



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# KORJUUKELPOISUUSKARTTA PUUNHAN- KINNAN OPERAATIOIDEN TYÖVÄLINEENÄ

Kimmo Olkinuora

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Metsätalouden koulutus



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Metsätalouden koulutus

OLKINUORA KIMMO:

Korjuukelpoisuuskartta puunhankinnan operaatioiden työvälineenä

Opinnäytetyö 75 sivua, joista liitteitä 9 sivua

Toukokuu 2018

---

Metsä Groupin puunkäyttö on lisääntymässä, minkä seurauksena puuraaka-ainetta on saatava tasaisesti ympäri vuoden tehtaiden käyttöön. Tasaisen puuvirran edellytyksenä on puunkorjuun onnistuminen läpi vuoden ja mahdollisimman pienillä maastovaurioilla. Ongelmaan on kehitetty uusi tietotuote nimeltään korjuukelpoisuuskartta, jonka julkaisijana toimii Suomen metsäkeskus. Työn tilaajana toiminut Metsä Forest halusi saada tietoa korjuukelpoisuuskartan luotettavuudesta ja maastovaurioiden syntymisille altistavista tekijöistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää nämä tiedot suorittamalla maastotarkastuksia aikaisemmin tehdyille puunkorjuukohteille.

Tutkimuksen tuloksista ilmeni, että korjuukelpoisuuskartta ennusti korjuulohkon korjuukelpoisuuden 76-prosenttisesti oikein ja 24-prosenttisesti osittain oikein. Täysin virheellisiä korjuukelpoisuusluokituksia ei ollut yhtään. Maastovaurioille altistavat tekijät ryhmiteltiin neljään pääryhmään. Eniten maastovaurioille altisti havujen vähäinen kertyminen ajouralla (48 % vauriotapauksista). Toiseksi eniten vaikutti havujen sijoittelu ajouralle (23 %). Kolmanneksi eniten vaikutti ajourien suunnittelu (17 %). Neljänneksi vaikutti 12 %:n osuudella selkeästi väärä korjuuajankohta. Maastovaurioiden määrä kasvoi, mitä heikommin kantavalla maaperällä ajoura kulki tai sijaisi korjuukelpoisuusluokituksilla. Tulokset ovat suunta-antavia ja alueellisia.

Tulosten perusteella korjuukelpoisuuskartta ennusti melko hyvin korjuulohkotasolla oikeaa korjuukelpoisuutta, ja se soveltuu hyvin työvälineeksi puunhankinnan operaatioihin. Maastossa tehtävää korjuukelpoisuuden määrittystä se ei kuitenkaan täysin korvaa, koska kartan laadintaan käytettävässä lähdemateriaalissa on virheitä ja kaikkia kantavuuteen vaikuttavia tekijöitä ei ole lähdemateriaaleista saatavilla. Turvemaiden osuus tutkimuksessa jäi pieneksi, minkä vuoksi ne tarvitsevat lisätutkimuksia. Maastovaurioiden ehkäisyn kannalta merkittäviä tekijöitä ovat havujen kertyminen ajouralle, sääolot ja kuljettajien toiminta. Korjuukelpoisuuden suunnitteluvaiheessa pitäisi huomioida havujen määrän kertyminen ja määrittellä niiden vaikutus maaperän kantavuuteen. Sääolot tulisi huomioida, koska kuiva ajanjakso parantaa kantavuutta ja sateinen vastaavasti heikentää sitä. Kuljettajien toiminta vaikuttaa ratkaisevasti maastovaurioiden syntymiseen, koska he voivat oikealla toiminnalla vähentää maastovaurioiden syntymistä tai väärillä toimintatavoilla aiheuttaa niitä.

---

Asiasanat: korjuukelpoisuuskartta, kantavuus, maastovaurio

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Forestry

### OLKINUORA KIMMO:

Static Forest Trafficability Map as a Tool in Operations of The Timber Procurement

Bachelor's thesis 75 pages, appendices 9 pages  
May 2018

---

Use of roundwood will be increased by the Finnish forestry company Metsä Group. That is one of the reasons why timber harvesting on the unfrozen soil will be increased in Finland. The timber harvesting on the unfrozen soil must be done at a time when it causes a minimum amount of soil damages. The static trafficability map has been developed to help determine the best season. It is published by Finnish Forest Centre. The aim of this thesis was to find out how reliable the trafficability map is and to gain user experience of it. Another aim to find out which factors are causing soil damage. The research was conducted by making inspections and looking for soil damage at the logging areas which were harvested earlier. These results were compared with the classification in the trafficability map.

The right timber harvesting time was predicted 76 percent rightly and 24 percent partly right in the logging areas by the trafficability map. There were no completely false predictions. The factors which caused soil damage were divided into four groups. The most (48 %) was caused by low accumulation of logging residue. The second factor (23 %) was the logging residue placing on the strip road. The third factor (17 %) was the planning how the strip roads are made in the logging area. The last factor (12 %) was the completely wrong harvesting time. The amount of the soil damage was increased the weaker the soil bearing capacity or the classification of the trafficability map. The results are suggestive and local.

The trafficability map is a suitable tool to predict logging areas trafficability but it does not replace assessment made on the spot. This is because the trafficability map contains defects and does not contain all information of for example various weather conditions which is needed to make an inclusive assessment. The research's data contained few peatland areas so to draw better conclusions on the reliability it is necessary to continue the survey. To prevent soil damages, it is important to take three factors into account when we plan or perform timber harvesting. These are logging residue accumulation, weather conditions and the driver's actions. Accumulation of logging residues and weather conditions can reduce or increase the bearing capacity of the soil. Logging residue accumulation must be defined and determine how it effects soil's bearing capacity. In weather, wet season lowers and dry seasons increases soil's bearing capacity. Actions of the forest machine drivers is having a great influence to forming the soil damages. They can cause soil damages by wrong actions and prevent soil damages by right actions.

---

Key words: static forest trafficability map, bearing capacity, soil damage

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KORJUUKELPOISUUS .....	8
2.1	Korjuukelpoisuuden määrittäminen.....	8
2.2	Korjuukelpoisuuskartta .....	8
2.2.1	Esittely .....	8
2.2.2	Korjuukelpoisuuskartan laadinta.....	9
2.2.3	Kartan kehittämissuunnitelma.....	12
3	KORJUJÄLKI .....	13
3.1	Määritelmä .....	13
3.2	Maastovaurioiden vaikutus .....	13
3.3	Maastovaurioiden mitattavat tunnuksat .....	14
3.4	Maastovaurioiden hyväksyttävä määrä.....	17
4	MAAPERÄ JA SÄÄOLOT .....	19
4.1	Maaperän synty ja maalajien luokitus.....	19
4.2	Sääolot .....	20
4.3	Kantavuus .....	23
5	HARVENNUSHAKKU .....	25
5.1	Harvennuksen tavoite .....	25
5.2	Harvennushakkuussa huomioon otettavat tekijät .....	26
6	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ .....	30
6.1	Aineisto.....	30
6.2	Mittausmenetelmä.....	31
6.3	Tuloksien muodostaminen.....	32
7	TULOKSET JA VERTAILU .....	34
7.1	Aineiston pinta-alojen ja urien jakautuminen korjuukelpoisuusluokille .	34
7.2	Maastovaurioprosentti .....	36
7.3	Maastovaurioiden sijainti.....	40
7.4	Sääolot .....	41
7.5	Korjuukelpoisuuskartan paikkansapitävyys .....	49
7.6	Havutus ja kuljettajien ratkaisut .....	51
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	53
8.1	Korjuukelpoisuuskartan luokitukset .....	53
8.2	Sääolosuhteiden vaikutus.....	56
8.3	Kuljettajien työskentely ja muut taustavaikuttajat.....	57
8.4	Korjuukelpoisuuskartta työväliseenä .....	60
8.5	Tavoitteen saavuttaminen .....	62

LÄHTEET .....	63
LIITTEET .....	67
Liite 1. Korjuulohkon 2.22 korjuukelpoisuuskartta .....	67
Liite 2. Korjuulohkon 2.23 korjuukelpoisuuskartta .....	68
Liite 3. Korjuulohkon 5.22 korjuukelpoisuuskartta .....	69
Liite 4. Korjuulohkon 5.22 yleisnäkymä .....	70
Liite 5. Korjuulohkon 7.21 korjuukelpoisuuskartta .....	71
Liite 6. Korjuulohkon 7.21 yleisnäkymä kuivan kesän luokitusalueelta .....	72
Liite 7. Korjuulohkon 7.21 yleisnäkymä talviluokitukselta .....	73
Liite 8. Korjuulohkon 12.21 korjuukelpoisuuskartta .....	74
Liite 9. Korjuulohkon 12.21 yleisnäkymä virheellisesti talviluokaksi luokitellulta alueelta.....	75

## 1 JOHDANTO

Suomi on metsäinen maa ja metsät ovat olleet taloudellisessa mielessä tärkeässä asemassa Suomen talouden tukijalkana sekä työllistäjänä. Taloudellisesta merkittävydestä kertoo metsäteollisuuden tuotteiden viennin osuus koko Suomen viennistä, joka on noin viidesnes (Tulli 2017, 6). Työllistäjänä metsät ovat tarjonneet työpaikkoja monille henkilöille, vaikka nykyisin entistä vähemmän kuin aikaisemmin. Vuonna 2016 metsäsektori työllisti kuitenkin yhteensä 63 000 henkilöä, joka on 2,3 % koko työvoimasta. (Luonnonvarakeskus 2017a.) Metsävaroja Suomessa on inventoitu jo 1920-luvulta asti ja ne ovat olleet koko ajan kasvussa. Suomen 30,4 milj. ha kokonaispinta-alasta metsätalousmaata on n. 86 % eli 26,2 milj. ha. Puuntuotantoa harjoitetaan lähinnä metsämaalla, jota on 20,3 milj. ha. Metsämaahan ei lueta heikompikasvuisia kitu- ja joutomaita, joita metsätalousmaan pinta-alasta on yhteensä 5,6 milj. ha. Soita metsätalousmaasta on 33 % eli 8,6 milj. ha ja tästä pinta-alasta hieman yli puolet on ojitettu. Metsien kasvu on lisääntynyt vuosi vuodelta ja uusimman valtakunnan 12. metsien inventoinnin alustavien tuloksien mukaan Suomen metsien kasvu on tällä hetkellä 109,9 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. (Luonnonvarakeskus 2017b, 41–44.) Vuonna 2016 kokonaispoistuma oli melkein 86 milj. m<sup>3</sup>, josta teollispuun korjuumäärä oli 62,1 milj. m<sup>3</sup> ja energiatuotannon käyttöön korjattiin 8,2 milj. m<sup>3</sup>. Noin 15 milj. m<sup>3</sup> runkopuuta jäi metsään korjuun yhteydessä ja luonnonpoistuman myötä. (Luonnonvarakeskus 2017b, 56–58.) Näistä luvuista voidaan päätellä, että Suomen metsävarat ovat edelleen kasvussa.

Lisääntyvät metsävarat ovat yksi syy laadukkaan raaka-aineen lisäksi, miksi Suomeen on tällä hetkellä suunnitteilla ja rakenteilla uusia puuta käyttäviä tehtaita sekä näiden lisäksi olemassa olevia kehitetään investointien myötä. Näistä tällä hetkellä metsäteollisuuden suurin investointi on Metsä Groupin rakentama biotuotetehdas Äänekoskelle. Rakennettu biotuotetehdas lisää yksistään puunkäyttöä Suomessa 6–7 milj. m<sup>3</sup>, josta kuitupuun osuus on noin 4 milj. m<sup>3</sup> (Metsä Group 2017). Lisääntyvän puunkäytön seurauksena puuta pitää korjata tasaisesti ympäri vuoden tehtaiden käyttöön. Puunkorjuu sulan maan aikaan on haastavampaa maaperän kantavuuden arvioimisen vuoksi, kuin talvella sen ollessa jäässä. Puunkorjuu on lisääntymässä nykyistä enemmän turvemailla. Tämä johtuu pääasiassa 1960 ja -70 -luvuilla tehdyistä uudistusohjelmista, joiden vuoksi puuston kasvu on parantunut ja lisännyt puuvarantoa. Näillä alueilla hakkuut ovat nyt tai tulevat olemaan ajan-kohtaisia. (Luonnonvarakeskus 2015.) Ilmastonmuutos tuo Suomen sääolosuhteisiin

muutoksia mm. ilmasto lämpenee ja sateiden määrä lisääntyy, mutta lumen määrä vähentyy (Ympäristöhallinto 2016). Näiden muutoksien seurauksena sulan maan aika todennäköisesti lisääntyy, mikä tarkoittaa puunkorjuun kannalta tarkempaa maaperän kantavuuden arviointia.

Pääministeri Juha Sipilän hallituksen kärkihankkeisiin kuuluvan Puu liikkeelle ja uusia tuotteita metsästä -hankkeen yksi osahanke Metsätieto ja sähköiset palvelut -hanke pyrkii tehostamaan metsävaratiedon käyttöä. Tähän osahankkeeseen kuuluu olosuhdetietojen lisääminen metsävaratietoon, minkä avulla puunkorjuuta voitaisiin tehostaa paremmin ympärivuotiseksi. (Maa- ja metsätalousministeriö 2017.) Osahankkeen yhtenä tuotoksena on julkaistu korjuukelpoisuuskartta, jonka avulla voidaan auttaa ja tehostaa puunkorjuuta sekä sen suunnittelua (Suomen metsäkeskus 2017).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia korjuukelpoisuuskartan esittämien luokitusten luotettavuutta vertaamalla niitä toteutuneisiin maastovaurioiden määrään sulan maan aikaan korjatuilta harvennushakkuilta ja selvittää olisiko maastovaurioita voitu vähentää kartan avulla. Lisäksi selvitetään kyseisiltä kohteilta maastovaurioiden syntymiseen vaikuttaneita asioita sekä miten niitä voitaisiin ehkäistä sulan maan aikaisessa puunkorjuussa. Asiaa tarkastellaan vain korjuujäljen laadun kannalta. Työntilajana toimiva Metsä Forest haluaa tietoa korjuukelpoisuuskartan luotettavuudesta operatiivisen toiminnan tueksi. Tutkimuksesta saatujen tuloksien perusteella puunkorjuuta ja korjuusuunnittelua voitaisiin kehittää, jotta harvennushakkuiden maastovaurioiden määrä olisi mahdollisimman alhainen. Puunkorjuussa syntyvät korjuuvauriot voivat aiheuttaa puustolle laatu- ja kasvutappioita ja siten myös metsänomistajalle taloudellista menetystä. Hyvää korjuujälkeä edellytetään lainsäätäjän toimesta metsälain (1085/2013) mukaisesti. Hyvällä korjuujäljellä on todennäköisesti myös positiivista vaikutusta toimijan imagoon ja tulevaisuuden yhteistyöhön metsänomistajien kanssa.

## 2 KORJUUKELPOISUUS

### 2.1 Korjuukelpoisuuden määrittäminen

Korjuukelpoisuus kuvastaa ajankohtaa, milloin leimikolla pystyttäisiin suorittamaan puunkorjuuta ilman merkittäviä maastovaurioita. Yleisesti on käytössä kolmiportainen luokitus eli kelirikko, kesä ja talvi. Näitä voidaan tarvittaessa täydentää alaluokituksilla, joilla pyritään tarkentamaan korjuuajankohtaa. Alaluokka voi olla esim. kuiva ajanjakso. Korjuukelpoisuuteen vaikuttaa yleisimmin kaksi asiaa eli metsämaan maaperän ja leimikolle kulkemiseen käytettävän tiestön kantavuus. Korjuukelpoisuuteen voivat vaikuttaa edellä mainittujen asioiden lisäksi monet muut asiat esim. lintujen pesimäpaikkojen sijainti ja lomakohteiden läheinen sijainti lomakauden aikaan. Näitä voitaisiin nimittää puunkorjuun kannalta erityiskohteiksi, joissa korjuukelpoisuus määritellään muiden syiden, kuin maaperän tai tiestön kantavuuden perusteella.

Korjuukelpoisuuden arviointi perustuu paljolti arviota tekevän henkilön subjektiiviseen näkemykseen leimikon korjuuajankohdan soveltuvuudesta. Arvioinnissa tulkitaan maalajin, maaperän kosteustilanteen, puumäärän, puulajien ja visuaalisen ilmeen merkitystä kantavuuteen. Turvemailla korjuukelpoisuuden arviointi ilman apuvälineitä on vielä haastavampaa kuin kivennäismailla. Silloin arvio perustuu pitkälti arvioijan kokemukseen. Apuvälineitä turvemaan kantavuuden arvioimiseen on kehitetty esim. piikkisiipikaira, turverassi ja erillinen taulukko turvemaiden korjuukelpoisuusluokituksen tekemiseen. Tietysti tämän tutkimuksen kohteena oleva korjuukelpoisuuskartta on yksi työväline arviointiin niin turve- kuin kivennäismailla.

### 2.2 Korjuukelpoisuuskartta

#### 2.2.1 Esittely

Korjuukelpoisuuskartan laadinta on kuulunut yhdeksi osa-alueeksi Metsätieto ja sähköiset palvelut -hanketta. Hankkeen tavoitteena on parantaa metsätiedon laatua sekä edistää sen liikkuvuutta vuoteen 2020 mennessä. (Maa- ja metsätalousministeriö 2017.) Kehitys



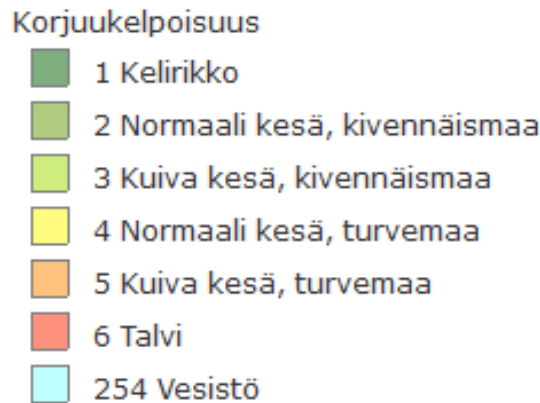
on lähtenyt liikkeelle Kansallinen metsästrategia 2025 -ohjelmasta, jota pyritään toteuttamaan tämän hankkeen lisäksi 10 muun päähankkeen avulla (Maa- ja metsätalousministeriö 2015, 29–31). Korjuukelpoisuuskartan tuottajana on toiminut Arbonaut Oy ja sen julkaisijana toimii Suomen metsäkeskus. Kartta ovat vapaasti saatavilla kaikille Suomen metsäkeskuksen palvelusta. (Suomen metsäkeskus 2017.)

Korjuukelpoisuuskartan tarkoituksena on tuottaa tietoa korjuukelpoisuudesta puunkorjuuta ajatellen. Korjuukelpoisuuskartta tuottaa tietoa vain metsämaan korjuukelpoisuudesta ja näin yksi tärkeä osatekijä eli tiestön kantavuusluokitus jää tämän kartan ulkopuolelle, kun leimikon korjuukelpoisuutta ajatellaan kokonaisuutena metsämaan ja tiestön yhteistekijöinä. Kartan tarjoamaa tietoa voisivat hyödyntää metsänomistajat, puunkorjuuyritykset ja muut alan toimijat toiminnassaan. Kartan antamaa tietoa voitaisiin käyttää hyväksi leimikon suunnittelun työvälineenä, kun valitaan sopivia kohteita korjuuseen. Erityisesti, kun suuresta metsävaramäärästä etsitään sulan maan aikaiseen korjuuseen sopivia leimikoita. Lisäksi kartan avulla voitaisiin suunnitella suuripiirteisesti leimikon ajouria kantaville kohdille ja kiertää heikommat kohdat, jolloin maastovaurioiden määrä vähenisi. Tarkkaan ajourien suunnitteluun se ei välttämättä sovellu, koska luokitus tehdään 16 m x 16 m kokoiselle hilalle (Peuhkurinen 2018). Suuren hilakoon vuoksi kartan antama luokitus voi vaihdella hilan sisällä ja sen vuoksi tarkka ajourasuunnittelu voi olla haastavaa kartan perusteella.

### **2.2.2 Korjuukelpoisuuskartan laadinta**

Korjuukelpoisuuskartta on tämän hetkisen kehitystyön tuloksena laskennallinen ja staattinen malli, joten se ei ota huomioon vaihtelevan säätilan esim. sadannan vaikutusta luokitukseen. Kartan laskennassa käytettävä malli pohjautuu Maanmittauslaitoksen maastotietokantaan ja samaan laserkeilausaineistoon, jota Suomen metsäkeskus käyttää metsävaratietonsa luomiseen. Näistä tietolähteistä malli laskee 16 m x 16 m kokoiselle hilaruudukolle korjuukelpoisuutta ennustavan luokituksen käyttämällä juuri kyseessä olevan hilan alueella olevia tietoja. Malli ei ota huomioon vierekkäisten hilojen tietoja tai luokituksia. (Peuhkurinen 2018.)

Korjuukelpoisuuskartan muodostamiseen käytettävässä laskentamallissa otetaan huomioon maaperän maaryhmä eli onko kyseessä kivennäis- vai turvemaa, topografiaan perustuva kosteusindeksi, kasvillisuuden määrä ja turvemalla lisäksi ojien kuivavara. Näiden perusteella korjuukelpoisuus esitetään kuusiportaisella luokituksella (kuvio 1). (Peuhkurinen 2018.)



KUVIO 1. Korjuukelpoisuusluokat (Suomen metsäkeskus 2018a)

Kuusiportaisen luokituksen perustana on käytetty yleistä korjuukelpoisuusluokitusta. Yleistä luokitusta on täydennetty alaluokilla, jotka luokittelevat kivennäis- ja turvemaat korjuukelpoisuudeltaan normaaliin tai kuivaan kesään. Luokitukset kuvaavat sopivinta korjuuajankohtaa, jolloin syntyisi mahdollisimman vähän maastovaurioita normaalilla korjuukalustolla eli koneissa ei ole mitään esim. normaalista poikkeavia kantavampia te- loja tai yms. varustusta. Kelirikkoluokan kohteet voidaan korjata mihin aikaan vuodesta tahansa. Kesäkohteet kesällä ja niiden osalta tarkemmalla luokituksella annetaan tietoa korjuukohteen ominaisuuksien perusteella soveltuvasta korjuuajankohdasta. Normaalin ja kuivan kesän alaluokilla määritellään sääolojen perusteella sopivin ajankohta. Normaalin kesän kohteet voidaan korjata, mikäli ajankohtaan nähden ei ole ollut tavanomaista sateisempaa. Kuivan kesän kohteet voidaan vastaavasti korjata, mikäli ajankohtaan nähden on ollut vähäsateisempaa. Sääolojen määrittämisestä kerrotaan kappaleessa 4.1. Talvi- kohteilla puunkorjuuta voidaan suorittaa vain talvella roudan ja lumen aikaan. Peuhkurisen (2018) mukaan laskennassa käytettävän mallin antamat kartan luokitukset perustuvat joukon metsäasiantuntijoiden tekemään subjektiiviseen näkemykseen erilaisten puunkorjuukohteiden korjuukelpoisuudesta ja siinä ei ole käytetty sadannan osalta raja-arvoja kuivan tai normaalin kesän luokituksissa. Tämän vuoksi karttaa käyttävän henkilön on itse määriteltävä kuivan ja normaalin kesän raja.

Mallissa käytettävä topografinen kosteusindeksi ennustaa veden liikettä ja kertymäkohtia maan pinnanmuotojen mukaan. Kosteusindeksin määrittäminen perustuu digitaalisen korkeusmallin rasteriruudukkoon. Jokaiselle rasteripikselille määritellään oma kosteusindeksi, johon vaikuttaa yläpuolinen valuma-alue ja maanpinnan kaltevuus. (Salmi, Räsänen & Hämäläinen 2013, 5–7.) Kosteusindeksin on arvioitu pystyvän ennustamaan melko luotettavasti maaston kantavuuden riskikohteita (Räsänen ym. 2013, 25).

