



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **Pehmeiden maiden koneellisen puunkorjuun nyky- tila**

Peetu Salo

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2017  
Metsätalouden koulutusohjelma



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Metsätalouden koulutus

SALO PEETU

Pehmeiden maiden koneellisen puunkorjuun nykytila

Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Toukokuu 2017

---

Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Metsä Group, joka on yksi Suomen suurimmista metsäteollisuusyrityksistä. Metsä Groupin uusi biotuotetehdas Äänekoskella tulee kasvattamaan puunkäyttöä merkittävästi Suomessa. Puunkäytön lisääminen merkitsee ympärivuotisen puunkorjuun lisääntymistä. Puun tarpeen lisääntyessä pehmeillä mailla kasvavat puuvarat ovat muodostumassa merkittäväksi puuvarannoksi Suomen metsäteollisuudelle. Suomaiden ja pehmeiden maiden puut on yleisesti korjattu talviseen aikaan, maanpinnan ollessa jäässä. Puun kysynnän ja logististen ratkaisujen vuoksi puuta tulee korjata ympäri vuoden, myös heikosti kantavilla maapohjilla. Nykyajan leudot talvet ovat aiheuttaneet haasteita pehmeiden maiden puunkorjuulle. Teollisuudelle mahdollisimman tasaisella ja jatkuvalla puuvirralla on kustannuksia alentava vaikutus sekä varastoinnissa että kaukokuljetuksessa. Myös metsäkoneurakoitsijoille kausiluonteisuuden vähentyminen parantaa puunkorjuun kannattavuutta. Nämä asiat lisäävät ympärivuotisen puunkorjuun tarvetta pehmeillä mailla.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda katsaus pehmeiden maiden korjuun nykytilaan. Tätä varten koostettiin tietoa olemassa olevista tutkimuksista, hankittiin tietoa pehmeiden maiden korjuun nykytilasta sekä selvitettiin olemassa olevia ratkaisuja pehmeiden maiden koneelliseen puunkorjuuseen. Pehmeiden maiden korjuuta varten koostettiin ohjeistus. Lisäksi metsäkoneyrityksille laadittiin kirjallinen kysely, jonka tarkoituksena oli selvittää metsäkoneiden lisävarusteiden nykytila. Tutkimukseen osallistui 11 metsäkoneyritystä ympäri Suomea.

Opinnäytetyö osoitti, että pehmeiden maiden korjuuta on tutkittu laajasti jo 1980-luvulta lähtien. Tutkimustuloksien hyödyntäminen korostuu pehmeiden maiden korjuussa tulevaisuudessa. Nykykalustolla pystytään toimimaan pehmeillä mailla, kun hyödynnetään uusimmat lisävarusteet. Lisäksi yhteistyön merkitys korostuu koko toimialalla. Ratkaisuja pehmeiden maiden puunkorjuun onnistumiseen on olemassa, mutta niiden täysimääräisessä hyödyntämisessä on vielä tekemistä. Metsäyhtiöiden, toimihenkilöiden, metsäkoneyritysten ja kuljettajien saumaton yhteistyö mahdollistaa puunkäytön lisääntymisestä aiheutuvien haasteiden voittamisen.

---

Asiasanat: pehmeät maat, koneellinen puunkorjuu, metsäkoneet

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Forestry engineer

PEETU SALO

The Current State of Harvesting on Soft Lands

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 2 pages  
May 2017

---

This thesis was commissioned by Metsä Group, which is one of the largest forest industrial companies in Finland. Their new bioproduct factory will increase the usage of wood in Finland significantly, and this means that the annual wood harvesting will also increase. Due to this the wood sources that are located in soft lands are becoming more important to Finnish forestry. Trees located in marshes and soft lands have traditionally been harvested during winter, when the soil is frozen. Due to demand and logistic solutions we need to harvest wood all year round, also from the weakly bearing grounds. Contemporary mild winters are challenging the harvest from the soft lands. It has a cost-cutting influence on storage and transporting fees, when the wood flow is as steady and continuous as possible. Also decreasing the seasonal fluctuations of forestry contractors' work will improve the viability of harvesting. All these will increase the need of all year-round harvesting on soft lands.

The purpose of this thesis was to create a review of the state of harvesting on soft lands today. For this, information was compiled from the existing research results, gathered knowledge from the state of harvesting on soft lands and investigated existing solutions for the mechanical logging on soft lands. The instructions for harvesting on soft lands were created. Also a written questionnaire for the forestry contractors was created, in order to find out the state of optional extras in forestry machines at the moment. All in all 11 forestry contractors all around from Finland took part in this research.

This thesis showed that the harvesting on soft lands have already been studied extensively since 1980's. The utilization of research results will be pronounced in soft land harvesting in the future. Soft lands can be harvested using modern equipment when we make use of the latest optional extras. Also the importance of co-operation will increase throughout the industry. There are solutions to succeed in harvesting in soft lands, but there is still a lot to do before we can make the most of them. The seamless co-operation of forest companies, officers, forestry contractors and transporters is the key to win these challenges.

---

Key words: soft lands, mechanical logging, forest machine

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	Pehmeät maat .....	8
2.1	Tutkimustuloksia pehmeiden maiden osalta.....	8
2.1.1	Menetelmiä pehmeiden maiden mittauksen määrittelyyn.....	9
2.1.2	Metsäkoneiden pintapaine.....	10
2.1.3	Maaperän ja renkaan välinen vaikutus.....	11
2.1.4	Laserkeilaus apuna pehmeillä mailla toimittaessa.....	12
2.1.5	Turvemaiden kantavuusluokat .....	15
3	Metsäkoneiden varustelu pehmeiden maiden korjuuseen .....	18
3.1	Telat .....	18
3.1.1	Koneiden rengasvalinnat.....	23
3.2	Metsäkonevalmistajien ratkaisuja nykypäivänä .....	25
3.2.1	Ponsse.....	25
3.2.2	John Deere.....	27
3.2.3	Komatsu .....	27
3.2.4	Pro Silva.....	28
3.2.5	Jälkiasennukset.....	29
3.2.6	Pienemmät valmistajat .....	31
3.3	Metsäkonevalmistajien tulevaisuuden ratkaisuja.....	32
4	Korjuun ohjeistus .....	33
4.1	Korjuun suunnittelu hakkuukonetyöskentelyssä .....	34
4.1.1	Korjuun suunnittelu ajokoneessa .....	36
4.1.2	Toimihenkilön rooli korjuusuunnittelussa .....	37
4.2	Hyvä suunnittelu antaa edellytykset korjuun onnistumiseen.....	38
5	Haastattelututkimus korjuuyrittäjille .....	39
5.1	Teemahaastattelu .....	39
5.2	Lähtökohdat .....	40
5.3	Teemahaastatteluiden tulokset.....	43
5.3.1	Koneiden varustelu.....	43
5.3.2	Käytössä olevat telat .....	44
5.3.3	Telojen kestävyys.....	45
5.3.4	Telojen hintaerot .....	45
5.3.5	Telojen käytettävyyserot .....	46
5.3.6	Telojen vaikutus koneeseen .....	47
5.3.7	Telojen aiheuttamat korjaus ja muutostarpeet.....	48

5.3.8 Haastateltavien näkemykset .....	50
6 Haastatteluiden johtopäätös .....	52
7 Pohdinta .....	54
LÄHTEET .....	56
LIITTEET .....	59
Liite 1. Teemahaastattelun runko .....	59

## 1 JOHDANTO

Metsänparannustoimenpiteiden lisääntyminen on lisännyt metsien kasvua 1930-luvulta lähtien kiihtyvällä tahdilla (Metsätalastollinen vuosikirja 2001). Metsänparannustoimien lisääminen on johtunut merkittävästä tarpeesta lisätä puunkäyttöä sekä tulevaisuuden metsävarantoa. Turvemaiden puuvarat ovat kasvaneet runsaiden 1960-1970-lukujen metsäojitusten seurauksena. Toteutuneista toimenpiteistä johtuen suuri osa suometsistä lähestyy lähivuosina ensiharvennusta, tai on sitä jo. Turvepohjaisten maiden puuvarantoosuus on arvioitu olevan yli 500 miljoonaa kuutiometriä. Suomen suopuustojen osuus on 24 % ja muutamissa maakunnissa huomattavasti isompi, kuten Etelä-Pohjanmaalla 42 %. (Korhonen, 2007)

Turvemaidella kasvavat puuvarat ovat muodostumassa merkittäväksi puuvarannoksi Suomen metsätaloudelle. Suomaiden puut on yleisesti korjattu talviseen aikaan, maanpinnan ollessa jäässä. Puun kysynnän kasvun ja logististen ratkaisujen vuoksi puuta tulee korjata ympäri vuoden, myös heikosti kantavilla maapohjilla. Tämä korostuu erityisesti runsasoisissa maakunnissa. Lisäksi leudot talvet ovat aiheuttaneet haasteita turvemaiden puunkorjuulle.

Tulevaisuuden näkymät näyttävät metsäalalta tarkasteltuna erittäin positiiviselta. Uudet metsäteollisuuden tuotantolaitosinvestoinnit sekä mahdollisesti tulevaisuudessa suunnitella olevat investoinnit tarvitsevat puuta käyttöönsä. Puuta Suomen metsissä on. Suomen metsien kasvu on yli 100 miljoonaa kuutiometriä vuodessa. Metsien vuosittainen runkopuun kokonaispoistuma on 82 miljoonaa kuutiometriä (Metsäteollisuus Ry, 2017). Tästä johtuen puunkäyttöä voidaan tulevaisuudessa lisätä entisestään. Merkittävä määrä lisästarpeesta löytyy pehmeiltä mailta. Tehokkuus- ja kannattavuusvaatimukset ovat johtaneet metsäkoneiden koon kasvuun ja tehokkuuden tarpeen lisäämiseen. On havaittu, että turvemaiden puunkorjuun ongelmaksi ovat muodostuneet pitkät kuljetusmatkat ja pienet kertymät, jotka rasittavat kannattavuutta. Lisäksi turvemaiden hankala kulkukelpoisuuden ennustaminen on ilmennyt ongelmaksi. (Högnäs, 1997.) Heikosti kantavilla mailla isot ja painavat koneet ovat aiheuttaneet korjuuvaurioita ja työtapoja on jouduttu muuttamaan. Myös lisävarusteisiin on entistä enemmän jouduttu panostamaan, jotta korjuu saataisiin onnistumaan vähäisin ongelmin.

Pehmeiden maiden korjuuta on tutkittu jo 1980-luvulta lähtien. Tutkimuksiin on osallistunut laaja kirjo metsäalan toimijoita. Eri kone valmistajat, Metla (LUKE), Metsäteho, metsäyhtiöt ja Metsähallitus ovat muun muassa tutkineet, miten saataisiin korjuu onnistumaan pehmeillä mailla. Tutkimustuloksia on hyödynnetty nykypäivän kone- ja lisävarustesuunnittelussa. Lisäksi tutkimustulosten perusteella on pystytty luomaan turvemaiden kantavuusluokitus ja ohjeistusta korjuun suunnitteluun.

Kävin työssäni läpi olemassa olevia tutkimustuloksia pehmeiden maiden korjuun osalta, erityisesti panostaen turvemaiden tutkimustuloksiin. Koostin myös olemassa olevia lisävarusteita, joilla saadaan parannettua nykykalustoa pehmeiden maiden korjuuseen. Lisävarusteiden osalta suoritin kyselytutkimuksen koneurakoitsijoille. Tarkoituksena oli saada yrittäjien näkemys nykypäivän koneiden suoriutumisesta pehmeiden maiden korjuussa. Metsäkoneiden valmistajilta hain tietoa heidän tulevaisuuden ratkaisuihinsa. Lisäksi tein korjuuohjeistukseen katsauksen.

## 2 Pehmeät maat

Kun puhutaan pehmeistä maista, täytyy erottaa erikseen turvemaat ja hienojakoiset kivennäismaat (Uusitalo J, 2017). ”Metsämaat jaetaan orgaanisen eli eloperäisen kerroksen paksuuden mukaan kangas- tai turvemaihin. Ohutturpeiset kasvupaikat ovat soistuneita kankaita tai ohutturpeisiä soita, joilla on molempien päätyyppien ominaisuuksia.” (Luoranen, Saksa, Finér, & Tamminen. 2007.)

Raekoostumus vaikuttaa muun muassa maan kantavuuteen, lämpöoloihin, vedenjohtavuuteen, veden- ja ravinteiden pidätyskykyyn ja routivuuteen. Hienorakenteiset maat ovat kantavia vain kuivina tai jäätyneinä. Metsämaasta (ei sisällä kitu- ja joutomaita) 24 % on soita. Näistä joka neljäs luokitellaan ohutturpeisiksi, joilla turvekerroksen paksuus on alle 30 cm. Soiden lisäksi veden vaivaamia soistuneita kankaita on 5-10 % kangasmaista. Turve sitoo rakenteisiinsa vettä ja on siksi lähes poikkeuksetta kosteaa. (Luoranen ym. 2007.)

### 2.1 Tutkimustuloksia pehmeiden maiden osalta

Pehmeiden maiden korjuuta on tutkittu laajasti jo 1980-luvulta lähtien. Turvemaiden hakkuut ovat luokiteltu yleisesti talvileimikoiksi maaston heikon kantavuuden osalta. Kuusen kasvupaikoilla, erityisesti hienojakoisilla mailla on juuristovaurioitumisen riski, ja tämä lisää juurikäävän leviämistä. Puuston määrää on pidetty turvemaalla kantavuutta hyvin selittävänä asiana. Muita kantavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat pohjaveden syvyys, turpeen paksuus, turpeen kosteus ja maastokuljetusmatka. Turvemaiden korjuukelpoisuusluokituksessa puustomäärä on päätekijä korjuukuvion kantavuuden ennustamisessa. Tutkimuksessa raiteenmuodostumista selittää parhaiten hakkuutähteiden määrä, puuston tilavuus, turpeen leikkausmoduuli ja turpeen kosteus. (Högnäs ym. 2011.)



### 2.1.1 Menetelmiä pehmeiden maiden mittauksen määrittelyyn

Turpeen ja juuriston kantavuutta mittaava työväline, piikkisiipikaira on osoittautunut lupaavaksi kantavuuden mittausvälineeksi. Piikkisiipikairalla mitataan turpeen pintakerroksen leikkauslujuutta. Työkalu antaa luotettavan kuvan kantavan pintakerroksen leikkauslujuudesta, koska piikkien ansiosta se saadaan sijoitettua maahan rikkomatta juuristoa ennen mittausta.



KUVA 1. Piikkisiipikaira yhdistää mittauksessa maaperän ja juuriston kantavuusvaikutuksen: mitä suurempi leikkausmoduulin arvo (kPa) on, sitä suurempi on maan kantavuus. Kuvassa oikealla puolella turverassi. (Tapio 2017.)

Piikkisiipikairaa käytetään yleisesti kivisyysrassin/turverassin kanssa. Molemmat työkalut ovat helposti mukana kuljetettavia ja antavat hyvän avun korjuusuunnitteluun heikosti kantavilla mailla. Rassi on yleinen turvemaan kantavuuden arvioinnissa käytetty työkalu. Rassin uppoaman perusteella voidaan selvittää turvekerroksen paksuutta ja kivisyttä.

Tutkimuskäytössä voidaan myös käyttää hakkuukoneeseen kiinnitettäviä ultraääniantureita. Ultraääniantureilla mitataan raiteen syvyyttä ja pyörien uppoumaa sekä renkaiden litistymää. Antureiden tuottama tieto voidaan yhdistää koneen ajovoimansiirrosta tulevaan nopeus- ja kulkuvastustietoon. (Metla työraportti 284, 2014.) Näiden tietojen pohjalta voidaan laatia kulkukelpoisuuskartta, joka perustuu mitattuun kantavuustietoon. Koostettujen tietojen avulla hakkuukoneenkuljettaja pystyy ilmoittamaan ajokoneenkuljettajalle etukäteen metsäkuljetusreitistön pehmeät alueet, mikä taas vähentää merkittävästi korjuuvahinkojen, maastopainumien ja kiinnijäämisen riskiä. Menetelmä myös lisää

metsäkuljetuksen tuottavuutta. Mikäli myös kuormatraktori varustettaisiin vastaavilla antureilla, olisi täysin mahdollista automatisoida korjuujäljen seuranta. (Ala-Ilomäki ym. 2013.)

### 2.1.2 Metsäkoneiden pintapaine

Metsäkoneiden pintapaineiden laskentaan on syytä perehtyä, kun arvioidaan koneiden maastokelpoisuuskykyä erityisesti pehmeiden maiden korjuun osalta. Metsäkoneiden akselipainoista tarvitaan tietoa, kun lasketaan korjuukoneiden pintapaineita. Pintapaineeseen vaikuttavia tekijöitä ovat koneen omapaino, kuorman paino ja varusteet yhdessä eli koneen kokonaispaino. Myös painon jakautuminen koneen etu- ja takapäähän kesken, konetta maanpintaa vasten pitävän pyörien tai telojen pinta-ala sekä koneen oletettu painauma maahan vaikuttavat pintapaineeseen. (Korhonen 2008.)

