



Jatkuvatoiminen mätästys Metsä Groupin maanmuokkaus- kohteilla

Herman Walkeajärvi

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2023

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

WALKEAJÄRVI, HERMAN:

Jatkuvatoiminen mätästys Metsä Groupin maanmuokkauskohteilla

Opinnäytetyö 37 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Joulukuu 2023

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin jatkuvatoimisen mätätyksen (Bracke) käyttöä työn tilaajan, Metsä Groupin maanmuokkauskohteilla. Opinnäytetyössä selvitettiin, että millaisilla kohteilla Brackea on käytetty. Sen perusteella tarkasteltiin, kuinka paljon jatkuvatoimista mätästystä voidaan lisätä tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön pohjaksi on kerätty aineistoa vuonna 2022 tehdyistä maanmuokkauksista Metsä Groupin Tampereen, Lohjan, Turun sekä Kuopion hankintapiireiltä. Aineistoon on koostettu tiedot 1839:ltä eri maanmuokkauskohteelta ja jokaiselta kohteelta on kerätty tiedot maalajista, metsätyypistä, muokkausajankohdasta, muokatusta pinta-alasta, maanmuokkaustavasta, mahdollisesta hakkuutahteiden keräyksestä sekä muista maanmuokkauksen yhteydessä tehdyistä töistä. Näiden tietojen perusteella selvitettiin eri maanmuokkaustapojen käytön osuutta. Lisäksi tarkasteltiin, paljonko kaivinkoneella tehtyjen muokkausten joukossa oli sellaisia kohteita, jotka olisivat voineet soveltua jatkuvatoimiselle mätästykseksi.

Aineistosta saatujen tulosten perusteella Bracken ja jatkuvatoimisen mätästyksen käyttöä voitaisiin lisätä tulevaisuudessa. Sen käyttö voidaan aineiston valossa nostaa jopa nelinkertaiseksi vuoden 2022 käytöstä.

Tämän opinnäytetyn tuloksena tehtiin selvitys Metsä Groupin maanmuokkauksista. Tarkastelun kohteena olivat erityisesti jatkuvatoimiselle mätästykseksi soveltuvat kohteet. Selvityksen pohjalta voidaan kehittää toimintaa ja maanmuokkaustöiden suunnittelua. Tuloksia voidaan käyttää myös uudelle kehitteillä olevalle maanmuokkuskoneelle, Risutec MG-Combille, soveltuvien kohteiden tarkastelussa.

Asiasanat: metsänuudistaminen, maanmuokkaus, jatkuvatoiminen mätästys

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

WALKEAJÄRVI, HERMAN:
Continuous Mounding at Metsä Group's Tillage Sites

Bachelor's thesis 37 pages, appendices 2 pages
December 2023

Tillage is a significant part of forest regeneration. It creates the basis for seedling growth and tree development. This thesis examines the continuous mounding method in Metsä Group's tillage. The purpose of this study was to examine how much it has been used and how much its use could be increased.

The thesis is based on material about soil cultivation in forestry. The material was collected out in 2022 and it includes several characteristics of tillage sites. The following characteristics were collected for the study: Soil type, forest type, cultivation time, cultivated area, cultivation method and possible collection of branches. Based on this information, it was estimated how many of the moundings could have been made with continuous mounding.

Continuous mounding is considerably more affordable than tillage with an excavator. Therefore, the costs of continuous mounding are lower. However, continuous mounding is not suitable for all regeneration sites. For this reason, it is important to know the characteristics of a tillage site that continuous mounding should be used for. Based on the results of this study, operations and the planning of tillage works can be developed.

Key words: forest regeneration, tillage, continuous mounding

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	MAANMUOKKAUS	7
	2.1 Maanmuokkauksen tavoitteet ja edut	7
	2.2 Maanmuokkauksen ympäristövaikutukset	8
	2.3 Uudistuskohteen vesitalous	9
3	YLEISIMMÄT MAANMUOKKAUSTAVAT	10
	3.1 Äestys	10
	3.2 Laikutus	10
	3.3 Mätästys	11
4	JATKUVATOIMINEN MÄTÄSTYS JA BRACKE	13
5	YHDISTETTY HAKKUUTÄHTEIDEN KERÄYS JA MAANMUOKKAUS	18
6	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO	20
7	TUTKIMUSTULOKSET	21
	7.1 Maanmuokkaustavat Metsä Groupilla	21
	7.2 Mätästys- ja Bracke-kohteiden ominaisuudet	23
	7.3 Muut kaivinkonetyöt mätästyskohteilla	25
	7.4 Hakkuutähteiden keräys	27
8	JATKUVATOIMISELLE MÄTÄSTÄJÄLLE JA BRACKELLE SOVELTUVAT KOHTEET	29
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	31
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	36
	Liite 1. Maanmuokkausmäärät ja yksikkökustannukset 2015 – 2022 Luonnonvarakeskuksen mukaan	36

1 JOHDANTO

Maanmuokkauksella tarkoitetaan maan pinnan muokkaamista metsänviljelylle otollisempien olosuhteiden saavuttamiseksi. Siinä pyrkimyksenä on parantaa taimikon kehitystä sekä turvata metsänuudistamisen onnistuminen (Mälkönen 2003, 161). Muokkauksessa maan pintakerros eli humuskerros joko siirretään paikaltaan tai sekoitetaan sen alla olevaan turve- tai kivennäismaahan. Samalla voidaan tehdä myös ympäristöään korkeampia kohoumia eli mättäitä. (Laine ym. 2019, 10; Mälkönen 2003; Luoranen ym. 2007). Näin luodaan istutetulle, kylvelyille tai luontaisesti syntyneelle taimelle otollisemmat kasvuolosuhteet ja parannetaan uudistamisen kustannustehokkuutta. Maanmuokkauksella on pitkä vaikutus metsikön kehityksessä. (Äijälä ym. 2019, 133). Sillä on hyvin suuri vaikutus taimen kehitykselle ja se on yksi merkittävimmistä työvaiheista koko metsän uudistamisketjussa. (Luoranen ym. 2007, 91) Oikeanlaisella maanmuokkauksella voidaan vaikuttaa myönteisesti taimien ja metsikön kehitykseen sekä koko uudistamisketjun kustannustehokkuuteen. (Äijälä ym. 2019, 126; Luoranen ym. 2019).

Kasvupaikan viljavuus, maalaji, uudistamismenetelmä, uudistettava puulaji, muokkauskohteen vesitalous, kivisyys sekä maastonmuodot vaikuttavat siihen, millä menetelmällä maanmuokkaus kannattaa tehdä. (Luoranen ym. 2020, 78) Lisäksi muokkaustavan valinnassa tulee ottaa huomioon myös sen ympäristövaikutukset. Muokkaustavan tulisi olla kokonaisuutena kohteelle sopiva, taimien kasvua riittävästi edistävä, mutta ympäristövaikutuksiltaan mahdollisimman vähäinen. (Mälkönen 2003, 162).