Kasvillisuuden määrä korjuukelpoisuuskartan mallin laskentaan saadaan laserkeilausaineistosta, jossa on mukana kaikki kasvillisuus niin puusto kuin pensaat ja yms. Suurin osa siitä kuitenkin kertyy puuston tuomasta määrästä. Kasvillisuuden määrään on asetettu raja-arvot, jotka nostavat tai laskevat korjuukelpoisuusluokitusta yhdellä luokalla. Määrä lasketaan mallissa jokaiselle hilalle erikseen. Runkotilavuudeksi hehtaarisolulle muutettuna ne ovat helpommin ymmärrettävissä metsätalouden toimintoja ajatellen. Runkotilavuuden ollessa alle 100 m<sup>3</sup>/ha luokitus alenee yhdellä luokalla. Luokka vastaavasti nousee, mikäli runkotilavuus ylittää 150 m<sup>3</sup>/ha. (Peuhkurinen 2018.) Puustonmäärän vaikutuksesta korjuukelpoisuuteen turvemaidella on saatu tuloksia, että runsaspuustoiset alueet kantavat heikkopuustoisia paremmin (Lindeman ym. 2013).

Ojien kuivavara vaikuttaa turvemaidella luokituksen muodostumiseen, mutta ei kivennäismaidella. Ojan kuivavara tarkoittaa ojassa olevan vedenpinnantason ja maanpinnan välisen etäisyyden mittaa. Sen avulla voidaan tarkastella ojien kuntoa ja niiden toimivuutta. Ojien vedenpinnan korkea taso viittaa ojien toimimattomuuteen, jonka seurauksena pohjaveden taso nousee ja heikentää kantavuutta. Korjuukelpoisuuskartan laskennassa käytetyssä mallissa ojien kuivavara huomioidaan siten, että alle 30 cm etäisyys alentaa ja yli 45 cm etäisyys nostaa luokitusta yhdellä luokalla. (Peuhkurinen 2018.)

Malli ei ota huomioon kahta merkittävää kantavuuden osatekijää korjuukelpoisuuden kokonaisuuden kannalta, nimittäin tarkkaa maalajia ja maaperän kivisyyttä. Maanmittauslaitoksen maastotietokannassa oleva tarkka maalajiluokitus ei ole riittävän luotettavaa käytettäväksi ja maaperän kivisyydestä ei ole tällä hetkellä saatavilla tietoa mistään, ellei sitä ole käyty maastossa todentamassa. Sopivan kokoisten kivien esiintyminen maaperässä parantaisi korjuukelpoisuusluokitusta, mutta suurista väistettävistä kivistä ei ole vastaavaa hyötyä. Maalajin tarkka tietämys kohteelta vaikuttaisi myös kohteen luokitukseen, sillä erityisesti hienojakoisen maalajin kohdalla luokitusta pitäisi ehkä alentaa. (Peuhkurinen 2018.)

### 2.2.3 Kartan kehittämissuunnitelma

Korjuukelpoisuuskartan tämän hetkinen tulevaisuuden kehittämissuunnitelma olisi tehdä siitä dynaaminen, jolloin se huomioisi sään vaihtelut luokituksissa. Sen kehitysvaiheen aikataulusta ja toteutuksesta ei ole tällä hetkellä tietoa. Nykyistä karttaa kehitetään vielä vuoden 2018 ajan tekemällä pienempiä päivityksiä, joiden tarve on tullut ilmi tähän mennessä. Esimerkkinä muutama kehityskohde. Kartan luokituksia pyritään parantamaan siivoamalla isompien jokien kohdilta luokituksia pois. Toisena kohteena on suurien turve-  
maa-alueiden keskiosien luokituksien korjaaminen. Niillä on huomattu laskentamallin parantavan luokitusta mallintamalla ne kuivemmaksi alueeksi, kuin todellisuudessa ovat. Kartan tasoja pyritään parantamaan entisestään ja hankkimalla lähdemateriaalia, jonka avulla karttaa pystyisi kehittämään tarkemmaksi ja dynaamisemmaksi. (Peuhkurinen 2018.) Lisäksi kartan luokittelua kehitetään rasterimallista vektorimalliseksi eli 16 m x 16 m kokoisen alueen sijaan luokitukset näytettäisiin niiden todellisten muotojen mukaan. Korjuukelpoisuustiedot tulevat myös osaksi avointa metsävaratietoa ja ne liitetään hilan sekä kuvion ominaisuustiedoksi. (Kilpiäinen 2018.)

## 3 KORJUJÄLKI

### 3.1 Määritelmä

Suomessa puunkorjuunjälkeä seurataan mm. koneenkuljettajan suorittamalla seurannalla ja toimijoiden itse suorittamilla tarkastuksilla. Lisäksi Suomen Metsäkeskus suorittaa valvontaa viranomaisena valtakunnallisesti koko Suomessa ja julkaisee niistä vuosittain tilaston (Suomen Metsäkeskus 2018b). Puunkorjuun yhteydessä käytetään yleisesti kahta termiä, joilla voidaan kuvata puunkorjuun jälkeistä tilannetta ja sen onnistumista. Nämä termit ovat korjuujälki ja työnjälki. Harvennushakkuiden yhteydessä mainitulla korjuujäljellä tarkoitetaan puuston ja maaperän tilaa korjuun jälkeen. Korjuujäljenlaatu muodostetaan yleisesti seuraavien kohtien mukaan, vaikka ne voivat vaihdella eri toimijoiden mukaan:

- puustovauriot
- harvennusvoimakkuus
- puuston valinta
- ajourapainauumat
- ajouran leveys
- uraväli.

Työnjälki on käsitteenä laajempi ja sisältää yleisesti myös korjuujäljentarkastuksen. Työnjäljen arviointiin voidaan katsoa sisältyvän erilaisia arvioitavia kohteita toimijasta riippuen, mutta yleisesti siihen sisällytetään esimerkiksi:

- ympäristöhoidon toteutuminen
- puutavaran laatu
- metsään ajamatta jäänyt puutavara
- varastopaikkaan liittyvät toimet. (Metsäteho 2003, 4–5; Tapio 2017.)

### 3.2 Maastovaurioiden vaikutus

Korjuuvaurioiden välttäminen puunkorjuun yhteydessä on tärkeää, sillä ne voivat aiheuttaa uhan metsän terveydelle, ympäristövaikutuksille, maisemalle sekä metsänomistajan

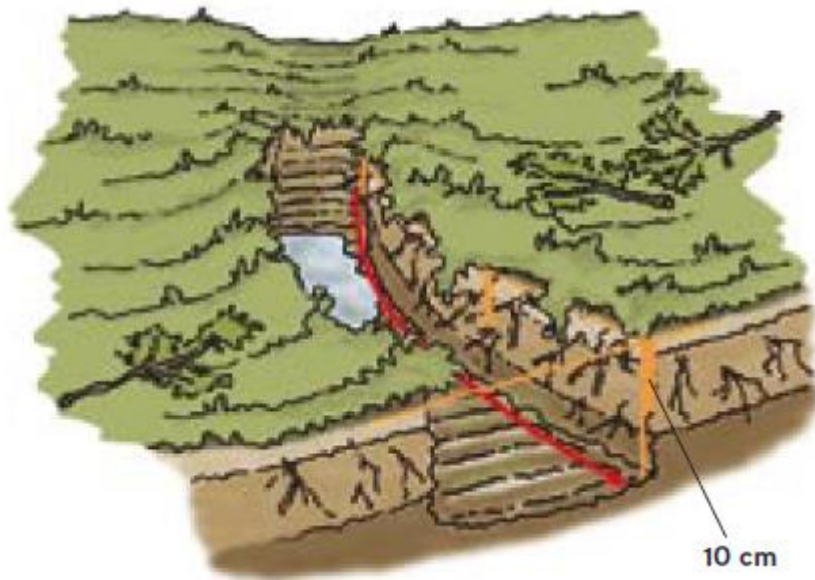
ja toimijan väliselle yhteistyölle tulevaisuudessa. Korjuuvaurion laatu määrittelee vaikutuksen, koska eri korjuuvaurioilla on erilaisia vaikutuksia metsään. Maastovauriot eli urapainamat voivat aiheuttaa uhan kaikille edellä mainituille.

Metsän terveydelle niistä voi muodostua uhka, koska maastovaurion seurauksena puiden juuria voi katkeilla ja paljastuneen puuaineksen kautta puun terveydelle haitalliset sienitiöt voivat päästä tartuttamaan puun. Sienituhot voivat yksistään aiheuttaa merkittäviä tuhoja metsässä, mutta niiden seurauksena puu voi myös vain heiketä ja altistua herkemmin muille tuhoille esim. hyönteis- ja tuulituhoille. (Metla 2010.) Haitallisia ympäristövaikutuksia maastovauriot voivat aiheuttaa ravinteiden ja kiintoainesvalumien muodossa. Erityisen suuri riski on, mikäli vauriokohta sijaitsee kostealla, maalajiltaan hienolla ja kaltevassa paikassa. Tällöin liikkuva vesi pääsee kuljettamaan maa-ainesta, joka tilanteesta riippuen voi päästä kulkeutumaan vesistöihin aiheuttamaan haitallisia ympäristövaikutuksia niiden eliöstölle. (Joensuu, Kauppila, Lindén & Tenhola 2012, 6–8.) Maastovaurioiden sijaitessa näkyvillä paikoilla esim. teiden, ulkoilureittien tai asutusten lähettyvillä ne voivat aiheuttaa maisemalle negatiivisia vaikutuksia. Metsänomistajan ja toimijan väliselle tulevaisuuden yhteistyölle vauriot voivat aiheuttaa ongelmia tai pahimmassa tapauksessa estää yhteistyön tulevaisuudessa, mikäli metsänomistaja ei ole tyytyväinen korjuujälkeen.

### **3.3 Maastovaurioiden mitattavat tunnuks**

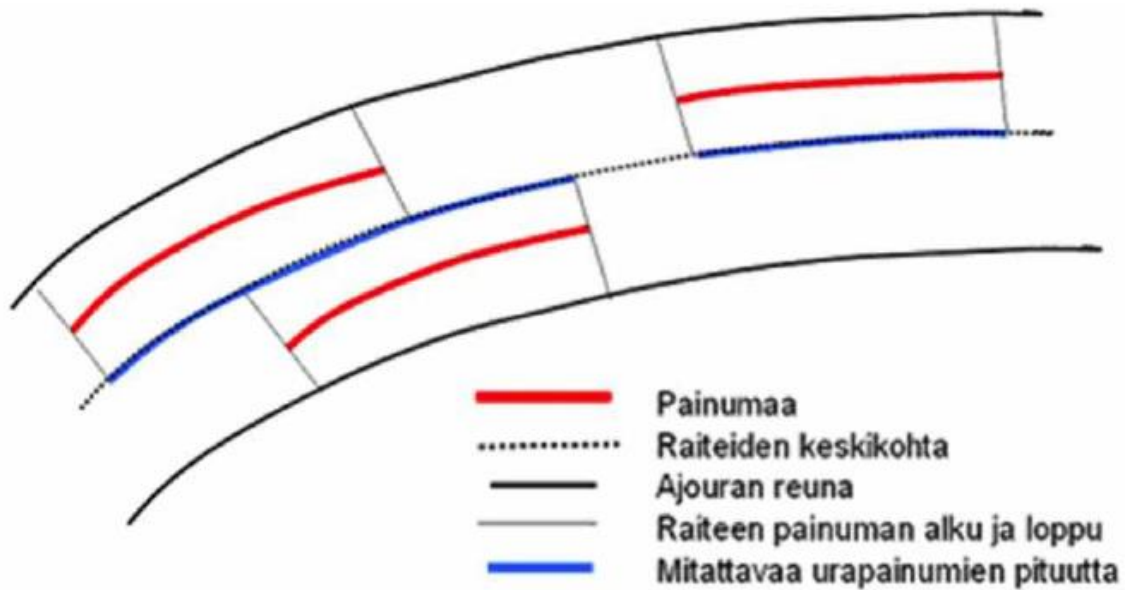
Maastovaurioiden määrän selvittämiseen tarvitsee mitata kolme tunnusta tarkastuskohdeelta. Ne ovat urapainaman syvyys ja pituus sekä ajourien kokonaispituus. Tunnuksien mittaamenetelmiin on olemassa pieniä eroja eri toimijoiden kesken esim. käytetäänkö koealaperusteista menetelmää vai tarkistetaanko kohteelta kaikki ajourat. Viranomaisen roolissa toimiva Suomen metsäkeskus käyttää maa- ja metsätalousministeriön hyväksymää maastotarkastusohjetta tarkastuksissaan ja siinä käytössä on koealaperusteinen mittaamenetelmä (Leivo ym. 2017, 3, 9). Toimijoiden laatiessa omia ohjeitaan tarkastuksien suorittamiseen olisi niiden hyvä perustua määräyksiltään ja kriteereiltään vähintään Suomen metsäkeskuksen käyttämään maastotarkastusohjeeseen, jotta vältyttäisiin ristiriitatileteilta tulosten tulkinnoissa.

Painauman syvyys mitataan, jotta tiedetään, onko kyseessä maastovaurioiksi luettava painauma vai ei. Yleensä syvyystiedolla ei ole muuta tarkoitusta maastovaurioiden tarkastelussa. Jokainen toimija voi tietysti itse määrittellä, että haluavatko he kerätä painaumista tarkempaa tietoa. Maastovaurioiksi luettavan painauman syvyys vaihtelee maaryhmän perusteella. Leivon ym. (2017, 19–20) mukaan kivennäismailla painauman syvyys pitää olla vähintään 10 cm ja turvemilla 20 cm syvyinen turpeeseen leikkautunut painauma (kuvio 2).



KUVIO 2. Havainnekuva ajourapainauman syvyyden mittauksesta kivennäismaalla (Iittiläinen ym. 2003, 26)

Painauman pituus vaikuttaa myös maastovaurioiksi määrittelyyn. Maastovaurioiksi luettavan painauman pitää olla yli yhden metrin pituinen. Painaumaksi luetaan myös yhden raiteen painauma (kuvio 3). (Leivo ym. 2017, 19–20.) Kriteerien täyttävistä painaumista mitataan pituudet ja lopuksi ne lasketaan yhteen.



KUVIO 3. Havainnekuva ajourapainuman pituuden mittaamisesta (Leivo ym. 2017, 19)

Ajouraverkoston kokonaispituus pitää selvittää, jotta painaumien kokonaismäärä voidaan suhteuttaa ajourien kokonaismäärään ja maastovaurioiden määrä ilmoittaa prosentteina. Ajourien kokonaismäärän selvittämiseen voidaan käyttää muutamia keinoja. Ajourien määrä voidaan määrittellä laskennallisesti kohteen pinta-alasta. Teoriassa yhdellä hehtaarilla olisi laskennallisesti ajouraa 500 metriä, jos uraväli on 20 metriä. Tällöin kohteen pinta-ala kerrotaan 500 metrillä, jolloin saataisiin ajouraverkoston kokonaispituus. Tämä menetelmä laskee ajouraverkoston määrän oikein, mikäli leimikko on muodoltaan ja ominaisuuksiltaan optimaalinen urien muodostamiseen tasaisin 20 metrin välein. Todellisuudessa ajourien määrä kuitenkin vaihtelee leimikon muodosta ja maastonmuotojen aiheuttamien kulkuesteiden vuoksi. Hakkuukoneilla voidaan tallentaa korjuun yhteydessä ajouraverkosto niissä olevien paikannuslaitteiden avulla. Tätä tietoa voidaan käyttää toisena tapana uraverkoston määrän selville saamiseksi. Tallennetusta jäljestä voidaan mitata tietokoneella sen pituus ja näin saadaan ainakin hieman tarkempi määrä, kuin puhtaasti laskennallista menetelmää käyttämällä. Kolmas menetelmä on mitata uraverkoston pituus henkilökohtaisesti korjuujälkitarkastuksen yhteydessä. Tällöin apuna voidaan käyttää kannettavia paikannuslaitteita, joilla voidaan mitata kuljettu matka suoraan maastossa. Jälki voidaan myös tallentaa laitteen muistiin ja ladata tiedot tietokoneelle myöhemmin. Tietokoneella uraverkoston pituus voidaan mitata samalla tavalla, kuin hakkuukoneen tallentamasta jäljestä. Tätä menetelmää voidaan käyttää, mikäli hakkuukoneen tallentamaa jälkeä ei ole käytettävissä ja halutaan saada mahdollisimman tarkka tieto ajouraverkoston kokonaismäärästä.



### 3.4 Maastovaurioiden hyväksyttävä määrä

Kriteerit hyvälle korjuujäljelle maastovaurioiden osalta voidaan määritellä monelta taholta. Määrittelyyn vaikuttavat mm. metsänomistajan käyttämä sertifikaatti ja toimijoiden itse määrittelemänsä kriteerit hyvälle korjuujäljelle omassa toiminnassaan. Kaikkien kriteerien pohjana on kuitenkin metsälaki, joka määrittelee kriteerit hyvälle korjuujäljelle toimijasta, metsänomistajasta tai mistään muusta syystä riippumatta. Metsälakia on kuitenkin noudatettava jokaisen metsässä toimivan henkilön tai yrityksen tilanteesta riippumatta. Sertifikaateissa ja muissa käytettävissä kriteereissä vaatimukset ovat yleensä tiukempia kuin metsälaissa.

Metsälain (1085/2013) mukaan puunkorjuussa pitää välttää kasvamaan jäävien puiden vahingoittamista sekä maastovaurioita, jotka heikentävät puuston kasvuoloja. Tarkempia vaurioiden määritelmiä säädetään erillisellä asetuksella. Valtioneuvoston asetus (1308/2013) metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä määrittelee maastovaurioiden enimmäismääräksi kivennäismailla 20 prosenttia ja turvemaille 25 prosenttia ajourien kokonaispituudesta.

Suomen metsäkeskuksen käyttämässä maastotarkastusohjeessa käytetään kolmiportaista arvosteluasteikkoa. Asteikon luokat ovat hyvä, huomautettavaa ja virheellinen. Maastovaurioiden osalta tulos on hyvä, kun urapainaumien osuus on kivennäismailla enintään 5 % ajourien kokonaispituudesta. Turvemaille vastaava osuus on 10 %. Vaurioiden osalta on huomautettavaa, kun niiden osuus kivennäismailla on yli 5 %, mutta kuitenkin alle 20 %. Turvemaille osuudet ovat yli 10 %, mutta alle 25 %. Arvostelussa korjuun tulos on virheellinen, kun painaumien osuus ylittää 20 % kivennäismailla ja 25 % turvemaille. (Leivo ym. 2017, 21.)

PEFC sertifioinnin kriteerin 6 (2014) mukaan ajourapinaumien tulisi olla kivennäismailla enintään 5 % ajourien kokonaispituudesta. Osuus lasketaan vuosittain viiden edellisen vuoden korjuujäljen tarkastustulosten liukuvana keskiarvona. Turvemaiden painaumuksia ei erikseen määritellä kriteereissä.

FSC sertifikaatin kriteerit eivät erikseen määrittele raja-arvoja maastovaurioiden osalta. Niiden mukaan maaperää pitää kuitenkin suojella haitallisilta ympäristövaikutuksilta ja

tehdä ympäristövaikutusten arviointi ennen työn aloittamista. (Suomen FSC-standardi 23, 25.) Kriteerien vaatimuksien täyttymistä auditoinneissa arvioidaan auditoijan toimesta ilman tarkempia raja-arvoja (Puhakka 2018).

## 4 MAAPERÄ JA SÄÄOLOT

### 4.1 Maaperän synty ja maalajien luokitus

Maaperä on kallioperän kanssa osa maankamaraa. Niiden raja on Suomessa yleensä jyrkkä ja terävä. Maaperä koostuu erilaisista maalajeista, jotka ovat syntyneet aikojen myötä erilaisten fysikaalis-geologisten prosessien myötä. Tällaisten prosessien vaikuttavina tekijöinä ovat olleet rapautuminen mekaanisesti sekä kemiallisesti, massaliikunnot, mannerjää, maankohoaminen mannerjään seurauksena, virtaava vesi, aaltojen sekä tuulen toiminta. (Lindroos 2003, 7–14.)

Maalajit luokitellaan niiden ominaisuuksien mukaan erilaisiin luokkiin. Pääjakona käytetään kivennäismaalajeja ja orgaanisia maalajeja. (Lindroos 2003, 14–15.) Kivennäismaalajit ovat helpommin määriteltävissä niiden luokitukseen käytettävissä olevien luokkien vähäisemmän määrän vuoksi, kuin orgaanisten maalajien.

Kivennäismaalajien nimet perustuvat RT-luokitukseen eli rakennustekniseen luokitukseen. Luokituksessa nimi määräytyy sen mukaan mitä lajitetta maalaji sisältää eniten, mutta poikkeuksena on savi. Maalajia sanotaan saveksi, kun savilajitteen eli saveksen osuus on vähintään 30 %. Kivennäismaalajien luokituksessa käytetään pääluokkina lajittumattomia ja lajittuneita maalajeja. Lajittuneet maalajit sisältävät pääasiassa yhtä tai kahta lajitetta. Lajittuneiden maalajien luokkia ovat lohkarieet, kivet, sora, hiekka, hieta, hiesu ja savi. Lajittumattomat maalajit eli moreenit sisältävät näitä eri lajitteita sekaisin vaihtelevilla suhteilla. Niiden luokituksessa käytetään kolmiportaista asteikkoa. Luokat ovat soramoreeni, hiekkamoreeni ja hienoainesmoreeni. Kivennäismaalajin määrittelyssä pitää ensimmäisenä määrittellä maalajin lajittuneisuus eli lajittunut vai lajittumaton. Tämän jälkeen tarkastellaan raekokoa. Muita maalajin luokan selvittämisen keinoja ilman erillisiä mittausvälineitä ovat maalajin tahrautuvuuden, paakkuuntumisen, paakun hajoamisen ja pölyämisen arvioimista. Hienoaineisten maalajien luokittelussa auttaa myös kieritystesti. Se tehdään ottamalla sormenpään kokoinen kostea näytepala, joka ensiksi muotoillaan palloksi ja seuraavaksi tasaista alustaa tai kämmentä vasten siitä kieritetään niin ohut nauha kuin on mahdollista. Mitä ohuempi nauha on, sitä savisempaa maalaji on. Nauhan paksuuden ollessa alle kaksi millimetriä tulkitaan maalajin olevan savea. (Lindroos 2003, 14–15.)

Orgaaniseksi maaksi maalaji luetaan, kun sen massasta yli 6 % on eloperäistä ainesta. Kivennäismailla tämä orgaaninen maa on humusta ja kosteammilla paikoilla turvetta. (Lindroos 2003, 14–15.) Turve on määritykseltään epätäydellisesti hajonneita kasvinjäännöksiä ja näin turvemaat ymmärretään orgaanisiksi maalajeiksi. Kansankielellä turvemaita puhutaan yleensä soiksi. Suolla on kuitenkin olemassa erilaisia määritelmiä. Ne voidaan määritellä kasvitieteellisesti, geologisesti sekä maa- ja metsätaloudellisesti suoksi. Kasvitieteellisen määrittelyn mukaan suoksi katsotaan kasvupaikka, jolla on turvetta muodostava ja kerryttävä kasvivyhdyskunta (Laine ym. 2012, 9). Geologiseksi suoksi alue määritellään, kun se koostuu suokasvien maatuneista jäännöksistä ja niiden muodostama kerros on yli 30 cm paksu. Soistuman määrittely on muuten sama, mutta kivennäismaan peittävä turvekerros on alle 30 cm. (Virtanen ym. 2003, 18.) Metsätaloudellisesti suo määritellään, kun kivennäismaata peittää turvekerros tai kasvillisuudesta yli 75 % on suokasvillisuutta. Soistuneeksi kivennäismaaksi metsätaloudellisessa määrittelyssä katsotaan alue, kun suokasvillisuuden osuus yli 30 %, mutta alle 75 %. (Päivänen 2007, 18, 143.) Metsätaloudellisessa määrittelyssä ei ole siis turvekerroksen paksuudella mitään väliä. Turve jaetaan vielä kasvijäännöskoostumuksen perusteella kolmeen pääryhmään rahkaturpeisiin, saraturpeisiin ja puuvaltaisiin turpeisiin (Laine ym. 2012, 140).