Pintapaineen laskentakaavoja on useita. Eräs yleisemmin käytetty kaava telalla varustetulle telille on:

$$P = \frac{F}{(1,25 \times R + L) \times B}$$

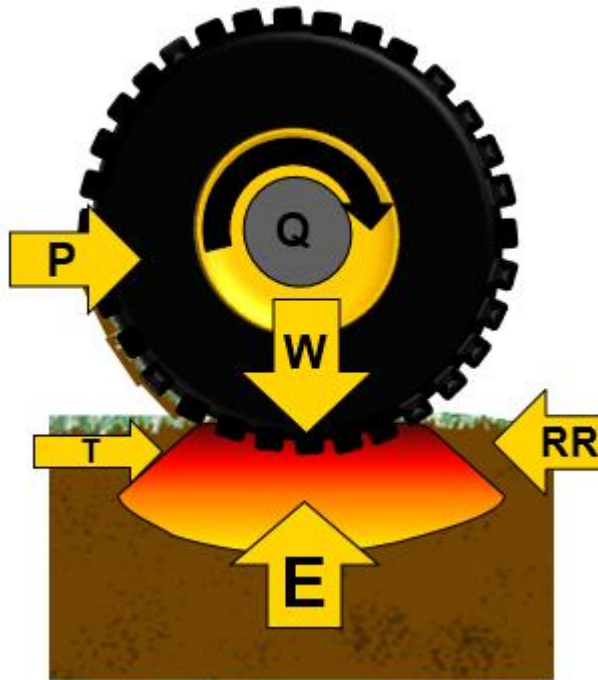
P = Pintapaine  
 F = Telalle kohdistuva paino, kg  
 R = Renkaan säde, m  
 L = telipyörien napojen väli, m  
 B = telan leveys, m

KUVA 2. Pintapaineen laskentakaava (Korhonen 2008)

Pintapaineen laskenta edellä mainitulla tavalla laskien antaa suuntaa, mutta tarkkojen pintapainearvojen määrittäminen puunkorjuun perustaksi tai raja-arvoksi on kyseenalaista. Eri koneratkaisut ja erilaiset olosuhteet käyttäytyvät eri lailla. (Törnqvist 2010.)

### 2.1.3 Maaperän ja renkaan välinen vaikutus

Maaperän kulkukelpoisuus kuvaa sitä, kuinka hyvin se kestää renkaista ja teloista johtuvaa kuormitusvoimaa. Koneen ja kuorman paino ( $W$ ) aiheuttaa maaperään kohdistuvan voiman, jota maaperän kantokyky ( $E$ ) vastustaa. Rengas painuu maahan sellaiseen syvyyteen, jossa kuormitus ja maaperän kuormankatokyky ovat tasavainossa ( $W = E$ ).



KUVA 3. Havainnekuva maaperän ja renkaan välisestä vuorovaikutuksesta (Moilanen 2017)

Pyörän painuminen aiheuttaa pyörimisvastuksen ( $RR$ ), jonka voima vastustaa eteenpäin suuntautuvaa liikettä. Vähentämällä pyörän painumista on mahdollista vähentää pyörimisvastusta. Pyörän vääntömomentti välittyy pyörän tai telan kautta maaperään.

Renkaan pyörimisen seurauksena syntyy työntövoimaa ( $T$ ). Kun työntövoima ( $T$ ) on suurempi kuin pyörimisvastus, on syntynyt konetta eteenpäin vievä vetovoima ( $P$ ). Saavutettavan vetovoiman ( $P$ ) suuruus riippuu lisäksi maaperän ja renkaan välisestä kitkakerroimesta sekä maaperän leikkausmurtolujuudesta. Maaperään kohdistuva voima ei saa olla suurempi kuin maaperän leikkausmurtolujuus.

Koneen valmistajat eivät voi vaikuttaa maaperän lujuusominaisuuksiin, mutta ne pystyvät vaikuttamaan, kuinka laajalle alueelle voima jakautuu. Mitä laajemmalle alueelle koneen paino jakautuu ja mitä laajempi on konetta eteenpäin vievä voiman jakautuminen, sitä pienempi on uppoama ja riski maastovaurioista. (Moilanen 2017.)

#### **2.1.4 Laserkeilaus apuna pehmeillä mailla toimittaessa**

Laserkeilausaineistolla puuston määrää voidaan ennustaa kuvion sisäisesti. Laserkeilaus on kehittynyt merkittäväksi menetelmäksi metsien kaukokartoituksessa 1990- ja 2000-lukujen aikana. Laserkeilaus on vakiintumassa metsäsuunnittelutyövälineeksi ja laserkeilausta on käytetty metsien inventointien kehittämiseen. Suomen metsävaroista valtaosa laserkeilataan vuoteen 2020 mennessä (Suomen Metsäkeskus 2017). Keilaustulokset ovat integroitumassa uusiutuviin metsävaratietojärjestelmiin (Metlan työraportti 263, 2013).

Puunkorjuun olosuhteiden ennustaminen voidaan laserkeilauksen avulla suorittaa myös ilman puustotulkintaa. Laserkeilausaineistojen käyttökelpoisuuden kokeileminen puunkorjuun suunnittelun apuvälineenä on varsin tuore tutkimusaihe. Haavisto ym. (2011) ja Uusitalo ym. (2012) testasivat vuonna 2010 kaukokartoitusaineistojen soveltuvuutta kantavuuden ennustamiseen turvemaiden kesäaikaisessa puunkorjuussa. Tutkimuksen tulosten perusteella laserkeilausaineistoa voitaisiin käyttää kantavuuden ennustamisessa. Vastaavia tutkimuksia on kokeiltu kivennäismaiden puunkorjuussa. Tutkimuksissa laserkeilattuun korkeusmalliin perustuvaa, korjuusuunnittelua avustavaa menetelmää on pystytty hyödyntämään metsäkoneiden kivennäismaiden hakkuissa.

Metlan työraportissa 263 (Lindeman ym. 2013) on julkaistu tutkimus laserkeilausaineistojen hyödyntämisestä turvemaan kantavuuden ja raiteenmuodostumisen ennustamisessa. Tutkimus oli toteutettu Pohjois-Karjalassa Nurmeksen Pitkäkankaan Teerisuolla. Tutkimuksessa pyrittiin ennustamaan raiteiden syvyyttä kahden laserkeilausaineiston puustoestimaattien, latvuksen korkeusmallien ja maanpintamallien sekä maastossa mitattujen puusto- ja maaperätunnusten avulla.

Tutkimus toteutettiin vuonna 2012 ja tutkimusajankohta oli varsin runsassateinen (kesän sateet 285 mm). Runsaat sateet heikensivät kantavuutta koko alueella. Kantavuuden heikentyminen aiheutti ajokertojen määrän rajoittamisen ja osa koelajoista jouduttiin jättä-

mään kolmannen ajokerran aineiston ulkopuolelle. Heikommin kantavien koealojen poisjäänti aineistosta supisti vaihtelua ja vaikutti tuloksiin. Tutkimuksessa kuormatraktorilla (Komatsu 830.3) ajettiin koealojen läpi, ilman normaaleja puunkuormaamisia. Kuormatraktori ei siis pysähdellyt kuormaamaan, eikä tästä johtuvia pysähtymisiä ja liikkeelle lähtöjä ollut. Koealoille kohdistunut rasitus oli vakio kaikilla koealoilla. Kuormatraktorilla ajettiin koealoilla vain tutkimuksen ajokerrat ja käytettiin koko ajan samaa puutavarakuormaa (6650 kg).

Tutkimuksessa oli käytetty kahta eri tiheyksistä laserkeilausaineistoa, harvapulssista- ja tiheäpulssista. Puustotunnusten lisäksi oli tutkittu maanpintamallien hyödyntämistä raiteenmuodostuksen ennustamisessa turvemaalla. Maastomittauksissa oli mitattu tarkat puustotiedot, turpeen paksuus kuusi metriä pitkällä turverassilla sekä leikkausmoduuli Metsäntutkimuslaitoksen kehittämällä piikkisiipikairalla. (Kts. kohta 2.1.1.) Turpeen kosteutta oli mitattu neljällä koealapisteeltä sammalkerroksen alta. Mittauksessa oli käytetty Delta-T ML2x ThetaKit-kosteusmittaria.

Hakkuu tapahtui John Deere 1070- hakkuukoneella, joka oli varustettu kantavilla teloilla sekä pyöräteloilla. Kuormatraktori Komatsu 830.3 oli varustettu kantavilla teloilla. Kumpaakin konetta ajoi kokenut kuljettaja koko tutkimuksen ajan. Raiteen mittaus suoritettiin jokaisen ajokerran jälkeen kuudesta kohdasta. Raiteen syvyys ja leveys kirjattiin ylös koealapisteen kohdalta, sekä metri koealapisteestä eteenpäin ja taaksepäin uralla molemmista raiteista. Hakkuu oli suoritettu kokonaisuudessaan ennen metsäkuljetusta. Kuljettajia oli ohjeistettu ajamaan mahdollisimman tarkasti samoja jälkiä myöten jokaisella ajokerralla.

**Taulukko 2.** Kolmannen ajokerran koealoilta mitattujen tunnusten vaihteluvälit, keskiarvot ja keskihajonnat.

	Pienin	Suurin	Keskiarvo	Keskihajonta
Turpeen paksuus, cm	18	480	140	93
Leikkausmoduli, kPa	32	96	63	12
Pohjavedenpinnan syvyys, cm	3	38	19	7
Turpeen kosteus, VWC- %	44	100	72	17

KUVA 4. (Metlan työraportti 2013)

**Taulukko 3.** Maastokokeen ajokerrat, ajetut koealat ja raiteen syvyydet.

Ajokerta	Korjuukone	Koealoja	Keskimääräinen raiteen syvyys, cm
1	Hakkuukone	70	4,5
2	Kuormatraktori, ei kuormaa	68	6,7
3	Kuormatraktori, 6650 kg kuorma	56	11,1
4	Kuormatraktori, 6650 kg kuorma	24	12,4
5	Kuormatraktori, 6650 kg kuorma	4	9,2

KUVA 5. (Metlan työraportti 2013)

Maastossa mitatut tulokset ja laserkeilausaineiston puustohavaintoihin ja latvuksen korkeusmalleihin perustuvat regressiomallit olivat loogisia ja tukivat oletusta, että vähäpuus- toiset alueet ovat heikosti kantavampia kuin runsaspuus toiset. Kaikilla aineistoilla puus- ton pohjapinta-ala oli parempi mittari raiteen syvyydelle kuin puuston tilavuus. Tiheäm- män laserkeilausaineiston avulla voidaan saavuttaa tarkempia ennusteita kuin harvapuls- sisella laserkeilausaineistolla. Puuston runkolukua lukuun ottamatta maastossa mitattujen puustotunnusten ja laserkeilausaineistojen puustohavainnot olivat saman tasoisia. Joten laserkeilausaineistot pärjäsivät hyvin vertailussa maastossa mitattuihin lukuihin. Kolme selittävää muuttujaa, leikkausmoduuli, puuston runkoluku ja turpeen kosteus, ennustivat raiteen syvyyttä myöskin hyvin.

Laserkeilausaineistojen käyttömahdollisuudet turvemaiden puunkorjuun suunnittelussa ja toteutuksessa olivat lupaavia. Ennakkotieto, joka aineistojen pohjalta saadaan, antaa hakkuukoneen kuljettajalle mahdollisuuksia kohteen suunnitteluun ilman maastokäyntiä. Lähes poikkeuksetta kuormatraktori aiheuttaa urapainumat ja hakkuussa tehdyt valinnat vaikuttavat oleellisesti korjuun onnistumiseen. Keilausaineistolla voisi olla monia eri käyttömuotoja puunkorjuun suunnittelussa. Latvuskorkeusmallista voidaan laatia kartta, jonka avulla hakkuukoneenkuljettaja voi suunnitella urastoa leimikolle, ilman jalkautu- mista koneesta. Myös korjuukohteiden luokittelua voidaan täsmentää keilausaineiston pe- rusteella. Aineistojen perusteella osa korjuukuvioista voidaan rajata ulkopuolelle ja osoit- taa sekä heikosti että paremmin kantavat alueet. Mikäli tutkimustyötä jatkettaisiin, olisi mahdollista kehittää automaattinen uraston suunnitteluohjelma, joka tunnistaisi laserkei- lausaineiston perusteella pehmeät ja kantavat kohdat, osaisi määrittää sallitut ajokerrat, sekä ohjastaisi hakkuukoneen kuljettajaa puuston määrän ja tavoitepuuston osalta. Mutta tämä vaatisi lisätutkimuksia ja menetelmien kehittämistä yhdessä alan toimijoiden kanssa. (Metlan työraportti 279. Ala-Ilomäki ym. 2013.)

### 2.1.5 Turvemaiden kantavuusluokat

Suokelpoisuusluokituksen ja turvemaiden kantavuusluokituksen kehittäminen on todettu hyväksi keinoksi parantaa suometsien puunkorjuuta, ja sitä kautta lisätä hakkuupotentiaalia. Tiedetään, että osa talvileimikoista olisi korjattavissa myös sulan maan aikana. Turvemaiden kaluston ja kantavuuden suokelpoisuutta yhdistävän luokituksen avulla saadaan tietoa siitä, mitkä talvileimikoiksi luokitellut turvemaat voidaan korjata sulan maan aikana, ja millä kalustolla. Toimivalla kalusto- ja korjuukohdeluokituksella saavutetaan turvemaaleimikoita kesäkorjuun piiriin ja tehostetaan sitä kautta konekaluston ympäri-voitusta käyttöä.

Vuonna 2007 laadittiin puunkorjuukaluston suokelpoisuus- ja turvemaiden kantavuusluokitusten rautalankamallit Metsähallituksen, Ponsse Oyj:n, ja metsäntutkimuslaitoksen tutkimuksessa ”Nykykalustolla turvemaiden puunkorjuuseen”. Tutkimuksen tarkoituksena oli konkretisoida luokitusongelma käytännön tarpeita palvelevan luokituksen kehittämiseksi. Tutkimuksessa metsäkonekalusto jaetaan pintapaineen perusteella neljään suokelpoisuustasoon. Turvemaaleimikoiden luokituksessa kantavuusluokka kuvaa korjuuolosuhdetta, jossa tiettyä suokelpoisuutta kuvaavalla metsäkoneella talvileimikko voitaisiin korjata sulan maan aikana. Turvemaiden leimikon kantavuusluokka määrittää kokonaispuuston avulla. Lisämääreinä kantavuusluokituksessa on määritelty pintavetisyys, varpaisuus ja ojien kunto korjuukohteella. (Metsäteho 2009 ja Högnäs 2009.)

Kantavuusluokka	Turvemaakuvion ohjeellinen kokonaispuuston määrä, m <sup>3</sup> /ha	Vaadittava korjuukaluston suokelpoisuustaso
0	– 220	Vakio (max. pintapaine >50 kPa)
1	220 – 170	Parannettu (≤ 50 kPa)
2	170 – 120	Kantava (≤ 40 kPa)
3	120 –	Superkantava (≤ 30 kPa)

**Korjaukset/huomioitavaa:**

- Mikäli esiintyy huomattavaa pintavetisyyttä tai märkyyttä (pohjavesi enintään 25 cm suon pinnasta), käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta.
- Myös muut tekijät, joiden voidaan arvioida vaikuttavan kantavuuteen, voidaan luokituksessa ottaa huomioon (esim. ojien kunto, puulajisuhteet, varpaisuus/ruohoisuus).
- Uudistushakkuissa puuston määrärajoja käytetään soveltaen.
- Jos korjuuta on edeltänyt vähintään 1,5 kk kestänyt kuiva kausi, suunnittelutietojen kantavuus nousee toteutuksessa yhdellä luokalla.
- Luokitus olettaa, että raskaasti kuormitettut ja/tai pienialaiset upottavat ajouran kohdat vahvistetaan (havutus, kuitupuutela, pitkospuut, kevytsillat tms.) tarpeen mukaan tai että kriittiset kohdat pystytään hyvällä suunnittelulla tai ajotekniikalla muuten hallitsemaan.

KUVA 6. (Högnäs 2007)

Luokitusta on päivitetty jälkikäteen vuonna 2008 Metsätehon johdolla. Uudessa kantavuusluokituksessa on poistettu yksi suokelpoisuusluokka ja kantavuusluokka. Uudessa luokituksessa painotetaan, että turvemaille ei mentäisi yli 50 kPa:n maksimipintapaineen omaavalla metsäkoneella. Lisäksi painotetaan, että hakkuutähteet hakataan ajouralle. Myös korjuuta edeltävän kuivan kauden pituus on lyhennetty 1,5 kuukaudesta neljään viikkoon.

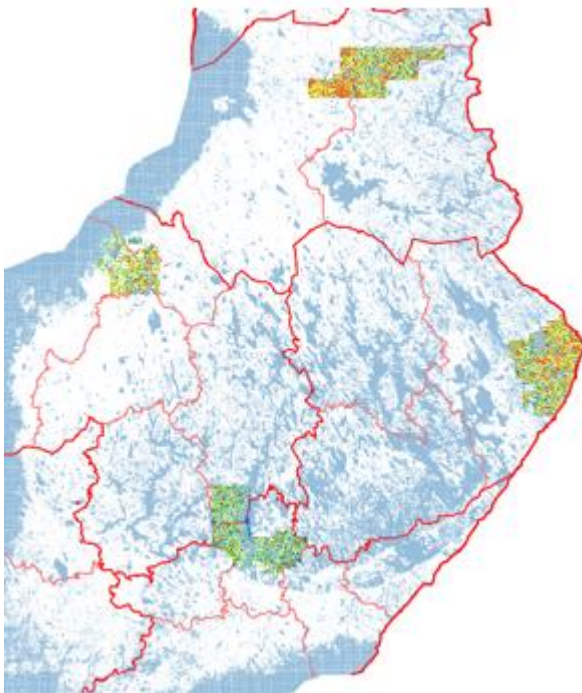
Korjattavan kuvion kokonaispuusto, m <sup>3</sup> /ha	Korjuukohteen varastojärjestelyjen, muodon ja koon perusteella arvioitu kuormitus ajouraverkostolle *)		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
	Kantavuusluokka **)		
>170	1	2	3
170 – 120	2	3	TALVI
<120	3	TALVI	TALVI
<b>Korjaukset kantavuusluokkiin:</b>			
<b>Pohjaveden syvyys:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kohteissa, joissa <u>pohjavesi on alle 25 cm:n syvyydellä suon pinnasta</u>, käytetään yhtä luokkaa heikompaa kantavuutta.</li> <li>• Jos korjuuta on edeltänyt <u>yli 4 viikkoa kestänyt kuiva kausi</u>, suunnittelutietojen kantavuus paranee toteutuksessa yhdellä luokalla.</li> </ul>			
<b>Turpeen paksuus:</b> Kohteella, jossa <u>turvekerroksen paksuus on alle 75 cm</u> , kantavuus paranee yhdellä luokalla.			
*) Suuntaa-antava kokoojaurien määrä <b>turvemaalla</b> : pieni <75 m/ha, kohtalainen 75–150 m/ha ja suuri >150 m/ha.			
**) Edellytetään, että <b>hakkuutähteet hakataan ajouralle ja pienialaiset ja ajouraverkoston kriittiset kohdat vahvistetaan hakkuutähteillä tai muulla tavalla</b> . Päätehakuilla luokitusta käytetään sovelletusti. Energiapuuhakuilla luokitusta käytetään myös harkiten.			