Perinteisesti maanmuokkausmenetelmänä on käytetty kääntö-, laikku-, navero-, ja ojitusmätästystä, laikutusta sekä äestystä (Äijälä ym. 2019, 129–132). Metsänuudistamista voidaan edistää myös kulotuksella, mutta siihen ei paneuduta tässä opinnäytetyössä. Viime vuosien aikana maanmuokkaukuskustannukset ovat kasvaneet (Uotila 2019). Koska maanmuokkauksen tärkeys on metsien uudistamisen kannalta kiistatonta (Luoranen ym. 2019), korostuu kustannustehokkaiden maanmuokkaustapojen tarve.

Jatkuvatoiminen mätästys on kustannustehokas vaihtoehto kaivinkoneella tehtävään kääntö- ja laikkumätästykseen verrattuna. Kustannustehokkuuden vuoksi jatkuvatoimista mätästystä on kannattavaa lisätä maanmuokkauksen menetelmänä (Saksa ym. 2018). Jatkuvatoimista mätästystä voidaan tehdä ruotsalaisyri-
tys Bracke Forest AB:n valmistamalla mätästyskoneella. Sitä on käytetty viime vuosina Suomessa perinteisen kaivinkoneella tehtävän laikkumätästykseen si-
jaan. Sopivilla maanmuokkauskohteilla Bracke -jatkuvatoimisesta mätästäjästä on saatu lupaavia tuloksia (Pajunen, 2016).

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin jatkuvatoimisen mätästykseen ja Bracke -jatku-
vatoimisen mätästyskoneen käyttöä Metsä Groupin maanmuokkauskohteilla. Opinnäytetyössä tutkittiin kyseisen maanmuokkauksen käytön osuutta erilai-
silla maanmuokkauskohteilla. Lisäksi selvitettiin keskeisimpiä yhdistäviä ominais-
piirteitä niistä maanmuokkauskohteista, joissa Brackea on käytetty. Tämän avulla tarkasteltiin kyseisen maanmuokkauksen tulevaisuutta, voisiko sen käyttöä li-
sätä ja millaisille kohteille sillä olisi eniten käyttömahdollisuuksia.

2 MAANMUOKKAUS

2.1 Maanmuokkauksen tavoitteet ja edut

Metsänviljelyllä tarkoitetaan puuston uudistamista päätehakkuun jälkeen. Siinä metsän uudistumista ja taimien syntymistä edistetään ihmistoimin. Metsän luontaisessa uudistumisessa taas metsä uudistuu ilman ihmistoimintaa. Useimmiten viljely toteutetaan joko kylvämällä, istuttamalla tai hyödyntämällä ympäröivien puiden siementävää vaikutusta. Jotta uudistamistyö onnistuisi mahdollisimman hyvin ja kehityskelpoisia taimia syntyisi mahdollisimman paljon, uudistuskohteella tarvitaan useimmiten maanmuokkausta. (Luoranen ym. 2020, 63–71).

Maanmuokkauksella pyritään parantamaan taimen kasvuolosuhteita. Kasvaakseen ja kehittyäkseen taimi vaatii sopivassa suhteessa valoa, lämpöä, vettä sekä ravinteita. Näitä perustekijöitä pyritään lisäämään metsän nopeamman ja taloudellisemman uudistumisen vuoksi. (Mälkönen 2003, 161; Ojansuu 2005; Heiskanen ym. 2019)

Maanmuokkauksessa poistetaan kenttäkerroksen kasvillisuutta sekä maannoksen päällä olevaa humuskerrosta. Siten humuksen alla oleva kivennäis- tai turvemaa paljastuu ja humus sekoittuu muokattavaan maahan (Örlander ym. 1990, Mälkönen 2003). Näin ollen istutettavalla tai siemenestä syntyvällä taimella on yhteys kivennäismaahan. Taimi saa kivennäismaasta kapillaarisesti vettä sekä ravinteita, joita se tarvitsee kasvuunsa. Maanmuokkauksessa paljastettu kivennäis- tai turvemaa sitoo myös lämpöä muokkaamatonta maata paremmin. (Heiskanen 2019). Ympäristöään lämpimämpi istutus tai kylvökohta tarjoaa taimelle otollisemman kasvualustan (Ilvesniemi 2019). Lämpimässä mättäessä myös hajoitustoiminta on vilkkaampaa. Siten muokattuun maahan sekoittuva eloperäinen humus alkaa hajota. Tästä taimi saa kasvunsa tueksi ravinteita ja esimerkiksi typen osuus moninkertaistuu muokkaamattomaan maahan verrattuna. (Heiskanen ym. 2019). Maanmuokkaus vähentää myös muiden kasvien määrää taimen ympärillä. Paljastetussa mättäessä tai laikussa kasvava taimi ei altistu niin suurelle kilpailulle, kuin muokkaamattomassa maassa oleva taimi. (Ks. Luoranen ym. 2018, 125–127).

Tukkimiehentäi on merkittävä nuorten havupuutaimien tuholainen Euroopassa (Venäläinen ym. 2020). Se aiheuttaa tuhoja 1–3-vuotiaissa taimikoissa. Tukkimiehentäi käyttää ravintonaan havupuiden kuorta, joten havupuiden taimet käsitellään pääsääntöisesti tukkimiehentäitä vastaan kemiallisilla torjunta-aineilla. Markkinoilta on saatavilla myös mekaanisesti suojattuja taimia. Tällöin taimien tyviosa on suihkutettu liima-aineen ja kiinteän aineen seoksella, esimerkiksi hiekkaa sisältävällä seoksella, joka estää tukkimiehentäitä käyttämästä taimen kuorta ravinnokseen (Svenska Skogsplantor n.d.). Myös maanmuokkauksella voidaan ehkäistä tukkimiehentäin aiheuttamia tuhoja. (Äijälä, ym. 2019, 128; Luoranen & Viiri, 2012). Tukkimiehentäi viihtyy peitteisessä maastossa ja kenttäkerroksen suojassa. Maanmuokkauksessa paljastuva kivennäismaalaikku tai -mätäs on siis tukkimiehentäille epämieluisa ja liian avoin ympäristö, jossa se joutuu helposti saalistetuksi. Paljastetussa laikussa tai mättäessä oleva taimi on siis paremmassa suojassa tukkimiehentäiltä, kuin muokkaamattomassa maassa, kenttäkerroksen kasvillisuuden seassa oleva taimi. (Äijälä ym. 2014, 58).