## 4.2 Sääolot

Suomessa on neljä vuodenaikaa talvi, kevät, kesä ja syksy, joilla on kaikilla vaihtelevat ominaispiirteet. Kukin vuodenaika kestää karkeasti jaoteltuna n. 3 kuukautta, mutta tarkemmin jaottelu voidaan tehdä tähtitieteellisen tai termisen määrittelyn kautta. Tähtitieteellinen määrittely perustuu maapallon kierrosta johtuviin yön ja päivän pituuksiin ja jokainen jakso on noin 90 päivän mittainen. Täten tähtitieteellinen talvi alkaa talvipäivän seisauksesta noin 21. joulukuuta. Tämän jälkeen alkaa kevät kevätpäivän tasauspäivästä, joka on noin 21. maaliskuuta. Kesä alkaa noin 21. kesäkuuta ja päättyy syyspäivän tasauspäivään 21. syyskuuta, josta alkaa syksy kestäen talvipäivän seisaukseen. Terminen määrittely perustuu vuorokautisiin keskilämpötiloihin. Niiden mukaan talvi alkaa, kun vuorokauden keskilämpötila on alle 0 astetta. Kevät vastaavasti alkaa, kun keskilämpötila on yli 0 astetta. Kesä alkaa, kun keskilämpötila kohoaa yli 10 asteen ja päättyy keskilämpötilan laskiessa sen alle aloittaen syksyn. (Ilmatieteen laitos 2018b.) Termisessä määrit-

telyssä vuodenaikojen ajanjaksot eroavat Suomessa niin kestoaltaan kuin alkamisen ja loppumisen päivämääriltään. Tähtitieteellisesti katsottuna vuodenaajat menevät samassa rytmissä koko Suomessa. Vuodenaikojen kestoista ja sijainnista puhutaan myös kansanomaisesti, jolloin niillä ei ole samanlaisia tarkkoja määritelmiä, kuin tähtitieteellisellä tai termisellä määrittelyllä. Sen vuoksi niille ei voi määrittellä yleisiä ajanjaksoja, koska jokainen henkilö voi käsittää vuodenaikojen alkamisen ja päättymisen eri tavoin.

Sääoloja tämän työn osalta tarkastellaan sadannan ja ilmanlämpötilojen osalta sekä sivutaan niiden keskinäisiä vaikutuksia esim. haihduntaa. Sadanta ja ilmanlämpötila vaikuttavat korjuukelpoisuuden määrittelyyn ja niistä on melko hyvin tilastotietoa saatavilla eri vuosilta. Näistä kahdesta vaikuttajasta sadannalla on ehkä suurempi vaikutus kuin ilmanlämpötilalla.

Sadanta tarkoittaa alueelle satanutta veden sademäärää aikayksikköä kohde esim. mm/vrk (Päivänen 2007, 88). Sade voi tulla erilaisissa olomuodoissa esim. vetenä, lumena, räntänä tai rakeina. Kaikki nämä kuitenkin luetaan mukaan sadantaan. Metsikössä kaikki sadanta ei kuitenkaan tule kokonaisuudessaan maanpinnalle, sillä osa sadannasta jää puuston latvuksiin ja haihtuu sitä kautta pois. Tällöin puhutaan metsikkösadannasta, joka tarkoittaa puiden latvuston alle tulevaa sademäärää. Todellinen maanpinnalle tuleva sadanta on vielä tätäkin pienempi, koska myös pintakasvillisuus pidättää osan sadannasta ja haihduttaa sen pois. (Heiskanen 2003, 47.) Metsikkösadannan määrä riippuu puulajista ja puuston koosta, joiden pienentävä vaikutus voi olla 10–40 % kokonaissadannasta (Päivänen 1966; Hyvärinen 1990; Piirainen, Finèr & Starr 1998, Piiraisen 2007 mukaan).

Sadannan tai metsikkösadannan määrästä voidaan ei suoraan päätellä maaperän kosteusoloja, koska niihin vaikuttaa myös veden haihtuminen. Haihtuminen tarkoittaa veden siirtymistä nestemäisestä tai kiinteästä olomuodosta kaasumaiseen olomuotoon ja haihtumismäärää mitataan haihdunnalla, joka tarkoittaa haihtuneen veden määrää aikayksikössä esim. mm/vrk. Haihtumista tapahtuu pintahaihdunnalla (evaporaatio) ja kasvillisuushaihdunnalla (transpiraatio), joista muodostuu yhteenlaskettu kokonaishaihdunta (evapotranspiraatio). (Päivänen 2007, 87.) Haihduntaan vaikuttavia sääolotekijöitä ovat mm. lämpötila ja tuuli. Lämpötila vaikuttaa ilman suhteelliseen kosteuteen, joka määrittelee ilman mahtuvan vesihöyryn määrän. Mitä alhaisempi suhteellinen kosteus sitä enemmän ilmaan on mahdollista haihtua vettä. Lämpötilaan vaikuttaa myös auringon säteilyn määrä, koska suora säteily nostaa haihduttavan pinnan lämpötilaa, minkä seurauksena

haihduntaa tapahtuu enemmän. Tällä on merkitystä metsikön maaperässä niihin kohtiin, joissa säteily pääsee suoraan maanpinnalle puuston lävitse, kuin varjoon jäävissä kohdissa. Tuuli vaikuttaa haihduntaan viemällä kyllästyneistä ilmamassaa pois ja tuomalla uutta tilalle, mihin vettä on mahdollista haihtua enemmän. Haihdunnan määrä vaihtelee eri vuodenaikoina. Pienintä se on talvella ja lisääntyy keväällä. Kesäkuussa haihdunta saavuttaa maksimin, mistä se vähenee syksyä kohden. (Heiskanen 1989, 8–10.) Tästä johtuen kesällä tuleva sadanta ei välttämättä lisää maaperän kosteutta yhtä paljon, kuin syksyllä tuleva vastaava sadanta.

Sääolot vaihtelevat vuodesta toiseen ja kahta täysin samanlaista vuotta esiintyy harvoin, jos ollenkaan. Tämän vuoksi normaalin sään määrittäminen on hankalaa. Ilmatieteen laitoksen (2017) mukaan ei pitäisikään puhua normaalista säästä, vaan esimerkiksi tavanomaisesta, keskimääräisestä tai tyypillisestä. Sääolot vaihtelevat alueittain ja ajankohditain, joten sen vuoksi ei voida ilmaista esim. Rovaniemen keskimääräistä kesäkuun sadantaa Helsingin mittauspisteen tiedoilla. Tämän vuoksi tiedot tulisivat olla mahdollisimman läheltä paikkaa, jonka sääoloja halutaan kuvata. Sääolojen vaihtelut vuosien välillä vaativat vertailujaksolta riittävää pituutta, kun verrataan nykytilaa menneeseen säätilaan. Lyhyellä vertailujaksolla yksittäisen vuoden tuoma vaikutus saattaa vaikuttaa lopputulokseen merkittävästi. Ilmastotilastojen laskennassa käytetään 30 vuoden aikaisia säätilastoja, mikä on Maailman meteorologisen järjestön ohjeistama ajanjakson pituus. Tällä ajanjaksolla yksittäisen vuoden tuoma vaikutus pienenee lopputuloksissa. (Pirinen ym. 2012.)

Ilmatieteen laitos käyttää sääolojen esiintymisien luokitteluun prosenttipistearvoja eli persentiileja (FMI ilmastopalvelu 2018). Ne kuuluvat jakauman osuuspisteisiin, jotka ilmoittavat muuttujan arvon. Tämän arvon alapuolelle jää jakaumassa tapauksista tietty prosenttiosuus. (Tilastokeskus 2018.) Prosenttipisteiden avulla määritellään tarkasteltavasta aineistosta arvot halutuille todennäköisyysprosentteille. Arvojen laskennan jälkeen voidaan verrata tarkasteltavan säätilan arvoja ja miten niiden esiintyminen sijoittuu määrittelyssä eli onko säätila esim. tyypillinen vai ei. Sääolojen esiintymiselle Ilmatieteen laitos on luonut taulukon (taulukko 1), jossa määritellään tietyn ajanjakson säätilan kutsumista esim. tavanomaisesta poikkeavaksi tai harvinaiseksi.

TAULUKKO 1. Ilmatieteen laitoksen käyttämät määriykset sääolojen kuvaamiselle. Taulukkoa sovelletaan kaikille sääsuureille, vaikka esimerkkinä on käytetty lämpötilaa. (Ilmatieteen laitos 2017.)

Todennäköisyys	Yleiskielinen sanonta	Talvella	Kesällä
97,5–100 %	poikkeuksellinen	poikkeuksellisen leutoa/lauhaa	poikkeuksellisen lämmintä, hellettä
87,5–97,5 %	harvinaisen lämmintä, keskimäärin kerran 10 vuodessa	hyvin leutoa / lauhaa	harvinaisen lämmintä, hellettä
62,5–87,5 %	vähän tavallista lämpimämpää	leutoa/lauhaa, keskimääräistä leudompaa tai lauhempaa	lämmintä
37,5–62,5 %	tavanomainen, tyypillinen, keskimääräinen	keskimääräinen, tavanomainen, tyypillinen	keskimääräinen, tavanomainen, tyypillinen
12,5–37,5 %	vähän tavallista kylmempää	kylmempää	viileää, tavallista viileämpää
2,5–12,5 %	harvinaisen kylmää, keskimäärin kerran 10 vuodessa	hyvin kylmää tai kovan pakkasen rajojen mukaista	koleaa
0–2,5 %	poikkeuksellinen	poikkeuksellisen kylmää	poikkeuksellisen koleaa

Ilmatieteen laitoksella on käytössä noin 400 erilaista havaintoasemaa eri puolilla Suomea. Kaikki asemat eivät kuitenkaan mittaa välttämättä samoja asioita, joten jokaisesta mittausasemasta ei saatavilla esim. sade- tai lämpötilatietoja. (Ilmatieteen laitos 2018a.) Sää-tietojen käyttämisessä on huomioitava, että sää-tieto on juuri sen mittauspisteen tieto ja siitä saadaan vain suuntaa antavaa tietoa muualla sijaitseville kohteille.

### 4.3 Kantavuus

Maaperän kantavuus tarkoittaa suurinta kantavuusarvoa, jolla se kestää kuormittavaa painetta ilman murtumista. Fysiikan termeistä leikkauslujuus liittyy oleellisesti kantavuuteen. Se kuvaa maaperän kykyä kestää kuormittavaa painetta ilman murtumista, mihin vaikuttavat maaperän ominaisuudet. Ominaisuuksien takana vaikuttavat kitka- ja koheesiovoimat, jotka eroavat eri maalajeilla. Kitkavoimat vaikuttavat enemmän karkeaksi luettavilla maalajeilla esim. soramaa, minkä vuoksi niitä kutsutaan kitkamaiksi. Silloin maara-keiden välinen kitka pyrkii pitämään maan eri osat yhdessä. Mikäli pintapaine

nousee kitkavoimia korkeammaksi, maa murtuu. Hienojakoiset maat ovat koheesiomaita, joilla vaikuttaa rakenneosasten välinen koheesiovoima. Voiman taustalla on adsorptioveden vesimolekyylien luoma vetovoima pienten hiukkasten välille. Karkeajakoisille maille koheesiovoimaa syntyy vähemmän niiden paremman vedenläpäisykyvyn vuoksi. Lisäksi niillä on parempi leikkauslujuus, kuin hienojakoisilla mailla. (Manninen 2016.)

Maaperän ominaisuuksissa on muitakin leikkauslujuuteen ja samalla kantavuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuin pelkät kitka- tai koheesiovoimat. Kaikilla ominaisuuksilla on tietysti yhteydet toistensa vaikutuksiin ja lopullinen kantavuus muodostuu näiden kaikkien yhteistekijänä. Muita vaikuttavia ominaisuuksia ovat maan tiheys, lajittuneisuus, kokoonpuristuvuus ja maan sisältämä vesimäärä. Maan sisältämä vesimäärä vaikuttaa tiheyteen, sillä mitä enemmän vettä sitä pienempi tiheys. Pienempi tiheys tarkoittaa myös heikompa kantavuutta. Maaperän lajittuneisuus voi heikentää tai lisätä kantavuutta riippuen maalajin raakoosta. Lajittuneet hienojakoiset maalajit kestävät kaikista vähiten kuormitusta ja karkeajakoiset eniten. Sekalajitteisten maiden eli moreenimaiden kantavuuden kehitys seuraa raakoon mukaan samalla tavalla kuin lajittuneiden maiden. Moreenimaiden kantavuus on yleisesti kuitenkin parempi, kuin lajittuneiden hienojakoisten maiden. Karkeajakoisten lajittuneiden ja moreenimaiden ero riippuu vertailtavien maalajien raakoosta ja moreenimaan osalta myös niiden määrästä. Kantavuuteen vaikuttaa myös maalajin kokoonpuristuvuus, joka tarkoittaa tilavuuden suhteellista muutosta pintapaineen vaikutuksesta alkuperäiseen tilavuuteen nähden. Kokoonpuristuvuus on suurinta hienojakoisilla mailla ja pienintä moreenimailla sekä karkeajakoisilla mailla. Tämä ilmentää myös mahdollisten painaumien syvyyttä. Kokoonpuristuvuuteen vaikuttaa myös maan tiheys. Mitä tiheämpää maa on, sitä vähemmän se tiivistyy eli painuu kokoon. Muita kantavuutta lisääviä tekijöitä ovat mm. puiden juuristo, pintakasvillisuus, maaperän kivisyys ja puunkorjuun yhteydessä tehtävä havutus. (Manninen 2016.)



## 5 HARVENNUSHAKKU

### 5.1 Harvennuksen tavoite

Harvennushakku on kasvatusmetsissä suoritettavaa puunkorjuuta, jonka suorittamiselle on olemassa erilaisia tavoitteita. Metsänomistajan tavoitteita ovat yleensä metsänhoidolliset ja taloudelliset asiat, joiden perusteella harvennushakkuuta tehdään. Tässä luvussa tarkastellaan tarkemmin vain näitä tavoitteita, koska ne ovat metsätalouden osalta ehkä tärkeimmät. Puunostajan tavoitteita ovat mm. tarvittavien puutavaralajien hankkiminen ja tasaisen puuvirran turvaaminen tehtaille. Puunkorjuuryityksen tavoitteita ovat mm. korjuukiintiöiden täyttäminen ja työllisyyden turvaaminen.

Metsänhoidollinen tavoite on pitää metsikön puusto elinvoimaisena, jotta puuston kasvu ei heikkenisi ja se pysyisi vastustuskykyisenä erilaisille tuhoille. Elinvoimaisuutta voidaan mitata elävän latvuksen osuudella puun kokonaispituudesta. Latvussuhde pitäisi olla vähintään männyllä 40 %, koivulla 50 % ja kuusella 60 %. Harvennushakkuun jälkeen tuuli- ja lumituhoriski kasvavat muutamaksi vuodeksi, koska puiden runko, juuristo ja latvusto eivät vastaa vapautuneen kasvutilan asettamia vaatimuksia kestävyydeltä näitä tuhoja vastaan. Lisäksi lahottajasiemien tarttumisen riski kasvaa harvennushakkuun yhteydessä mahdollisesti syntyneiden korjuuvaurioiden vuoksi. (Huuskonen ym. 2014, 68–75.)

Taloudellisesta näkökulmasta harvennuksen tavoitteita tarkastellessa on otettava huomioon jokaisen metsänomistajan asettamat tavoitteet ja arvot metsänkasvatukselle. Toinen metsänomistaja voi painottaa toiminnassaan enemmän taloudellista hyötyä kuin toinen, joka voi esimerkiksi painottaa luonnonhoitoa. Taloudellinen puoli on usein kuitenkin mukana jokaisessa harvennushakkuussa tavalla tai toisella. Taloudellinen näkökulma metsänomistajan kannalta on useimmiten yhteydessä puuston järeytymiseen ja arvokkaimman ainespuun tuottamiseen. Lisäksi harvennushakkuista saadaan tuloja, joilla voi kustantaa metsänkäsittelystä johtuneita kustannuksia, vaikka tavoitteina ei olisikaan saada metsänkasvatuksella taloudellista tuottoa. Tässä asiaa käsitellään kuitenkin niin, että metsänkasvatuksella pyritään saamaan taloudellista tuottoa. Harvennushakkuiden tavoitteina on kasvattaa enemmän ainespuuta ja kohdentaa kasvu hyvälaatuisiin puihin. Näin hyvälaatuiset puut järeytyvät nopeammin arvokkaimmiksi tukkipuiksi, jolloin tasarakenteisen

metsänkasvatuksen kiertoaika lyhenee ja taloudellinen kannattavuus nousee. (Huuskonen ym. 2014, 68–78.)

## 5.2 Harvennushakkuussa huomioon otettavat tekijät

Harvennushakkuussa tarvitsee ottaa huomioon monia asioita, kun asiaa ajatellaan kokonaisuuden kannalta. Tässä asiaa tarkastellaan kuitenkin vain konetyön osalta ja erityisesti niitä asioita, jotka vaikuttavat maastovaurioiden syntymiseen.

Ennen puunkorjuun aloittamista pitäisi tarkastella nykyistä ja lähihistorian säätilaa, koska sääoloilla on vaikutusta leimikon korjuukelpoisuuteen. Mikäli sääolot poikkeavat tavanomaisesta, leimikon korjuuolosuhteet pitäisi tarkastaa, koska ne ovat saattaneet muuttua alkuperäisen korjuukelpoisuuden määrittämisen ja puunkorjuun aloittamisen välillä. Olosuhteiden muutos voi tapahtua parempaan tai huonompaan suuntaan riippuen alkuperäisen korjuukelpoisuuden määrittämisen ajankohdasta ja silloin vallinneista sääoloista. Lisäksi korjuun aikana sääoloja pitäisi tarkastella ja pitää silmällä korjuukelpoisuutta. Eri-tyisesti runsaan sadannan vaikutuksia pitäisi seurata, koska sen tuoma vaikutus on negatiivinen korjuukelpoisuuden kannalta.

Puunkorjuun aikana koneenkuljettajien tekemät päätökset vaikuttavat osaltaan korjuun onnistumiseen. Hakkuukoneenkuljettaja tekee ensimmäiset lopputulokseen vaikuttavat päätökset, joihin kuormatraktorinkuljettaja ei pysty välttämättä vaikuttamaan omassa työskentelyssään. Tällaisia päätöksiä ovat ajourien sijainti, mutkaisuus ja havutus. Ajourat pitäisi pyrkiä aina sijoittamaan kantavimmalle maaperälle. Silloin riski maastovaurioille pienenee huomattavasti. Ajourat tulisi sijoittaa myös mahdollisimman tasaiselle maastonkohdalle, koska kaltevuus lisää maastovaurioiden riskiä koneiden painopistettä muuttamalla. Tämän vuoksi pitäisi välttää myös urien sijoittamista niin, että toinen raide kulkee esim. kiven tai korkean kannon päältä, jolloin painopiste siirtyy enemmän alempana olevan pyörän tai telin puolelle kuormittaen sitä enemmän. Tämän lisääntyvän kuormituksen seurauksena voi aiheutua maastovaurio. (Kärhä, Poikela & Keskinen 2010, 37.)

Riskiä voidaan pienentää tekemällä ajourista mahdollisimman suorina, koska mutkissa maaperän pinta rikkoutuu helpommin ja sen seurauksena maastovaurion riski kasvaa

(Kärhä, Poikela & Keskinen 2010, 37). Kuvassa 1, punaisin pistein merkattuun ajouraan on tehty tarpeeton mutka kiertämällä keskellä oleva mänty, minkä seurauksena on muodostunut maastovaurio.



KUVA 1. Havainnekuva tarpeettomasta mutkasta

Mutkat voivat aiheuttaa merkittäviä maastovaurioita, erityisesti heikommin kantavalla maaperällä (kuva 2). Erityisesti s-mutkat ovat herkästi maanpinnan rikkovia, koska niissä metsäkoneen kääntäminen aiheuttaa enemmän maanpintaa leikkaavia kuormituksia (Kärhä, Poikela & Keskinen 2010, 37). Maastovaurioiden ehkäisyn kannalta ajourien mutkia tulisi välttää, mitä heikommin kantavalla maaperällä puunkorjuuta suoritetaan.



KUVA 2. Havainnekuva mutkaan muodostuneesta maastovauriosta turvemaalla

Ajouran hyvässä havutuksessa saadaan paljon havua uralle, millä voidaan parantaa sen kantavuutta ja ehkäistä maanpinnan rikkoutumista. Tällöin hakkuukoneenkuljettajan on käytettävä tähän soveltuvia työskentelymenetelmiä, jotka ovat nimeltään sivullepäin kaato ja sovellettu sektorityömalli. Tämä tarkoittaa runkojen kaatamista urasta pois päin ja prosessoimista vastakkaiselle puolelle, kuin mistä runko on otettu. Yli kuuden metrin etäisyydellä uran keskilinjasta olevia runkoja voidaan prosessoida puomin alle, mutta uran vaatiessa havuja sitä ei tehdä. Näillä työskentelymenetelmillä uralle kertyy mahdollisimman paljon havuja ja latvoja. (Ovaskainen 2012, 9-14.) Havun kertymisen määrään vaikuttaa myös poistettava puulaji. Paras havujen kertymä pääpuulajeista saadaan järjestyksessä kuusi, koivu ja mänty. Järjestys voi poiketa mainitusta, mikäli puusto on erityisen riukuuntunutta jonkun puulajin osalta. Mänty on kestävyydeltään ja kantavuudeltaan heikointa, koska siinä on vähemmän tuoreita oksia kuin kuusessa ja koivussa. Kuivat oksat katkeilevat koneiden alla helpommin ja eivät lisää kantavuutta. Koivu on näistä puulajeista parhainta kestävyydeltään ja kuusi näiden väliltä. (Välikoski 2017.) Havuista pitäisi muodostaa mahdollisuuksien mukaan tasainen kerros erityisesti koneiden kulkemien raiteiden kohdille, jotta niiden kantavuutta lisäävä vaikutus olisi paras mahdollinen koko uran pituudella. Havut eivät lisää kantavuutta parhaalla mahdollisella tavalla, mikäli ne jäävät suuriin kasoihin pistemäisesti. Lisäksi latvat pitäisi kääntää uran suuntaisesti raiteisiin kantavuuden maksimoimiseksi, eikä jättää niitä poikittain uralle.

Kuormatraktorinkuljettajalla ei ole omassa työskentelyssään monia mahdollisuuksia vaikuttaa maastovaurioiden muodostumisiin, mutta muutamalla keinolla hänkin voi vaikuttaa. Hän voi minimoida heikosti kantavilla kohdilla ajamisen keräämällä sekakuormia eli kerätä kaikki puutavaralajit kerralla ajouran varresta pois, jolloin ajokertojen määrä uralla vähenee. Lisäksi hän voi mahdollisuuksien mukaan kiertää kantavampien alueiden kautta, millä vähennetään ajokertojen ja rasituksen määrää heikosti kantavilla kohteilla. Kuljettaja voi säädellä kuormiensa kokoa oman arvionsa mukaan kohteen kantavuudesta. Jossain tapauksissa voi olla kannattavampaa kuljettaa puut esim. kahdella täydellä kuormalla pois, kuin neljällä puolikokoisella kuormalla. Mikäli ajouran pettäminen on havaittavissa ja sitä ei voida kiertää, on syytä yrittää vahvistaa sitä käytettävissä olevilla keinoilla. Yleisesti käytettävät keinot puunkorjuutyömaalla ovat havujen tai puutavaran lisääminen heikosti kantavaan kohtaan. Havujen lisääminen tai siirtäminen harvennushakkuissa voi olla vaikeaa, koska työskentelytila on ahdas tai niitä ei ole käytettävissä. Puutavaraa on aina käytettävissä, mutta sen käyttämisen riskinä on sen rikkoutuminen ja häviäminen. Riskin taloudellisen vaikutuksen vuoksi puutavaraa käytettäessä pitäisikin käyttää vähemmän arvokkaita puutavaralajeja esim. kuitupuuta. Heikosti kantavia kohtia voidaan vahvistaa myös käyttämällä esim. siirrettäviä ajosiltoja. Niiden käytön ongelmana on kuitenkin lisääntyvä työmäärä kuljetuksineen sekä nousevat korjuukustannukset. (Vanhatalo ym. 2015.)

Edellä mainittuja asioita tulisi huomioida aina harvennushakkuissa maastovaurioiden välttämiseksi. Intensiivi näiden asioiden huomioimiseen ja painottamiseen riippuu kuitenkin kohteesta. Riskikohteilla, joilla maastovaurioiden syntyminen on herkempää, näihin pitää kiinnittää enemmän huomiota. Kohteen arvioimisen perusteella tehdään päätökset tarvittavista toimenpiteistä. Päätöksien tekemiseen vaikuttaa kuljettajan kyky tunnistaa riskikohteet ja muiden tehtyjen päätöksien mahdolliset vaikutukset.