KUVA 7. (Metsäteho 2008)

Uusin, vielä julkaisematon tutkimus kantavuuden ja korjuukelpoisuuden määrittämiseen on toteutettu 2016. Tutkimus on osa Tekesin Data to Intelligence Forest Big Data-hanketta, jossa Metsäteho osakkaineen ja Arbonaut olivat mukana. Tutkimuksen tavoitteena on pienentää puunkorjuun kausivaihtelua korjuukelpoisuuskarttamallien avulla. Korjuukelpoisuuskarttamallin avulla on tarkoitus selvittää, milloin millekin korjuukohteelle pystytään menemään. Menetelmä perustuu staattiseen malliin, jolla ennustetaan korjuukelpoisuutta. Mallissa ei huomioida sääoloja tai kohteen saavutettavuutta. Korjuukelpoisuuskarttamalli perustuu Maanmittauslaitoksen avoimien paikkatietoaineistojen hyödyntämiseen, kivennäismaiden ja turvemaiden rajaukseen maastotietokannasta, maanpinnan korkeusmallinnoksesta saatavaan topografia tietoon sekä laserkeilausaineistoon. Alkuperäinen maastokoeala-aineisto oli saatu Suomen metsäkeskuksen keräämältä neljältä alueelta. Tutkimuksessa saatujen havaintojen perusteella turvemaaluokituksen omaavia



maapohjia siirrettiin rohkeammin kesäkorjuukelpoisiksi kohteiksi. Tutkimuksessa mukana olleiden toimijoiden havaintojen perusteella malli tuottaa korjuusuunnittelun tarpeisiin kohtuullisen hyvän arvion korjuukelpoisuudesta. Mallin avulla pystytään toteamaan selkeästi erottuvat talvikorjuukohteet. Malli myös paikkaa paikallistuntemuksen puutetta ja se on parhaimmillaan, kun etsitään isommasta turvemaakeskittymästä lupaavimpia kesäkorjuuseen soveltuvia keskittymiä. Korjuun toteutusvaiheessa tarvitaan kuitenkin dynaamisempaa tietoa, jossa pitäisi olla mukana muun muassa sääolosuhteet. Tutkimuksen jatkosta vastaa Suomen metsäkeskus, joka tuottaa ja jakelee korjuukartta-aineiston. Vuonna 2017 on tarkoitus kartoittaa noin 20 uutta aluetta. (Arbonaut 2017.)



KUVA 8. Suomen metsäkeskuksen keräämät maastokoeala-aineistot (Arbonaut 2017)

### 3 Metsäkoneiden varustelu pehmeiden maiden korjuuseen

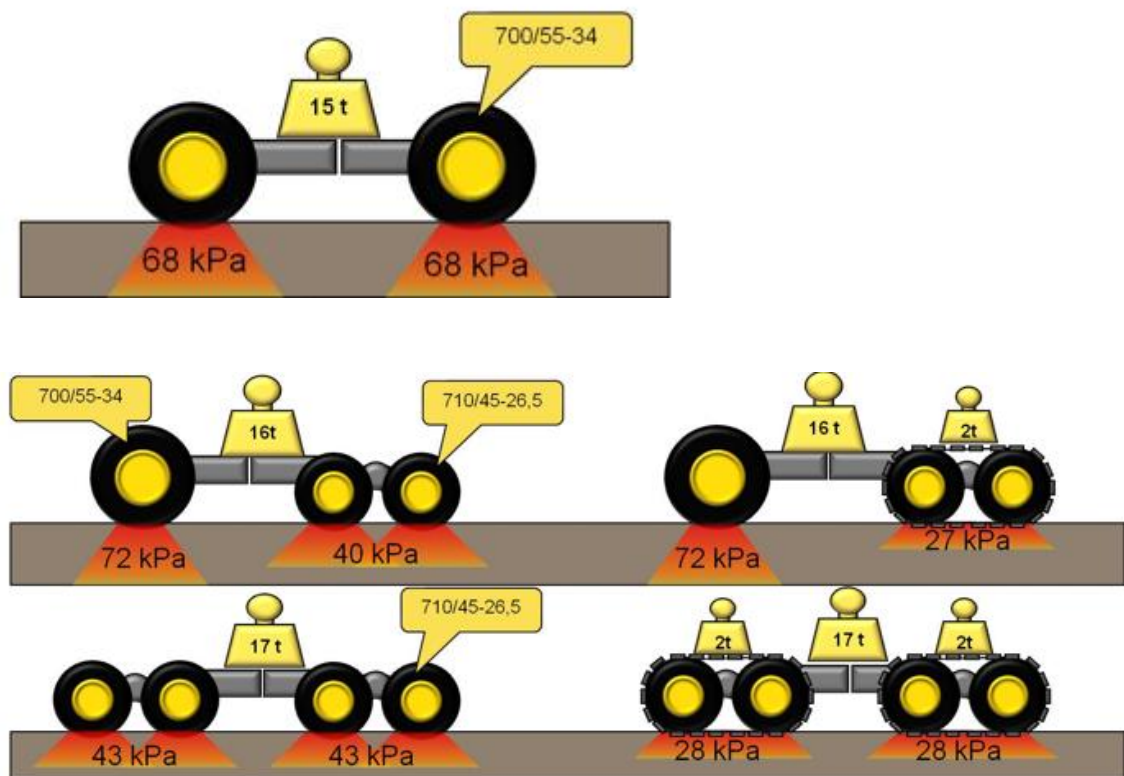
Viimeisen reilun 15 vuoden aikana metsäkoneiden painot ovat nousseet 20-40 %, mutta kuormankantokyky ei ole suhteessa noussut samaan tahtiin. Pääsyytä painojen nousuihin ovat olleet kestävyuden parantuminen ja laskennallisen kuormankantokyvyn ylitykseen varautuminen. Pehmeiden maiden korjuun kannalta olisi parempi, että harvennushakkuut hoidettaisiin pienemmillä koneilla kuin nykyisillä keskiraskailla metsäkoneilla. Pienikokoinen kuormatraktori ja pitkät ajomatkat ovat kallis yhdistelmä. Kuormakoolla ja tuotavuudella on selvä kiinteä yhteys. Tämän takia selvä suuntaus pehmeiden maiden korjuun osalta on, että keskiraskaita metsäkoneita varustellaan lisävarusteilla mahdollisimman kulkukelpoiseksi heikosti kantaville maille. (Hynynen ym. 2005)

#### 3.1 Telat

Metsäkoneen teliin, renkaiden ympärille asennettavat telat alentavat koneen keskimääräistä pintapainetta ja parantavat pitoa. Aikaisemmin teloilla haettiin metsäkoneiden kulkukyvyn parantamista lumessa liikkumiseen. Teloja on myös käytetty heikosti kantavilla mailla maastovaurioiden vähentämiseksi ja koneen kiinni juuttumisen ehkäisemiseksi. Nykyään telat ovat arkipäivää metsäkoneiden lisävarustelussa. Telat ovat koneen kantavuuteen eniten vaikuttava tekijä. Yleisin kombinaatio nykypäivänä on, että metsäkone varustetaan siten että takapäässä on telat ja etupäässä ketjut. Huomattavasti parempi kantavuus saavutetaan asentamalla telat etu- sekä takarungolle. 6-pyöräisen metsäkoneen etupyöriin on myös mahdollista asentaa tela. Tätä telamallia kutsutaan pyörätelaksi (kts. kuva 9). Tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että kantavilla teloilla varustetusta kuormatraktorista saadaan tehokas ja kannattava pehmeiden maiden puunkorjuukone. Kuvalla 10 havainnoidaan erilaisten konetyyppien ja telaratkaisujen vaikutusta maaperään kohdistuvan staattisen pintapaineen eroihin. (Metsäteho 2010 ja Kärhä 2010a.)



KUVA 9. Pyörätelalla parannetaan 6-pyöräiseisten metsäkoneiden kantavuutta (Clark Track 2017)



KUVA 10. Erilaisten koneratkaisuiden vaikutus staattiseen pintapaineeseen. Koneet ilman teloja ja telojen kanssa (Moilanen 2017)

Telamerkkejä ja telatyylejä on tullut markkinoille laajasti. Telamalleja on kapealappuisista ja harvoista kapulateloista leveälappuisiin tiheisiin suoteloihin. Suoteloilta on matala pintapaine, mutta huono sivuttaispito, koska maahan kohdistuva pinta-ala on suuri. Suoteloja on saatavilla eri leveyksillä. Leveyden määrittää rengaskoko, yleisimmät koot ovat 600- mm aina 1200 mm leveyteen saakka. Sekatelat sopivat nimensä mukaisesti moneen

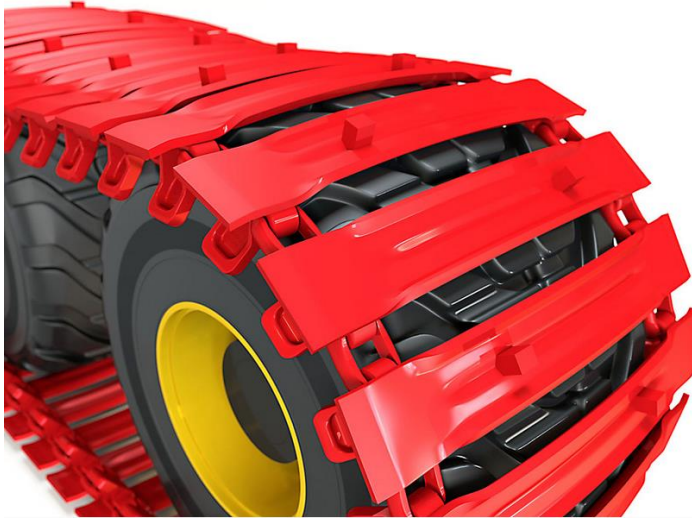
korjuukohteeseen. Pito on keskinkertainen ja pintapaine normaalia parempi. Kapulatelat ovat pidoltaan hyvät, mutta upottavissa maastoissa eivät tuo kantavuutta. Kapulatelojen aggressiivinen telakengän muoto myös rikkoo pintaa, joka taas aiheuttaa maastovaurioita.

Telojen valinta onkin monivaiheinen päätös. Koneurakoitsijan on päätettävä, mitkä telat sopivat heidän korjuu-urakointiinsa. Telojen valinnan kannalta oleellista on tietää koneen perustietojen lisäksi olosuhteet, joissa päänsääntöisesti työskennellään. Selvä suuntaus telojen hankinnassa on kesä- ja talvitelojen erikseen hankkiminen. Kesällä tarvitaan maastoystävällistä kantavuutta, talvella rengaspuhdistuvuutta ja vetokykyä. Hankinta on metsäkoneurakoitsijalle suuri investointi, mutta järkevä. Kun teloja on useamman tyyppisiä, kasvaa myös telojen käyttöikä, työ on aina tehokasta olosuhteista riippumatta ja kausivaihtelut pienentyvät.

Alla on listattu kolme urakoitsijoiden suosimaa telamerkkiä. Telamerkiltä on valittu kantavat telat. Näistä kolmesta telamerkistä (kts. teemahaastattelu) on suoritettu haastattelu-tutkimus myöhempanä opinnäytetyötä.

## **Clark**

Clark Tracks Ltd on metsäkoneiden telojen suunnitteluun ja valmistamiseen erikoistunut yhtiö Skotlannista. Yhtiö tarjoaa erilaisia telamalleja lukuisiin eri puunkorjuun sovelluksiin eripuolille maailmaa. Clark Tracks on harjoittanut metsäkoneisiin asennettavien telojen valmistusta yli 25 vuotta ja yhtiö on saavuttanut vankan maineen metsätelojen yhtenä parhaana valmistajana. Clark Tracksin tarjoamat telamallit soveltuvat haastaviin olosuhteisiin, kuten jyrkkiin rinteisiin, pehmeille turvemaille, kivikkoon, syvään lumeen ja muihin erikoiskohteisiin. (Clark Track. 2017.)



KUVA 11. Clark Tracks kantava tela (Clark Tracks 2017)

### **Olofsfors**

Olofsfors-metsäkonetelat ovat olleet markkinoilla koneellisen puunkorjuun alkuajoista lähtien. Olofsforsin taival on alkanut ensin metsätöissä käytettävistä maataloustraktoista, joissa sen tuotteita käytettiin puoliteloina. Vasta myöhemmin se siirtyi valmistamaan teli- ja pyöräteloja, tavaralajimenetelmässä käytettäviin varsinaisiin metsäkoneisiin. Olofsfors-metsäkonetelat ovat tuotteena markkinajohtajia maailmassa. Tuotteita on kehitetty pitkäjänteisessä yhteistyössä kone- ja rengasvalmistajien sekä koneyritysten kanssa. Metsätyö Oy toimii Suomessa Olofsfors Ab:n metsäkonetelojen maahantuojana ja markkinoijana. (Metsätyö. 2017.)



KUVA 12 Olofsfors kantava tela (Metsätyö 2017)

## Koneosapalvelu Kopa-Kaivuritela

Koneosapalvelu toimii puutavaran käsittelyyn liittyvien laitteiden ja varaosien valmistajana. Vuonna 2016 syksyllä Koneosapalvelu toi markkinoille aivan uudenlaisen metsäkonetelan. Telalappu pohjautuu kaivurista tuttuun telalappumuotoon ja se soveltuu erityisesti pehmeille maille ja kelirikko-olosuhteisiin. Suurella kantopinta-alalla saavutetaan matala pintapaine. Leveän, tasaisen telakengän ja telakenkien kapean välin ansiosta yhtä aikaa maahan kosketuksessa olevan telaketjun pinta-ala on suurempi kuin millään muulla metsäkone-telalla. (Aliranta 2017.)



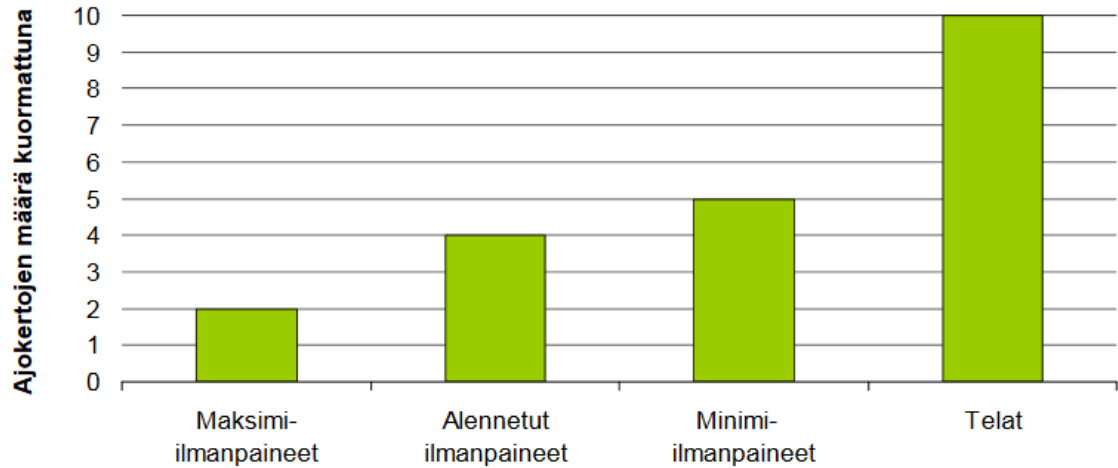
KUVA 13. KOPA – kaivuri telakenkien väli on alle 2 cm eli huomattavasti pienempi kuin perinteisissä metsäkoneteloissa (Koneosapalvelu 2017)

### 3.1.1 Koneiden rengasvalinnat

Nykypäivän metsäkoneet ovat lähes poikkeuksetta 6- tai 8-pyöräisiä. Pehmeille maille on suositeltavaa mennä 8-pyöräisellä metsäkoneella, koska painojakauma jakautuu tasaisemmin sekä pintapaine on pienempi, mikä taas parantaa kantavuutta. Koneissa käytettävillä renkailla on vaikutusta koneiden maastokelpoisuuteen ja kantavuuteen. Merkittävimmät tekijät ovat renkaiden määrä, profiili, ja käytettävä ilmanpaine. Myös renkaiden leveydellä on iso merkitys, yleisimmät rengasleveydet ovat 600 mm, 700 mm, 800 mm, ja jopa 900 mm. Suurin kantavuus saavutetaan luonnollisesti leveimmällä 900 mm:llä renkaalla, mutta yleisimmin käytössä on 700-800 mm leveät renkaat. Markkinoilla on myynnissä keskitettyjä renkaiden paineiden säätöjärjestelmiä. Metsäkoneessa järjestelmät eivät kuitenkaan ole yleistyneet.

Metsäteho Oy toteutti yhteistyökumppaneineen tutkimuksen 2010, jossa selvitettiin metsäkoneiden varustamisen vaikutuksia koneiden maastokelpoisuuteen heikosti kantavien maiden puunkorjuussa sulanmaan aikana. Tutkimuksessa tarkasteltiin erityisesti renkaiden ilmanpaineiden ja telojen vaikutusta korjuun maastovaurioihin. Tutkimuksessa oli koneita useammalta konevalmistajalta, koneiden koko vaihteli kevyemmästä keskiras-kaaseen. Tutkimusleimikko oli korpikuusikko Pälkäneellä UPM Metsän mailla. Tutkimuksessa pystyttiin osoittamaan rengaspaineiden säätelyn merkitys. Raidepainumat pienenevät, kun hakkuu- ja ajokoneiden renkaiden ilmanpaineita alennettiin. Hakkuukoneilla, joihin oli laitettu telat, raidepainumat olivat samalla tasolla kuin hakkuukoneilla, joihin oli säädetty minimi-ilmanpaineet. Kuormatraktorissa, jonka renkaiden ilmanpaineita oli alennettu, pystyttiin ajokertoja ajamaan enemmän samasta kohdasta. Raiteen keskisyvyyteen rengaspaineiden alentamisella ei kuitenkaan ollut merkittävää vaikutusta. Suurempi merkitys muodostui havituksen onnistumisella. (Metsätehon 2010 ja Kärhä 2014a.)