2.2 Maanmuokkauksen ympäristövaikutukset

Maanmuokkaus tehdään lähes aina koneellisesti, joten uudistettavalla alalla joudutaan liikkumaan painavalla muokkaukskalustolla. Tämä lisää erityisesti hienojakoisilla mailla painumien ja maan tiivistymisen riskiä. Tiivistymistäkin suurempi riski on eroosio. Eroosio tarkoittaa maaperän kiintoainesten ja ravinteiden huuhtoutumista ympäröiviin vesistöihin. Tämä aiheuttaa uudistettavan alueen ravinnetalouden heikkenemistä. Lisäksi syntyvä ravinnekuormitus aiheuttaa rehevöitymistä niissä vesistöissä, joihin ravinne päästön lähteestä vesi virtaa. Erityisesti turvemaiden kiintoainesten huuhtoutuminen aiheuttaa humuksen huuhtoutumista läheisiin vesistöihin. Runsas humuksen määrä vesistöissä saa veden muuttumaan sameaksi ja ruskehtavaksi. Maanmuokkauksen jälkeen paljas kivennäis- tai turvemaa on herkkä runsaan veden virtauksen, jään, lumen tai tuulen aiheuttamalle maan kulumiselle, joka siirtää kiintoainesta ja voi lopulta kuljettaa sitä vesistöihin. Eroosion ja ravinnehuuhtoutumien riski kasvaa mitä enemmän muokattua alueella on paljastettua turve- tai kivennäismaata. Tästä syystä maanmuokkaus tulee tehdä siten, että kivennäismaata paljastuu mahdollisimman vähän, mutta kuitenkin uudistamisen kannalta riittävästi. (Luoranen ym. 2007, 64, 65).

Ympäristövaikutusten pienentämiseksi on siis oleellista valita kohteelle sopiva muokkaustapa.

2.3 Uudistuskohteen vesitalous

Puun juuristo vaatii sopivassa määrin vettä ja happea kasvuun varten. Mikäli kivennäis- tai turvemaa kärsii liasta vedestä, ei juuristolle ole riittävästi happea, kun maa-aineksen seassa on hapen sijasta vettä. (Heiskanen 2003). Jotta sopivat kasvuolosuhteet saavutetaan, voidaan maanmuokkauksen yhteydessä joutua tekemään naveroita, ojia tai muita vesitaloutta muokkaavia toimenpiteitä. Siten taimien kasvua haittaava vesi ohjataan pois ja näin luodaan taimelle kuivemmat kasvuolosuhteet. Puilla on vettä haihduttava vaikutus, sillä ne ottavat kasvu-alustastaan vettä yhteyttämistä ja kasvua varten. (Heiskanen 2003). Uudistushakkuussa puuston määrä vähenee merkittävästi, joten myös haihduttava vaikutus vähenee. Tästä syystä uudistushakkuun jälkeen pohjaveden pinta nousee. Tämä tulee ottaa huomioon maanmuokkaustapaa valittaessa. Kosteilla uudistusaloilla on syytä käyttää kohoumia muodostavaa muokkaustapaa. Tällöin istutettavat taimet saadaan koholle ympäristöstään, eivätkä niiden juuret niin helposti altistu liallisen veden aiheuttamille ongelmille.

3 YLEISIMMÄT MAANMUOKKAUSTAVAT

3.1 Äestys

Metsä-äestyksessä poistetaan maanpinnalta humuskerros. Äes on useimmiten asennettu kuormatraktorin alustalle ja siinä on kahdesta neljään hydraulisesti tai vapaasti pyörivää äeslautasta, jotka rikkovat maanpintaa ja kääntävät kenttäkerroksen kasvillisuuden ja humuskerroksen sivulle. Äeslautaset tekevät 60–70 cm. levyistä vakoa noin kahden metrin välein toisistaan. (Uusitalo & Kivinen 2023, 187, 188). Muokkauskone on jatkuvasti toimiva, eli se tekee muokkausjälkeä koneen ajaessa eteenpäin (Luoranen ym. 2007, 26). Siten muokattua pintaa syntyy paljon. Äestys onkin yleisimmistä maanmuokkaustavoista eniten maanpintaa rikkova ja kivennäismaata paljastava muokkaustapa. Äestys on erittäin nopeaa ja siten myös kustannustehokasta. Äestyksen tuntituotos on noin yksi hehtaari tunnissa. (Uusitalo & Kivinen 2023, 187). Se soveltuu maalajiltaan karkeille ja kuiville kasvupaikoille. Äestys sopii heikommin turvemaiden maanmuokkaukseen. (Äijälä ym. 2019, 135). Usein äestyksen yhteydessä tehdään myös koneellinen kylvä. Konekylvössä puun siemenet suihkutetaan paineilman avulla äestysuran paljastettuun kivennäismaahan.