## 6 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

### 6.1 Aineisto

Tutkimusaineiston kohteiksi valittiin ensiharvennus- ja harvennushakkuukohteita, jotka ovat korjattu vuosien 2016 ja 2017 aikana. Edellytyksenä valinnalle oli korjuukelpoisuuskartan löytyminen kohteelta ja hakkuu oli suoritettu sulan maan aikana. Lisäksi mukaan pyrittiin löytymään turvemaakohteita, mutta niiden vähäisen sulan maan aikaisen korjuun vuoksi pelkästään turvemaata olevia kohteita ei löytynyt. Korjuulohkon sisällä sijaitsevia pienialaisempia turvema-alueita löytyi joitakin, jolloin nämä korjuulohkot otettiin mukaan aineistoon. Aineiston keräys suoritettiin maastotyöskentelynä marraskuussa vuonna 2017 maan ollessa sula ja lumeton.

Aineistoon valikoitui 25 erillistä korjuulohkoa, jotka ryhmiteltiin 12 erilliseen kohteeseen puukauppasopimuksien tai sijaintien mukaan aineiston paremman käsiteltävyyden vuoksi. Aineiston kohteiden yhteenlaskettu pinta-ala on 113,7 ha. Pinta-alasta 49,7 ha on ensiharvennuksia ja loput 64 ha harvennuksia (kuvio 4). Korjuulohkot sijaitsivat Oriveden, Ruoveden ja Virtain alueella. Osa korjuulohkoista sijaitsi lähellä toisiaan, koska ne kuuluivat saman metsänomistajan puukauppasopimukseen. Muuten kohteita pyrittiin valitsemaan erillään toisistaan, millä pyrittiin saamaan vaihtelua olosuhteisiin. Korjuulohkojen korjuukelpoisuuden määrittelyissä ei ole käytetty korjuukelpoisuuskarttoja apuna. Määrittely oli tehty toimihenkilön tai yrittäjän toimesta. Korjuulohkojen puunkorjuussa käytettyjä koneita ei ollut varusteltu pehmeille maille tarkoitetuilla lisävarusteilla.



KUVIO 4. Aineiston kokonaispinta-alan jakautuminen harvennustavan mukaan

## 6.2 Mittausmenetelmä

Maastovaurioiden mittaaminen perustui Metsä Groupin Korjuujäljen laadunvarmistus kasvatushakkuissa -työohjeeseen. Mittaaminen tapahtui kävelemällä kaikki lohkolla olevat ajourat lävitse. Tästä kuitenkin poikettiin hieman siinä tapauksessa, mikäli kyseessä oli lyhyt pisto ja painaumien syntyminen pystyttiin tarkastamaan varmasti käveltävältä ajouralta. Ajourilta mitattiin painaumet, jotka olivat yli metrin pituudeltaan ja kangasmailla kenttäkerroksen alareunasta mitattuna yli 10 cm syviä. Turvemaalla painauman piti olla myös yli metrin pituudeltaan ja vähintään 20 cm syvä turpeeseen leikkautunut painauma. Painaumaksi luettiin myös kohdat, joissa vain toinen raide oli painunut. (Metsä Group 2014)

Ajouraverkosto ja painaumakohtien sijainnit kohteilta tallennettiin Garmin GPSMAP 64s käsipaikannuslaitteella. Paikannuslaite ilmoitti paikannuksen tarkkuudeksi kolme metriä, mutta välillä tarkkuudessa oli suurempia eroavaisuuksia johtuen ulkoisista tekijöistä esim. puuston ja maaston peittävydestä sekä taivaan pilvisyydestä. Kohteilta löydetyt painaumet mitattiin mittanauhaa käyttämällä. Painaumakohdasta havainnoitiin painauman määrän lisäksi niiden syntymiseen mahdollisesti vaikuttaneita tekijöitä mm. mutka, ajouran havutus, ajouratyyppi (keruu- vai pääura) ja maalaji eli onko kyseessä kivennäis- vai turvema. Turvemaalta mitattiin turpeen paksuus. Lisäksi arvioitiin ko-

neenkuljettajan tekemiä ratkaisuja mm. ajourien sijoittamisesta ja olisiko niitä ollut mahdollista sijoittaa toiseen kohtaan paremman lopputuloksen saamiseksi. Painaumakohdalta etsittiin näkyviä merkkejä heikosta kantavuudesta, jotta tulevaisuudessa nämä kohdat osattaisiin tunnistaa ja kiertää paremmin maastovaurioiden välttämiseksi.

### 6.3 Tuloksien muodostaminen

Tuloksien tulkinnessa ja laskennassa käytettiin apuna QGIS ja ArcGIS paikkatieto-ohjelmia sekä Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Paikkatieto-ohjelmilla luotiin kartat, joista tuloksia tulkittiin visuaalisesti sekä käyttämällä niiden sisältämiä laskentatyökaluja. Korjuulohkot ja ajouraverkostot piirrettiin ohjelmilla paikannuslaitteen tallentaman kulkujäljen mukaan. Näistä laskettiin kohteiden kokonaispinta-alat ja ajouraverkostojen kokonaispituudet. Tulkinnoista saadut tulokset koottiin kohteittain Excel-ohjelmaan ja tiedoista tehtiin yhteenvedot. Jokaiselle korjuulohkolle määritettiin yksilöllinen tunnus esim. 1.11. Tunnuksen numerosarjan ensimmäinen numero kertoo mihin 12 ryhmiteltyyn ryhmään se kuuluu. Toinen numero ilmaisee kohteen harvennustavan, jossa 1 kuvaa ensiharvennusta ja 2 muuta harvennusta. Viimeinen numero kertoo kohteen järjestysnumeron, joka on määritelty kyseisen ryhmitellyn ryhmän harvennustapojen mukaan. Esimerkin mukainen yksilöintitunnus tarkoittaa, että kohde on ensimmäisen kohteen järjestykseltään ensimmäinen ensiharvennus.

Tuloksien muodostamisen taustatiedoksi säätiedot kerättiin Ilmatieteen laitoksen meneen sään palvelusta, josta säätietoja voidaan hakea virallisten mittauspisteiden mittauksista (Ilmatieteen laitos 2018a). Puunkorjuun suorittamisen aikaisia säätietoja kerättiin päiväkohtaisesti kohteittain puunkorjuun aloituksen päivästä sen loppumiseen. Käytännössä tämä tarkoitti ajanjaksoa, jolloin hakkuukone on aloittanut puunkorjuun ja metsäkuljetus on lopettanut sen. Korjuuajankaisen säätilan tarkastelemisen lisäksi kohteilta selvitettiin sitä edeltänyt sää 28 vuorokautta eli neljä viikkoa aikaisemmin sadannan ja lämpötilan osalta. Säätiedot ovat kolmesta mittauspisteestä, koska Virroilla Äijänevalla sijaitsevasta mittauspisteestä oli mahdollista saada vain lämpötiloja. Tästä johtuen sadetiedot kerättiin seuraavaksi lähimmästä mittauspisteestä, joka sijaitti hieman pohjoisempaan Alavuden puolella Sulkavankylässä. Lämpötila- ja sadetiedot koostettiin yhdeksälle kohteelle näiden kahden mittausaseman tiedot yhdistämällä. Näiden kohteiden etäisyys mittauspisteille vaihteli välillä 20–40 km. Lopuille kohteille säätiedot saatiin Juupajoella



Hyytiälässä sijaitsevasta mittauspisteestä, josta etäisyys kohteisiin vaihteli välillä 9–20 km.

## 7 TULOKSET JA VERTAILU

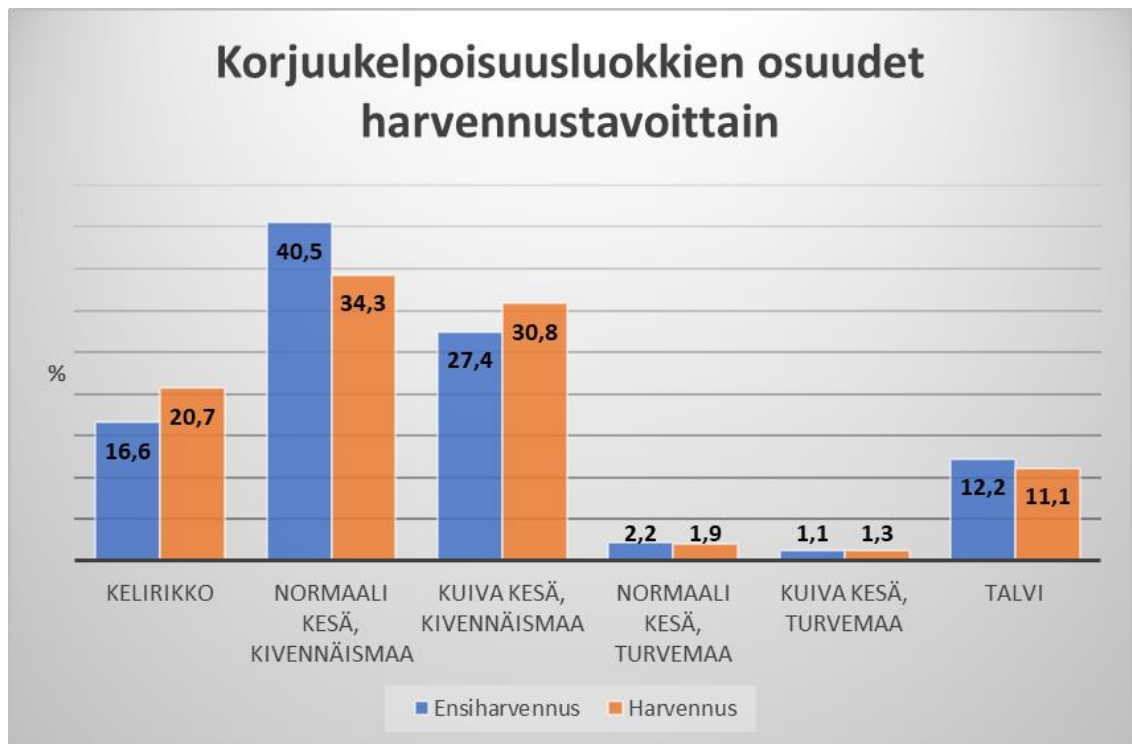
### 7.1 Aineiston pinta-alojen ja urien jakautuminen korjuukelpoisuusluokille

Aineiston pinta-alan jakautuminen eri korjuukelpoisuusluokille nähdään kuvioista 5. Määrältään eniten oli kivennäismaan normaalin kesän luokitusta ja vähiten turvemaiden luokituksia. Turvemaiden luokitusten osuus jäi aineistossa pieneksi kohteiden vähyyden vuoksi.



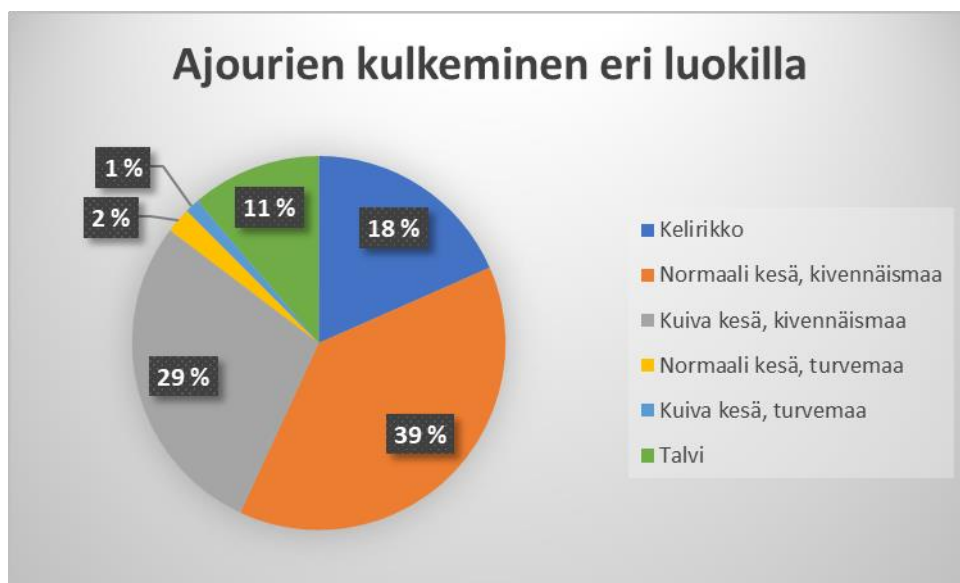
KUVIO 5. Koko aineiston pinta-alan jakautuminen korjuukelpoisuusluokkien välillä

Korjuukelpoisuusluokkien osuudet jakautuivat harvennustavoittain kuvion 6 mukaisesti. Harvennustavoittain tarkasteluna korjuukelpoisuusluokkien järjestys pysyi samana, kuin kokonaispinta-alan mukaan tarkasteltuna. Pinta-aloissa oli pientä vaihtelua eri luokkien välillä.



KUVIO 6. Korjuukelpoisuusluokkien osuudet harvennustavoittain

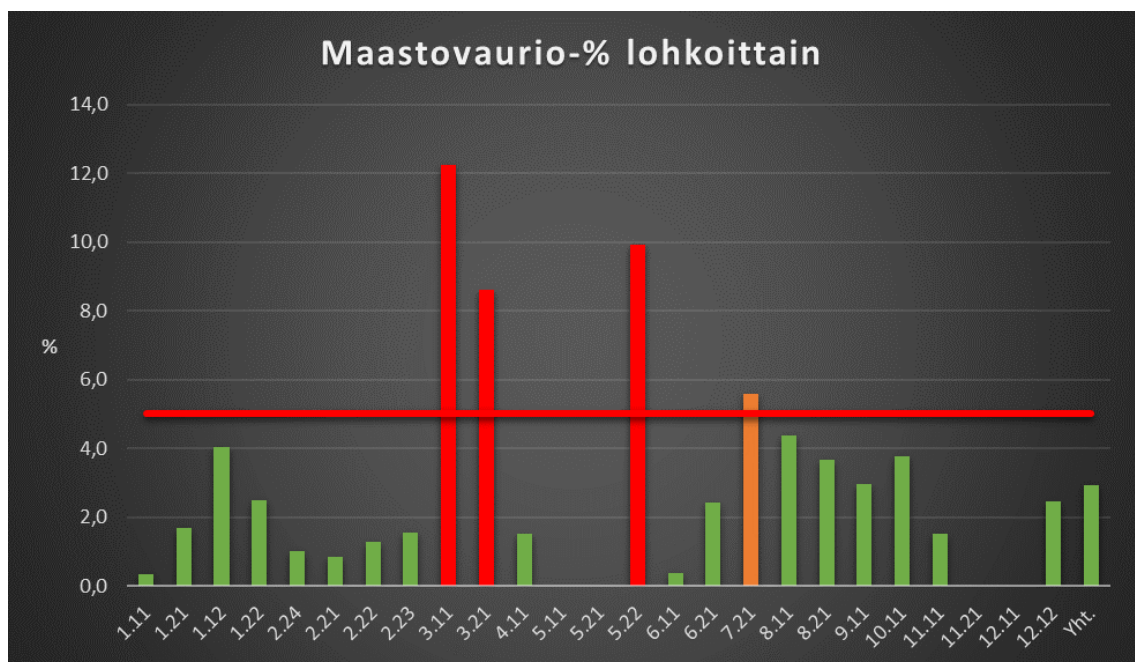
Ajourien kulkeminen eri korjuukelpoisuusluokilla laskettiin, jotta maastovaurioiden määrää voidaan suhteuttaa tuloksissa. Kuviosta 7 nähdään ajourien kulkeneen melkein täsmällisesti samassa suhteessa eri korjuukelpoisuusluokilla, kuin kokonaispinta-alakin on jakautunut. Suurin osa ajourista on kulkenut korjuukelpoisuudeltaan normaalin kesän kivennäismaalla.



KUVIO 7. Ajourien kulkeminen korjuukelpoisuusluokilla

## 7.2 Maastovaurioprosentti

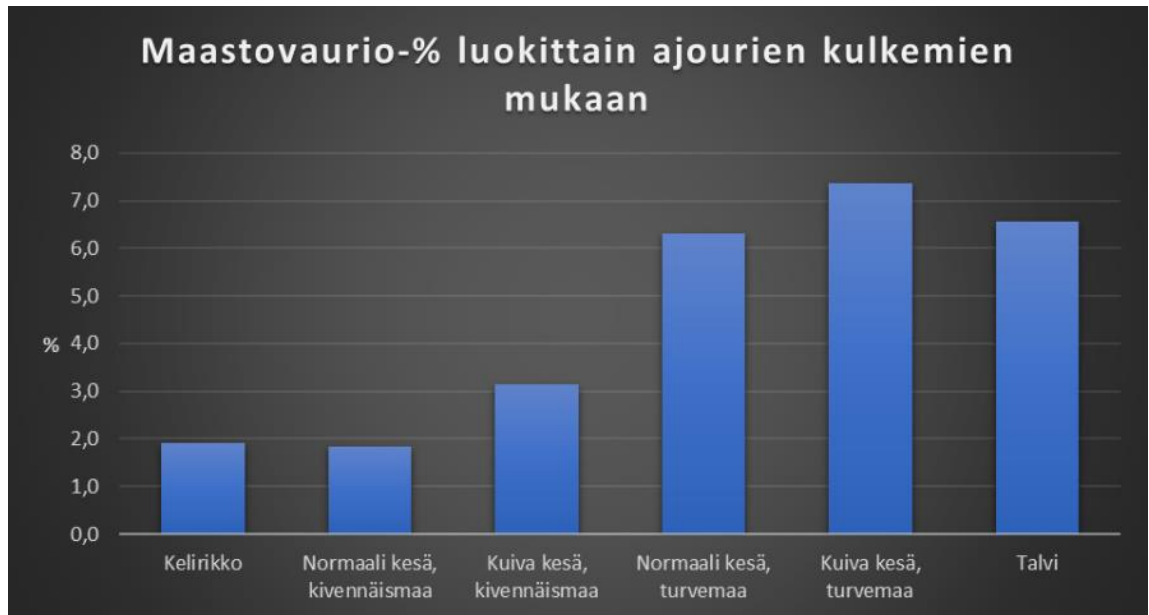
Maastovaurioprosentti laskettiin jokaiselle korjuulohkolle erikseen, jolloin voidaan vertailla eri kohteiden tuloksia (kuvio 8). Aineiston urien kokonaispituudeksi muodostui 59 050 metriä. Maastovaurioiden määräksi tuli 216 kappaletta ja 1 722,3 metriä. Maastovaurioiden keskipituus oli 8 metriä ja mediaani 5 metriä. Lyhin maastovaurio oli pituudeltaan 1,1 metriä ja pisin 48 metriä. Aineiston koko maastovaurioprosentiksi muodostui 2,9 %. Se jää luokituksessa arvosanaan hyvä, kun käytetään raja-arvona 5 %. Kohteella 7.21 on huomionarvoista, että siellä maalaji oli enimmäkseen turvemaata, jolloin voidaan käyttää hyvän arvosanan rajana 10 % kivennäismaan viiden prosentin sijaan. Näin ollen koko aineistosta kolmella kohteella oli huomautettavaa urapainaumien suhteen, jolloin ne muodostavat 12 % osuuden. Mikään kohde ei kuitenkaan ylittänyt metsälain määrittelemää 20 %. Maastovaurioiden määrässä on huomioitava, että harvennushakkuilla on saatantanut olla jo ensiharvennusvaiheessa syntyneitä maastovaurioita. Niiden toteaminen on käytännössä melkein mahdotonta, siksi kaikki maastovauriot on katsottu mukaan aineistoon.



KUVIO 8. Maastovaurioprosentit korjuulohkoittain

Maastovaurioprosentti laskettiin korjuukelpoisuusluokittain ajourien kulkemien mukaan ja kuviosta 9 voidaan tarkastella tämän laskennan tuloksia. Tuloksista voidaan päätellä eri luokkien herkkyttä maastovaurioiden syntymiselle. Tässä aineistossa suurimmat maastovaurioprosentit olivat turvema- ja talviluokituksilla, mutta on huomioitava niiden

vähäisempi osuus aineistossa verrattuna muiden luokkien osuuksiin. Tämän vuoksi niitä ei voi aivan yhdenvertaisesti verrata keskenään muiden luokkien kesken. Normaalin ja kuivan kesän luokituksia tarkastellessa voidaan todeta, että kuivan kesän luokituksessa on tullut enemmän maastovaurioita suhteutettuna ajourien pituuteen kuin normaalin kesän luokituksessa. Ilmiö on sekä kivennäismailla että turvemailla. Kivennäismailla erotus on 1,3 prosenttiyksikköä ja turvemailla 1,1 prosenttiyksikköä.



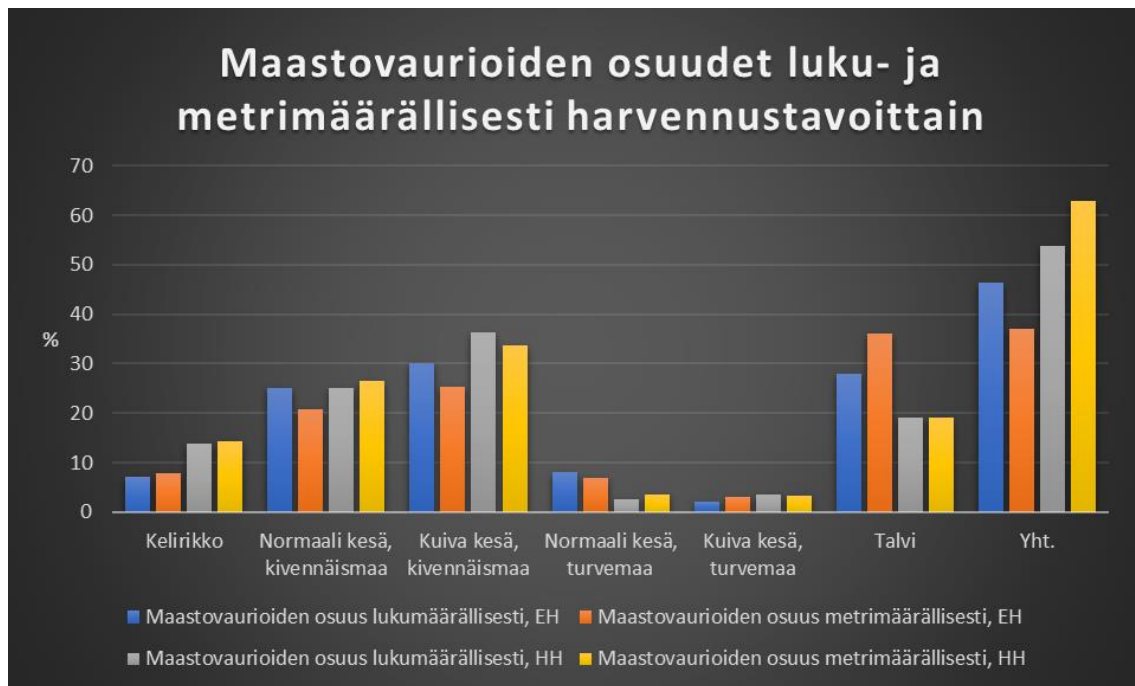
KUVIO 9. Maastovaurioprocentti korjuukelpoisuusluokittain

Maastovaurioiden syntymistä selvitettiin vielä harvennustavoittain. Kuvioista 10 nähdään, että tässä aineistossa harvennushakkuussa on syntynyt enemmän maastovaurioita kuin ensiharvennuksessa. Niiden erotus on 0,9 prosenttiyksikköä. Kummallakin harvennustavalla oli muodostunut eniten maastovaurioita talvi ja turvemaan luokituksilla. Näiden tulosten perusteella harvennushakkuut olisivat riskialttiimpia maastovaurioille kuin ensiharvennukset.