## Renkaiden ilmanpaineiden vaikutus kuormattuna-ajokertojen määrään



*Kuormakoko 9,3 tonnia.*

KUVA 14. (Metsäteho 2010)

Metsätehon tutkimuksessa käytetyt rengaspaineet ovat olleet minimipaineiden osalta Nokian Renkaan takuuohjeiden vastaiset. Tutkimuksessa oli käytetty ns. peltopaineita. Rengasvalmistaja ei anna takuita renkaille, mikäli ns. peltopaineilla ajetaan metsäkäyttöä. Rengaspaineiden alentamisella pystytään parantamaan metsäkoneiden maastokelpoisuutta jonkin verran. Hyvistä kokemuksista huolimatta alennettua rengaspainetta on vaikea hyödyntää turvemaiden puunkorjuussa. Käytännössä turvemaolosuhteissa joudutaan heikon kantavuuden takia poikkeuksetta käyttämään teloja. Matalapaineinen rengas myös vaurioituu herkemmin, mikä rajaa sen käyttökohteita. Markkinoilla olevien, melko kalliiden ja metsäoloissa vikaherkkien automaattisen rengaspaineiden keskussäätölaitteiden hankinta metsäkoneisiin ei ole kannattavaa. (Kärhä 2014a.)



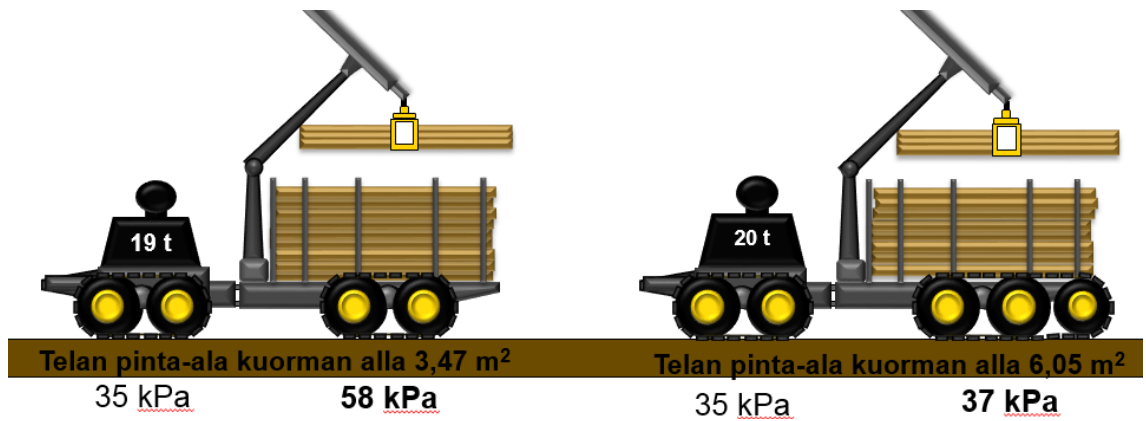
## 3.2 Metsäkonevalmistajien ratkaisuja nykypäivänä

### 3.2.1 Ponsse

Ponssien ratkaisu pehmeiden maiden puunkorjuuseen on kuormatraktoriin saatava lisäpyörästö, eli niin sanottu kymmenes pyöräpari. Kuormatraktorista saadaan 10-pyöräinen asentamalla 8-pyöräisen kuormatraktorin takarungolle lisäakseli. Lisäakseli mahdollistaa pidempien telojen käytän takana. Ratkaisu kasvattaa kantopinta-alaa. Pehmeällä maalla viimeinen akseli voidaan painaa hydraulisesti alas, jolloin maata vasten oleva telamaton pinta-ala kasvaa ja pintapaine on pienempi. Kovalla alustalla viimeinen akseli nousee hydraulisesti ja koneen ketteryys paranee (kts.kuva 13). Ponsse 10w on saatavilla kiinteällä akselilla Ponsse Wisent- kuormatraktoriin ja hydraulisesti toimivalla lisäakselilla Ponsse Elk ja Buffalo- malleihin.



KUVA 15. Ponssien ratkaisu pehmeiden maiden korjuuseen, Ponsse 10w (Moilanen 2017)



KUVA 16. 8-pyöräisen ajokoneen pintapaine on yli 50 % suurempi kuormatilan alla kuin 10-Pyöräisen (Moilanen 2017)



Kuva 17. Ponsse Buffalo 10W kavennetulla kuormatilalla sekä 1100 mm kaivuriteloilla varustettuna. Koneen leveys 3.20 m (Salo 2017)

Hakkuukoneissa Ponssen tarjoamia ratkaisuja ovat kahdeksanpyöräiset hakkuukoneet. Erityisesti Ponsse Fox sopii 8-pyöräisyytensä ja alhaisen pintapaineensa ansiosta pehmeiden maiden korjuuseen. Fox on Ponssen harvesterimallisarjan toiseksi kevein hakkuukone. Kone pystytään varustamaan kantavilla teloilla, jolloin pintapaine on matala. (Ponsse Oyj ja Kauhanen 2017)

### **3.2.2 John Deere**

John Deerellä on tarjolla muutamia ratkaisuja pehmeiden maiden puunkorjuuseen. Pienemmän ja kevyemmän luokan 8-pyöräistä kuormatraktoria edustaa 810E, joka on tehokas ja ketterä kone pehmeille työmaille. Kone pystytään varustamaan leveillä pyörillä ja useilla erilaisilla telavaihtoehdoilla. Koneen omapaino valmistajan ilmoittamana on alkaen noin 13 000 kg.

Isomman sarjan kuormatraktoreista John Deeren vastaus pehmeiden maiden korjuuseen on 1210G ja 1510G. John Deere 1210G:ssä ja 1510G:ssä on tarjolla pitkätelinen versio eli niin kutsuttu (LGP) Low Ground Pressure takateli. Pitkätelisen kuormakoneen takatelin napaväli on 1890 mm eli 390 mm pidempi kuin vakiomallissa. Teli on myös tasapainottamaton, millä ehkäistään ”sukeltamistaipumus”. Pitkätelinen ratkaisu toimii sekä normaaleilla maapohjilla että pehmeillä alustoilla. Suuremman kantopinta-alansa ansiosta pintapaine on 15 % alhaisempi kuin vastaavassa lyhyttelisessä versiossa. John Deere 1210G:n omapaino on 6-pyöräisenä 16 200 kg ja kantavuutta kuormatraktorilla on 13 000 kg. John Deere 1510G:n omapaino on 18 300 kg ja sen kantavuus on 15 000 kg.

Harvestereista omimmillaan pehmeillä mailla on 6-pyöräinen 1070 EiT4. Kone voidaan varustaa kantavilla teloilla ja pyörätelaparilla sekä joukkokäsittelyllä hakkuupäällä. John Deere tarjoaa isompia harvestereitaan 8-pyöräisenä, jolla saavutetaan suurempaa kantopinta-alaa ja matalampaa pintapainetta. (John Deere Oyj ja Seppi 2017.)

### **3.2.3 Komatsu**

Komatsu markkinoi pehmeiden maiden korjuuseen 8-pyöräisiä harvestereitaan, sekä kevyemmän luokan kuormatraktoria 835:sta. Komatsu 835:n omapaino on noin 16000 kg, se on kahdeksanpyöräinen sekä edustaa Komatsun pienintä ajokonetta. Kokoluokaltaan se kilpailee Ponssen ja John Deeren pienimpien ajokoneiden kanssa samassa sarjassa. (Komatsu Forest 2017.)



### 3.2.4 Pro Silva

Pro Silva tarjoaa ainoana suomalaisena metsäkonevalmistajana puhtaasti pehmeiden maiden korjuuseen soveltuvaa korjuukalustoa. Sekä harvesteri että kuormatraktori pystytään varustamaan 800-900 mm leveillä rautaisilla ja tiheillä kaivinkoneen teloilla. Telalappujen reunat ovat pyöristetty, jotta maaston pinta ei rikkoutuisi. Kuormatraktori Pro Silva F2/2:n kosketuspinta-ala on 900 mm telalapuilla 5,4 m<sup>2</sup>. Telarungot kallistuvat maaston mukaan pitkittäin ja poikittain. Kuormatila on varustettu jousituksella, jolla saavutetaan vähemmän kuljettajaa ja koneen runkoon kohdistuvaa räsitusta. Aktiivinen kuormatilan jousitus myös siirtää kuorman painon kantavampaan kohtaan, esimerkiksi kannon päälle noustessa. Kuormatraktori voidaan myös varustaa pyörävarustuksella sekä telavarustuksella. Tällöin eturunkoon tulee pyöräpari ja takarunko on varustettu kiinteällä kaivuritelostolla. Pro Silvan hakkuukoneet voidaan varustaa samalla tavalla kuin Pro Silvan Kuormatraktorit. Kiinteiden kaivuritelosten ongelma on kivennäismaakohteet. Kivisyys ja kovat alustat tuottavat hankaluutta epävakauden ja huonon sivuttaispidon takia. (Karilainen 2017.)



KUVA 18. (Forest-Linna Oy 2017)

### 3.2.5 Jälkiasennukset

Metsäkonevalmistajat, koneyritykset ja yksityiset metallipajat ovat kehittäneet uusia ratkaisuja pehmeiden maiden korjuuseen. Ratkaisut asennetaan lisävarusteena tai metsäkoneen rakennetta muokkaamalla. Lisävarusteisiin kuuluu Metsäurakointi Piirainen Oy:n kehittämä Wetla track telastoratkaisu. Telastoratkaisu asennetaan suoraan koneen omiin pyörän napoihin. Telojen suuri kontaktipinta-ala pienentää pintapainetta ja lisää vetokykyä. Telojen maahan kohdistuva pinta-ala on 8 m<sup>2</sup>, mikä lisää merkittävästi pitoa, ja mahdollistaa pehmeiden maiden lisäksi työskentelyn rinteissä. (Lähienergia 2010.)



KUVA 19. Wetla track- telat on asennettu Valmet 901.1 harvesteriin (Lähienergia 2010)

Pienyrittäjän ja metallipajan yhteistyönä on valmistunut kuusipyöräisestä John Deere 1070 kahdeksanpyöräinen harvesteri. Muutostyön on toteuttanut Esan Paja Oy. Muutostyön ansiosta nykymittapuun tehokkaasta harvesterista on saatu telavarustelulla erittäin matalan pintapaineen omaava tehokas pehmeiden maiden korjuukone.



KUVA 20. Pienemmän yrittäjän ja metallipajan yhteistyönä on toteutettu John Deere 1070 muutostyö, jossa koneeseen on lisätty takapäähän teli (Väkeväinen 2017)

Metsä ja Metalli Jani Karvanen rakensi 2014 Valmet 860 s2 peruskoneesta 12-pyöräisen pehmeiden maiden erikoiskoneen. Peruskoneen runkoon rakennettiin kaksi pyöräparia lisää, muokattiin lisäakseleiden ohjaus- ja telankiristysmekanismia. Pehmeällä maalla teloja pystytään kiristämään napista painamalla, jotta saavutetaan riittävän suuri pito pyörän ja telan välille sekä saavutetaan telojen tasainen kantavuus. Kantavalle maalle tultaessa teloja löylytetään koneen kulun helpottamiseksi. Koneen työpaino on 30 000 kg, telojen leveys takana on 1300 mm ja edessä 1050 mm. Näillä lisävarusteilla koneen kantavuuspinta-ala on noin 8,4 m<sup>2</sup> etuvaunun osalta ja takavaunun osalta 10,4 m<sup>2</sup>. Koneen kehitystyö on edelleen kesken, mutta ”suohirviö” on työskennellyt onnistuneesti vuoden 2016. Metsä ja Metalli Jani Karvasella on ajatuksena rakentaa toinen ”suohirviö” urakointikäyttöön. (Karvanen 2017).





KUVA 21. Metsä ja Metalli Jani Karvanen Tmi on kehittänyt ja patentoinut valmet 860 s2:sta, 12- pyöräisen täysteloitetun pehmeiden maiden erikoiskoneen (Suohirviö 2017)

### 3.2.6 Pienemmät valmistajat

Valtamerkkien ulkopuolelta löytyy pienempiä metsäkonevalmistajia, joilla on tarjolla pehmeille maille soveltuvia koneita. Nelipyöräiset hakkuukoneet **Rottne** ja **Sampo-Rosenlew** tarjoavat keveytensä puolesta erinomaisia ratkaisuja pehmeiden maiden korjuuseen. Harvestereiden kokoluokka asettuu 9 tonnin luokkaan. Molemmat konemerkit edustavat niin sanottua hakkuu-uramenetelmää. Sopivalla rengas sekä tela- tai ketjuvarustuksella koneista saadaan huomattavan matalalla pintapaineella kulkevia hakkuukoneita. Molemmilta malleilta löytyy myös kuormatraktori, jonka paino on alkaen 13 000 kg. Kuormankantokapasiteetti molemmilla koneilla 10 000-13 000 kg.

Markkinoilta löytyy myös muutamia yhdistelmäkoneita. Yhdistelmäkoneella tarkoitetaan konetta, jolla on mahdollista suorittaa hakkuu- ja ajo tapahtuma samalla koneella. Tämän merkiksiä koneita ovat muun muassa **LogBear**, **Entracon** ja **Jarcrac**. Koneiden kokonaispainot asettuvat välille 4000–9000 kg ja kantavuudet ovat 4000–7500 kg. Näiden koneiden keveyden tuoma etu turvemailla heikkenee pieneen kuormakokoon sekä ajokertojen suureen määrään. Pienen tuottavuuden takia koneiden käyttö Suomen puunkorjuussa on vähäistä.

### 3.3 Metsäkonevalmistajien tulevaisuuden ratkaisuja

Ruotsalainen tutkimuslaitos Skogforsk on aloittanut kaksi tutkimusprojektia, joissa kuormatraktoreihin on asennettu täyskumiset telastot. Tarkoituksena on tutkia kumitelaston maastoystävällisyyttä sekä vaikutusta kuljettajan ajomukavuuteen. Talven 2015-2016 aikana tutkimuksessa oli käytetty Komatsu 845- kuormatraktorista muokattua yksilöä. Koneeseen oli asennettu normaalien telien paikoille BAE Systems Högglunds- valmisteiset kumitelastot. Kumitelat toimivat kuten perinteinen tela, eli sallivat telaston keinumisen. Syksyllä 2016 tutkimusta laajennettiin Ponsse Buffalo- kuormatraktoriin, johon asennettiin päistään kiinteästi runkoon liitetyt telastot, joiden välipyörästä on itsenäisesti keinuva. Tässä projektissa OnTrack-telaston oli toteuttanut Konstholmen AB. Kumitelastojen vaikutusta maaperän kulumiseen tutkitaan ja verrataan perinteisen kuormatraktorin pyörien rautateloihin. Kumitelastojen käytöllä pyritään vähentämään maaperään syntyviä uria ja vaurioita sekä lisätä kuormatraktorin tuottavuutta ajonopeuden nostamisella. Tutkimuksessa myös tutkitaan kumitelaston elastisuuden vaikutusta kuljettajaan kohdistuviin värinäarvoihin. Kumitelastoratkaisut metsäkoneessa eivät ole uusi asia, mutta nykyaikaisessa metsäkoneessa kumitelastoja ei ole ollut. Uuden konetyypin arvioidaan täydentävän pyöreealustaisten koneiden korjuuta. (Koneviesti 2016 ja Björheden 2016.)



KUVA 22. (Ponsse 2017)



#### 4 Korjuun ohjeistus

Turvemaiden korjuun- ja leimikon suunnittelussa on erityisen tärkeä kiinnittää huomiota ojien, maastomuotojen ja pehmeiköiden huomioimiseen ennen varsinaisen hakkuun aloittamista. Jo pelkästään tarkkojen karttojen ja puustotietojen perusteella pystytään määrittämään korjuukelpoisuutta ja ajourien sijaintia. Näiden avulla voidaan määrittää ilman maastokäyntiäkin mahdolliset hakkuussa vältettävät kohteet, mahdolliset kokoojaurien sijainnit, kivennäismaiden hyödyntäminen maastokuljetuksessa sekä suunnitella ajouraverkosto mahdollisimman kustannustehokkaaksi. (Suomen metsäkeskus 2014.)

Korjuukohteen puuston määrä vaikuttaa kantavuuteen sekä suoraan, että välillisesti. Turvemailla kasvavan puuston juuristo on lähempänä maanpintaa ja jakautunut laajemmalle alueelle kuin kivennäismailla. Pintakasvillisuuden ja puuston juuristo parantavat korjuukohteen kantavuutta. Puuston määrällä on suora vaikutus myös pohjaveden pinnan tasoon. Kun puustoa on tarpeeksi se haihduttaa enemmän vettä ja pitää pohjavedenpinnan syvemmällä. Puuston määrä leimikolla heijastuu suoraan käytettävässä olevaan hakkuutahteiden määrään, millä taas pystytään vahvistamaan ajourien kantavuutta. Mikäli lähtöpuuston määrä ylittää Etelä-Suomen osalta 170 m<sup>3</sup>/ha ja Pohjois-Suomen osalta 150 m<sup>3</sup>/ha, on edellytyksiä ympärivuotiselle korjuulle. Erityisesti koivun hakkuukertymä nostaa turvemaanharvennuksen kesäkelpoisuutta, kantavan latvuksensa ansiosta. Metsäkuljetus turvemailla on suunniteltava mahdollisimman lyhyeksi. Mikäli kuljetusmatka turvemaan kesäkorjuussa on yli 300m, leimikon korjuu on mahdollista lohkomalla se kesä- ja talvikorjuulohkoiksi, tai tekemällä välivarastoja leimikkoon ja ajamalla ne talvella tienvarsivarastoon. (Kärhä 2014b ja Suomen Metsäkeskus 2014.)