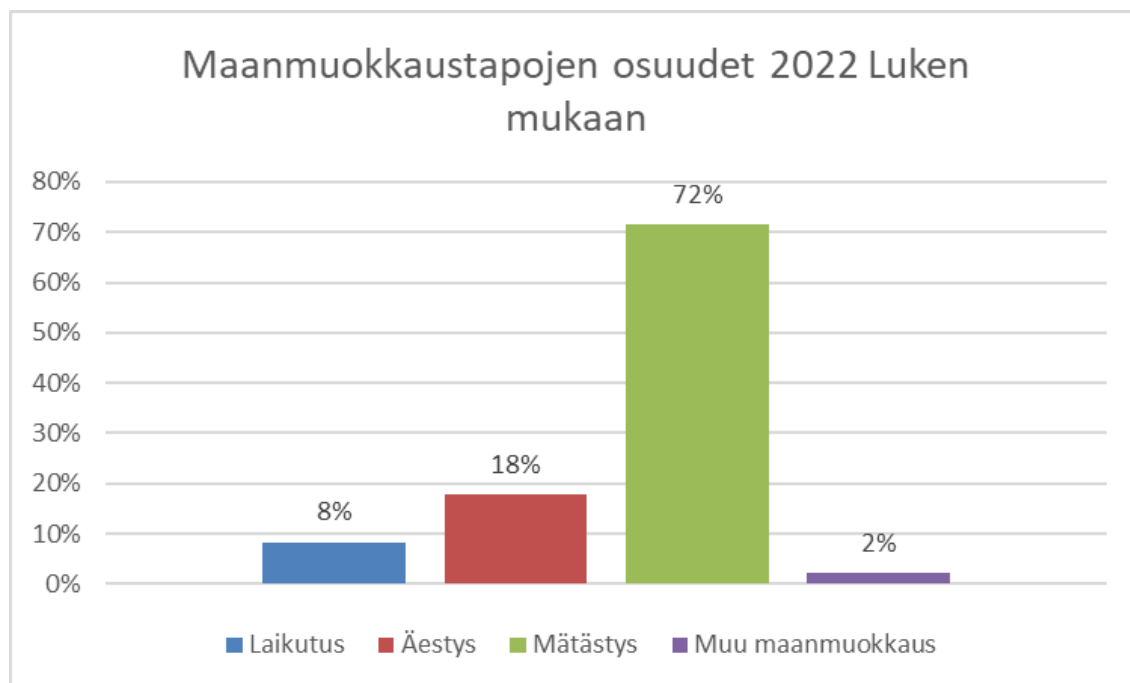
3.2 Laikutus

Laikutuksessa kaivinkoneella poistetaan kivennäismaan tai turvemaan päällä oleva humuskerros. Poistettu humuskerros siirretään laikun sivulle. Taimi istutetaan siten, että se on vähintään 10 cm päässä laikun reunasta. (Luoranen ym. 2020, 81). Myös laikutuksen yhteydessä voidaan tehdä koneellinen kylvä. Laikutus on mätästystä huomattavasti nopeampaa ja siten myös edullisempi muokkaustapa. Laikutus sopii keskikarkeille ja karkeille maalajeille sekä kohteille, jotka eivät vaadi vesitalouden muokkaamista. Laikkuun istutettu taimi jää muuta ympäristöä alemmas, joten vetisillä kohteilla laikkuun kertyy vettä. Tästä syystä laikutusta ei suositella vettä heikosti läpäiseville, hienojakoisemmille maille. Laikutus ei sovellu myöskään alueille, joissa on hallan riski. Kaivinkonelaikutuksen tuottavuus on noin 0,2 hehtaaria tunnissa. (Uusitalo & Kivinen 2023, 189). Lai-

kutuksessa muokkauksen laatuun vaikuttavat kohteen kivisyys, kannot sekä hakkuutähteiden ja siemenpuiden määrä. Lisäksi ympäristön- ja maisemanhoitoon sekä vesien suojeluun liittyvät asiat voivat vaikuttaa muokkaustyön laatuun. (Luoranen ym. 2020, 92).

3.3 Mätästys

Mätästys jaetaan kääntö-, laikku-, navero, sekä ojitusmätästykseen. Se on ollut vuonna 2022 Suomessa yleisin ja eniten käytetty maanmuokkausmenetelmä. (Luke, 2022). Kuviossa 1 on esitetty Luonnonvarakeskuksen tilastoon pohjautuvat eri maanmuokkaustapojen osuudet vuodelta 2022. Liitteessä 1 on esitetty Luonnonvarakeskuksen tilastoimana eri muokkaustapojen yksikkökustannukset vuosina 2015–2022 (liite 1). Mätästys tehdään kaivinkoneen kuokkakauhalla tai erityisellä mätästyskauhalla. Mätästyksessä kauhalla nostetaan maakasa, joka käännetään ylösalaisin. Mätästyksen pinta-alatuottavuus vaihtelee muokattavan maaston mukaan, mutta se on noin hehtaari yhdessä työvuorossa eli 0,125 ha tunnissa. (Sandström ym. 2011, 14). Mätästys jaetaan kääntö-, laikku-, navero-, sekä ojitusmätästykseen.



KUVIO 1. Maanmuokkaustapojen osuudet vuonna 2022 (Luke, 2022)

Kääntömätästyksessä kauhalla nostettu maakasa käännetään samaan kohtaan ylösalaisin. Tällöin ei synny kuoppia, eikä muusta ympäristöstä kokolla olevia kumpuja. Tämä muokkaustapa paljastaa kivennäismaata laikkumätästystä vähemmän. (Äijälä ym. 2019). Myös muokkausjälki on siistimpi ja lopputuloksena maasto on helppokulkuisempi.

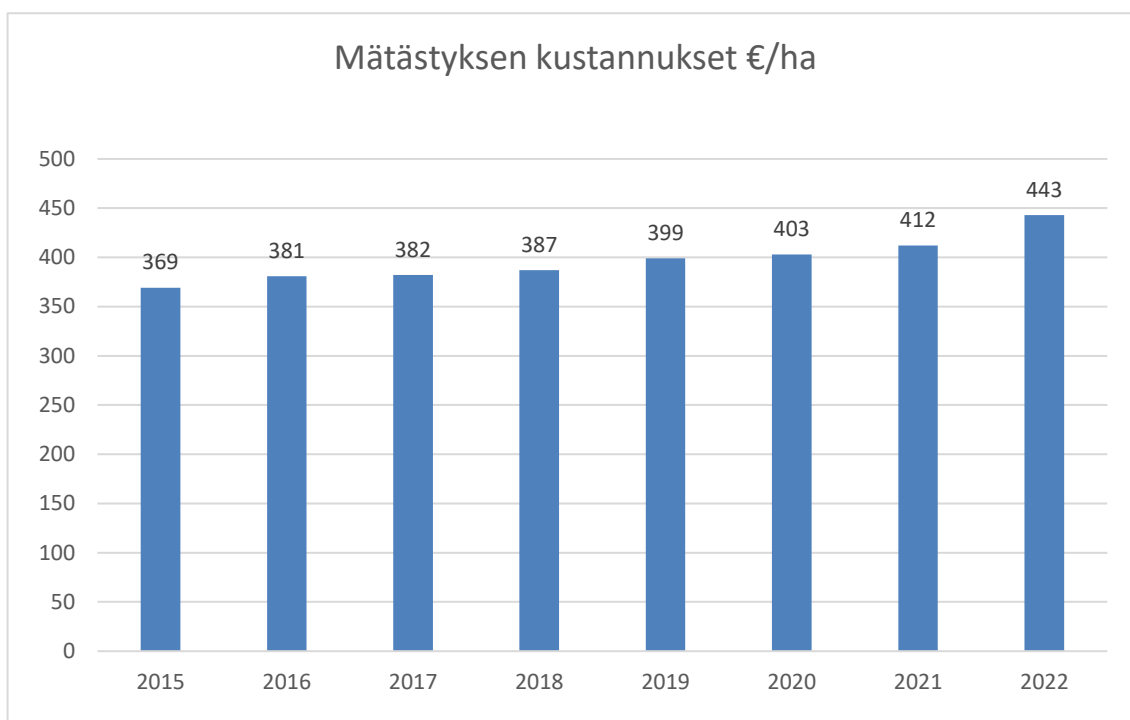
Laikkumätästyksessä kaivinkoneella nostetaan maasta kivennäismaakasa, joka käännetään sivulle ylösalaisin. Tällöin syntyy kuoppa eli laikku, sekä sen viereen kumpare eli mätäs. (Luoranen ym. 2007, 34). Taimi istutetaan mättään keskelle. Laikkumätästys soveltuu kosteille ja hienojakoisille kohteille. Se soveltuu myös alueille, joilla voi esiintyä hallaa.