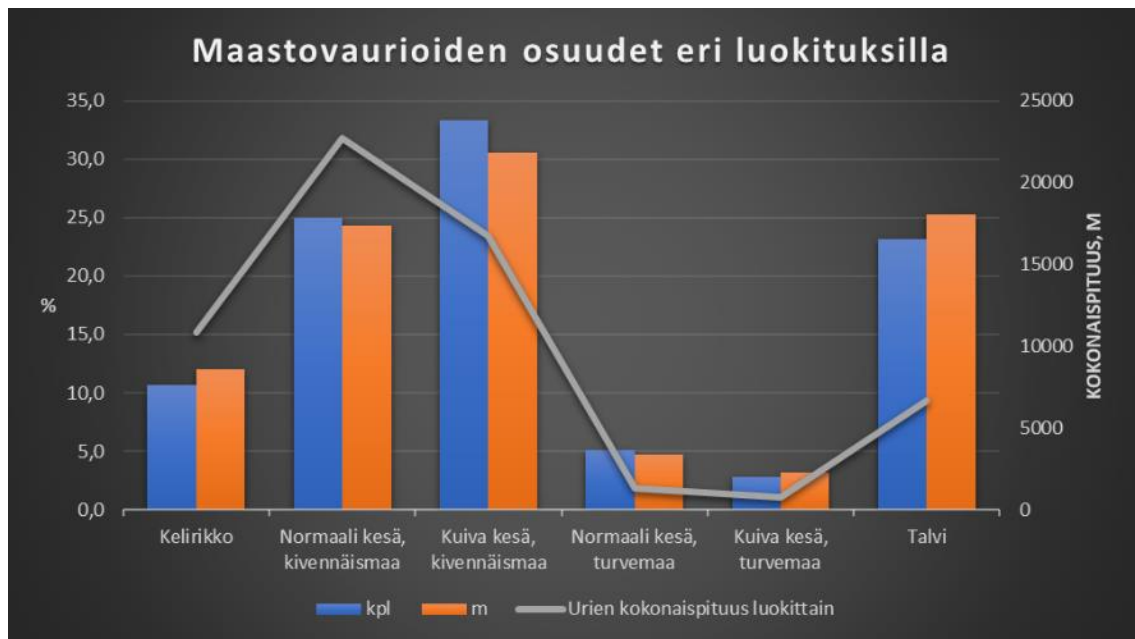
KUVIO 10. Maastovaurioprosentti harvennustavoittain eri korjuukelpoisuusluokittain

Syvällisempää tarkastelua varten maastovaurioiden osuudet jaoteltiin myös niin luku- kuin metrimäärällisesti eri harvennustapojen mukaan (kuvio 11). Osuudet ovat kuvattu siten, että korjuukelpoisuusluokkien osuudet tarkoittavat harvennustavan mukaan jaoteltua kokonaismäärää eli niitä ei ole laskettu aineiston kokonaismäärästä vaan harvennustavan kokonaismäärästä. Yhteensä-osiossa osuudet on laskettu aineiston kokonaismäärästä eli ne kuvaavat osuuksien jakautumista koko aineiston kesken. Koko aineistosta maastovaurioita metrimäärällisesti sijaitsi ensiharvennuksilla 37 % ja harvennuksilla 63 %. Lukumäärällisesti vastaavat osuudet olivat ensiharvennuksilla 46 % ja harvennuksilla 54 %.



KUVIO 11. Maastovaurioiden osuudet luku- ja metrimäärällisesti harvennustavoittain kuvattuna

Kuviosta 12 nähdään maastovaurioiden määrien osuudet niiden kokonaismäärästä niin lukumäärällisesti kuin metrimäärällisesti. Samalla voidaan tarkastella ajourien metrimääräistä kulkemaa jokaisen korjuukelpoisuusluokan osalta. Tässä aineistossa maastovaurioita luokilla kelirikko, kuiva kesä turvemaa ja talvi tuli metrimäärällisesti enemmän kuin lukumäärällisesti.

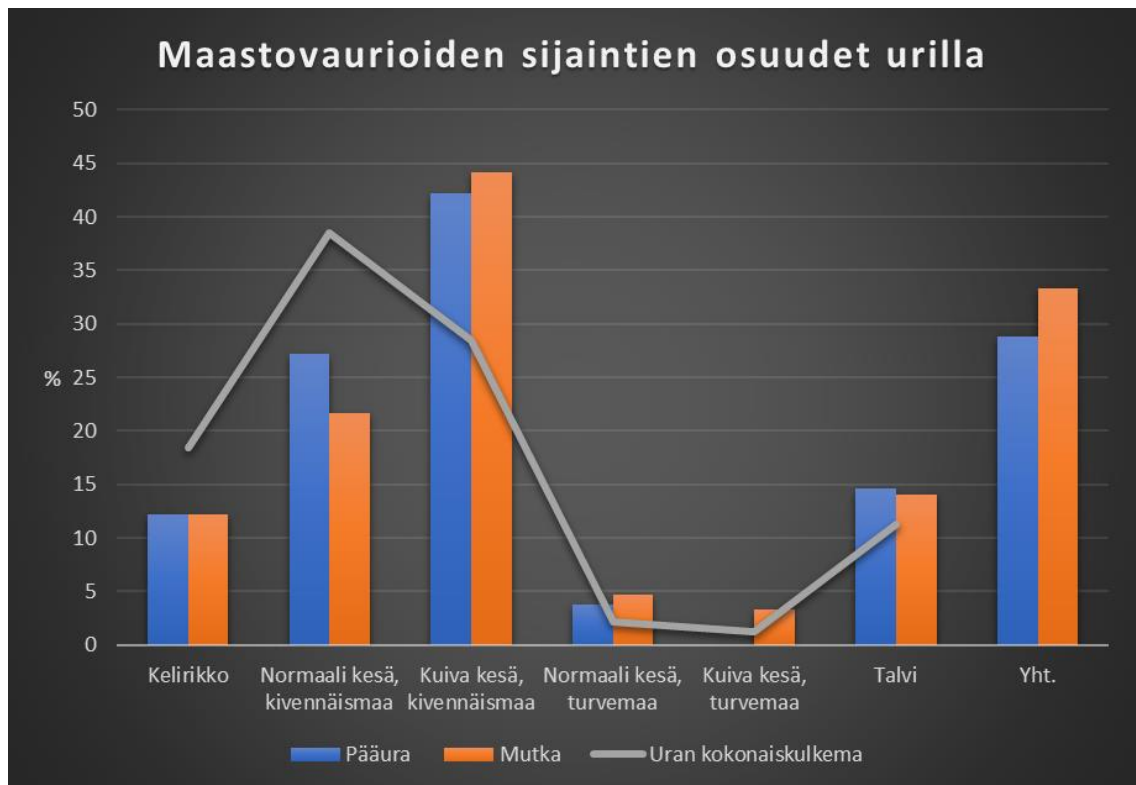


KUVIO 12. Maastovaurioiden määrien osuudet jaoteltuna niin lukumäärällisesti kuin pituuksien mukaan eri korjuukelpoisuusluokilla

### 7.3 Maastovaurioiden sijainti

Maastovaurioiden sijaintia tarkasteltiin urilta kahden riskitekijän, pääuran ja mutkan osalta. Kuvioista 13 on nähtävillä maastovaurioiden sijoittuminen näiden riskitekijöiden osalta. Maastovaurioiden sijaintien osuudet vaihtelevat eri luokkien välillä, mutta kokonaisuudessaan niitä on sijainnut 33 prosenttia mutkissa ja 29 prosenttia pääurilla.

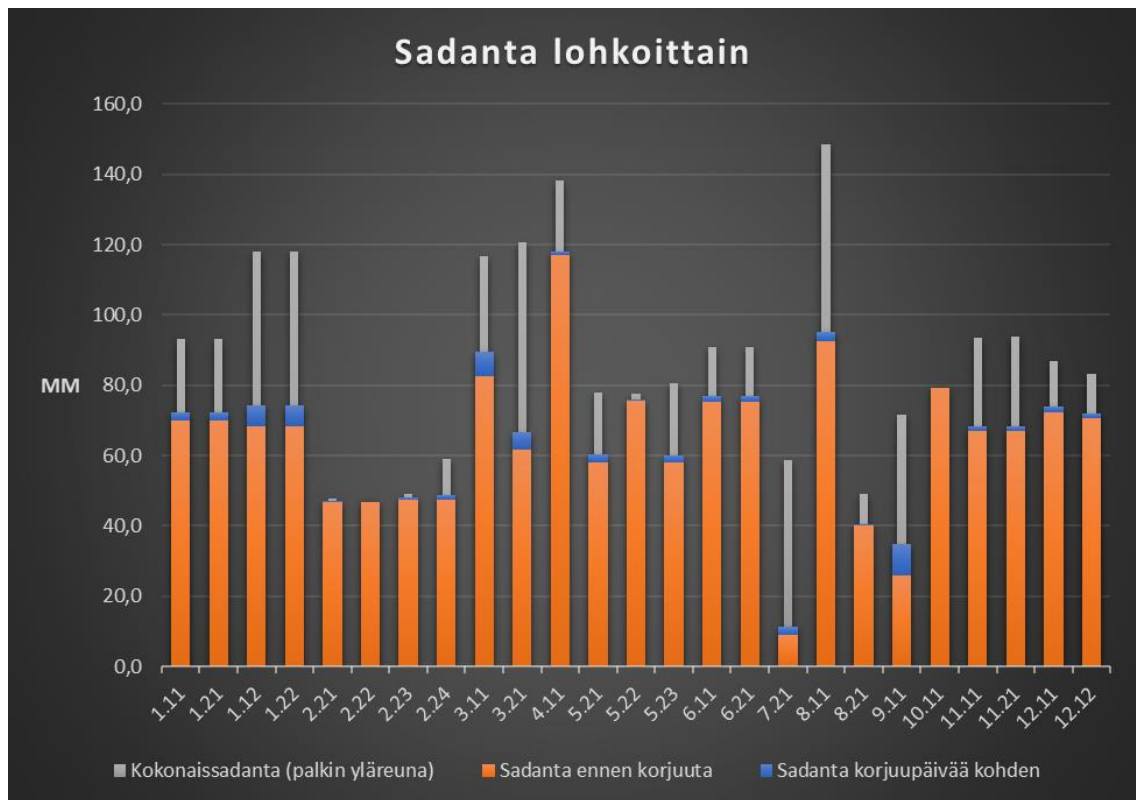




KUVIO 13. Maastovaurioiden sijaintien osuudet pääurien ja mutkien osalta korjuukelpoisuusluokittain

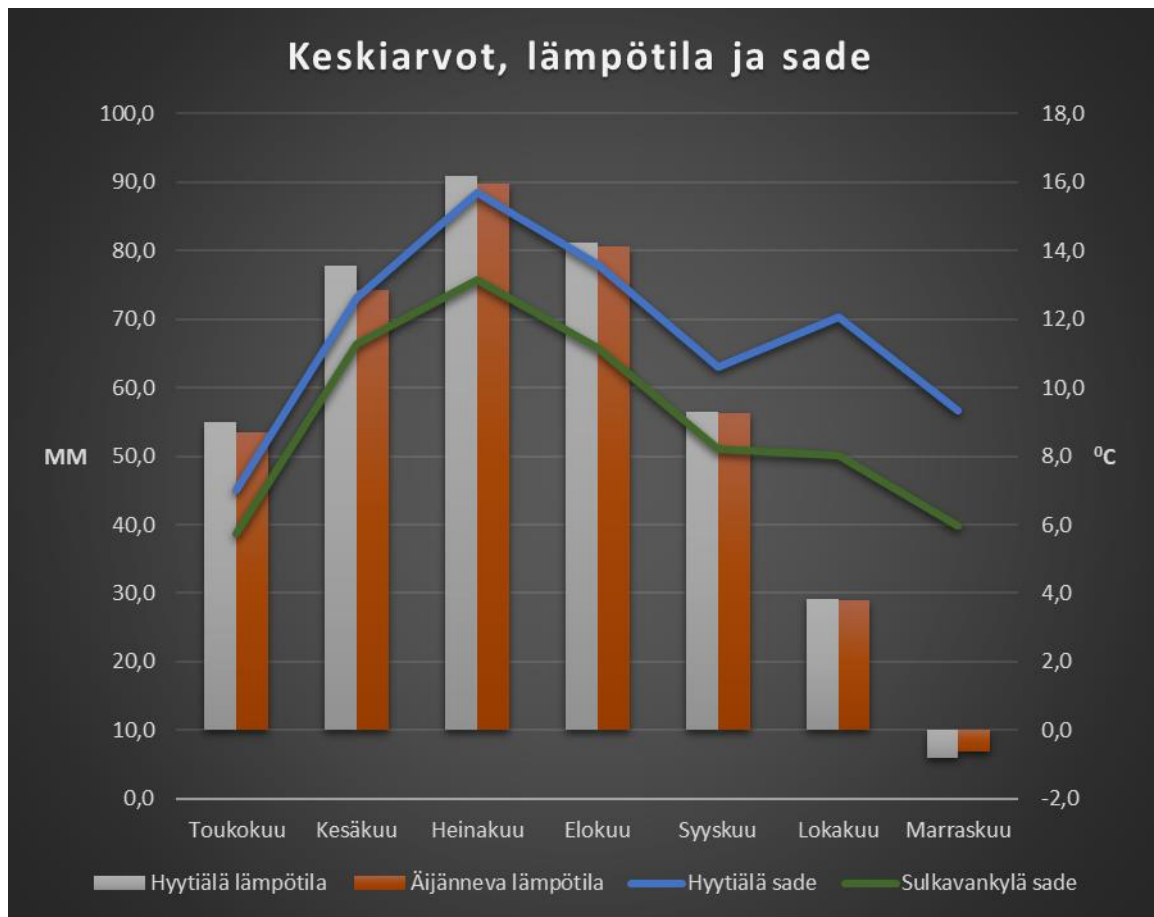
#### 7.4 Sääolot

Kuviossa 14 on nähtävillä sadannan jakautuminen korjuulohkoittain. Oranssi palkki kuvaa sadantaa neljä viikkoa ennen korjuuta eli 28 vuorokauden ajalta. Harmaan palkin yläreuna kuvaa kokonaissadantaa ja korjuun aikainen kokonaissadanta on harmaan ja oranssin palkin yläreunan erotus. Sininen palkki kuvastaa korjuun aikaista sadantaa yhtä korjuupäivää kohden. Sen avulla voidaan vertailla korjuun aikaista sadantaa korjuun kestoon suhteutettuna.



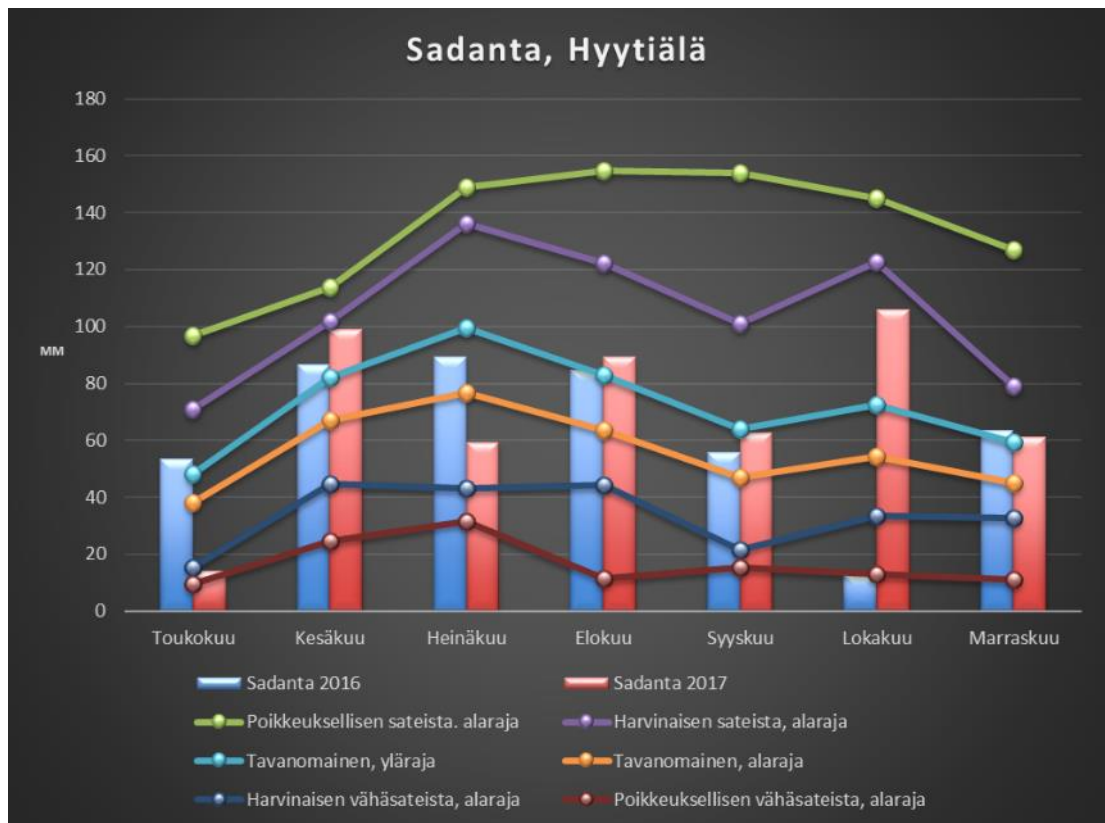
KUVIO 14. Sadanta korjuulohkoittain

Kuviossa 15 on kuvattu mittauspisteiden keskiarvot lämpötilojen ja sadantojen osalta vuosilta 1988–2017, mutta Äijännevan tiedot ovat alkaen vasta vuodesta 1993. Tuloksista näemme Hyytiälän mittauspisteessä olevan korkeammat sadannat kuin Sulkavankylän mittauspisteessä. Lämpötilojen osalta Hyytiälän mittauspisteellä on korkeammat keskiarvot toukokuusta elokuuhun asti. Tämän jälkeen erot tasoittuvat ja marraskuussa Hyytiälässä on kylmempää kuin Äijännevilla. Vertailussa on otettava huomioon Äijännevan lyhyempi tarkastelujakso, jonka vuoksi tulokset eivät ole yhdenvertaiset.



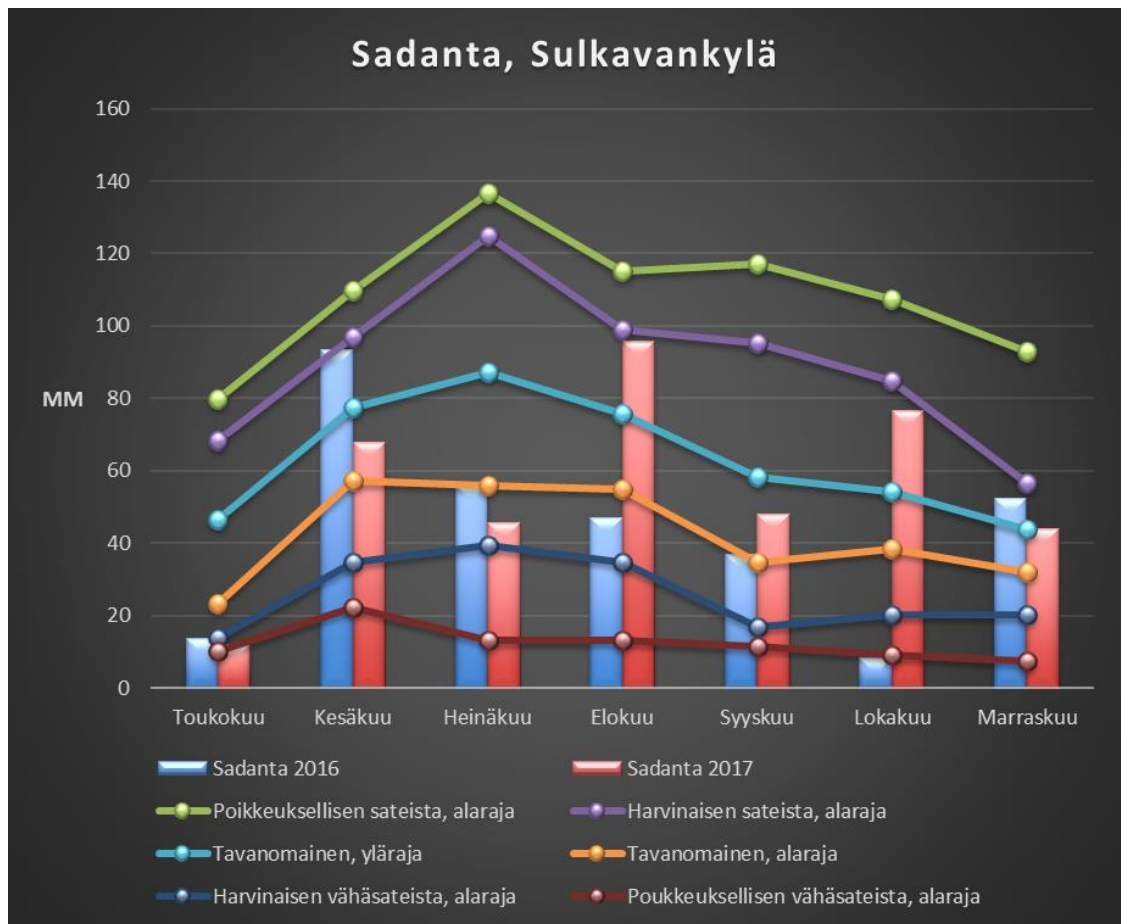
KUVIO 15. Lämpötilojen ja sadantojen keskiarvot mittauspisteittäin

Kuviossa 16 on kuvattu pystypalkein Hyttiälän sadanta vuosilta 2016 ja 2017. Vaakaviivat kuvaavat Ilmatieteen laitoksen taulukon (taulukko 1) mukaisia sääolojen esiintymistodennäköisyyksien raja-arvoja vuosien 1988–2017 väliseltä ajanjaksolta. Hyttiälässä ei ole ollut kumpanakaan vuonna harvinaisen sateista. Vuonna 2016 sadanta on ollut tavanomaista heinä- ja syyskuussa. Vähän sateisempaa on ollut touko-, kesä-, elo- ja marraskuussa. Lokakuussa on ollut harvinaisen vähäsateista. Vuonna 2017 tavanomaista sadanta on ollut vain syyskuussa. Hieman sateisempaa on ollut kesä-, elo-, loka- ja marraskuussa. Heinäkuu on ollut hieman vähäsateisempi ja toukokuu harvinaisen vähäsateinen.



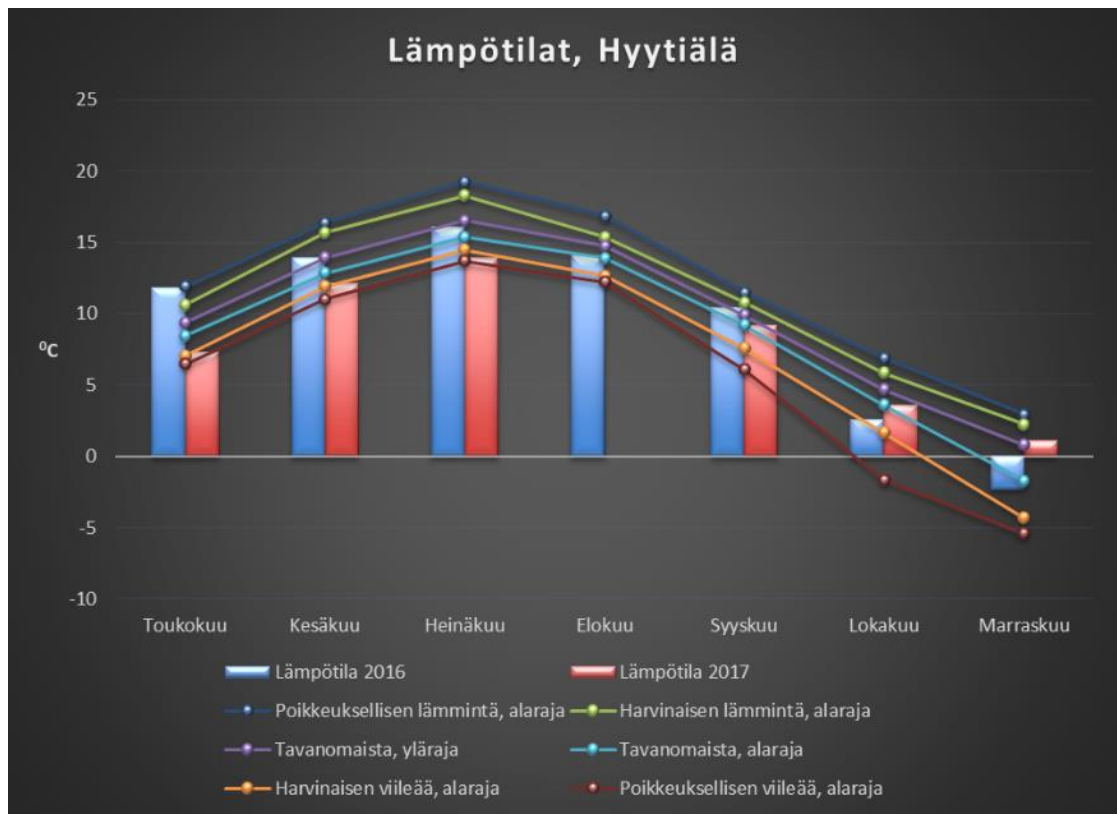
KUVIO 16. Hyytiälän mittauspisteen sadanta vuosilta 2016 ja 2017

Kuviossa 17 on kuvattu pystypalkein Sulkavankylän sadanta vuosilta 2016 ja 2017. Vaakaviivat kuvaavat Ilmatieteen laitoksen taulukon (taulukko 1) mukaisia sääolojen esiintymistodennäköisyyksien raja-arvoja vuosien 1988–2017 väliseltä ajanjaksolta. Sulkavankylässä ei ole kumpanakaan vuonna ollut harvinaisen sateista. Vuonna 2016 tavanomaista sadanta on ollut heinä- ja syyskuussa. Vähän sateisempaa on ollut kesä- ja marraskuussa. Vähän vähäsateisempaa on ollut vain elokuussa. Poikkeuksellisen vähäsateista on ollut toukokuussa ja harvinaisen vähäsateista lokakuussa. Vuonna 2017 tavanomaista on ollut kesä-, syys- ja marraskuussa. Hieman sateisempaa on elo- ja lokakuussa. Hieman vähäsateisempaa on ollut vain heinäkuussa ja harvinaisen vähäsateista toukokuussa.