Suometsien korjuuolosuhteet ovat parhaimmillaan vähäsateisina aikoina, yleisesti loppukesän aikaan. Loppukesällä myös haihdunta on voimakkainta. Korjuun ohjeistuksessa turvemailla on suositeltavaa toteuttaa normaalia leveämpiä ajouria (4,5-5,5m), jotta vältytään puustovaurioilta, ja tarvittaessa voidaan ajaa eri raiteita. (Kärhä 2014b ja Suomen Metsäkeskus 2014.) Tarkoituksenmukaisella suunnittelulla ja konetyöskentelyllä voidaan vähentää maastovaurioiden syntymistä, ehkäistä kiinni jäämistä ja parantaa korjuun onnistumista. (Metla työraportti 80, 2008)

Alle on koottu kaavion, jonka avulla voidaan tutkia, onko turvemaaleimikolla kesäkorjuu edellytykset. Mikäli kaikki kaavion kohdat täyttyvät on leimikko todennäköisesti kesäkorjuukelpoinen.

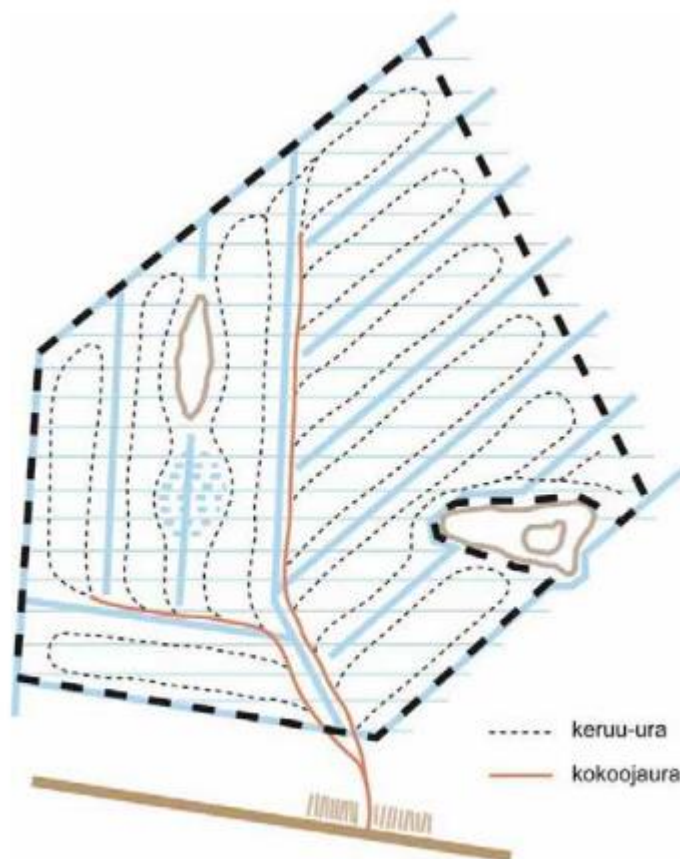


KUVIO 1. (Salo 2017)

#### 4.1 Korjuun suunnittelu hakkuukonetyöskentelyssä

Hakkuukoneen kanssa on harvemmin kantavuusongelmia, koska se kulkee ajouralla vain yhden kerran. Hakkuukone tulee varustaa kantavalla suovarustuksella, jottei suon pinta rikkoutuisi. Mikäli hakkuukone rikkoo maanpinnan, tulee koko toimintaketjussa ongelmia. Hakkuukoneen kuljettaja tekee päätöksiä, joilla vaikutetaan suuresti koko leimikon korjuuolosuhteisiin. Hakkuu tulee toteuttaa metsäkuljetusta silmällä pitäen.

Turvemaiden puunkorjuussa vakavia kantavuusongelmia esiintyy usein hakkuun aikana vain pienellä osalla leimikkoa. Tällaisia kohtia ovat kartassa ilmenevät pehmeiköt, ojien ylityspaikat, purojen notkot, varastolle johtavat useasti ajettavat urat tai muut pienialaiset heikon kantavuuden omaavat kohdat. Jos kantavuus on erityisen heikko tai urakuormitus on hyvin suuri leimikon jossain osassa, on suositeltavaa vahvistaa jo hakkuuvaiheessa näitä kohtia. Helpon uran vahvistaminen tapahtuu täydellisellä havutuksella, jolloin hakkukoneen kuljettaja tuo mahdollisimman paljon hakkuutähteitä uralle. Todella pehmeisiin paikkoihin hakkuu-uran alle voi laittaa kuitupuupölkköjä.



KUVA 23. Ajourasuunnittelu esimerkki (Högnäs & Kärhä 2009)

Erityisen tärkeää on myös suunnitella ajouraverkosto siten, että kokoojaurat sijoitetaan leimikon kantavampiin kohtiin. Ajourista tulee tehdä myös riittävän leveät ja mahdollisimman suorat, erityisesti on varottava tekemästä s-mutkia. Ajourien risteysalueet pitää suunnitella siten, että kuormatraktorilla on mahdollisuus kääntyä molempiin suuntiin. Laajat t-risteykset ovat ajokoneen kannalta parhaimpia. Hakkukoneen kuljettajan tulee kiinnittää huomiota kantojen korkeuteen, erityisesti uralle ja risteysalueille jäävät kannot

tulee sahata mahdollisimman matalaksi, jotta kuormatraktorin painopistekuorma ei kohdistu vain toiselle puolelle raidetta ja puhkaise maanpintaa. (Metla työraportti 80, 2008 ja Suomen Metsäkeskus 2014.)

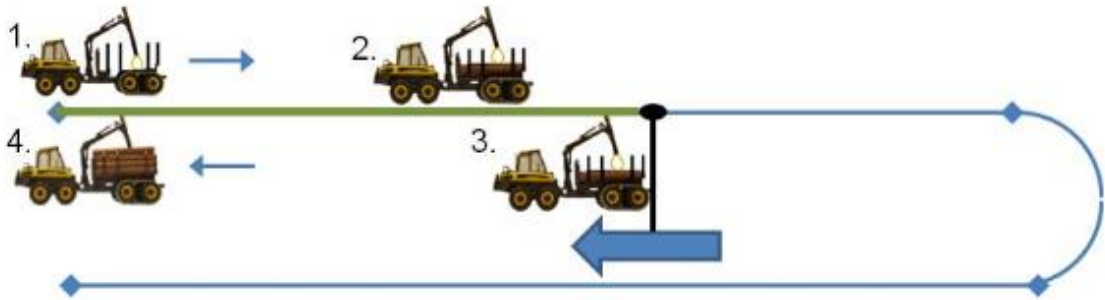
#### **4.1.1 Korjuun suunnittelu ajokoneessa**

Kuormatraktori on se, joka useimmiten aiheuttaa pehmeiden maiden korjuussa korjuuvauriot. Huonosti suunniteltu ajouraverkosto, väärä korjuuajankohta, epäsojiva korjuukalusto, ammattitaidoton kuljettaja ja väärät työskentelytavat ovat yleisimpiä syitä, joiden takia korjuujälki kärsii.

Yleinen tapa selviytyä pehmeiden maiden metsäkuljetuksesta on kuormakoon pienentäminen. Kiinnijuttumista ja urapainumia ajatellen se onkin todennäköisesti hyvä keino. Kuormakoon pienentäminen kuitenkin lisää ajokertojen määrää ja tällöin koneen omapaino ja kuorman koko rasittavat uran kuormitusta. Tutkimuksissa (Högnäs 1985 ja Asmuntin maastokoe) ja käytännössä (metsäkoneurakoitsija haastattelut 2017) on todettu, että usein ura kestää paremmin yhden täydellä kuormalla ajon kuin useamman vajaalla kuormalla ajon.

Niissä tilanteissa, kun mietitään pitäisikö ajoura tyhjentää yhdellä ajokerralla ajamalla monilajikuorma, vai ajaa useampi pienempi kuorma, korostuu kuormatraktorin kuljettajan ammattitaito. Kuormatraktorin kuljettajan ammattitaito korostuu muutenkin pehmeillä mailla toimittaessa. Kuljettajan on syytä miettiä ajourien ajokerrat mahdollisimman loogisesti, jotta ajokertoja tulisi mahdollisimman vähän heikosti kantaville urille. Myös ajo eri ajolinjaa pitkin edesauttaa korjuun onnistumista, tällöin hakkuukoneen kuljettajan on pitänyt tehdä ajourista riittävän leveät. Kuormatraktorin kuljettaja voi vaikuttaa ajourien risteyksiin tuleviin painumiin tuomalla hakkuutähteitä tai laittamalla kuitupuupölkkyjä risteyksen raiteisiin, ennen kuin raiteita pääsee muodostumaan. Mikäli metsäkuljetuksessa alkaa muodostua ajourapainumia tai korjuun onnistuminen on muuten epätodennäköistä, on kuormatraktorin kuljettajan otettava yhteyttä korjuusta vastaavaan toimihenkilöön ja keskeytettävä metsäkuljetus. Korjuun lopetus on tällöin perusteltua, järkevää ja tällä tavoin pystytään varmistamaan hyvä korjuujäljen taso sekä pehmeiden maiden korjuun maineen säilyminen (Kärhä 2014b ja Metla työraportti 80, 2008).

Kuljetusmatkaa minimoiva työtekniikka säästää työaika, maastoa ja kustannuksia. Kuormaus on syytä aloittaa peruuttamalla ajouraa pitkin samalla kuormaten vähemmistöpuulajeja, kunnes ajosuuntaa vaihdetaan ja kuormataan kuorma täyteen toiseen suuntaan mentäessä. Toinen vaihtoehto on ajaa ura kerralla tyhjäksi kiertämällä koko lenkki keräämällä sekakuorma. Lajittelupankot nostavat tuottavuutta ja helpottavat kuormatorkin kuljettajan työtä.



KUVA 24. (Metla 2013)

#### 4.1.2 Toimihenkilön rooli korjuusuunnittelussa

Toimihenkilö on avainasemassa koneellisen puunkorjuun suunnittelussa pehmeillä mailla toimittaessa. Leimikon huolellinen suunnittelu edesauttaa korjuun onnistumista. Maastossa ja toimistolla tehtävät suunnittelutoimenpiteet kuten kokoojauran sijoittaminen kantavalle maalle, pehmeikköjen ja vähäpuustoisten alueiden pois rajaaminen leimikosta, sekä kuvioden lohkominen kesä- ja talvikorjuukuvioiksi edesauttavat korjuun onnistumista. Myös varastopaikkojen hajauttaminen vähentää ajokertojen määrää yksittäisillä kokoojaurilla. (Kärhä 2014b.)

Korjuun oikean ajankohdan määrittäminen on erityisen tärkeää. Kesäkorjuussa tulee hyödyntää kuivia ajankohtia. Talvella suoritettava hakkuu ei vaadi kovin suurta suunnittelua, mutta jos kyseessä on erittäin haasteellinen kohde, on syytä suorittaa mahdollisia ennakoitavia toimenpiteitä. Näitä ovat muun muassa ennakkoon tiestön jäädyttäminen, pengerteiden teko ja ajouraverkoston polkeminen kevyemmällä kalustolla. Maastossa tapahtuva korjuuolosuhteiden toteaminen ennen korjuun aloitusta on tärkeää. Toimihenkilön tulee panostaa korjuuohjeistukseen erityisen paljon, jotta hakkuutyöskentely olisi helppompaa. Korjuun onnistumisen kannalta tärkeää on, että hakkuukone ei ole päässyt ”kar-

kuun” kuormatraktorilta. Kuormatraktorin ei suositella olevan kahta päivää enempää hakkuukonetta perässä, koska olosuhteiden muutos, esimerkiksi rankkasade vaikuttaa maastokuljetukseen merkittävästi. (Kärhä 2014b ja Metla työraportti 80, 2008).

Metsänomistajan tavoitteiden kuuntelu ja korjuussa mahdollisesti tapahtuvien korjuuvaurioiden kertominen ennen korjuun aloittamista, on toimihenkilön vastuulla. Turvemailla toimittaessa kannattaa sinne mentäessä suorittaa kaikki toimenpiteet kerralla. Leimikko on suositeltavaa hakata siten, että sinne mentäisiin seuraavan kerran vasta päätehakkuvaiheessa. Myös mahdolliset kasvatuslannoitukset ja ojien aukaisut tulee suorittaa kerralla. (Kärhä 2014b)

#### **4.2 Hyvä suunnittelu antaa edellytykset korjuun onnistumiseen**

Jotta korjuu saadaan onnistumaan pehmeillä mailla, tulee koko hankintaketjun kaikkien toimijoiden noudattaa tarkkoja ohjeita. Koko hankintaketjussa tulee olla korkea ammattitaito ja ketjun tulee tehdä saumatonta yhteistyötä. Toimihenkilön ja hakkuukoneen kuljettajan tulee huolella suunnitella koko hankintaketju. Koneurakoitsijan kaluston tulee olla varustettu pehmeiden maiden korjuuseen sopivalla varustelulla. Koko hankintaketjun tulee ymmärtää, että pehmeillä mailla toimitaan ääriolosuhteissa, eikä tällöin tavoitella maksimaalista rahallista hyötyä vaan jatkuvaa ja kausiluonteista poistavaa työtä.

## 5 Haastattelututkimus korjuuyrittäjille

### 5.1 Teemahaastattelu

Teemahaastattelu sijoittuu lomakehaastattelun ja avoimen haastattelun väliin. Haastattelu ei etenee tarkkojen, yksityiskohtaisten, valmiiksi muotoiltujen kysymysten kautta vaan väljemmin kohdentuen tiettyihin ennalta suunniteltuihin kysymyksiin. Teemahaastattelu on astetta strukturoidumpi kuin avoin haastattelu, sillä siinä aiempien tutkimusten ja aihepiirin tutustumisen pohjalta valmistellut aihepiirit, teemat, ovat kaikille haastateltaville samoja, vaikka niissä liikutaankin joustavasti ilman tiukkaa etenemisreittiä. Teemahaastattelussa pyritään huomioimaan ihmisten tulkinnat. Ihmisten vapaalle puheelle annetaan tilaa, vaikka ennalta päätetyt teemat pyritään keskustelemaan kaikkien haastateltavien kanssa. Teemahaastattelussa pyritään keskustelemaan teemoista ja alateemoista varsin vapaasti. Teemahaastattelun suosio perustuu esimerkiksi siihen, että vastaamisen vapaus antaa oikeuden haastateltavien puheelle. Lisäksi teemoihin kohdistunutta haastattelua on suhteellisen helppo ryhtyä analysoimaan teemoittain. Teemahaastattelun tutkimukseen osallistuvien tulee olla sellaisia ihmisiä, joilta arvellaan parhaiten saatavan aineistoa kiinnostuksen kohteena olevista asioista. (Eskola & Suoranta 2000, 86–87.)

Toteuttamani teemahaastattelut olivat keskustelunomaisia tilanteita, joissa käytiin läpi ennalta suunniteltuja teemoja. Teemojen käsittelyjärjestys oli melko vapaa, mutta pyrin siihen, että kaikkien haastateltavien kanssa käsiteltiin samat aiheet. Teemojen laajuus vaihteli haastateltavan mukaan, osalla koneyrittäjistä ei ollut kokemusta tietyistä teemojen aiheista. Haastattelutilanteet pyrin pitämään mahdollisimman häiriöttöminä. Tehdyissä haastatteluissa välineistö koostui pelkästään sanelimesta ja muistiinpanovälineistä sekä teemahaastattelun kysymyspaperista. Muistiinpanot koostuivat pitkälti ranskalaisista viivoista, joiden avulla päästiin helpommin koostamaan tärkeämpiä asioita varsinaisen tulosten tutkintavaiheessa. Haastatteluissa pyrin siihen, että puhe ei etenisi suoraan paperista seuraavaa kysymystä lukemalla, vaan keskustelunomaisesti. Mikäli keskustelu ei tuonut tietylle teemalle suoranaista hyötyä, jätin sen käsittelyn vähäisemmäksi. Teemahaastattelun ajankohta oli vasta varsinaisen opinnäytetyön teoriaosuuden kirjoittamisen jälkeen. Tällä varmistettiin huolellinen aihepiiriin perehtyminen ja taustatekijöiden tunteminen. Haastatteluiden kesto vaihteli 40 minuutista aina kolmeen tuntiin.