Mätästyksessä voidaan tehdä myös uudistusalan vesitaloutta muokkaavia toimenpiteitä. Naveromätästyksessä tehdään laikku- tai kääntömättäiden lisäksi naveroita, joilla johdetaan pintavesiä siten, että taimien kasvupaikkojen vesitalous paranee. Naverot ovat matalia ojia, joiden tarkoitus ei ole kuitenkaan johtaa pintavesiä kokonaan pois muokattavalta alueelta. Ojitusmätästyksessä tehdään maanmuokkauksen yhteydessä ojia, joiden avulla voidaan johtaa pintavesiä pois uudistusosalta. Sitä käytetään kaikista kosteimmilla muokkauskohteilla, joilla pohjaveden vaikutus on suurinta. (Äijälä ym. 2019).

4 JATKUVATOIMINEN MÄTÄSTYS JA BRACKE

Bracke Forest AB on ruotsalainen metsänuudistus- sekä maanmuokkuskoneita valmistava yritys. Yritys valmistaa muun muassa metsä-äkeitä, erilaisia kaivinkoneen muokkuskauhoja, energiapuukouria ja kaivinkoneeseen asennettavia istutuskoneita. (Bracke Forest, 2023). Yritys on Suomessa tullut tunnetuksi istutuskoneiden ja jatkuvatoimisten mätästäjien valmistajana. Toistaiseksi Bracke on tunnetuin jatkuvatoimisia mätästäjiä Suomeen tuova yritys, joten Brackesta on tullut paikoin kutsumanimi kyseisille maanmuokkuskoneille. Myös tässä opinäytetyössä käytetään jatkuvatoimisesta mätästäjästä nimeä Bracke. Se on suurilla pinta-aloilla käytettynä kustannustehokas maanmuokkuskone, jonka merkitys on kasvanut nousseiden muokkuskustannusten myötä.

Oheisessa kuviossa on esitetty Luonnonvarakeskuksen tilastoimia mätästykseen hehtaarikustannuksia vuosien 2015 ja 2022 välillä (kuvio 2). Mätästykseen hehtaarikustannus on noussut seitsemän vuoden aikana 20 %. Jatkuvatoimisella mätästyksellä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä kaivinkoneella tehtävään muokkaukseen verrattuna (Rantala, 2010; Uotila, 2019). Jatkuvatoiminen mätästys ei kuitenkaan sovellu kaikille muokkauskohteille ja sille sopivien kohteiden valinta on erittäin tärkeää laadukkaan ja kustannustehokkaan muokkausjäljen saavuttamiseksi.



Kuvio 2. Mätästykseen hehtaarikustannusten kehitys vuosina 2015 - 2022 (Luke, 2022)

Bracke on kuormatraktorin alustalle rakennettu laite, joka tekee muokattavaan maahan mättäitä koneen ajaessa eteenpäin. Mätästäjässä on rinnakkain kahdesta neljään kolmisiipistä, hydraulisesti pyörivää mätäspyörää. Mätäspyörät ovat nivellettyjen varsien päissä, jotka kääntyvät vapaasti sivusuunnassa ja kiertävät siten mahdolliset esteet, kuten kannot ja kivet (kuva 1). Mätäspyörien painotusta voidaan säätää hydraulisesti muokattavan kohteen mukaisesti. Mitä enemmän mätäspyöriä painotetaan, sitä syvempiä laikkuja ja korkeampia mättäitä kone tekee. Mätäspyörien pyörimisnopeus on koneen etenemisnopeutta hitaampi, joten ”jarruttava” mätäspyörä ja siinä olevat siivekkeet keräävät maa-ainesta mättäiksi. Mättäiden ja laikkujen tiheyttä voidaan säätää muuttamalla mätäspyörien pyörimisnopeutta. Säätämällä mätäspyörien painotus ja pyörimisnopeus sopiviksi, voidaan koneella tehdä myös laikutusta. Brackeen on mahdollista saada lisävarusteena myös mättäiden määrää ja sijaintia seuraava ja tallentava järjestelmä. Tämä helpottaa erityisesti istutustöiden suunnittelua ja tarvittavien taimien määrän arviointia.

Koska Bracke on kuormatraktorin alustalle rakennettu laite ja se muokkaa jatkuvasti koneen ajaessa eteenpäin, on se huomattavasti nopeampi muokkaustapa, kuin perinteinen kaivinkoneella tehtävä mätästys. Tästä syystä myös Bracken tuottavuus on suurempi sekä muokkauskustannus pinta-alaa kohti alhaisempi.



KUVA 1. Bracke M24.a jatkuvatoiminen mätästäjä (Bracke Forest, n.d.)

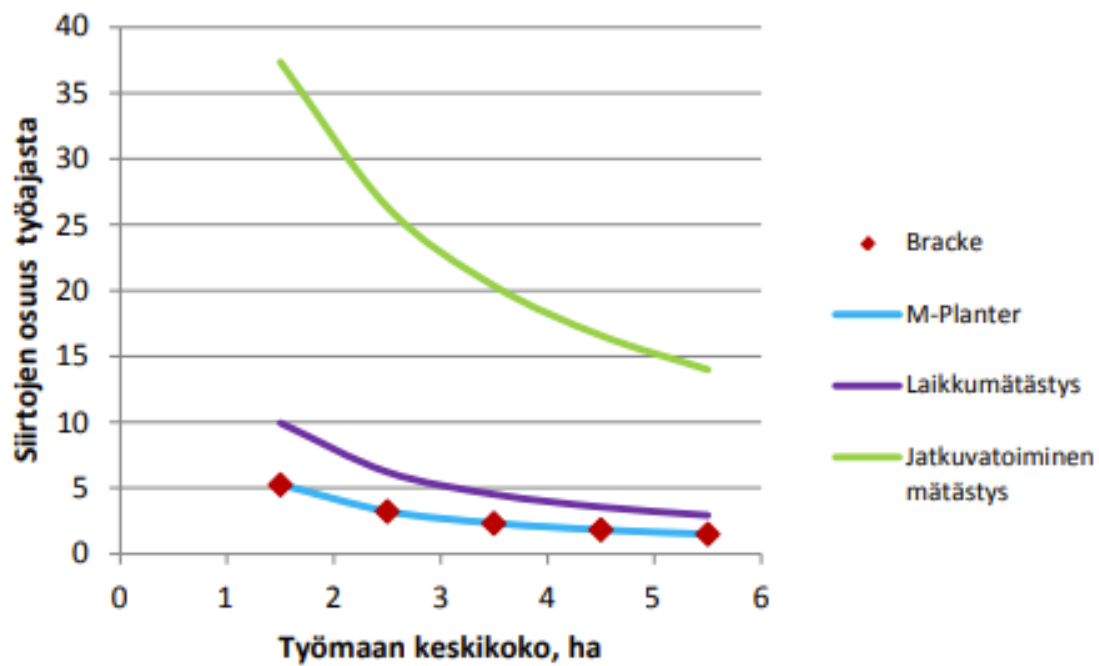
Jatkuvatoimisen mätästäjän käyttö ei ole järkevää vesitalouden hoitoa vaativissa kohteissa (Rantala ym. 2010). Bracke -maanmuokkauskoneen alustana on kuormatraktori, joten sillä ei ole mahdollista tehdä kunnostusojitusta tai naveroita, eikä muita maansiirtotöitä, toisin kuin kaivinkoneella. Se rajoittaa merkittävästi sille soveltuvien kohteiden valintaa.