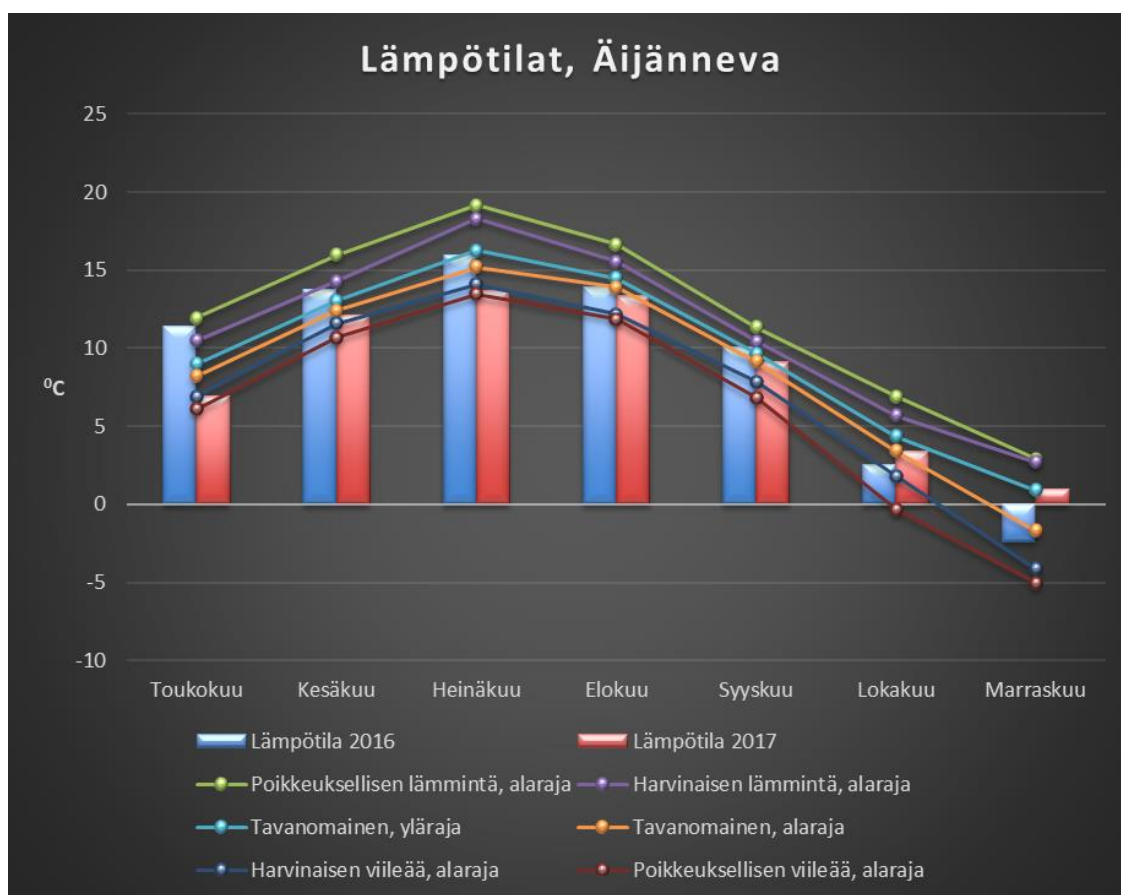
KUVIO 17. Sulkavankylän mittauspisteen sadanta vuosilta 2016 ja 2017

Kuviossa 18 on esitetty Hyytiälän mittauspisteen lämpötilat vuosilta 2016 ja 2017. Vaakaviivat kuvaavat Ilmatieteen laitoksen taulukon (taulukko 1) mukaisia sääolojen esiintymistodennäköisyyksien raja-arvoja vuosien 1988–2017 väliseltä ajanjaksolta. Hyytiälässä vuosi 2016 on ollut yleisesti katsoen lämpimämpi kuin vuosi 2017. Ainostaan loka- ja marraskuu on ollut viileämpi. Elokuun mittaustietoa ei ollut saatavilla vuodelta 2017. Vuonna 2016 lämpötilat ovat olleet tavanomaisia kesä-, heinä- ja elokuussa. Syyskuu on ollut vähän tavanomaista lämpimämpi ja toukokuu poikkeuksellisen lämmin. Loka- ja marraskuu ovat olleet vähän tavanomaista viileämpiä. Vuonna 2017 tavanomaisia ovat olleet syys- ja lokakuu. Marraskuu on ollut hieman tavanomaista lämpimämpi. Vähän tavanomaista viileämpiä ovat olleet touko- ja kesäkuu. Heinäkuu on ollut harvinaisen viileä.



KUVIO 18. Hyytiälän mittauspisteen lämpötilat vuosilta 2016 ja 2017

Kuviossa 19 on esitetty Äijännevan mittauspisteen lämpötilat vuosilta 2016 ja 2017. Vaakaviivat kuvaavat Ilmatieteen laitoksen taulukon (taulukko 1) mukaisia sääolojen esiintymistodennäköisyyksien raja-arvoja vuosien 1993–2017 väliseltä ajanjaksolta. Äijännevan lämpötilojen erot vuosien 2016 ja 2017 välillä ovat olleet yleisesti katsoen samantyyppiset kuin Hyytiälässä. Vuosi 2016 on ollut lämpimämpi kaikkien muiden kuukausien osalta paitsi loka- ja marraskuun osalta. Vuonna 2016 heinä- ja elokuu ovat olleet tavanomaisia. Hieman tavanomaista lämpimämpiä ovat olleet kesä- ja syyskuu. Toukokuu on ollut harvinaisen lämmin. Hieman tavanomaista viileämpiä ovat olleet loka- ja marraskuu, jotka vuonna 2017 ovat olleet tavanomaisia. Vuonna 2017 hieman tavanomaista viileämpiä ovat olleet kesä-, elo- ja syyskuu. Harvinaisen viileitä ovat olleet toukokuu ja heinäkuu.



KUVIO 19. Äijännevan mittauspisteen lämpötilat vuosilta 2016 ja 2017

Sääolot tulkittiin visuaalisesti jokaiselle korjuulohkolle suhteuttamalla ne korjuuajan-kohtaan ja käyttämällä apuna kuvioden 16, 17, 18 ja 19 sääolojen esiintymisien raja-arvoja (taulukko 2). Tulkinnassa raja-arvoja ei ole noudatettu tarkalleen, koska ne on laskettu kuukausitasolle ja korjuuajankohta on voinut olla tätä lyhyempi ja sijoittua kahden kuukauden ajalle. Tulkinta on tehty yhteisesti korjuuta edeltävälle ajanjaksolle ja korjuun aikaiselle ajanjaksolle. Erikseen on mainittu korjuuta edeltävä ja korjuun aikainen sääolo, mikäli ne ovat eronneet merkittävästi toisistaan. Sääolojen tulkinnassa tarkasteltiin sadannan lisäksi ilmanlämpötilaa, jonka perusteella voidaan suunta-antavasti johdatella haihdunnan määrää ja sen vaikutusta maaperän kosteusoloihin, mistä on kerrottu luvussa 4.1. Korkeampi ilmanlämpötila voi tarkoittaa suurempaa haihduntaa, jolloin sadanta ei välttämättä lisää maaperän kosteusoloja yhtä paljon kuin ilmanlämpötilan ollessa normaali. Alhaisempi ilmanlämpötila voi pienentää haihduntaa ja lisätä maaperän kosteusoloja, mutta tarkemman haihdunnan selvittämiseksi pitäisi ottaa huomioon myös muut siihen vaikuttavat tekijät, joita tässä tutkimuksessa ei voitu selvittää jälkitar- kasteluna.

TAULUKKO 2. Sääolojen tulkinta korjuulohkoittain

<b>Sääolot</b>		
<b>Korjuulohko</b>	<b>Sadanta</b>	<b>Lämpötila</b>
1.11	Tavanomainen.	Hieman lämpöisempää.
1.21	Tavanomainen.	Hieman lämpöisempää.
1.12	Tavanomainen, mutta korjuun aikana melko sateista.	Hieman lämpöisempää.
1.22	Tavanomainen, mutta korjuun aikana melko sateista.	Hieman lämpöisempää.
2.24	Tavanomaista vähäsateisempaa.	Hieman viileämpää.
2.21	Vähäsateista, mutta viikkoa ennen korjuuta satanut runsaammin.	Melko tavanomaista, mutta korjuun aikana viileämpää.
2.22	Vähäsateista, mutta kahta viikkoa ennen korjuuta satanut runsaammin.	Melko tavanomaista, mutta korjuun aikana viileämpää.
2.23	Vähäsateista.	Hieman viileämpää.
3.11	Tavanomaista sateisempaa.	Melko tavanomaista.
3.21	Tavanomaista, mutta korjuun aikana satanut runsaammin.	Melko tavanomaista.
4.11	Ennen korjuuta ollut sateisempaa, mutta korjuun aikana tavanomista.	Tavanomaista tai hieman lämpöisempää.
5.21	Melko tavanomaista.	Hieman lämpimämpää.
5.22	Melko tavanomaista.	Hieman lämpimämpää.
5.23	Melko tavanomaista.	Hieman lämpimämpää.
6.11	Hieman sateisempaa.	Tavanomaista.
6.21	Hieman sateisempaa.	Tavanomaista.
7.21	Ennen korjuuta ollut vähäsateista, mutta korjuun aikana ollut hieman sateista.	Hieman tavanomaista viileämpää.
8.11	Hieman sateisempaa.	Tavanomainen.
8.21	Melko tavanomainen	Tavanomainen.
9.11	Ennen korjuuta tavanomaista, mutta korjuun aikana sateista.	Melko tavanomaista.
10.11	Melko tavanomaista, mutta korjuun aikana ei yhtään sadantaa.	Melko tavanomaista.



11.11	Melko tavanomaista.	Melko tavanomaista.
11.21	Melko tavanomaista.	Melko tavanomaista.
12.11	Hieman sateisempaa.	Melko tavanomaista.
12.21	Hieman sateisempaa.	Melko tavanomaista.

## 7.5 Korjuukelpoisuuskartan paikkansapitävyys

Korjuukelpoisuuskartan paikkansapitävyyttä vertailtiin kartan antamaan luokitukseen, maastossa tehtyihin havaintoihin ja maastovaurioiden syntymisiin (taulukko 3). Määrittely on tehty korjuulohkotasolle. Tulos jaettiin johonkin seuraavasta kolmesta osasta kyllä, ei ja osittain. Kyllä tarkoittaa, että kartta luokittelee alueen oikein, mutta voi sisältää pieniä kokonaisuuden kannalta merkityksettömiä väärin luokiteltuja alueita. Ei tarkoittaa, että koko alue on väärin luokiteltu. Osittain tarkoittaa, että alue on suurimmaksi osaksi luokiteltu oikein, mutta sisältää kuitenkin virheellisesti luokiteltuja alueita, joilla on tai saattaa olla kokonaisuuden kannalta merkitystä korjuukelpoisuuteen parantavasti tai laskevasti tilanteesta riippuen. Tässä luokittelussa toimihenkilön tai kuljettajien tekemiä virheitä ei oteta huomioon. Tämän vuoksi tuloksissa on kohteita, joissa kartta antaa oikean luokittelun, mutta maastovaurioprosentti on kuitenkin korkea. Taulukkoon on kirjattu kartan virheellisyyden syy ja lisäksi mahdollinen korjuun toteuttaminen selkeästi vääränä ajankohtana. Tämän vertailun tuloksena korjuukelpoisuuskartta antoi oikeansuuntaisen luokittelun 19 kohteelle eli 76 prosentille korjuulohkoista. Lohkoista kuusi eli 24 % oli osittain virheellisiä ja täysin virheellisiä ei ollut yhtään kappaletta.

TAULUKKO 3. Korjuukelpoisuuskartan paikkansapitävyys korjuulohkoittain

<b>Kartan paikkansapitävyys</b>					
<b>Korjuulohko</b>	<b>Kyllä</b>	<b>Ei</b>	<b>Osittain</b>	<b>Syy virheellisyyteen</b>	<b>Muuta huomioitavaa</b>
1.11	X				
1.21	X				
1.12			X	Soistuma, jossa liian hyvä luokitus.	Osa alueesta korjattu väärään ajankohtaan.

1.22			X	Soistuma, jossa liian hyvä luokitus.	
2.24	X				
2.21	X				
2.22	X				
2.23	X				
3.11	X				Korjattu väärään ajankohtaan.
3.21			X	Soistumia, joissa liian hyvä luokitus. Pohjakartassa virhe maatyypistä.	Osa alueesta korjattu väärään ajankohtaan.
4.11	X				
5.21	X				
5.22	X				Korjattu väärään ajankohtaan.
5.23	X				
6.11			X	Kohtia, joissa liian huono luokitus todellisuuteen verrattuna.	
6.21			X	Soistuma, jossa liian hyvä luokitus.	
7.21	X				
8.11	X				Osa alueesta korjattu väärään ajankohtaan.
8.21	X				Osa alueesta korjattu väärään ajankohtaan.
9.11	X				Osa alueesta korjattu väärään ajankohtaan.
10.11	X				
11.11	X				
11.21	X				
12.11	X				

12.21			X	Kohta, jossa liian huono luokitus todellisuuteen verrattuna (kivinen kohta).	
-------	--	--	---	--	--

## 7.6 Havutus ja kuljettajien ratkaisut

Jokaisesta maastovauriokohdasta tarkasteltiin sen syntymiseen altistaneita taustatekijöitä ja ne jaettiin neljään pääryhmään (kuvio 20). Jokainen maastovaurio luokiteltiin vain kerran yhteen ryhmään maastotarkastuksessa syntyneen vaikutelman mukaan, mikä tekijä olisi vaikuttanut eniten. Todellisuudessa maastovaurion syntymiseen on voinut vaikuttaa moni tekijä samaan aikaan. Luokittelu ei kuvaa absoluuttista totuutta, koska tieto on kerätty jälkitarkastuksella ja silloin ei voida varmuudella todeta, että kuinka paljon mikäkin tekijä on vaikuttanut. Eniten maastovaurioille oli altistanut havujen vähäinen kertyminen 48 prosentin osuudella. Suurin syy tähän oli vähäinen poistuma ja puulajin vaikutus. Vähäisen poistuman vuoksi havutusta ei ole mahdollista saada kattavasti koko uran pituudelle. Lisäksi puulaji vaikuttaa havujen kertymään, kuten luvussa 5.2 on kerrottu. Toiseksi suurin vaikutus oli havujen sijoittelulla ajouralle. Tähän ryhmään kuuluvat maastovauriot, mikäli kaikkia havuja ei ollut ajouralla, ne olivat suurissa kasoissa tai niitä ei ollut sijoitettu raiteeseen optimaalisesti esim. latvat olivat poikittain ajouraan nähden. Varmuudella ei voida maastovaurioista todeta, että olisiko latvojen sijoittaminen pitkittäin estänyt niiden syntymisen. Kuitenkin johtopäätöksenä voidaan todeta, että ainakaan poikittain sijoittamalla ne eivät ole estäneet maastovaurion syntymistä. Kolmanneksi suurin vaikutus oli ajourasuunnittelulla. Tähän ryhmään kuuluivat maastovauriot, jotka olivat syntyneet esim. ajouran väärään paikkaan tekemisen johdosta, jos se olisi ollut mahdollista tehdä toiseen kohtaan. Huomioitava, että korjuulohkoilla ollut käytössä vanhoja uria, jolloin urasuunnittelu ei kuvasta vain viimeisimmässä korjuussa tehtyä urasuunnittelua. Neljänteen ryhmään kuuluivat maastovauriot, joiden syynä oli ollut selkeästi väärä korjuuajankohta. Näille ei löytynyt edellisistä ryhmistä selkeää selittävää tekijää ja maastovaurio oli syntynyt, vaikka ajouran havutus ja sijainti olivat kunnossa. Tällöin voidaan ajatella korjuun tapahtuneen väärään ajankohtaan.



KUVIO 20. Maastovaurion syntymiselle altistaneita tekijöitä pääryhmittäin

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyöhön saatiin kerättyä melko hyvä aineisto, vaikka sen kerääminen jäi melko myöhään ja vaarana oli koko ajan lumen sataminen, joka olisi lopettanut maastotyöskentelyn. Aineistoon olisi pitänyt saada enemmän turvemaakohteita, jotta eri korjuukelpoisuusluokkia voitaisiin vertailla luotettavammin keskenään. Niitä ei kuitenkaan löytynyt aineiston keruualueelta, joten niiden saaminen mukaan aineistoon olisi vaatinut alueen laajentamista. Käytettävissä oleva aika ei kuitenkaan tukenut alueen laajentamista, joten suunnitteluvaiheessa päädyttiin keskittymään keräämään aineisto alkuperäiseltä alueelta ja turvemaita tulisi mukaan se mitä tulisi. Myös kivennäismaiden kohteita olisi ollut hyvä tutkia laajemmalla alueella parempien alueellisten erojen selvittämiseksi. Näin ollen tämän opinnäytetyön tulokset ovat suunta-antavia ja edustavat vain keräysaluetta, joten niitä ei voida yleistää laajemmin. Luotettavamman tuloksen saamiseksi aineiston määrä pitäisi olla suurempi ja kaikkia korjuukelpoisuusluokkia pitäisi olla yhtä paljon. Lisäksi korjuuajankohta pitäisi ajoittaa kaikilla kohteilla mahdollisimman samaan aikaan ja yhteneväisiin sääolosuhteisiin.

### 8.1 Korjuukelpoisuuskartan luokitukset

Opinnäytetyöstä saatiin hyviä tuloksia korjuukelpoisuuskartan luotettavuudesta ja sen käyttämisessä huomioon otettavista asioista. Tuloksissa eri luokkien herkkyydet maastovaurioiden syntymisille verrattuna toisiinsa eivät tuottaneet yllätyksiä ja ovat loogisia ottaen huomioon niiden erilaiset kantavuusominaisuudet.

Korjuukelpoisuuskartan luokkajako kuvaa tarkemmin korjuukelpoisuutta, kuin pelkkä perinteinen jako kolmeen luokkaan ilman kuivan ja normaalin kesän luokkia. Erityisesti turvemaiden sulan maan aikainen luokitus on hyvä parannus ottaen huomioon niillä olevat hakkuumahdollisuudet ja verrattuna siihen, että aikaisemmin ne ovat luokiteltu melkein aina vain talvikelpoisiksi. Myös kivennäismaiden korjuukelpoisuuden tarkempi kuvaaminen parantaa todennäköisesti korjuujälkeä maastovaurioiden osalta. Korjuukelpoisuuden kuvaaminen mahdollisimman tarkasti edesauttaa lisääntyvän puuraaka-aineen tarpeen hankinnassa mahdollisimman vähillä maastovaurioilla. Tämän tutkimuksen mukaan korjuukelpoisuuskartat ennustavat melko hyvin oikeanlaista korjuuajankohtaa, kun asiaa

tarkastellaan suurella näkökulmalla. Korjuulohkoista 76 prosentille korjuukelpoisuuskartta ennusti samansuuntaista korjuukelpoisuutta, johon päädyttiin maastokäynneillä kerätyn tiedon perusteella. Tulos oli hieman heikompi, kuin kartan kehitysvaiheessa saatu tulos ennusteen oikeellisuudesta. Kehitysvaiheen tutkimuksissa kartta oli ennustanut yli 90 % kivennäismaakohteista ja turvemaakohteista 2/3 oikein (Seppänen 2017). Tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia, koska tässä tutkimuksessa aineisto oli kokonaisuudessa pienempi ja erityisesti turvemaiden osuus jäi pieneksi. Lisäksi on huomioitava eroavaisuudet korjuukelpoisuuskartan laadinnan ja tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmän välillä, mistä on kerrottu luvuissa 2.2.2 ja 6.

Korjuukelpoisuuskartta ennustaa melko hyvin talvikohteet erilleen muista kohteista. Tässä aineistossa korjuukelpoisuuskartan luokituksissa pinta-alaltaan suuria talvikohteita ei ollut. Talviluokitukset olivat vain pienempialaisia kohteita korjuulohkojen sisällä. Alkuperäisessä leimikkosuunnittelussa korjuulohkot oli määritelty kesäkorjuukelpoisiksi neljää korjuulohkoa lukuun ottamatta. Talvikohteiksi oli suunniteltu korjuulohkot 2.22, 2.23, 5.22 ja 7.21. Jokaisella näistä kohteista oli talviluokitusta, mutta ei kuitenkaan suurinta osaa pinta-alasta. Soveltuva korjuukelpoisuusluokitus näille kohteille on kuivan kesän luokitus. Korjuukelpoisuuskartta olisi todennäköisesti jokaisen näiden neljän kohteen kohdalla auttanut alkuperäisen korjuukelpoisuuden määrittämisessä kuivan kesän kohteiksi, mikäli se olisi ollut saatavilla. Kohteet 2.22 (liite 1) ja 2.23 (liite 2) oli korjattu kuivaan ajankohtaan ja niillä oli tullut maastovauriota 1,3 ja 1,6 prosenttia. Kohde 5.22 oli korjattu sääolosuhteisiin nähden liian sateiseen ajankohtaan, joka ilmeni 9,9 prosentin maastovauriomäärällä. Korjuukelpoisuuskartan (liite 3) luokituksen mukaan sopiva ajankohta olisi ollut kuiva kesä tai talvi, mutta nyt sääolosuhteet muistuttivat melko tavanomaisia ajankohtaan nähden. Korjuulohkon yleisnäkökuvassa (liite 4) kuva on otettu talviluokitusalueelle päin. Kohde 7.21 (liite 5) oli korjattu hieman vaihtelevissa sääolosuhteissa ajoittuen niin, että ennen korjuuta oli ollut vähäsateista ja korjuun aikana sateista. Maastovaurioita oli syntynyt 5,6 prosenttia sijoittuen pääasiassa talviluokille tai niiden läheisyyteen. Korjuulohkolta kuivan kesän luokituksesta otetussa kuvassa nähdään runsasta hakkuutähteiden kertymistä ajouralle (liite 6). Talviluokitusalueella on kantaavuus ja hakkuutähteiden kertyminen on ollut selvästi vähäisempää (liite 7) Yleisesti muillakin korjuulohkoilla, joilla oli talviluokitusta, maastovauriot sijoituivat niiden läheisyyteen. Tästä voidaan päätellä niiden ilmaisevan hyvin maastovaurion syntymiselle herkempiä kohtaa sulan maan aikaisessa puunkorjuussa.

Korjuukelpoisuuskartan muilla luokilla maastovaurioiden määrä kasvaa sitä mukaa mitä heikommin kantavalle luokalle mennään (kuvio 9). Johtopäätöksenä tästä voidaan todeta riskin maastovaurioille kasvavan, mitä heikommin kantavammalla maaperällä työskennellään. Yksittäisen luokan riskiä muihin luokkiin nähden ei voida tämän tutkimuksen perusteella tehdä. Huomion arvoisena asiana todetaan, että kelirikkoaluokituksilla oli syntynyt maastovaurioita oikeastaan yhtä paljon kuin normaalin kesän luokituksella. Tämä on mielenkiintoinen asia, koska periaatteessa sillä luokituksella pitäisi tulla vähiten tai ei ollenkaan maastovaurioita. Tuloksen perusteella kelirikkoasteet ovat mahdollisesti sellaisia, että puunkorjuuta niillä on mahdollista suorittaa milloin vain, mutta maastovaurioilta ei kuitenkaan voida aina välttyä. Turvemaiden osuus tässä aineistossa oli niin pieni, että niiden tulokset eivät ole kovin luotettavia ja vaativat ehdottomasti uutta tutkimusta parempien johtopäätöksien tekemiseksi.

