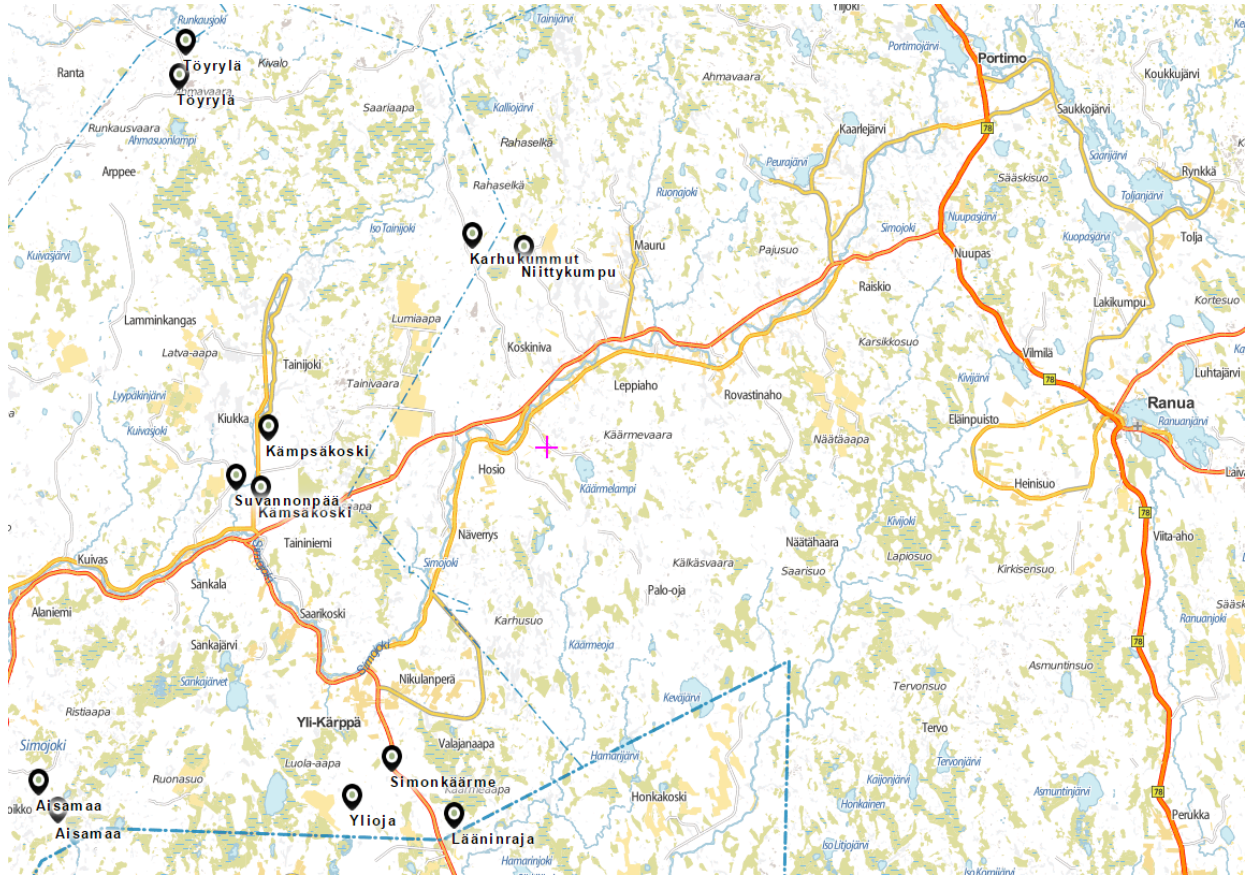
Väätäinen, K., Lamminen, S., Sirén, M., Ala-Ilomäki, J. & Asikainen, A. 2010. Ympärivuotisen puunkorjuun kustannusvaikutukset ojitetuilla turvemaidilla – korjuuyrittäjätason simulointitutkimus. Metlan työraportteja 184.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – METSÄNHÖITO. Metsäkustannus Oy/ Tapion julkaisuja.

LIITTEET

- Liite 1. Mittauskohteiden sijainti kartalla
- Liite 2. Kohteiden puunkorjuussa käytetyt koneet

Liite 1. Mittauskohteiden sijainti kartalla



Liite 2. Kohteiden puunkorjuussa käytetyt koneet

Hakkuukoneena kahdeksan pyöräinen Ponsse Fox, jossa telat molemmissa päissä konetta. Koneen etupäässä teloina ovat Olofsforsin kantavat Magnum telat, joissa telakengän pituus noin 93 senttimetriä. Takapäässä teloina ovat Olofsforsin Soft yleistelät, joissa telakengän pituus noin 92 senttimetriä. Tällä varustuksella koneen työpainoksi tulee noin 21 500 kilogrammaa.

Kuormatraktorina 10-pyöräinen Ponsse Elk, jossa telat molemmissa päissä konetta. Koneen etupäässä teloina Olofsforsin kantavat Magnum telat, joissa telakengän pituus noin 93 senttimetriä. Koneen takapäässä teloina on Clarkin TXL kantava tela. TXL telassa telakengän pituus 93 senttimetriä. Koneen työpainoksi tulee tällä varustuksella noin 23 500 kilogrammaa.