Kivisyys ja humuskerroksen paksuus vaikuttavat merkittävästi Brackella tehtävän muokkauksen onnistumiseen (Saksa ym. 2018). Kiviset kohteet ovat maanmuokkauksen ja erityisesti mätästysten kannalta haastavia kohteita, sillä kivennäis-maa on vaikeasti paljastettavissa suurempien kivien alta tai seasta. Kiviset kohteet vaativat koneenkuljettajalta ammattitaitoa ja mättäiden tai laikkujen sijoittelu voi olla hankalaa. Kaivinkoneella tehtävässä muokkauksessa kuljettaja voi valita muokkauskohtien sijainnin vapaasti parhaaksi katsottuihin kohtiin. Brackella muokattaessa kuljettaja voi ajolinjojen valinnalla vaikuttaa mättäiden sijaintiin, mutta varsinainen mättäiden teko ja niiden lopullinen sijoittelu tapahtuu auto-

maattisesti koneen säätöjen mukaan. Brackella tehdäänkin enemmän muokkausjälkeä, kuin kaivinkoneella tehtävässä muokkauksessa, jotta riittävä hyvälaatuisten viljelykohtien määrä varmistuu. Myös humuskerroksen paksuus ja kohteen maastonmuodot vaikuttavat Bracken työjälkeen. (Saksa ym. 2018). Mikäli humuskerros on paksu, tehtyjen mättäiden laatu heikkenee. Myös kuljettajan ammattitaidolla ja koneen säädöillä on todennäköisesti suuri vaikutus mättäiden laatuun ja istutuskelpoisuuteen (Saksa ym. 2018).

Bracke-kohteilla hakkuutähteiden keräyksellä on hyvin merkittävä vaikutus maanmuokkauksen lopputulokseen ja siten metsänuudistamisen onnistumiseen. (Saksa ym. 2018). Mikäli uudistusosalalla on hakkuutähteet keräämättä, jäävät ne helposti pyörimään mätäspyörään ja estävät siten mätäspyörän siivekkeiden muokkaamasta ja kääntämästä maata riittävästi. Mikäli uudistusosalalta ei kerätä hakkuutähteitä ja muokkaus tehdään jatkuvatoimisella mätästäjällä, on muokkausjäljen kannalta viisainta ajoittaa muokkaus vasta hakkuutähteiden kuivumisen jälkeiselle ajalle. Tällöin hakkuutähteet ovat ehtineet kuivua ja ne katkeavat helpommin eivätkä siten heikennä muokkauksen laatua yhtä voimakkaasti (Saksa ym. 2018). Tehokkain keino muokkausjäljen laadun parantamiseksi on kerätä muokkausosalalta hakkuutähteet.

Jatkuvatoimisen mätästykseen suuren pinta-alatuottavuuden vuoksi se ei sovellu pienille maanmuokkauksukuvioille (Ks. Rantala 2010). Se on huomattavasti nopeampaa kaivinkoneella tehtävään mätästykseen verrattuna. Jatkuvatoimisen mätästäjän tuotavuus on noin yksi hehtaari tunnissa, joten koneen siirtoaika suhteessa työaikaan, on suurempi kuin esimerkiksi kaivinkoneella tehtävässä mätästyksessä. Kuten oheisesta Metsätehon julkaisemasta kuvasta ilmenee, jatkuvatoimisella mätästäjällä siirtoajan osuus työajasta nousee huomattavasti, kun muokattava työmaan pinta-ala pienenee (kuvio 3). Tästä syystä jatkuvatoimiselle mätästäjää ei kannata käyttää pinta-alaltaan pienillä muokkauskohteilla.



KUVIO 3. Muokkauskohteen pinta-alan vaikutus siirtomatkan osuuteen työajasta (Strandström ym. 2011, 18)

5 YHDISTETTY HAKKUUTÄHTEIDEN KERÄYS JA MAANMUOKKAUS

Metsä Group on kehittämässä yhteistyökumppaninsa kanssa uudenlaista maanmuokkaukoneetta, jonka alustakoneena toimii Bracken tapaan kuormatraktori. (kuva 2). Laite eroaa rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan Brackesta. Pyöri-
vien mätäspyörien sijasta koneessa on kuokkamaiset terät, jotka kääntyvät hydraulisesti ja tekevät säädetyin välein mättäitä tai laikkuja. Bracken alustakoneesta joudutaan purkamaan ja irrottamaan kuormatilan pankot ja joissain tapauksissa myös nosturi. Uusi kehitteillä oleva laite on rakenteeltaan kompaktimpi ja se mahdollistaa sen, että kuormatraktorissa on samanaikaisesti paikallaan nosturi, sekä kuormatilan pankot ja näiden lisäksi maanmuokkauslaite. Samalla koneella voidaan tehdä hakkuutähteiden keräys ja sen jälkeen maanmuokkaus. Siten säästytään ylimääräiseltä lavettisiirroilta ja uudistamisketju nopeutuu. Myös uudistamisketjun ja maanmuokkaukoneen kustannustehokkuus paranee, kun samalla koneella voidaan tehdä kaksi työvaihetta yhden sijaan. Myös fossiilipäästöt pienenevät. Uusi laite on tällä hetkellä koekäytössä ja se tullaan todennäköisesti näkemään markkinoilla tulevien vuosien aikana. (Riikilä 2023, Metsä Group 2023).