Yleisesti katsoen maastovaurioprosentit ovat jääneet kolmea kohdetta lukuun ottamatta hyvälle tasolle. Näillä kolmella kohteella suurin syy ollut väärä korjuuajankohta, mihin korjuukelpoisuuskartta olisi voinut auttaa eniten. Vaikka maastovaurioiden määrä onkin pääsääntöisesti hyvällä tasolla, se tarkoittaa kuitenkin vain, että lain ja sertifiointien mukaiset vaatimukset on täytetty. Myös metsänomistajan tyytyväisyys pitäisi saavuttaa ja omistajasta riippuen se ei välttämättä tarkoita sertifiointien mukaisia vähimmäisrajoja vaan se voi olla myös tiukempi. Mikäli sitä ei saavuteta, saattaa yhteistyö olla jatkossa uhattuna, kuten luvussa 3.2 on kerrottu.

Korjuukelpoisuuskartan luokitusten oikeellisuuteen vaikuttaa suuresti lähtöaineisto, jonka perusteella malli laskee ennusteen korjuukelpoisuudesta. Maastokäynneillä havaittiin selkeitä virheitä erityisesti Maanmittauslaitoksen maastotietokanta aineistossa kivennäis- ja turvemaiden jaossa. Korjuulohkoilla ilmeni alueita, joilla luokitukset olivat väärinpäin eli todellisuudessa turvemaata oleva alue oli merkitty kivennäismaaksi ja toisinpäin. Tällaisessa tapauksessa mallin antama luokitus oli selkeästi virheellinen. Muiden lähtöaineistojen tietojen oikeellisuudesta ei voida sanoa tarkasti, koska niitä ei tunneta yhtä tarkasti ja siksi ei voida tehdä vastaavanlaista vertailua. Myös tuntemattomien lähtötietojen esim. kivisyyden puutteellisuus aiheuttaa luokituksissa virheellisyyttä. Tämä asia konkretisoitui kohteella 12.21, sillä korjuukelpoisuuskartta (liite 8) luokitteli yhden notkokohdan talvikohteeksi, vaikka se oli kivisyyden ansiosta korjattavissa kesäaikaan.

(liite 9). Lähtöaineistoissa voi aina olla virheitä, jotka vaikuttavat luokitusten muodostumiseen. Siksi kartan luokitukset tulisi tarkistaa maastossa ennen puunkorjuun aloittamista.

Korjuukelpoisuuskartan luokituksiin jää piiloon pienialaisempia heikommin kantavia kohtia. Jäävätkö kohdat piiloon kartan resoluution vai mallin laskennan vuoksi, ei voida varmuudella tämän tutkimuksen perusteella todeta. Soistumakohdat olivat erityisesti sellaisia kohtia, joilla luokitus ei muuttunut, vaikka niillä olisi ollut tarpeellista muuttaa luokitusta yhtä heikkomaksi. Vähäinen määrä tällaisia kohteita korjuulohkolla ei muuta lohkon korjuukelpoisuutta, mutta suurempi määrä voi alentaa sitä. Pienialaiset heikommin kantavammat kohdat pitäisi koneenkuljettajien tunnistaa ja tehdä tilanteen mukaiset toimenpiteet. Kohteiden tunnistaminen ennakkoon ei ole helppoa ja maastokäynneilläkin ilmeni vain suokasvien esim. rahkasammalien esiintymisen indikoivan heikkoa kantavuutta.

## **8.2 Sääolosuhteiden vaikutus**

Sääolosuhteet ja niiden muutokset ovat puunkorjuun ja korjuukelpoisuuden kannalta merkittävä tekijä. Niiden määrittäminen ja vertaaminen korjuukelpoisuusluokituksiin ei ole kuitenkaan niin yksinkertaista kuin alkuun kuulostaa. Olosuhteet on aina suhteutettava ajankohtaan ja paikkaan, jotta ne kuvaisivat mahdollisimman totuuden mukaisesti tuloksia. Tilastoista saadut tulokset eivät ole yhdenvertaiset käytettäväksi korjuukelpoisuuskartan luokkien vertailuun, koska sen laadinnassa ei ole käytetty tilastollisia raja-arvoja. Tämän vuoksi kartan käyttäjän on itse määriteltävä kuivan ja normaalin ajankohdan sääolot ottaen huomioon sadannan ja haihdunnan. Kartan käyttäjä voi hakea tukea tilastoista määritelläkseen alueen tavanomaisia sääoloja esim. siinä tapauksessa, kun hän aloittaa työskentelyn hänelle tuntemattomalla toimialueella.

Tässä tutkimuksessa sääolot vaihtelivat vähäsateisesta sateiseen niin ennen korjuuta kuin korjuun aikana. Haihdunnan osuutta voidaan johdatella ilman lämpötilasta, mutta tarkempien tietojen puutteessa johtopäätökset ovat arvioita. Niiden perusteella haihdunta on ollut tavanomaista, vähäisempää tai runsaampaa. Vuosien 2016 ja 2017 on ollut eroja eri kuukausien välillä, mutta yleisesti ottaen vuosi 2016 on ollut hieman vähäsateisempi.



Vuonna 2016 oli vähäisemmän sadannan ansiosta korjattu kohteita, joita ei todennäköisesti olisi ollut mahdollista korjata vuonna 2017 yhtä vähäisin maastovaurioin. Vastavasti 2017 oli korjattu kohteita sateisempaan ajankohtaan, minkä seurauksena maastovaurioita oli syntynyt runsaammin. Sateen ajankohdalla ja voimakkuudella on merkitystä korjuukelpoisuudelle. Ennen korjuuta tullut runsas sadanta alentaa korjuukelpoisuutta ja vähäsateinen jakso vastaavasti korottaa korjuukelpoisuutta. Puunkorjuun aikana tullut sadanta vaikuttaa vastaavanlaisesti.

Ilmastonmuutoksen tuomat mahdolliset ennustetut muutokset sääolosuhteisiin eivät tule helpottamaan puunkorjuuta Suomessa ja tarve entistä tarkempaan korjuuajankohdan ennustamiseen maastovaurioiden välttämiseksi lisääntyy teollisuuden puuntarpeen lisääntyessä. Korjuukelpoisuuskartta vastaa tähän tarpeeseen melko hyvin, vaikka siinä on vielä kehitettävää. Kehityssuunta on kuitenkin menossa oikeaan suuntaan ja tulevaisuudessa uskon sen olevan erittäin hyvä työväline, mikäli suunnitellut suunnitelmat vain toteutuvat ja kartasta saadaan dynaaminen sääolosuhteiden osalta.

### **8.3 Kuljettajien työskentely ja muut taustavaikuttajat**

Kuljettajien työskentelyn osuus nousee merkittävään asemaan kokonaisuuden kannalta ja siihen tulisi kiinnittää huomioita. Erityisesti, kun kohde on korjuukelpoisuudeltaan rajatapaus kahden luokituksen kesken esim. sääolojen vuoksi. Tällöin kuljettajien havainnointi ja työskentely maastovaurioiden estämiseksi on tärkeää. Kuljettajien toiminta ja tehdyt päätökset mietityttivät niin maastotyöskentelyn kuin tuloksien tarkastelun aikana. Päätöksiin johtaneita syitä ei voida näin jälkeinpäin varmaksi todeta, joten näiden perusteella on vain parempi keskittyä tulevaisuuteen ja pyrkiä kehittämään työskentelyä. Se vaatii kuitenkin kaikilta osapuolilta oikeanlaista asennetta ja halua. Tutkimuksessa kuljettajien tarkkoja tietoja esim. työkokemusta ja mikä osa kohteesta oli kenenkin kuljettajan tekemä ei pystytty selvittämään jälkeen päin riittävän luotettavasti, joten niiden vaikutusta ei huomioida tässä tutkimuksessa.

Tässä tutkimuksessa ensisijaisesti kuljettajista johtuneista syistä syntyneiden maastovaurioiden osuus on 40 prosenttia, kun kuviosta 20 tulkitaan havujen sijoittelun ja ajourasuunnittelun johtuvan kuljettajien työskentelystä. Samasta kuviosta tulkittaessa 60 pro-

senttia maastovaurioista on syntynyt väärän korjuuajankohdan valinnalla leimikon olosuhteisiin nähden, kun siihen katsotaan kuuluvan havujen kertyminen ja väärä korjuuajankohta. Havujen hyvällä kertymällä ja sijoittelulla niistä saadaan paras hyöty käyttöön. Havut pitäisi sijoittaa tasaisesti raiteiden kohtaan ja latvat kääntää uran suuntaisesti. Näin ne ovat parhaiten pyörien alla lisäämässä kantavuutta. Havujen saaminen uralle edellyttää hakkuukoneenkuljettajalta työskentelyä sivulle päin kaato- tai sovellettua sektorityöskentelymenetelmää. Runkoja ei saisi prosessoida yhtään puomin alle heikommin kantavilla kohteilla työskennellessä, milloin havut eivät tule uralle lisäämään kantavuutta. Nämä työskentelymenetelmät ovat hakkuun tuottavuuden kannalta 1–3 % vähemmän tuottavampia ja polttoainetta ne kuluttavat 2–7 % enemmän kuin sektorityömalli (Ovaskainen 2012, 25–28, 32). Puunkorjuuta tulisi kuitenkin tarkastella kokonaisuutena metsäkuljetuksen kanssa. Ovaskaisen (2012, 33–35) mukaan metsätraktorin kuormaustyöskentely on kuitenkin nopeinta juuri sivulle päin- ja sovelletussa sektorityöskentelymallissa, joissa työskentely yhtä kuutiometriä oli 4,3–18,6 sekuntia nopeampaa. Näin ollen koneiden tuottavuutta kokonaisuutena ajatellen työskentelymallilla ei todennäköisesti ole suurta vaikutusta, mutta hakkuutähteiden kertymiselle ajouralle on. Ajourien suunnittelussa pitäisi huomioida tilannekohtaisuus ja hakkuukoneen jälkeen tulevan ajokoneen työskentely. Ajourat ja erityisesti pääurat pitäisi sijoittaa kantavammille kohdille, mikäli mahdollista, vaikka se tarkoittaisi pientä ajomatkan pidentymistä (kuva 3). Pehmeämmillä kohdilla olevien tai niiden takana sijaitsevien ajourien kuormitus pitäisi minimoida. Pehmeitä kohtia voi myös mahdollisuuksien mukaan pyrkiä tekemään kantavalta maalta pistoilla, eikä tehdä läpiajettavaa ajouraa. Ennalta tunnistetut pehmeät kohdat pitäisi myös vahvistaa käytettävissä olevilla keinoilla. Ajourien tekemisessä pitäisi välttää jyrkkien mutkien tekemistä, koska ne lisäävät riskiä maastovaurioiden syntymiseen. Tässäkin tutkimuksessa 33 prosenttia maastovaurioista sijaitsi mutkissa. Näiden lisäksi kuljettajien pitäisi huomioida muitakin asioita, joista on kerrottu luvussa 5.2. Kuljettajat eivät voi aina vaikuttaa ajourien suunnitteluun, sillä harvennushakkuissa ajouraverkosto on tehty jo ensiharvennusvaiheessa. Tämän vuoksi harvennushakkuun suorittavien kuljettajien vaikutusmahdollisuudet maastovaurioiden ehkäisemiseksi ajouriensuunnittelulla ovat vähäisemmät. Siksi ensiharvennuksessa ajourat pitäisi tehdä aina mahdollisimman kantaville kohdille, kun tulevan harvennushakkuun aikaisia korjuuolosuhteita ei tiedetä. Näistä tekijöistä johtuen tämän tutkimuksen tuloksissa ilmennyt ajourien puutteellinen suunnittelu ei tarkoita, että viimeisimmän korjuun aikainen ajourasuunnittelu olisi ollut puutteellinen vaan siihen katsotaan kuuluvan myös aikaisempien hakkuiden urasuunnittelu.



KUVA 3. Pääura heikosti kantavalla kohdalla ja havutuksesta huolimatta se ei ole kestänyt kuormitusta

Harvennustapojen välillä harvennushakkuut ovat riskialttiimpia maastovaurioille kuin ensiharvennukset. Mahdollinen syy tälle voisi olla runkojen vähäisempi lukumäärällinen poistuma. Harvennushakkuissa käytetään olemassa olevien ajouria, minkä vuoksi niiltä ei tule poistumaa eikä havuja. Ensiharvennuksessa ajouralta poistettujen puiden juuristo on ajan kuluessa lahonnut, jonka vuoksi harvennushakkuun ajourilla ei ole kantavaa juuristoa yhtä paljon kuin ensiharvennuksessa. Tilavuudella mitattuna kokonaispoistuma on kuitenkin harvennushakkuissa suurempi suhteessa ajouralle kertyvään hakkuutähdemasaan kuin ensiharvennuksissa. Poistumaa ja korjuukelpoisuutta miettiessä pitäisi kiinnittää huomiota havujen määrän kertymiseen harvennustavasta riippumatta, sillä niiden kertymiseen vaikuttaa puulajin lisäksi oksaisuus ja elävän latvuksen osuus. Havujen kertymisen suuri merkitys maastovaurioiden syntymiselle ilmeni myös tuloksissa, joissa 48 prosentilla maastovauriokohdista pääsyy sen syntymiselle oli havujen riittämätön kertyminen tai niiden puuttuminen kokonaan. Yleisesti tähän oli syynä pieni poistuma tai poistettava puulaji oli mäntyä. 12 prosentilla maastovaurioista vaurio oli syntynyt, vaikka kuljettajien toimesta asiat oli tehty mahdollisimman hyvin. Näissä tapauksissa korjuun tulkitaan tapahtuneen kantavuuteen nähden väärään aikaan.

Tutkimuksessa ei ole huomioitu koneiden ja niissä olleiden varusteiden vaikutusta, koska varusteluissa oli tapahtunut muutoksia ja niiden luotettava selvittäminen ei ollut mahdol-

lista jälkeen päin. Korjuuhetkellä ei kuitenkaan ole ollut käytössä pehmeille maille tarkoitettuja varusteita, joten tulokset soveltuvat korjuukelpoisuuskartan luokitusten vertailuun. Erilaisten koneiden ja niiden varusteluiden vaikutus kantavuuteen ja maastovaurioiden syntyyn erilaisilla korjuukelpoisuusluokituksilla vaatisi lisätutkimuksia.

#### **8.4 Korjuukelpoisuuskartta työvälineenä**

Tuloksien perusteella korjuukelpoisuuskartta on hyvä työväline korjuukelpoisuuden arviointiin, mutta vielä se ei korvaa kokonaan maastokäynnillä saatavaa tietoa. Molempien yhteiskäytöllä saavutetaan kuitenkin hyvä ennuste korjuukelpoisuudesta. Maastokäynneillä korjuukelpoisuuden arviointia voidaan kohdistaa kartan näyttämiin heikommin kantaviin leimikon osiin. Maastossa liikuttaessa on kuitenkin muistettava tarkkailla yleisesti korjuukelpoisuutta kartan sisältämien virheellisten luokitusten vuoksi. Erityisesti huomiota tulisi kiinnittää kivisyyteen ja maalajiin, joita kartta ei huomioi. Huomiota tulisi kiinnittää myös soistumien sekä turve- ja kivennäismaiden esiintymisiin, koska näiden kohdalla havaittiin virheitä korjuukelpoisuusluokissa.

Parhaimman hyödyn saamiseksi ja käytettävyyden vuoksi kartta pitäisi olla saatavilla kaikkien puunhankinnassa työskentelevien henkilöiden kaikissa toimisto- ja mobiilisovelluksissa. Toimistosovelluksien avulla sopivia kohteita puunkorjuun kannalta voidaan etsiä karttaa selaamalla halutuilta alueilta sekä alustavasti rajata sopivia leimikoita ja mobiilisovelluksen avulla rajauksia voidaan maastossa tarkistaa sekä tarkentaa tilanteen mukaan. Tätä voidaan hyödyntää puunhankinnassa niin puunostossa kuin metsäomaisuuden hoitamisessa. Puunostossa korjuukelpoisuuskartta on myös hyvä ja nopea työväline tarjotun leimikon korjuukelpoisuuden tarkastamiseen alustavasti. Kartassa ei kuitenkaan ole hakutoimintoa, joka tehostaisi haluttujen korjuukelpoisuusalueiden hakemista. Lisäksi kartan tämän hetkinen alueellinen saatavuus estää sen käyttämistä koko Suomen mitta-kaavassa.

Maastokäynneillä muodostuneiden johtopäätöksiensä perusteella kartta soveltuu suuripiirteiseen korjuulohkojen suunnitteluun, mutta ei tarkkaan suunnitteluun. Ajourien suunnitteluun on kehitetty tällä hetkellä vielä testausmielessä Ajourakone-palvelu, joka laatii valmiin ehdotelman erityisesti kokoojaurien sijainneista ottamalla huomioon leimikon kos-teusolot sekä sivuttais- ja pitkittäiskallistukset (Ovaskainen, Peltonen & Koivula 2017).

Korjuukelpoisuuskartan hyödyntäminen kyseisessä palvelussa saattaisi olla mahdollista, mutta karttaa pitäisi vielä kehittää tarkempaa ajourasuunnittelua varten. Tällä hetkellä koneenkuljettajat voivat suunnitella kartan avulla leimikon ajouria suuripiirteisesti, kun he näkevät kartan avulla kokonais kuvan leimikon korjuukelpoisuuksista. Samalla periaatteella karttaa voi tietysti hyödyntää myös Ajourakone-palvelussa. Lopullinen vastuu ajourien suunnittelusta ja muodostamisista on kuitenkin hakkuukoneen kuljettajalla, joka näkee korjuukohteilla olosuhteet ja muut korjuuseen vaikuttavat asiat. Tarkkaa ajourasuunnittelua varten, on kyseessä palvelu tai koneenkuljettaja, korjuukelpoisuuskartan luokitusten ilmaisutapa pitäisi olla vektorimallinen rasterimuotoisen sijaan tai rasterin koon olla pienempi. Näin eri luokkien väliset tarkemmat rajat ja pienialaisemmat heikommin kantavat kohteet saataisiin todennäköisesti paremmin näkyville. Tämä muutos on jo kehitysvaiheessa, kuten luvussa 2.2.3 on kerrottu. Korjuukelpoisuusluokkien määrittämisen kannalta pitäisi olla vielä tarkempaa tietoa käytettävissä kantavuuteen vaikuttavien tekijöiden osalta, jotta korjuukelpoisuuskartta soveltuisi paremmin ajourien tarkkaan suunnitteluun.

Korjuukelpoisuuskartta ei yleisesti anna suoraan vastausta leimikon korjuukelpoisuudesta. Korjuukelpoisuusluokituksissa on vaihtelua leimikon eri osissa, mutta joissain tapauksissa koko leimikko voi olla myös samaa luokitusta. Kartan käyttäjän on tulkittava karttaa ja määritellä sen perusteella sopiva korjuukelpoisuus. Tulkinnessa on tarkasteltava eri luokitusten määrää suhteessa toisiinsa ja niiden sijaintia leimikolla. Mikäli eri luokituksia on paljon, ne sijaitsevat hajautetusti leimikolla tai muihin luokkiin verrattuna heikommin kantavaa luokitusta on paljon tulisi varmuuden vuoksi valita korjuukelpoisuus heikoimman luokituksen mukaan. Lisäksi pienialainenkin heikko luokitus voi estää korjuun, jos se sijaitsee kulkemisen suhteen kriittisessä kohdassa. Pienialaiset heikomman luokituksen alueet eivät kuitenkaan välttämättä heikennä koko leimikon korjuukelpoisuutta. Maastokäynneillä ilmeni, että hyvin usein tällaiset alueet olivat puustoltaan heikompi kohtia ympäröiviin alueisiin verrattuna. Niiden vaikutus koko leimikon korjuukelpoisuuteen on kuitenkin vähäinen.

## 8.5 Tavoitteen saavuttaminen

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin. Tutkimuksen avulla saatiin selvitettyä korjuukelpoisuuskartan luotettavuutta sekä maastovaurioiden syntymiselle altistavia tekijöitä. Tutkimuksen tekemisessä auttoi suuresti tekijän omakohtainen työkokemus koneellisesta puunkorjuusta. Kokemus auttoi erityisesti maastossa tapahtuneessa aineiston yksityiskohtaisemmassa keräämisessä sekä tuloksien ja johtopäätöksien muodostamisissa. Tuloksien avulla korjuukelpoisuuskartasta saatiin työn tilaajalle käyttökokemuksia ja vinkkejä sen tulkintaan, joita käyttäjät voivat hyödyntää tulevaisuudessa omassa työkentelyssään. Kokonaisuudessaan opinnäytetyön tekeminen meni onnistuneesti ja sen aikana ilmenneet ongelmat saatiin ratkaistua.

## LÄHTEET

FMI ilmastopalvelu. 2018. Sähköpostiviesti. Keskimääräinen sademäärä ja lämpötila. ilmastopalvelu@fmi.fi. Luettu 30.1.2018.

Heiskanen, J. 1989. Kangasmaiden vesitalous. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 339. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Heiskanen, J. 2003. Maaperän ominaisuudet. Teoksessa Mälkönen, E. (toim.) Metsämaa ja sen hoito. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 39–80.

Huuskonen, S., Kojola, S., Niemistö, P., Saarinen, M., Hökkä, H. & Hynynen, J. 2014. Tasaikäisen metsän kasvatusta. Teoksessa Huuskonen, S., Hynynen, J. & Valkonen, S. (toim.) Metsänkasvatusta menetelmät ja kannattavuus. Helsinki: Metsäkustannus Oy, 45–98.

Hyvärinen, A. 1990. Deposition on forest soils – effect of tree canopy on throughfall. Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.). Acidification in Finland, Springer-Verlag, Heidelberg. 199–213.

Liittiläinen, P., Hyppölä, A., Kariniemi, A., Nieminen, T., Poikela, A., Ranta, R., Roininen, K., Rumpunen, H., Tolonen, H. & Äijälä, O. 2003. Korjuujälki harvennushakkuussa -opas. Helsinki: Metsäteho Oy.