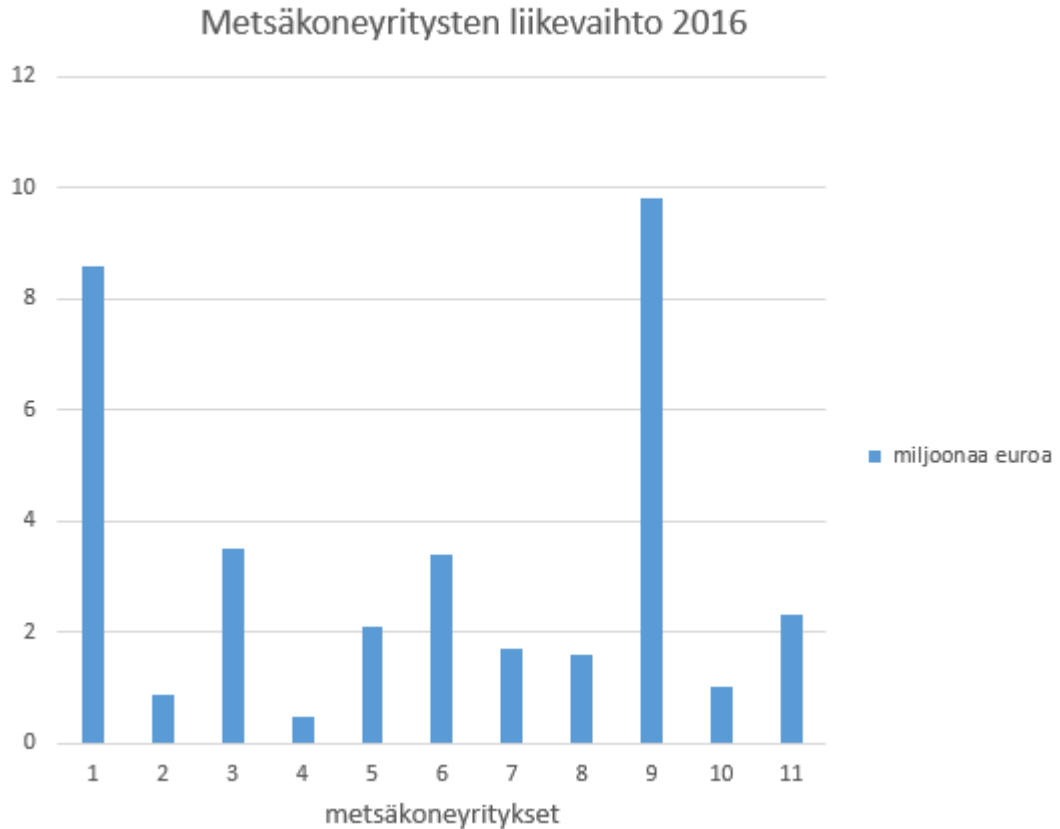
Teemahaastatteluiden perusteella teemojen koostaminen lopputuotokseen oli aikaa vievää. Koostettavaa haastattelumateriaalia muodostui paljon. Vastauksia koostaessa koitin varmistaa, ettei lopputuotoksesta pysty erottamaan yksittäisen vastaajan vastausta. Ennen haastatteluita mainitsin, että vastaukset käsitellään siten, että yksittäisten haastateltavien vastauksia ei pysty lopputuotoksesta erottamaan. Tällä pyrin siihen, että haastateltavalla oli mahdollisuus tuoda oma näkemyksensä vapaasti esille.

## 5.2 Lähtökohdat

Kyselytutkimus pehmeiden maiden korjuusta korjuuyrittäjille toteutettiin Metsä Groupin pyynnöstä. Yhteyshenkilönä toimi Mikko Välikoski Metsä Groupista. Kyselytutkimus suoritettiin teemahaastatteluina koneyrittäjien toimipisteessä ja osin puhelinhaastatteluina. Haastateltavat korjuuyrittäjät määritti Metsä Group. Kyselytutkimuksen ajankohta oli 1.3.–25.4.2017. Metsäkoneurakoitsijoiden haastatteluun vastasi 11 urakoitsija. Alustavasti oli tarkoitus haastatella myös jokaisen koneyrittäjän kuljettajia, mutta tästä luovuttiin vastauksien samantapaisuuden ja saavutetun vähäisen hyödyn takia. Kysymyksien teemat käsitelivät telaratkaisuja ja niiden käytettävyyttä, kokemuksia eri telamerkeistä sekä opinnäytetyötä tehdessä esiinnousseista teemoista (kts. Liite.1). Haastattelun teemat olivat koneyrittäjille ajankohtaisia ja saadut vastaukset hyvin samankaltaisia.

Koneyrittäjät, jotka haastatteluun valikoituivat toimivat Metsä Groupin sopimusurakoitsijoina. Yrittäjien konekaluston määrä vaihteli muutaman koneen yrityksestä aina Suomen suurimpiin metsäkoneyrityksiin. Kuvio 2 selventää haastateltavien metsäkoneyritysten kokoa liikevaihdon näkökulmasta. Konekaluston valmistajalla ei haastattelussa ollut merkitystä. Yrittäjien konekaluston merkkien vaihtelu oli kuitenkin monipuolista. Lähes poikkeuksetta koneyrityksen omistaja oli haastateltava. Kokemus metsäalasta haastateltavilla oli vähintään 15 vuotta ja haastateltavat olivat toimineet pääsääntöisesti yrittäjänä suurimman osan tästä ajasta.

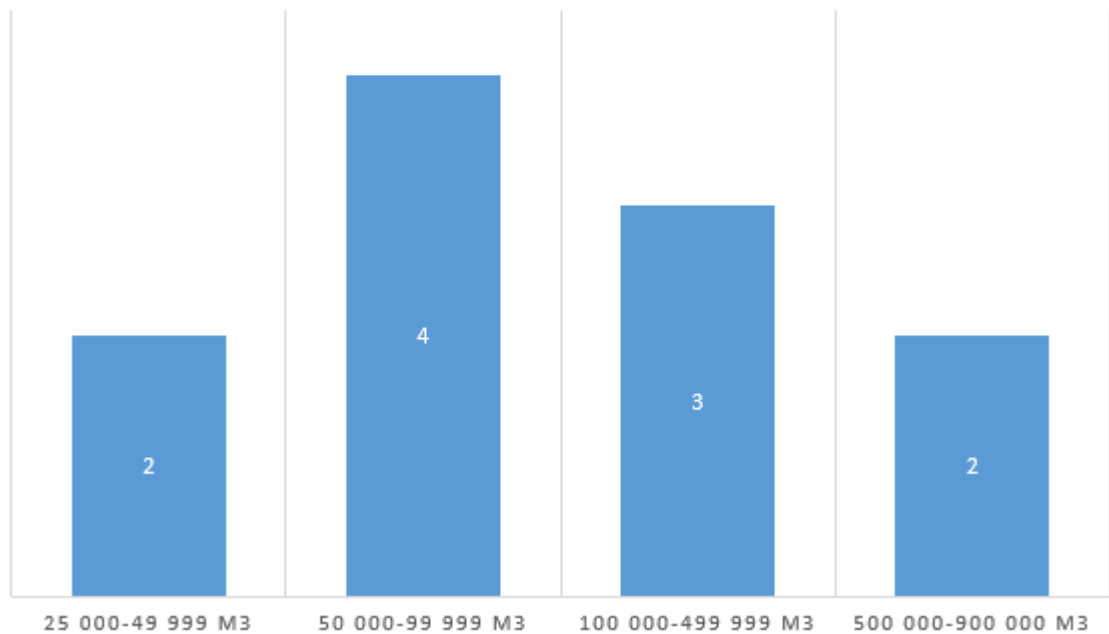




KUVIO 2. Haastateltavien metsäkoneyritysten liikevaihto 2016

Yritysten vuotuinen hakkuumäärä vaihteli yrityksen koosta riippuen 30 000:sta 750 000 kuutiometriin. Haastateltavien yritysten pehmeiden maiden hakkuumäärät vaihtelivat 125 000 kuutiometriä 3000 kuutiometriin. Hakkuumäärien hajonta oli suuri, mutta niin olivat myös haastateltavien korjuuyritysten kootkin.

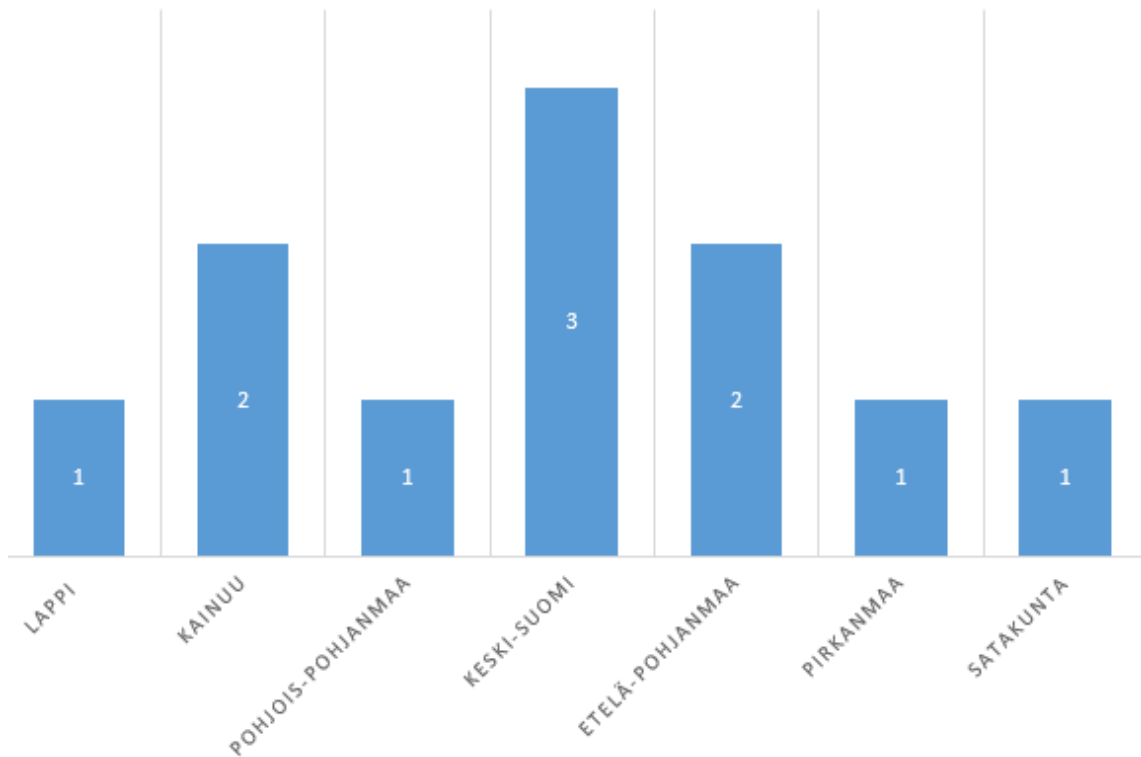
## HAASTATELTAVIEN VUOTUISET HAKKUMÄÄRÄT



KUVIO 3. Haastateltavien vuotuiset hakkuumäärät m<sup>3</sup>/v

Korjuuyrittäjien toimialueet sijaitsivat seuraavasti: Satakunta, Pirkanmaa, Keski-Suomi, Etelä-Pohjanmaa, Pohjois-Pohjanmaa, Lappi ja Kainuu. Haastateltavien metsäkoneurakoitsijoiden maantieteellinen sijainti on merkityksellinen, koska olosuhteet ja maapohjat vaihtelevat eripuolilla Suomea. Maapohjien erot vaikuttavat erityisesti pehmeiden maiden korjuussa. Suomessa on varsin paljon maakuntia, joissa turvemaiden osuus on merkittävä. On myös alueita, joissa turvepohjaisia alueita on hyvin vähän. Nämä tekijät vaikuttavat epäilemättä yrittäjien vastauksiin ja mielipiteisiin. Telastojen kestävyys ja käytettävyys vaihtelevat sen mukaan, missä yritys toimii, ja myös tämä on otettava huomioon vastauksia tulkittaessa.

## METSÄKONEYRITYSTEN SIJAINTI



KUVIO 4. Haastateltavien metsäkoneyritysten sijainti

### 5.3 Teemahaastatteluiden tulokset

#### 5.3.1 Koneiden varustelu

Haastateltavien konekalusto koostui valtamerkeistä (Ponsse, Komatsu ja Jonh Deere) sekä Pro Silvan metsäkoneista, joita oli 3 kappaletta. Kaikkien haastateltavien kuormatraktorit olivat 8-pyöräisiä, paitsi Pro Silvan osalta. Lähes poikkeuksetta pehmeillä mailla toimivat pyöräalustaiset kuormatraktorit oli varusteltu suovarustuksella. Suovarustuksella tarkoitetaan, että kantavat telat ovat koneen molemmilla rungoilla. Muutamissa tapauksissa koneet oli varusteltu siten, että takavaunussa oli kantavat telat ja etuvaunussa sekatelat. Koneen painojakaumasta riippuen oli myös urakoitsijoita, jotka olivat asettaneet koneen etupäähän kantavat telat ja takapäähän sekatelat. Muutamissa yrityksissä pehmeiden maiden korjuussa käytettiin Ponsse 10w ajokonetta. Kuormatraktoreiden koko oli haastateltavissa yrityksissä painottunut keskiraskaisiin kuormatraktoreihin. Pienimmät kuormatraktorit, joita haastateltavilla oli käytössä, olivat John Deere 810 ajokoneita.

Hakkuukoneina koneyrityksillä oli käytössä keskiraskaita 6- ja 8-pyöräisiä koneita. Koneet oli varusteltu täyskantavilla teloilla, tai siten että vain toisessa rungossa oli kantavat telat. Suuntaus oli kuitenkin, että myös hakkuukoneet varustellaan täyskantavilla teloilla jatkossa. 6 -pyöräisissä hakkuukoneissa osa yrittäjistä käytti pyöräteloja. Pyörätelojen käytöstä oltiin montaa mieltä. Osa yrittäjistä puolsi niiden käyttöä, ja toiset yrittäjistä taas eivät nähneet niissä merkittävää etua.

Pro Silvan hakkuu- ja ajokoneita oli käytössä kahdessa haastateltavassa koneyrityksessä. Pro Silvan kuormatraktorit oli varusteltu kaivuritelastoilla. 6-pyöräinen Pro Silva kuormatraktori oli varusteltu etupäästä yksillä isoilla pyörillä ja ketjuilla ja takapään osalta kaivuritelastoilla. Hakkuukoneet olivat varusteltu 6-pyöräisen kuormatraktorin tavoin.

### **5.3.2 Käytössä olevat telat**

Kaikilla haastateltavilla oli tai on ollut käytössä Olofsforsin ja Clarkin kantavia teloja. Kantavien telojen leveydet vaihtelivat 900 mm aina 1100 mm asti. Osalla haastateltavista Kopa-kaivuritelasta ei ollut vielä käyttökokemuksia. Niillä haastateltavilla, jotka olivat Kopa-kaivuritelaa käyttäneet, telan leveys vaihteli 900 mm 1100 mm asti. Kaivuritelan telalappu oli suora tai toiselta puolelta pyörästetty, molemmin puolin pyörästettyä telalappua ei ollut käytössä. Kopa-kaivuritelasta saadut käyttökokemukset olivat positiivisia.

Muutamalle haastateltavalle oli Kopa-kaivuritelat tulossa tai oli jo tullut, mutta ei ollut vielä laitettu koneeseen kiinni. Yrittäjät, joilla ei ollut kokemusta Kopa-kaivuritelasta suhtautuivat skeptisesti telan mahdollisiin hyötyihin. He jopa arvostelivat telan käytettävyyttä ja ominaisuuksia negatiiviseen sävyyn, vaikka olivat kuulleet positiivisia lausahduksia kyseisestä telasta muilta yrittäjiltä. Olofsforsin ja Clarkin teloista käyttökokemuksia yrittäjillä oli pitkältä ajalta. Näiden telavalmistajien teloista ilmeni yrittäjäkohtaisia eroja. Eräitä haastattelussa tulleita mainintoja olivat, että ”Clark on ainoa oikea telavalmistaja, joka valmistaa kestäviä teloja” tai ”Olofsforsin telat ovat telakengän muodoltaan parhaat”. Olofsforsin telojen etenemiskykyä toisaalta myös arvosteltiin huonompana kuin Clarkin telojen. Toiset yrittäjistä taas sanoivat, että kestävyudessa tai käytettävyydessä ei ole isoja eroja. Erot voivat johtua mielipiteistä, maakunnallisista maastoroista tai joskus aikaisemmin saaduista huonoista kokemuksista.

### 5.3.3 Telojen kestävyys

Haastateltavien käyttökokemukset kestävydestä Olofsforsin ja Clarkin osalta olivat myönteiset. Ainevahvuudet olivat kasvaneet molemmilla telavalmistajilla ja täten kestävyys oli parantunut. Koneyrittäjät toimivat eri puolilla Suomea ja Suomessa maapohjatyypit vaihtelevat. Tämä tuli esille, kun keskusteltiin telojen löystymisestä ja kestävydestä. Hienojakoisemmilla ja vähälumisilla alueilla telojen kestävyys ja löystyminen oli huomattavan suurta verrattuna yrittäjiin, jotka toimivat enemmän turvemailla ja lumisilla alueilla. Pelkästään turvepohjaisilla mailla toimittaessa telojen elinkaari oli 8500–10000 tuntia. Kyselytutkimuksen perusteella selvisi, että telojen keskimääräinen kestävyys oli noin 7500 tuntia, kun telat oli asennettu kuormatraktoriin. Maasto-olojen lisäksi telojen kestävyteen vaikutti kuormatraktorin kokoluokka. Isommassa kuormatraktorissa telojen kestävyys oli alhaisempi kuin pienemmässä kuormatraktorissa. Hakkuukoneessa telojen rasitus on huomattavasti vähäisempää ja kestävyys ongelmia on hyvin harvoin. Lähes poikkeuksetta kävi ilmi, että kantavan telan liukuesteet aiheuttivat kulumisellaan hitsaus-tarpeen kerran vuodessa.

Kopa-kaivuritelan käyttökokemuksien vähäisyyden vuoksi kestävyuden, kulumisen ja löystymisen erojen vertailu on vaikeaa. Yrittäjien näkemys oli kuitenkin, että kestävyys, kuluminen ja löystyminen ovat samalla tasolla kuin muilla telavalmistajilla.

### 5.3.4 Telojen hintaerot

Telastojen hintaerot ovat hyvin marginaalisia. Olofsforsin ja Clarkin kantavien telojen hinnat keskiraskaaseen kuormatraktoriin asettuvat haastateltavien mukaan 10 000- 13500 euroon. Erot syntyvät lähinnä koneiden rakenteellisista eroista ja telojen ostopaikoista. Myös Kopa-kaivuritelat ovat hintaluokaltaan samantasoiset. Haastateltavista koneyrittäjistä osa on vahvasti mukana kehittämässä teloja, eivätkä he tämän takia halunneet tuoda julki telojen hintoja.

### 5.3.5 Telojen käytettävyyserot

Lumen pakkautuminen on nykytalvina ollut koneyrittäjien mielestä hyvin vähäistä. Talvet ovat suuressa osassa Suomea vähälumisia ja keliolosuhteita, jolloin lumi pakkautuu telan ja renkaan väliin, on vain muutamana päivänä vuodesta. Kokemuksien mukaan Olofsfors ja Clark ovat jopa herkempiä pakkaamaan lunta telan ja renkaan väliin verrattuna Kopa-kaivuritelaan. Tämä johtuu koneyrittäjien mielestä hieman avonaisemmasta telakengän rakenteesta. Hakkuukoneissa ei käytännössä ole lumenpakkaamisongelmaa ollenkaan, koska hakkuukone etenee lumessa vain kerran suoraan ajaen. Lumen pitäisi kaatua sivusta päin renkaan ja telan sisälle, jotta ongelmaa tulisi. Kuormatraktorissa oli muutamissa haastattelutapauksissa lumenpakkaaminen aiheuttanut ongelmia.