KUVA 2. Risutec MG-Combi jatkuvatoiminen mätästäjä Ponsse Buffalo kuormatraktoriin asennettuna (Metsä Group 2023)

Kun hakkuutähteiden keräys ja jatkuvatoiminen mätästys tehtäisiin samalla kertaa, ei koneelle sopivilla kohteilla olisi yhtä tiukkoja vaatimuksia, kuin Brackelle soveltuvilla kohteilla. Hakkuutähteet eivät olisi koneelle este, sillä ne voitaisiin kerätä pois ennen maanmuokkausta. Kone voisi soveltua myös pienemmille kohteille kuin Bracke, kun muokkaustyö ei olisi ainut työvaihe, jonka se pystyy tekemään. Uusi muokkauslaite on suunniteltu siten, että se on helposti irrotettavissa kuormatraktorista. Siten kuormatraktori on nopeasti muutettavissa maanmuokkaustyöstä puutavaran kuljettamista varten ja päinvastoin. Tämä parantaa koneen monipuolisuutta huomattavasti. (Riikilä 2023, Metsä Group 2023).

6 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin eri maanmuokkaustapojen osuutta Metsä Groupin muokkauskohteilla. Tärkeimpänä tarkastelun aiheena oli Brackella ja jatkuvatoimiselle mätästykseksi soveltuvien kohteiden määrää ja tavoitteena oli selvittää niiden keskeisimpiä ominaisuuksia.

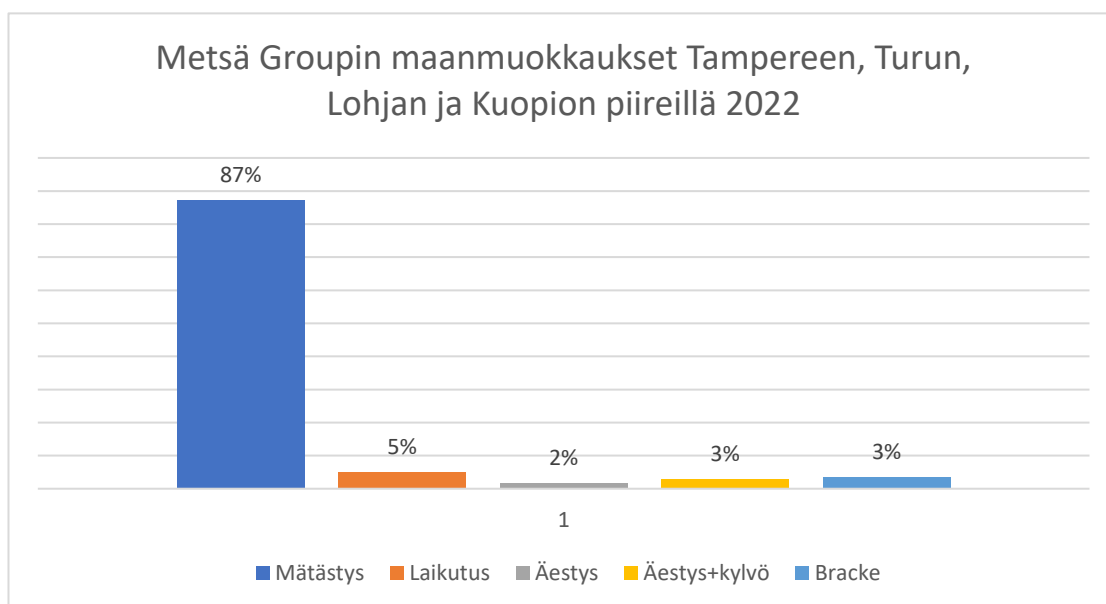
Tätä opinnäytetyötä varten kerättiin maanmuokkausaineistoa neljältä eri alueelta Suomessa. Käsiteltävään aineistoon on koostettu tietoja vuoden 2022 aikana toteutetuista maanmuokkauksista Metsä Groupin Tampereen, Lohjan, Turun sekä Kuopion hankintapiireiltä. Tutkimusaineistossa on yhteensä 1839 maanmuokkaukohdetta, joiden koko ja ominaisuudet vaihtelevat. Aineistoon on kerätty seuraavat ominaisuustiedot muokatuista kohteista: Muokattu pinta-ala, muokkauksen ajankohta, muokkaustapa, uudistamistapa, maalaji, metsätyyppi sekä onko kohteelta kerätty hakkuutähteet. Aineiston tiedot on koostettu Microsoft Excel-tiedostoon. Aineistosta on laskettu eri maanmuokkaustapojen osuudet sekä tarkasteltu suodatustoiminnon avulla mitä yhdistäviä tai ominaisia tekijöitä eri muokkaustapojen kohteilla on.

Aineiston pohjalta tarkasteltiin, millaisille kohteille Metsä Groupin maanmuokkauksilla on tehty mätästykseksiä. Lisäksi selvitettiin, kuinka suuri osuus muokkauksista on tehty Brackella ja millaisia näiden kohteiden keskeisimmät ominaisuudet ovat. Näiden tietojen pohjalta selvitettiin, kuinka paljon on sellaisia mätästykseksiä, jotka olisi voitu tehdä Brackella. Tätä varten suodatettiin mätästyskohteista pois ne kohteet, jotka ovat ominaisuuksiltaan sellaisia, etteivät ne sovellu jatkuvatoimiselle mätästykseksi. Suodatus tehtiin asteittain ja se aloitettiin oleellisimmista rajaavista tekijöistä. Mätästykseksiä rajattiin pois ne kohteet, joilla vaadittiin muokausalan vesitaloutta muuttavia toimenpiteitä, kohteet, joilta ei kerätty hakkuutähteitä, kiviset kohteet, turvemaat, maalajiltaan kohdistamattomat kohteet sekä pinta-alaltaan alle kahden hehtaarin kohteet. Saatujen tulosten pohjalta arvioitiin, kuinka paljon Brackelle ja jatkuvatoimiselle mätästykseksi soveltuvia kohteita voisi olla tulevaisuudessa.