Ilmatieteen laitos 2017. Poikkeuksellinen vai harvinainen. Www-sivu. Luettu 9.2.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/saa-on-harvoin-poikkeuksellinen>

Ilmatieteen laitos. 2018a. Havaintojen lataus -palvelu. <http://ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>

Ilmatieteen laitos. 2018b. Vuodenajat. Www-sivu. Luettu 9.2.2018. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuodenajat>

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2012. Hyvän metsänhoidon suosituksien - Vesiensuojelu. Pdf-dokumentti. Tulostettu 2.4.2018. [http://www.metsanhoito-suositukset.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoidon\\_suosituksien\\_vesiensuojeluun\\_Tapio\\_2012.pdf](http://www.metsanhoito-suositukset.fi/wp-content/uploads/2016/08/Metsanhoidon_suosituksien_vesiensuojeluun_Tapio_2012.pdf)

Kilpiäinen, S. 2018. Korjuukelpoisuuskartat saatavilla. Esitysmateriaali. Luettu 30.3.2018. <https://www.slideshare.net/mmmviestinta/seppo-kilpiinen-suomen-metskeskus-korjuukelpoisuuskartat-saatavilla>

Kärhä, K., Poikela, A. & Keskinen, S. 2010. Korpikuusikon harvennus sulan maan aikana. Metsätehon tulosalvosarja 5/2010. Pdf-dokumentti. Tulostettu 5.5.2018. [www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja\\_2010\\_05\\_Korpikuusikon\\_harvennus\\_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2010_05_Korpikuusikon_harvennus_kk.pdf)

Laine, J., Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012. Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

- Leivo, J., Partanen, J., Nousiainen, M., Junttila, R., Kuoppala, H. & Partamies, M. 2017. Maastotarkastusohje. Pdf-dokumentti. Tulostettu 16.1.2018. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/maastotarkastusohje.pdf>
- Lindeman, H., Ala-Ilomäki, J., Sirén, M., Vastaranta, M., Holopainen, M. & Uusitalo, J. 2013. Turvemaan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistolla. Metlan työraportti 263. Pdf-dokumentti. Tulostettu 5.5.2018. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp263.htm>
- Lindroos, P. 2003. Maaperä. Teoksessa Mälkönen, E. (toim.) Metsämaa ja sen hoito. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti, 7–38.
- Luonnonvarakeskus. 2015. Turvemaiden metsätalouden ja muun maankäytön tutkimus Lukessa. Www-sivu. Päivitetty 10.9.2015. Luettu 1.9.2017. <http://www.metla.fi/tutkimus/suotutkimus/tausta.htm>
- Luonnonvarakeskus. 2017a. Metsäsektorin työvoima 2016. Pdf-dokumentti. Tulostettu 10.1.2018. [http://stat.luke.fi/sites/default/files/tyovoima\\_2016.pdf](http://stat.luke.fi/sites/default/files/tyovoima_2016.pdf)
- Luonnonvarakeskus. 2017b. Metsävarat. Ruoka- ja luonnonvaratilastojen e-vuosikirja 2017. Tulostettu 7.1.2018. [http://stat.luke.fi/ruoka-ja-luonnonvaratilastojen-e-vuosikirja-2017-2017\\_fi](http://stat.luke.fi/ruoka-ja-luonnonvaratilastojen-e-vuosikirja-2017-2017_fi)
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2015. Kansallinen metsästrategia 2025. Pdf-dokumentti. Tulostettu 15.1.2018. <http://mmm.fi/documents/1410837/1504826/Kansallinen+mets%C3%A4strategia+2025/c8454e55-b45c-4b8b-a010-065b38a22423>
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2017. Metsätieto ja sähköiset palvelut. Www-sivu. Luettu 29.12.2017. <http://mmm.fi/metsatieto-ja-sahkoiset-palvelut>
- Manninen, R. lehtori. 2016. Metsäkonetekniikka 2016 -kurssin luennot ja luentomateriaali. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.
- Metla. 2010. Metsätuho-opas. Www-sivu. Luettu 2.4.2018. <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/index.htm>
- Metsä Group. 2014. Korjuujäljen laadunvarmistus kasvatushakkuissa -työohje. Tulostettu 10.5.2017.
- Metsä Group. 2017. Puu liikkuu pyörien päällä biotuotetehtaalte. Www-sivu. Julkaistu 27.6.2017. Luettu 1.9.2017. <http://biotuotetehdas.fi/artikkelit/puu-liikkuu-pyorien-paalla-biotuotetehtaalte>
- Metsälaki 20.12.2013/1085.
- Metsäteho. 2003. Korjuujälki harvennushakkuussa -opas. Pdf-dokumentti. Tulostettu 12.1.2018. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuujalki\\_harvennushakkuussa\\_opas.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuujalki_harvennushakkuussa_opas.pdf)



- Ovaskainen, H. 2012. Työmallit koneellisessa puunkorjuussa. Metsätehon raportti 221. Pdf-dokumentti. Tulostettu 14.2.2018. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti\\_221\\_Ty%C3%B6mallit\\_koneellisessa\\_puunkorjuussa\\_ho.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_221_Ty%C3%B6mallit_koneellisessa_puunkorjuussa_ho.pdf)
- Ovaskainen, H., Peltonen, T. & Koivula, R. 2017. Ajourakone-esittely EFFORTE-retkeilyllä. Esitys. Luettu 21.4.2018. <https://www.slideshare.net/LukeFinland/ajourakone-esittely-efforteretkeilyll-80895845>
- PEFC. 2014. Sertifiointin kriteerit. Www-sivu. Luettu 15.1.2018. <https://www.pefckriteerit.fi/>
- Peuhkurinen, J. metsän inventointi yksikön päällikkö, Arbonaut Oy. 2018. Puhelinhaastattelu 31.1.2018. Haastattelija Olkinuora, K. Ruovesi.
- Piirainen, S., Finér, L. & Starr, M. 1998. Canopy and soil retention of nitrogen deposition in a mixed boreal forest in eastern Finland. *Water Air and Soil Pollution* 105: 165–174.
- Piirainen, S. 2007. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus metsän vesi- ja ravintevirtoihin. Pdf-dokumentti. Tulostettu 9.2.2018. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/533212>
- Pirinen, P., Simola, H., Aalto, J., Kaukoranta, J-P., Karlsson, P. & Ruuhela, R. 2012. Tilastoja Suomen ilmastosta. Pdf-dokumentti. Tulostettu 9.2.2018. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35880/Tilastoja\\_Suomen\\_ilmastosta\\_1981\\_2010.pdf?sequence=4](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/35880/Tilastoja_Suomen_ilmastosta_1981_2010.pdf?sequence=4)
- Puhakka, E. metsäasiantuntija. 2018. Sähköpostiviesti. Maastovaurioiden määrä FSC sertifikaatissa. e.puhakka@fi.fsc.org. Luettu 18.1.2018.
- Päivänen, J. 1966. Sateen jakautuminen erilaisissa metsiköissä. *Silva Fennica* 119(3).
- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Helsinki: Metsäkustannus.
- Räsänen, T., Hämäläinen, J., Lamminen, S., Lindeman, H., Salmi, M. & Väättäinen, K. 2013. Uudet informaatiolähteet puunhankinnan tukena. Metsätehon raportti 226. Pdf-dokumentti. Tulostettu 5.5.2018. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti\\_226\\_Uudet\\_informaatiolähteet\\_puunhankinnan\\_tukena\\_tr\\_ym.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_226_Uudet_informaatiolähteet_puunhankinnan_tukena_tr_ym.pdf)
- Salmi, M., Räsänen, T. & Hämäläinen, J. 2013. Kosteusindeksi puunkorjuun olosuhteiden ennakkoinnissa. Pdf-dokumentti. Tulostettu 23.1.2018. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti\\_229\\_Kosteusindeksi\\_puunkorjuuolosuhteiden\\_ennakkoinnissa\\_misa\\_ym.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_229_Kosteusindeksi_puunkorjuuolosuhteiden_ennakkoinnissa_misa_ym.pdf)
- Seppänen, A. 2017. Korjuukelpoisuuskartat käyttöön. Esitysmateriaali. Luettu 30.3.2018. <https://www.slideshare.net/mmmviestinta/korjuukelpoisuuskartat-kyttne-seppnen>
- Suomen FSC-yhdistys. 2010. Suomen SFC-standardi. Pdf-dokumentti. Tulostettu 15.1.2018. <https://fi.fsc.org/download-box.142.htm>

Suomen metsäkeskus. 2017. Korjuukelpoisuuskartat helpottavat puunkorjuun suunnittelua. Www-sivu. Julkaistu 13.11.2017. Luettu 29.12.2017. <https://www.metsakeskus.fi/tiedotteet/korjuukelpoisuuskartat-helpottavat-puunkorjuun-suunnittelua>

Suomen metsäkeskus. 2018a. Korjuukelpoisuuskartan tietotuotekuvaus. Pdf-dokumentti. Tulostettu 12.1.2018. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/korjuukelpoisuuskartat-tietotuotekuvaus.pdf>

Suomen metsäkeskus. 2018b. Korjuujäljen laatu. Www-sivu. Luettu 12.1.2018. <https://www.metsakeskus.fi/korjuujaljen-laatu>

Tapio. 2017. Korjuujälki harvennushakkuussa. Metsänhoitokortisto-tietokanta. Tarkistettu 31.10.2017. Luettu 12.1.2018. Vaatii käyttöoikeuden. <http://tapio.fi.elib.tamk.fi/extranet/puukauppa-ja-puunkorjuu/korjuujalki-harvennushakkuussa/>

Tilastokeskus. 2018. Käsitteet – persentiili. Www-sivu. Luettu. 15.2.2018. <http://www.stat.fi/meta/kas/persentiili.html>

Tulli. 2017. Kuvioita ulkomaankaupasta v. 2017. Pdf-dokumentti. Tulostettu 10.1.2018. <http://tulli.fi/documents/2912305/3439475/Kuvioita%20ulkomaankaupasta%20v.%202017/89928061-6642-4a08-9a10-0e4896896d92?version=1.6>

Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä 30.12.2013/1308.

Vanhatalo, K., Väisänen, P., Joensuu, S., Sved, J., Koistinen, A. & Äijälä, O. (toim.) 2015. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Pdf-dokumentti. Tulostettu 14.2.2018. Helsinki: Tapio.

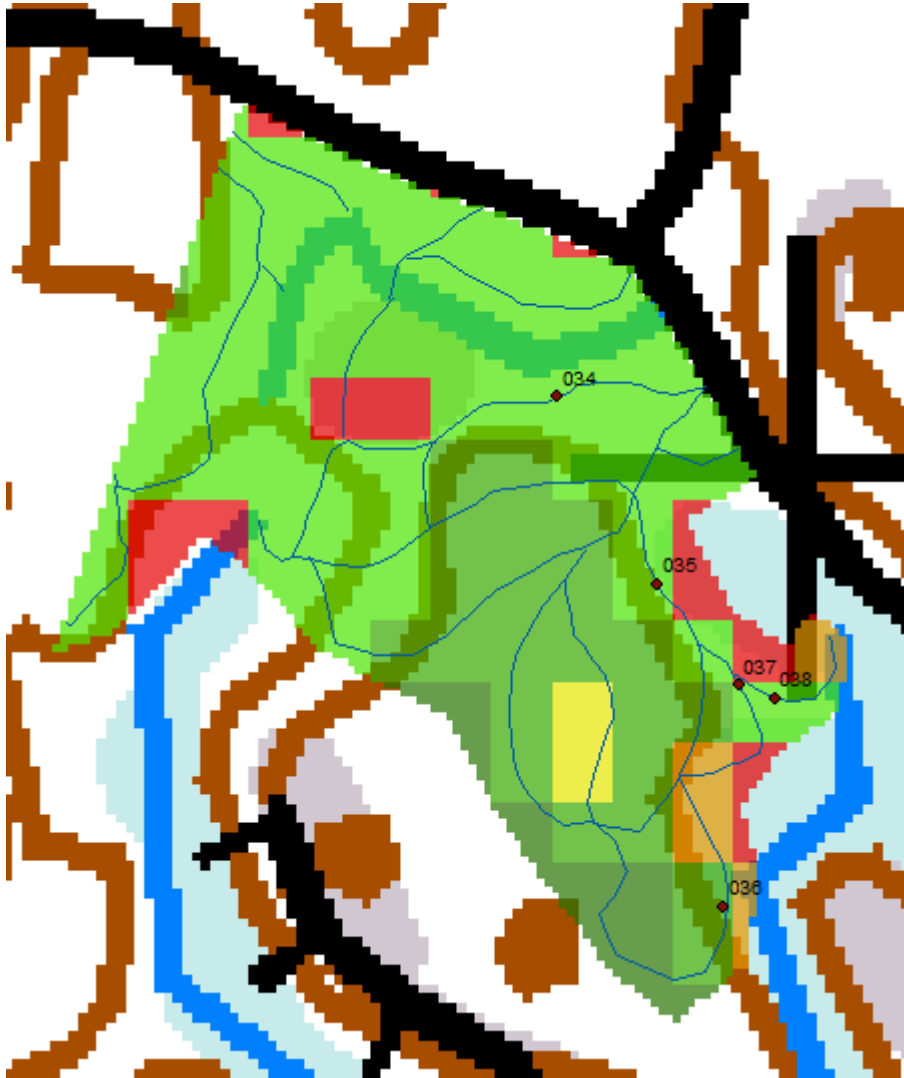
Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R-L., Vartiainen, S., Herranen, T. & Jokisaari, R. 2003. Suomen turvevarat 2000. Tutkimusraportti 156. Espoo: Geologian tutkimuskeskus.

Välikoski, M. 2017. Pehmeiden maiden puunkorjuu. Metsä Group koulutuspäivä 19.6.2017. Ikaalinen.

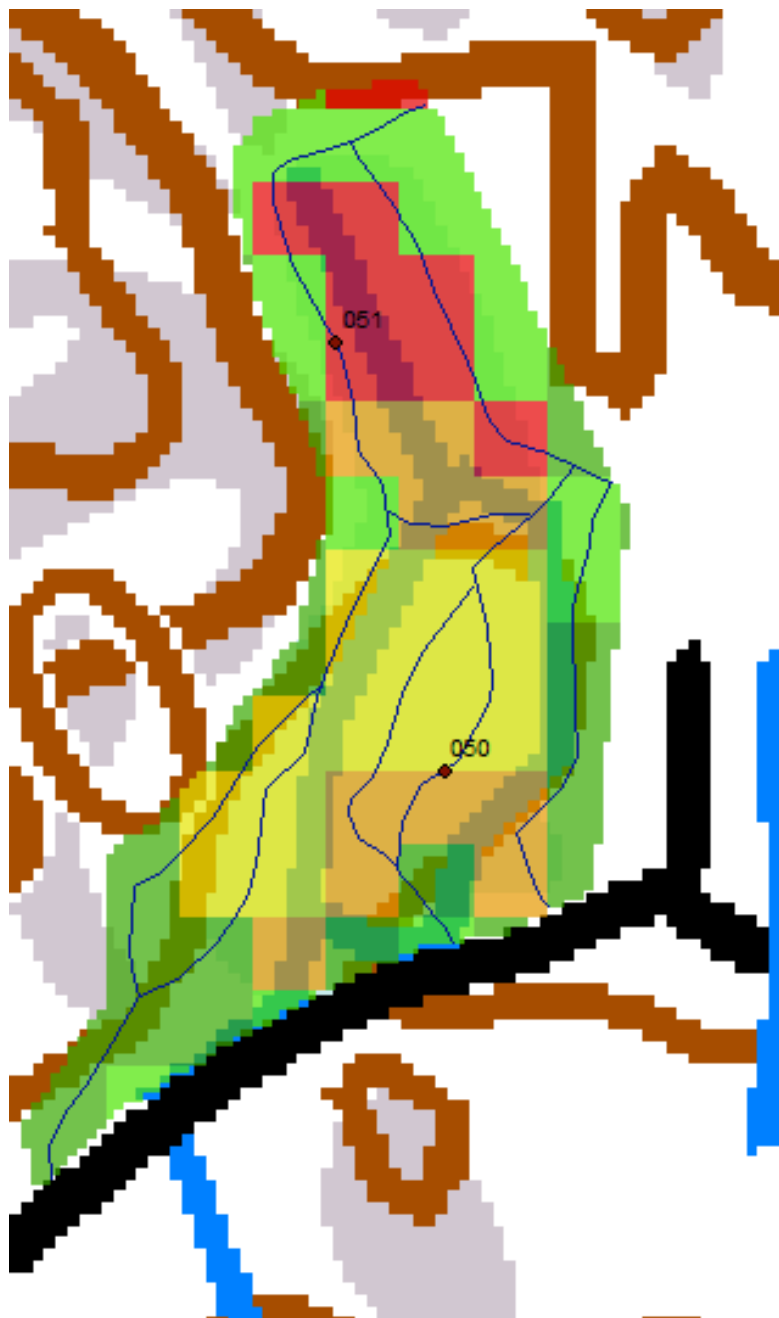
Ympäristöhallinto. 2016. Ilmastonmuutos vaikuttaa suuresti luontoon ja ihmisten elinympäristöön. Www-sivu. Päivitetty 29.6.2016. Luettu 29.1.2018. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastonmuutoksen\\_vaikutukset](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_vaikutukset)

**LIITTEET**

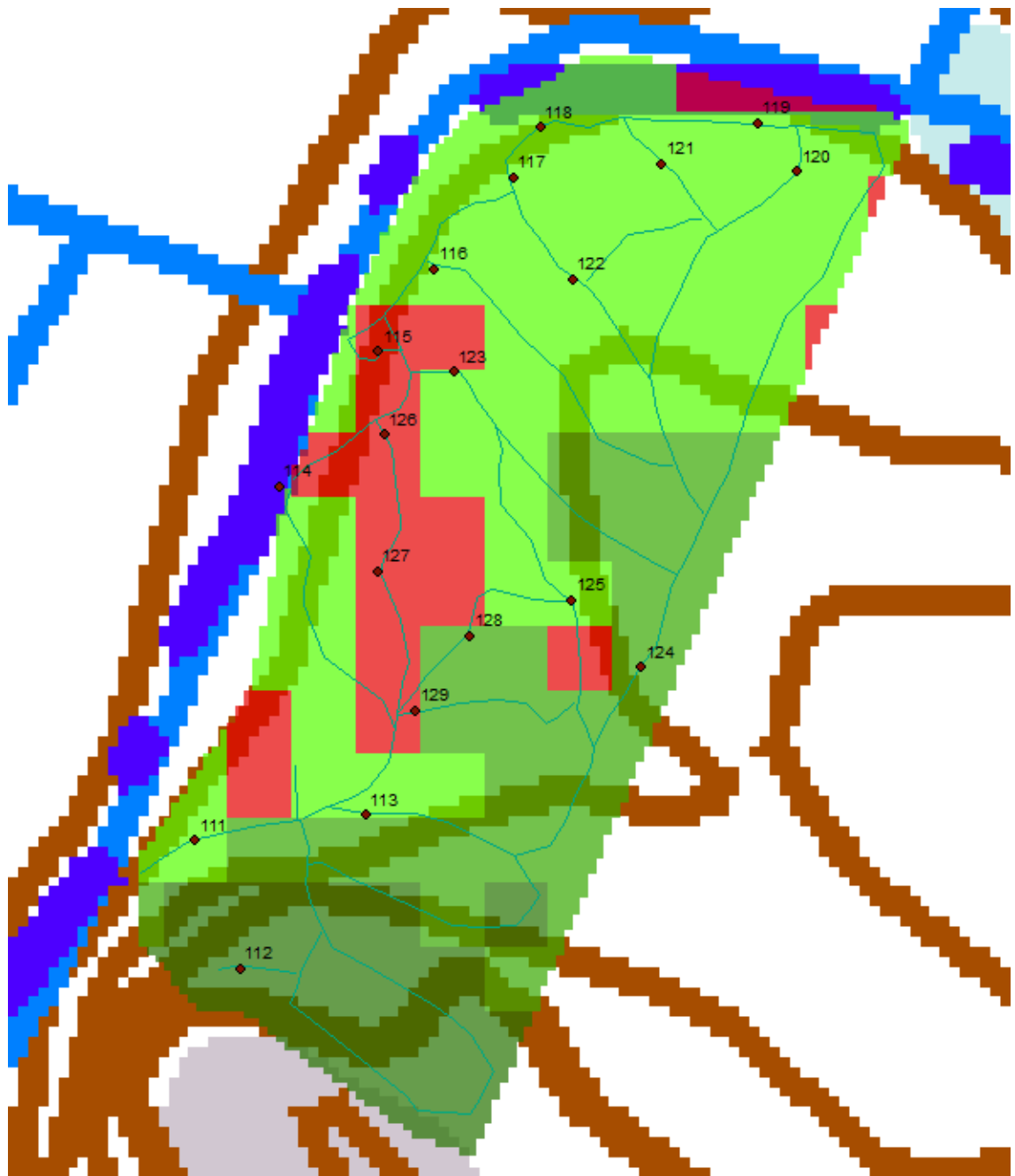
Liite 1. Korjuulohkon 2.22 korjuukelpoisuuskartta



Liite 2. Korjuulohkon 2.23 korjuukelpoisuuskartta



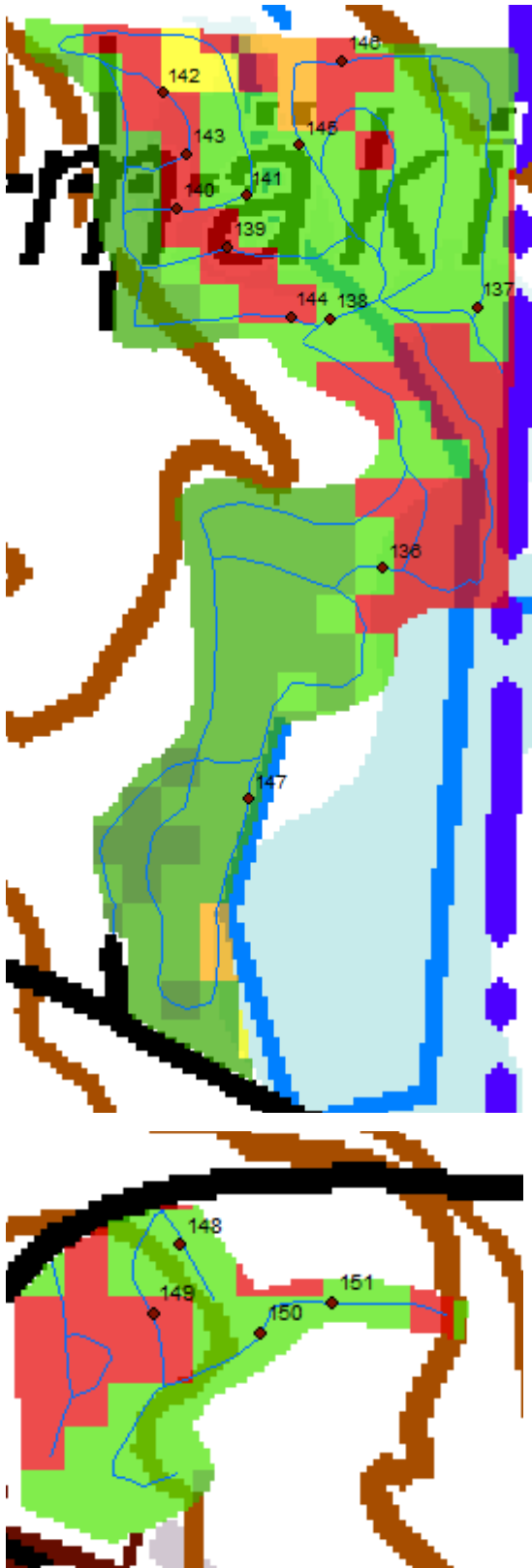
Liite 3. Korjuulohkon 5.22 korjuukelpoisuuskartta



Liite 4. Korjuulohkon 5.22 yleisnäkymä



Liite 5. Korjuulohkon 7.21 korjuukelpoisuuskartta



Liite 6. Korjuulohkon 7.21 yleisnäkymä kuivan kesän luokitusalueelta

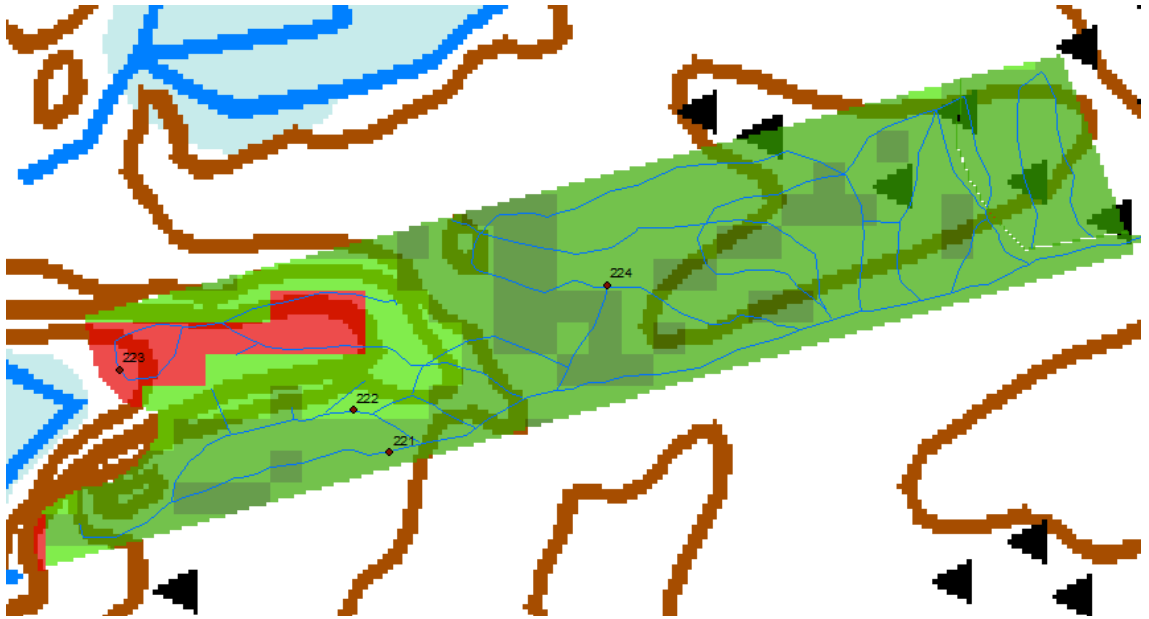




Liite 7. Korjuulohkon 7.21 yleisnäkymä talviluokituksesta



Liite 8. Korjuulohkon 12.21 korjuukelpoisuuskartta



Liite 9. Korjuulohkon 12.21 yleisnäkömä virheellisesti talviluokaksi luokitellulta alueelta