Maanpakkaamista ei myöskään koettu ongelmaksi, mutta kävi ilmi, että se on yleisempää kuin lumenpakkaantuminen. Tämä johtuu lumitalvien vähäisyydestä ja kelirikkokelien lisääntymisestä. Maan ja lumen jäätäminen telan ja renkaan väliin ei myöskään ole aiheuttanut korjaustarpeita. Kopa-kaivuritela osoittautui tiiviin telarakenteensa ansiosta vähäisimmäksi maan kerääjäksi renkaan ja telan väliin. Koneyrittäjät kertoivat telan käytännössä vain tasoittavan maata pehmeissä olosuhteissa ajettaessa.

Yrittäjät kertoivat haastatteluissa lumen- ja maanpakkaamisen edellyttävän olosuhteiden seuraamista ja olosuhteisiin reagoidaan, mikäli kantavat telat voivat aiheuttaa remonttia koneisiin. Koneista poistetaan telat talvella, mikäli olosuhteet sen mahdollistavat. Osa haastateltavista myös kertoi, että koneisiin on olemassa useammat telavaihtoehdot. Pääsääntöisesti kuitenkin koneet, joilla operoidaan pehmeillä mailla, ovat jatkuvasti suovarustuksessa.

Suurin yksittäinen ongelma kantavissa teloissa on sivuttaispidon puute. Teemahaastattelun kaikki haastateltavat toivat tämän asian ilmi. Laaja kantopinta-ala ja liukas maanpinta ovat ongelma. Kantavien telojen liukuesteet ovat riittämättömiä, mutta niitä ei myöskään ole järkevää lisätä, koska maanpinta rikkoontuisi helpommin, mikä taas aiheuttaa helpommin urapainumia. Lisäksi liukuesteiden lisääminen kantavaan telaan aiheuttaa kuljettajaan kohdistuvaa räsitystä, koneen alkaessa kovalla pinnalla ajettaessa keikuttamaan. Myös ajonopeutta on laskettava, mikä taas laskee koneen tuottavuutta. Osa koneyrittä-

jistä, jotka olivat enemmän päässeet Kopa-kaivuritelaan testaamaan, olivat havainneet telan pyöristykseen heikentävän sivuttaispitoa joissain tilanteissa. Täysin suoralappuinen kaivurintela, raskas kuorma ja hieman upottava maasto parantavat sivuttaispitoa, koska suoralappuinen telakenkä puree maapohjaan paremmin.

Kantavien telojen toinen ongelma on murtaminen. Murtamista tapahtuu, kun konetta käännetään. Pitkät telamatot ja painavat kuormat aiheuttavat käännoissä rasiutusta maaperään, mistä johtuen se murtuu. Olofsforsin ja Clarkin telakenkien rakenne on pyöristetty, jotta murtumista tulisi mahdollisimman vähän. Kopa-kaivuriteloja on myös saatavilla pyöristetyllä lapulla, tai vain toiselta puolella pyöristettynä. Haastattelujen perusteella maaperän murtaminen on kaikkien telojen ongelma. Kantavan telan telakengän rakenteesta riippuen murtaminen vaihtelee kuitenkin hieman. Murtamista pystytään vähentämään suorilla ajourilla, hyvällä havutuksella ja matalilla kannoilla. Myös risteyksiin poikittain laitetut kuitu- tai rankapuut, joiden päällä tela pääsee liukumaan, vähentävät maapohjan murtamista.

### **5.3.6 Telojen vaikutus koneeseen**

Polttoaineen kulutuksesta ei haastatteluiden perusteella voida suorittaa johtopäätöksiä. Osa haastateltavista oli sitä mieltä, että polttoaineen kulutus lisääntyy merkittävästi teloja käytettäessä. Suurin osa kuitenkin oli kuitenkin sitä mieltä, että polttoainetta kuluu vain hieman enemmän. Kulutuksen tarkkaileminen on vaikeaa erilaisten maasto-olosuhteiden, erilaisten kuljettajien ja koneiden takia. On selvää, että polttoainetta kuluu suhteessa enemmän, kun toimitaan ääriolosuhteissa. On myös muistettava, että jos konetta ei ole varusteltu teloilla, kone joutuu entistä kovemmin tekemään töitä edetäkseen hankalissa olosuhteissa. Tällöin polttoaineen kulutus väistämättä kasvaa. Telamerkkien vertailu polttoaineen kulutuksen seurannassa on lähes mahdotonta, eivätkä koneyritykset ole tähän ryhtyneet.

Kaikkien haastateltavien vastausten perusteella renkaiden kestävyys on parempi teloja käytettäessä. Telat säästävät ja suojaavat rengasta. Kopa-kaivuritelan ensimmäiset versiot ovat kuluttaneet renkaan ulkoreunaa, mutta tämä ongelma on korjattu nykyisissä versi-



oissa. Osa koneyrittäjistä toivoisi rengasvalmistajien tuovan markkinoille leveämpiä rengasmalleja. Leveämpien renkaiden markkinoille tulo mahdollistaisi parhaissa tapauksissa ilman teloja ajon tai pelkkien ketjujen käytön.

Hakkuukone ja kuormatraktori, jotka ovat varustettuja kantavilla teloilla, ovat normaalia konetta hieman kankeampia. Kääntyminen ei kuitenkaan ole osoittautunut ongelmaksi, vaan se pitää ottaa huomioon ajourasuunnittelussa. Koneiden ohjaussylinterit ovat riittävän voimakkaat myös pienimmissä koneissa, vaikka kone varustetaan kantavilla teloilla. Koneyrittäjät eivät nähneet kantavien telojen tuomaa tehohävikkiä ongelmaksi. Telat vievät jonkin verran tehoa, mutta tuovat myös huomattavan määrän etenemiskykyä. Eri telamerkkien vertailu tehohävikissä on vaikeaa. Haastateltavat kertoivat telojen tuovat huomattavan määrän lisää kantavuutta koneisiin. Kantavuuden koettiin lisääntyvän kaikkia telamerkkejä käytettäessä. Haastateltavat, joilla oli käyttökokemuksia Kopa-kaivuritelasta, kokivat sen parhaaksi kantavuuden lisääjäksi. Kaivuritelan tasainen pinta rikkoo vähiten maapohjaa ja kulkee tasaisimmin. Se myös tasaa jonkin verran syntyneitä raiteita.

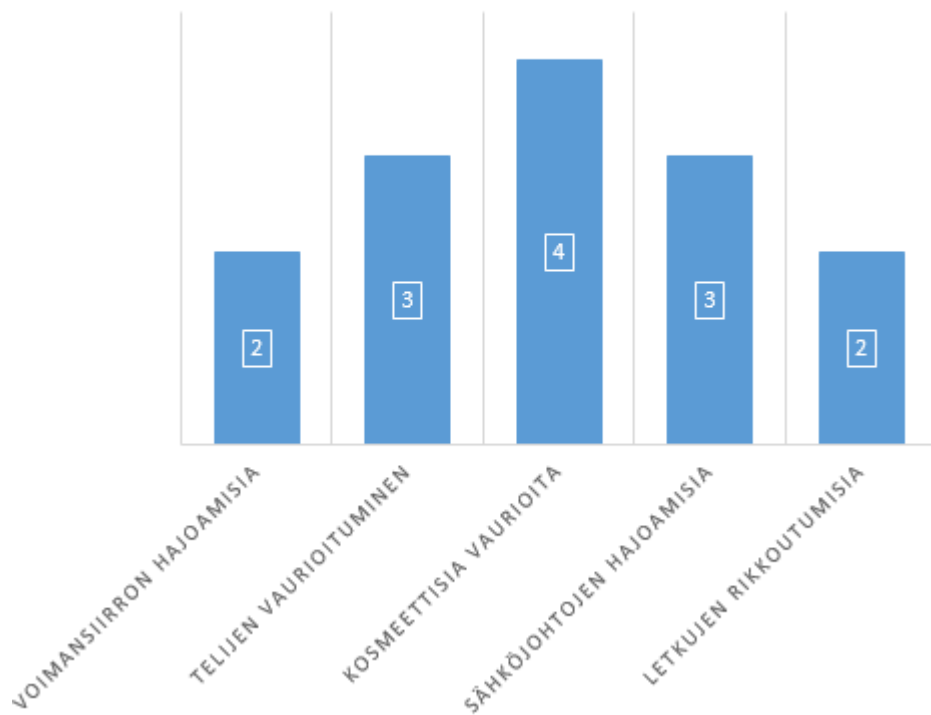
Telojen käyttö lisää koneiden nousukykyä, ojien ylityskykyä ja vetokykyä. Hakkuukone ja kuormatraktori ylittävät esteen helpommin, mikäli ne on varustettu kantavilla teloilla. Ojien ylityksessä kone ei lähde puskemaan, vaan pyrkii nousemaan ojan reunan yli. Nousu- ja vetokyky parantuvat suuremman maahan kohdistuvan pinta-alan takia. Merkittävimpänä asiana haastatteluissa nousi esille Kopa-kaivuritelojen käytettävyyys tieltä kuormaa purettaessa. Kaivuritela ei riko tienpintaa, eikä tielle noustaessa sorra penkkaa samalla tavalla kuin vertailussa muut olevat telat. Pito kaikissa teloissa koettiin kantavalle telalle tyypillisen huonoksi. Koneyrittäjät eivät kuitenkaan nostaneet esille renkaan ruopimista telan sisällä. Ainoastaan jos telat ovat äärimmäisen löysällä, ruopimista saattaa tapahtua.

### **5.3.7 Telojen aiheuttamat korjaus ja muutostarpeet**

Telojen aiheuttamia korjaustarpeita oli muutamissa metsäkoneyrityksissä aiheutunut. Pääsääntöisesti lumi, jää tai maanpakkaaminen on särkenyt kuormatraktoreiden napoja, telejä tai muuta voimansiirtoa. Yksittäisiä tapauksia, jolloin voimansiirto on särkynyt, on vaikea todentaa pelkästään telojen käytön aiheuttamiksi. Useimmin teloista johtuvaa korjaustarvetta ovat aiheuttaneet telojen mukana nousseet hakkuutähteet. Hakkuutähteet ovat

rikkoneet hydraulikkaletkuja ja sähköjohtoja. Telojen mukana kulkeutuvat hakkuutähteet ovat aiheuttaneet kosmeettisia kolhuja ja maalipinnan naarmuuntumista. Koneen rakenteisiin olivat muutamat koneyritykset tehneet muutoksia. Useimmiten vanteen keskiösyvyyteen oli tehty muutoksia, jotta riittävän leveiden telojen käyttö olisi mahdollista. Kuormatraktorin pankkoja oli myös kavennettu, jotta leveiden telojen käyttö oli mahdollista, eikä koneen oma työleveys kuitenkaan päässyt kasvamaan liian leveäksi. Haastattelussa kävi ilmi, että metsäkoneyrittäjät ovat teettäneet varta vasten heidän metsäkoneeseen sopivia telamittoja, jotta koneiden rakenteellisia muutoksia ei tarvitsisi tehdä.

### HAASTATELTAVIEN MAINITSEMAT VAURIOT KONEISIIN



KUVIO 5. Telojen käytöstä aiheutuneet vauriot

### 5.3.8 Haastateltavien näkemykset

Kaikilla yrityksillä oli halu lisätä sulan maan aikaista korjuuta pehmeillä mailla. Haastateltavat kertoivat sen poistavan kausiluonteisuutta ja tuovan työn tekemiseen tasaisuutta. Kalliiden koneiden seisottaminen ja työntekijöiden lomauttaminen mainittiin olevan metsäkoneyrittämisen huonoja puolia tällä hetkellä. Erityisesti yrittäjät painottivat töiden tasisempaa jakautumista. Tällä hetkellä lyhyen talven aikana pyritään tekemään mahdollisimman paljon tulosta ja muu aika tehdään rauhallisemmin.

Varsinaisesti yksikään koneyrittäjä ei suositellut tai ollut halukas pelkästään erikoistumaan pehmeiden maiden korjuuseen. Haastateltavat kertoivat korjuualueen paisuvan turhan isoksi ja tienpäällä menetetty aika olisi turhan iso. Myös kuljettajien saaminen ja ”tallossa” pysyminen arveltiin olevan laajalla alueella toimittaessa haasteellista. Maakunta-kohtaiset ja alueelliset erot olivat asioita, joiden takia pelkästään pehmeiden maiden korjuuseen erikoistuminen ei saanut suosiota. Koneyrittäjien näkemys oli, että jokainen alueyrittäjä pystyy hoitamaan oman tuntemansa alueen pehmeät maat valmiiksi hankituilla ja varustelluilla kalustoilla.

Haastateltavien yrittäjien näkemys pehmeiden maiden korjuun tulevaisuudesta oli, että korjuumäärä siellä tulee entisestään kasvamaan. Muutama haastatteluun osallistunut koneyrittäjä toivoi uusia ratkaisuja tulevan metsäkoneisiin. Suurin osa haastateltavista ei uskonut lähiaikoina tulevan mitään uutta nykyisiin metsäkoneisiin. Telaratkaisujen osalta yrittäjät olivat varsin tyytyväisiä nykytarjontaan. Haastatellut yrittäjät uskoivat markkinoille tulevan samantapaisia kaivuriteloja kuin Kopa-kaivuritela on. Tietotekniikan lisäys kiinnosti osaa haastateltavista. He näkivät sen positiivisena asiana, mikäli koneisiin saataisiin kuljettajaa opastavia järjestelmiä ja karttaohjelmia. Myös nykyisen tietotekniikan kehitys mainittiin positiivisena asiana.

Metsänomistajien suhtautuminen kesäaikaiseen puunkorjuuseen pehmeillä mailla oli haastateltavien mielestä hyvällä tasolla. Lähes kaikki vastaajat mainitsivat, että parhaassa tapauksessa korjuu pehmeillä mailla onnistuu huomattavasti paremmin kesällä kuin huonona talvena. Metsänomistajien suhtautuminen kesäaikaiseen korjuuseen pehmeillä mailla on muuttunut. Puunostajien ja metsäkoneyrittäjien yhteistyöllä oli saavutettu kesäaikaisessa korjuussa poikkeuksetta hyviä tuloksia ja tyytyväisiä metsänomistajia.

Toimihenkilöiden kyky määritellä oikea aikainen korjuuajankohta jakoi haastateltavissa mielipiteitä. Osa haastateltavista oli varsin tyytyväisiä toimihenkilöiden kykyyn määritellä korjuuajankohta. Muutamat taas kertoivat toimihenkilöiden suhtautuvan asiaan välinpitämättömästi. Toimihenkilön iällä ei vastaajien mukaan ollut juurikaan merkitystä. Myös vastavalmistunut toimihenkilö pystyy halutessaan ottamaan metsäkoneyrittäjältä selvää, missä pystytään toimimaan kesäaikaan. Haastateltavien näkemysten perusteella toimihenkilöiden tulisi kiinnittää enemmän huomiota leimikoiden suunnitteluun. Hakkuualueiden rajausta on nykyään vähäistä, mikä katsottiin ongelmaksi muutamassa tapauksessa.

Metsäkonekoulutuksen taso katsottiin riittämättömäksi ja haastateltavat katsoivat sen isoksi ongelmaksi tulevaisuudessa. Vastavalmistuneilla metsäkonekuljettajilla ei ole riittävää taitotasoa toimia pehmeiden maiden korjuussa. Koulussa ei opeteta käytännön työtä riittävästi, ja siksi metsäkonekouluista valmistuu hyvin eritasoisia kuljettajia. Metsäkoneyrittäjillä ei ole resursseja kouluttaa ja opettaa kuljettajaa, vaan se on koululaitoksen tehtävä.

Kaikki haastateltavat kokivat nykykalustonsa kustannustehokkaaksi eivätkä olleet halukkaita pienentämään koneiden kokoluokkaa. Myöskään taksarakenne ei mahdollista koneiden kokoluokan pienentämistä. Muutama haastateltava koki koneiden koon pienentämisen mielekkääksi, mutta käytännössä mahdottomaksi nykyisellä taksarakenteella ja konevalmistajien valikoimalla.

## 6 Haastatteluiden johtopäätös

Metsäkoneurakoitsijat olivat varustelleet pehmeillä mailla toimivat metsäkoneensa pääsääntöisesti samalla tavalla. Koneiden kokoluokka oli keskiraskas 8-pyöräinen tai 6-pyöräinen metsäkone. Koneiden valmistaja oli Ponsse, Komatsu tai Jonh Deere. Poikkeuksia tähän aiheuttivat ainoastaan yrittäjät, joilla oli käytössä Pro Silva merkkisiä metsäkoneita tai yritykset, jotka käyttivät Ponsse 10w ajokoneita.

Käytössä olevien telamerkkien vaihtelu oli vähäistä. Kaikki koneyritykset olivat käyttäneet ja saaneet kokemuksia, Olofsforsin, Clarkin tai Kopa-kaivuritelasta. Eniten kokemuksia oli kertynyt markkinoiden vanhimmalta telavalmistajalta Olofsforsilta. Vähiten taas Kopa-kaivuritelasta, joka tuli markkinoille vasta syksyllä 2016. Telojen leveydet olivat kaikilla koneyrityksillä 900-1100 mm välissä. Telalapun kengän muoto oli kantavalle telalle tyypillinen.

Telojen kestävyys vaikutti eniten haastateltavan koneyrityksen sijainti. Etelä-Suomessa maalaji on teloja huomattavasti enemmän kuluttavampi. Myös Etelä-Suomen vähempi turvemaiden osuus ja muiden pehmeiden maiden suurempi osuus kuluttaa telastoa huomattavasti enemmän. Etelä-Suomessa kantavien telojen käyttö on lähes ympärivuotista. Teloilla ajettut tuntimäärät olivat kuitenkin varsin vakiolla tasolla, keskimäärin noin 7500 tuntia. Tätä selittää joko muiden maakuntien suuri turvemaiden osuus, joka kuluttaa teloja vähemmän tai kantavien telojen vähempi käyttöaste. Käyttöasteen pienenemiseen vaikuttaa yrittäjän sijaintipaikan olosuhteet. Etelästä Pohjois-Suomeen mentäessä kantavien telojen käyttö rajoittuu muutamaankuukauteen lumisista olosuhteista johtuen, koska muulloin kantavaa telaa ei pystytä käyttämään tai sen käyttö on tarpeetonta.

Metsäkoneopetuksen taso todettiin haastatteluissa riittämättömäksi. Työtehoseuran tekemä tutkimus ”Metsäalan ammattiosaaminen nyt ja vuonna 2020” tutki ammatillisen koulutuksen tasoa vuonna 2013. Tutkimuksessa tutkittiin vuosina 2005-2009 valmistuneita metsäkoneenkuljettajia, metsureita ja metsäenergiankuljettajia. Tutkimukseen osallistui 44 metsäkoneenkuljettajaa. Merkittävimpiä tutkimuksessa selvinneitä asioita olivat metsäkoneenkuljettajien puutteet harvennusmallien käytössä, työmaasuunnittelussa ja järjestelyissä sekä koneiden tekniikan ja kunnossapidon osaamisessa. Myös puutavaran kontrollimitauksen tekemisessä ja mittalaitteiden säädön osaamisessa katsottiin olevan

puutteita. Päivittäisessä työssä tarvittavia asiakaspalvelu- ja sosiaalisia taitoja olisi syytä kehittää. Tutkimuksissa haastatellut koneyrittäjät olivat maininneet, että työskentely ääriolosuhteissa, kuten myrskypuiden ja erikoiskohteiden korjuussa, tarvitsisi lisää opetusta. Yrittäjien mielipiteen mukaan suurimmat puutteet olivat ajankäytön suunnittelussa, metsäkoneen käyttötaidoissa sekä yrittäjämäisessä ajattelussa. Tutkimuksen loppupäätelmän perusteella ammatillisen koulutuksen tasoa tulisi nostaa ja kehittää. Metsäkoneenkuljettajan perusosaamisen, kuten koneenkäytön, tekniikan osaamisen ja perinteisen metsäteorian tuntemisen lisäksi, metsäkoneenkuljettajan tulee hallita itsenäisen työn asettamat haasteet sekä halu jatkuvaan kehittymiseen. (Lautanen & Tantt. TTS 2013.)

Työtehoseuran tutkimuksessa ilmenneet vastavalmistuneiden metsäkoneenkuljettajien työssään kohtaamat ongelmat olivat hyvin samankaltaisia kuin omissa haastatteluissani metsäkoneyrittäjien esiin tuomat asiat. Koulutuksessa tulisi kehittää nyky- ja tulevaisuuden työelämässä tarvittavia taitoja. Pehmeillä mailla toimittaessa metsäkoneenkuljettajalta vaaditaan paljon muutakin kuin perinteistä koneenkuljettamisen taitoa. Uusien koneenkuljettajien tulisi saada metsäalan ammatillisessa peruskoulutuksessa vahvat pohjataidot, joita nykyajan työelämä edellyttää.

## 7 Pohdinta

Mikäli sulan maan aikaista puunkorjuuta halutaan kasvattaa pehmeillä mailla, se vaatii erityisesti koulutuksen lisäämistä kaikkien toimijoiden keskuudessa. Metsäkonekoulutuksessa pitää pehmeiden maiden korjuu ottaa osaksi opetussuunnitelmaa. Tuleville metsäkoneenkuljettajille tulisi opettaa korjuusuunnittelua ja käytännön toimimista pehmeillä mailla. Myös koululaitosten koneiden tulisi olla varusteltu mahdollisimman hyvin pehmeille maille, jotta uudet metsäkoneenkuljettajat saisivat jo koulussa käsityksen, kuinka oikein varustelluilla koneilla toimitaan pehmeillä mailla. Metsäkonekoulujen kannattaisi panostaa tietotekniikan hyödyntämiseen pehmeillä mailla toimittaessa. Nuorilla oppilailla on kiinnostusta tietotekniikkaa kohtaa, mutta heillä ei ole aikaisempaa kokemusta pehmeillä mailla toimimisesta.

Toimihenkilöiden tulisi tarjota täydennyskoulutusta. Toimihenkilöiden tulee tunnistaa kesäkorjuukelpoinen pehmeiden maiden kohde ja osata suunnitella korjattava leimikkositen, että korjuuyrittäjän on mahdollisimman helppo toimia kohteessa. Korjuuyrittäjien tulee valita käytettävissä olevasta konekalustosta paras vaihtoehto ja varustella koneet olosuhteiden vaatimalle tasolle. Korjuuyrittäjän ja toimihenkilön yhteistyöllä saavutetaan metsänomistajille tietoisuus siitä, että kesäaikainen pehmeiden maiden korjuu on nyky päivää. Kesäaikaisella korjuulla pystytään saavuttamaan mahdollisesti huomattavasti parempi korjuujälki kuin talviaikaisella korjuulla.

Pehmeiden maiden korjuuta ajateltaessa metsäkoneiden kehitys on painon puolesta mennyt huonompaan suuntaan. Koneiden koko ja paino on noussut kiristyneiden kestävyysvaatimusten takia. Koneiden tuottavuusvaatimukset ovat myös kasvattaneet koneiden kooka. Nykykalusto pyritään varustelemaan helposti asennettavilla lisävarusteilla kuten teloilla, jotta pehmeiden maiden korjuu saataisiin onnistumaan. Lisävarusteiden kehittyminen on osaltaan jo mahdollistanut ympärivuotisen korjuun onnistumisen. Metsäkoneiden lisävarustelussa tulee kuitenkin huomioida, että täyskantavilla teloilla varustaminen lisää painoa keskimäärin 4000 kg.



Konevalmistajien into pelkästään pehmeille maille soveltuvien kaluston kehittämiseen on vähäistä. Osittain tämä johtuu korjuuyrittäjistä. Heillä ei juuri ole halua erikoistua pehmeiden maiden korjuuseen. Tästä johtuen markkinat ovat vähäiset ja into kehitykseen on pientä.

Korjuuyrittäjillä on selvä suuntaus varustaa lisävarusteilla yrityksen nykkykoneista osa toimimaan pelkästään pehmeillä mailla. Ongelmaksi muodostuu pienemmät korjuuyritykset, joiden konekaluston määrä on pieni. Kustannukset lisävarusteiden hankkimiseen ovat kohtalaisen korkeat saatuun korvaukseen nähden. Lisävarusteiden käyttö voi olla satunnaista ja voi tuntua rahan haaskaukselta. Mikäli metsäyhtiöt haluavat lisätä myös pienempien yritysten innokkuutta ympärivuotiseen puunkorjuuseen, tulisi korjuuyrittäjille maksettavien taksojen nousta. Samalla tämä palvelisi myös isompien korjuuyritysten lisävarustelun kehittymistä. Metsäyhtiöiden antama varmuus kausiluonteisuuden vähenemisestä parantaisi koneyritysten innokkuutta investoida sopivampiin kalustoihin ja lisävarusteisiin.

Tekemästani opinnäytetyöstä erityisesti mieleen jäi, että keinoja pehmeiden maiden korjuun onnistumiseen on paljon. Tutkimustuloksia on laajalta sektorilta ja saatuja kokemuksia on paljon. Tulosten laajamittainen hyödyntäminen on kuitenkin jäänyt vähäiseksi. Eri-laisia menetelmiä ja kokeiluja on myös testattu ja tullaan varmasti testaamaan tulevaisuudessaakin. Pehmeiden maiden puunkorjuu on suuntauksensa valinnut, enkä usko koneiden kokoluokan pienenevän. Uskon, että lisävarusteisiin ja muihin rakenteellisiin komponentteihin tullaan panostamaan tulevaisuudessa. Toivoisin tietotekniikan lisääntyvän pehmeiden maiden korjuussa, koska uskon sen osaltaan helpottavan korjuun onnistumista, niin varsinaisessa työskentelyssä kuin suunnittelussa.

Suomen metsäteollisuuden kannalta pehmeiden maiden korjuu tulee näyttämään suurta roolia tulevaisuuden puunhankinnassa. Ratkaisuja kannattavaan pehmeiden maiden korjuuseen on jo olemassa, mutta keinojen täysimääräisessä hyödyntämisessä on vielä tekemistä. Metsäyhtiöiden, toimihenkilöiden, metsäkoneyritysten ja kuljettajien saumaton yhteistyö mahdollistaa puunkäytön lisääntymisestä aiheutuvien haasteiden voittamisen.

## LÄHTEET

Airavaara H., Ala-Ilomäki J., Hognäs T., Siren M. 2008. Nykykalustolla turvemaiden puunkorjuuseen. Metla työraportti 80. PDF-dokumentti. Luettu 16.3.2017. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2008/mwp080.pdf>.

Ala-Ilomäki J., Asikainen A., Lamminen S., Sirén M., Väätäinen K. 2013. Kuljettajaa opastavat järjestelmät koneellisessa puunkorjuussa kooste- hankkeen avaintuloksista. Metla työraportti 279. PDF-dokumentti. Luettu 14.2.2017. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp279.htm>.

Aliranta M. myyntijohtaja Koneosapalvelu Oy. Haastattelu 29.3.2017. Haastattelija Salo, P. Vilppula.

Arbonaut. 2017. Power point-dokumentti. Korjuukelpoisuuskartat käyttöön. Metsätieto ja sähköiset palvelut hankkeen välitulosseminaari 7.3.2017. Luettu 3.5.2017

Björheden R., Bloom T. Skogforsk. Bakgrunden till ett project om bandgående skotare. PDF-dokumentti. Luettu 15.3.2017. [http://www.skogforsk.se/contentassets/d120dff37a2c4e5197d211a873dc1ab8/tsg\\_ontrack\\_2016.pdf](http://www.skogforsk.se/contentassets/d120dff37a2c4e5197d211a873dc1ab8/tsg_ontrack_2016.pdf)

Clark Track. 2017. Luettu 13.3.2017. clarktracks.com.

Eskola J. & Suoranta J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Luettu 15.4.2017

Hynynen J., Valkonen S., Rantala S. 2005. Luettu 15.2.2017. Tuottava metsäkasvatus. Hämeenlinna: Metsäkustannus

Högnäs T., Kärhä K., Lindeman H., Palander T. 2009. Metsätehon tulosalvosarja. Turvemaaharvennuksen kantavuusluokitus. PDF-dokumentti. Luettu 10.2.2017. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja\\_2009\\_17\\_Turve-maaharvennusten\\_kantavuusluokitus\\_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tulosalvosarja_2009_17_Turve-maaharvennusten_kantavuusluokitus_kk.pdf)

Jonh Deere. 2017. Luettu 10.3.2017. [https://www.deere.fi/fi\\_FI/industry/forestry/forestry.page](https://www.deere.fi/fi_FI/industry/forestry/forestry.page)

Karilainen L. Prosilva. Haastattelu 22.3.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere

Kauhanen J. product manager Ponsse Oyj. Sähköpostihaastattelu 23.3.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere

Komatsu Forest. 2017. Luettu 13.3.2017. <https://www.komatsuforest.fi/>

Koneosapalvelu Oy. 2017. Luettu 13.3.2017. <http://www.koneosapalvelu.com/>.

Koneviesti, 2016. Kumiteloilla maaperää säästävämpää kuljetusta. Luettu 15.3.2017. <http://www.koneviesti.fi/uutiset/kumiteloilla-maaper%C3%A4%C3%A4st%C3%A4v%C3%A4mp%C3%A4kuljetusta-1.158928>

Korhonen, T. 2008. Metsä määrää konekaluston eikä päinvastoin. Just Forest 2/2008, 8–9. Lehtileike. Luettu 15.3.2017.

Korhonen, K.T., Ihalainen, A., Heikkinen, J., Henttonen, H. & Pitkänen, J. 2007. Suomen metsävarat metsäkeskuksittain 2004–2006 ja metsävarojen kehitys 1996–2006. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2007: 149–213. Luettu 5.2.2017

Kärhä K., Poikela A., Keskinen S. 2010a. Metsätehon tuloskalvosarja. Korpikuusikon harvennus sulan maan aikaan. Luettu 18.2.2017. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2010\\_05\\_Korpikuusikon\\_harvennus\\_kk.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2010_05_Korpikuusikon_harvennus_kk.pdf)

Kärhä K., 2014b. Suometsien puunkorjuu tänään. Power Point-dokumentti. Luettu 20.3.2017. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/suometsien-puunkorjuu-tanaan-storaenso-karha.pdf>

Lindeman H., Ala-Ilomäki J., Siren M., Vastaranta M., Holopainen M., Uusitalo J. Turvemaan kantavuuden ennustaminen laserkeilausaineistoilla. Metlan työraportti 263. PDF-dokumentti. Luettu 10.2.2017. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp263.htm>

Luoranen, J., Saksa T., Finér, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Luettu 9.2.2017

Lähienergia. Kainuun bioenergia teemaohjelman tiedotuslehti. 16.3.2010. nro 5. Luettu 14.3.2017

Moilanen T. Ponsse. 2017. Power point-dokumentti. Ponsse koneiden pintapaineita eritelaleveyksillä. Luettu 22.3.2017

Metsä ja Metallit Jani Karvonen Tmi. Sähköpostihaastattelu 14.3.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere

Metsätyö. 2017. Luettu 13.3.2017. Metsätyö.fi.

Seppi K. field sales specialist. John Deer. Sähköpostihaastattelu 20.3.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere

Suometsien puunkorjuu. 2014. Suomen Metsäkeskus tuloskalvosarja. PDF-dokumentti. Luettu 15.3.2017. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/suometsien-puunkorjuu.pdf>

Lautanen E & Tanttu V. TTS. Työtehoseura. 2013. Metsäalan ammattiosaaminen nyt ja vuonna 2020. PDF-dokumentti. Luettu 5.5.2017. [http://www.tts.fi/images/stories/tts\\_julkaisut/hankejulkaisut/medi768.pdf](http://www.tts.fi/images/stories/tts_julkaisut/hankejulkaisut/medi768.pdf)

Törnqvist J., Kurkela J., Kärhä K. 2010. Metsätehon tuloskalvosarja. Metsäkoneen pintapaineen ja raiteen muodostuksen laskentamalli. PDF-dokumentti. Luettu 15.3.2017. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja\\_2010\\_03\\_Mets%C3%A4koneen\\_pintapaineen\\_ja\\_raiteen\\_muodostuksen\\_kk\\_jt.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Tuloskalvosarja_2010_03_Mets%C3%A4koneen_pintapaineen_ja_raiteen_muodostuksen_kk_jt.pdf)

Uusitalo J. aluejohtaja Luke. 2017. Sähköpostihaastattelu 8.2.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere.

Vanhatalo K., Väisänen P., Joensuu S., Sved J., Koistinen A., Äijälä O. 2015. Metsänhoidon suositukset suometsien hoitoon, työopas. Tapio.

Väisänen K., Lamminen S., Ala-Ilomäki J., Siren M., Asikainen A., 2013. Kuljettajaa opastavat järjestelmät koneellisessa puunkorjuussa. Metla työraportti 279. PDF-dokumentti. Luettu 10.3.2017. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp279.pdf>.

Väkeväinen M. metsäkoneurakoitsija. 2017. Sähköpostihaastattelu 14.3.2017. Haastattelija Salo, P. Tampere.

Väkevä J. Metsäteollisuus Ry. Luettu 14.4.2017. <https://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/metsat-puuhuolto/metsien-vastuullinen-kaytto/Suomen-metsavarat-kasvavat-jatkuvasti-73.html>

## LIITTEET

### Liite 1. Teemahaastattelun runko

Kysymykset ovat suuntaa antavia. Kaikkia kysymyksiä ei välttämättä ole käsitelty tai niiden laajuus on ollut vähäisempi joidenkin yrittäjien kanssa. Kysymykset 6-12 ovat tarkoitettu telojen (Olofsfors, Clark ja Kopa-kaivuritela) vertailuun.

1. Yrityksen nimi
2. Vastaajan nimi
3. Kokemus metsäkonealasta
4. Mitä koneita yritys käyttää
  - Koneiden kokoluokka
5. Miten koneet ovat varusteltu
6. Mitkä koneet toimivat pääsääntöisesti pehmeiden maiden korjuussa
7. Mitä teloja yritys käyttää
8. Teloista saadut kokemukset (kuluminen, löystyminen, kestävyys)
  - Olofsfors
  - Clark
  - Kopa-kaivuritela
9. Telojen hintaero
10. Telojen käytettävyys erivuodenaikoina (lumen-, maan-, ja jäänpakkaaminen, jäätäminen, sivuttaispito ja murtaminen)
11. Telojen vaikutus koneen käyttäytymiseen (polttoainekulu, renkaiden kestävyys, kääntyminen, tehohäviö, kantavuus, nousukyky ja pito)
12. Telojen käytön aiheuttamat korjaukset tai muutokset koneenrakenteisiin
13. Millä maakunta-alueella yritys toimii
14. Vuotuinen hakkuumäärä
15. Urakoitsijan halukkuus lisätä sulanmaanaikaista pehmeiden maiden korjuuta
16. Urakoitsijan näkemys pelkästään pehmeiden maiden puunkorjuuseen erikoistumiseen
17. Yrittäjän mielipide pehmeiden maiden puunkorjuun tulevaisuudesta (uudet ratkaisut koneisiin ja lisävarusteisiin, mahdollinen tietotekniikan hyödyntäminen pehmeiden maiden korjuussa)

18. Metsänomistajan suhtautuminen kesäaikaiseen puunkorjuuseen pehmeillä mailla
19. Toimihenkilöiden kyky määritellä korjuuajankohta
20. Metsäkonekoulutuksen taso
21. Koneiden kokoluokan alentaminen