7 TUTKIMUSTULOKSET

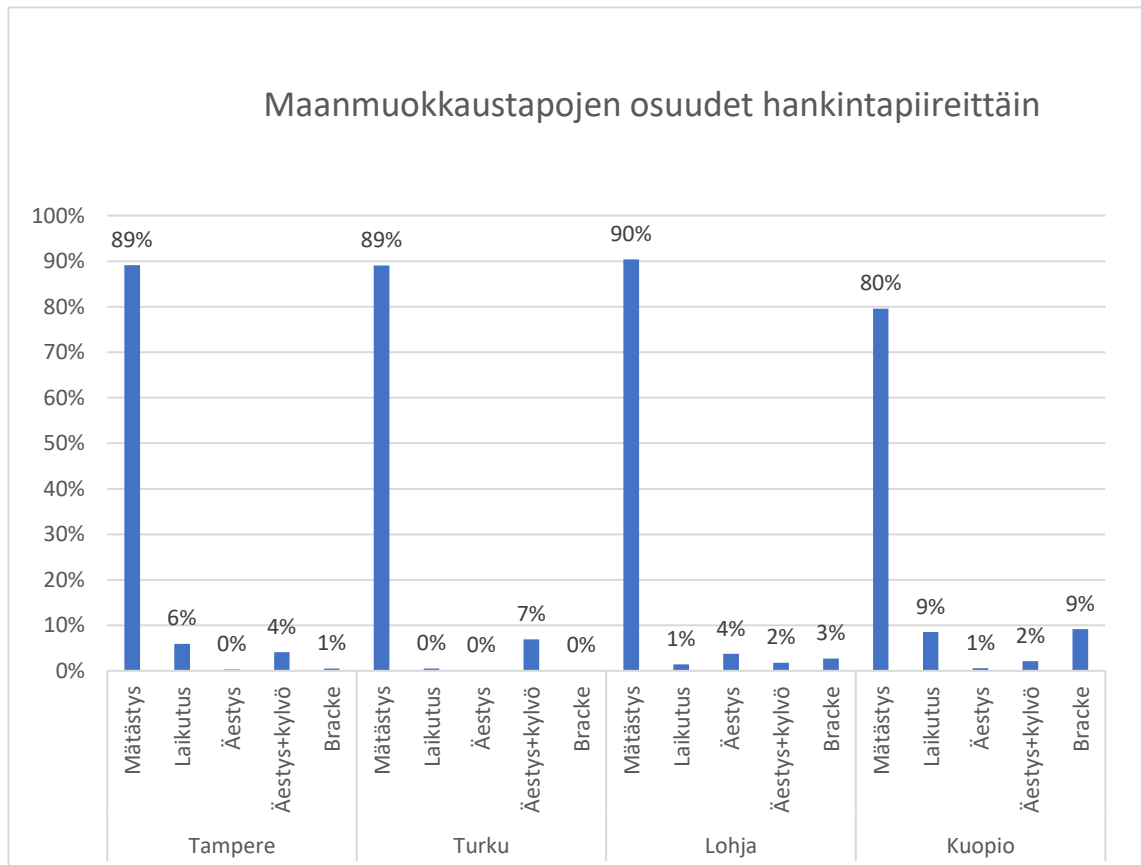
7.1 Maanmuokkaustavat Metsä Groupilla

Aineiston mukaan Metsä Groupin työmailla on tehty vuoden 2022 aikana kaivinkoneella tehtyjä mätästyskohteita, laikutuksia, äestyskohteita sekä Brackella tehtyjä muokkauksia. Maanmuokkaustavoista eniten tehtiin kaivinkoneella tehtyjä mätästyskohteita. Kaikista muokkauksista näitä kohteita oli 87 %. Toiseksi yleisintä oli laikutus, jota oli 5 % maanmuokkauksista. Brackella tehtyjä muokkauksia oli 3 %. Äestettyjä kohteita oli 2 % ja kohteita, joille tehtiin äestyksen yhteydessä kylvö, oli yhteensä 3 % (kuvio 4). Kuten tuloksista ilmenee, selvästi yleisin muokkaustapa on ollut mätästys. Käsitellyssä aineistossa ei jaoteltu mätästyskohteita kääntö- ja laikkumätästykseen. Metsä Groupin työohjeiden mukaan käytäntönä on, että mätästyskohteilla päämenetelmänä on kääntömätästys ja tarpeen mukaan voidaan tehdä laikkumätästä, laikkuja tai naveroita. Ojitusmätästystä ei ole varsinaisena työajajana, vaan ojien kaivaminen tai perkaus tehdään lisätöinä ja niistä sovitaan muun maanmuokkaustilauksen yhteydessä.



KUVIO 4. Maanmuokkaustapojen osuudet vuoden 2022 muokkauskohteilla

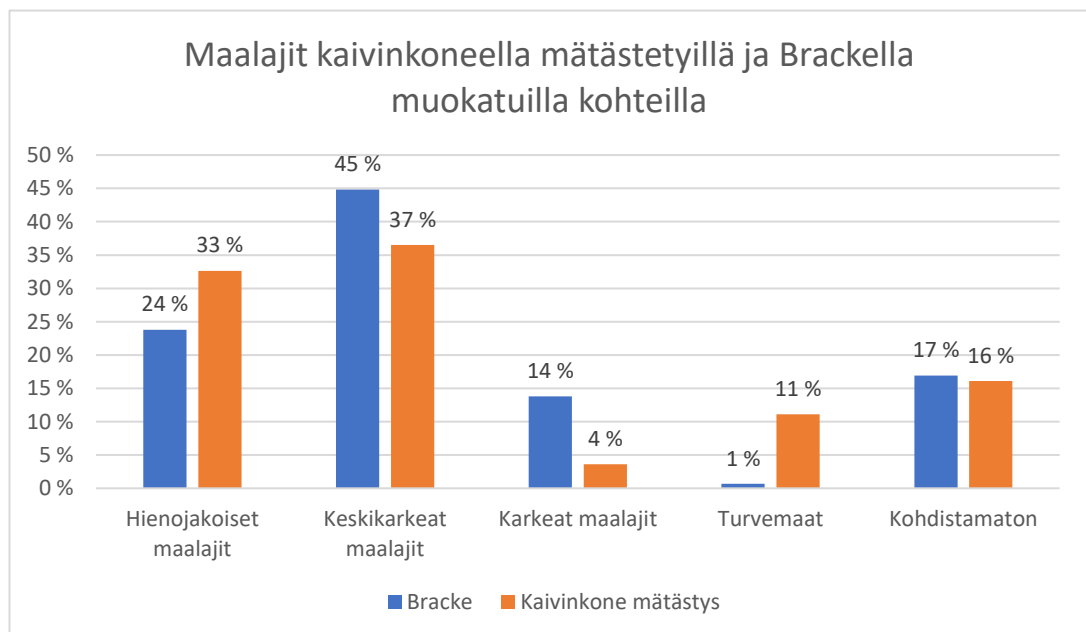
Hankintapiirien välillä ei ollut suurta eroa eri maanmuokkaustapojen osuuksissa. Kaikilla piireillä yleisin maanmuokkaustapa on ollut mätästys (kuvio 5). Huomattavin ero piirien välillä on Brackella muokattujen kohteiden osuudessa. Brackella muokattujen kohteiden osuus maanmuokkauksista on ollut suurin Kuopion piirillä, jossa se on ollut 9 %. Turun piirillä ei ole käytetty Brackea lainkaan. Tämä johtuu todennäköisesti konekaluston ja yrittäjien vähäisestä määrästä ja ettei Brackea ole ollut saatavilla kaikilla alueilla.



KUVIO 5. Maanmuokkaustapojen osuudet aineistossa olevilla hankintapiireillä

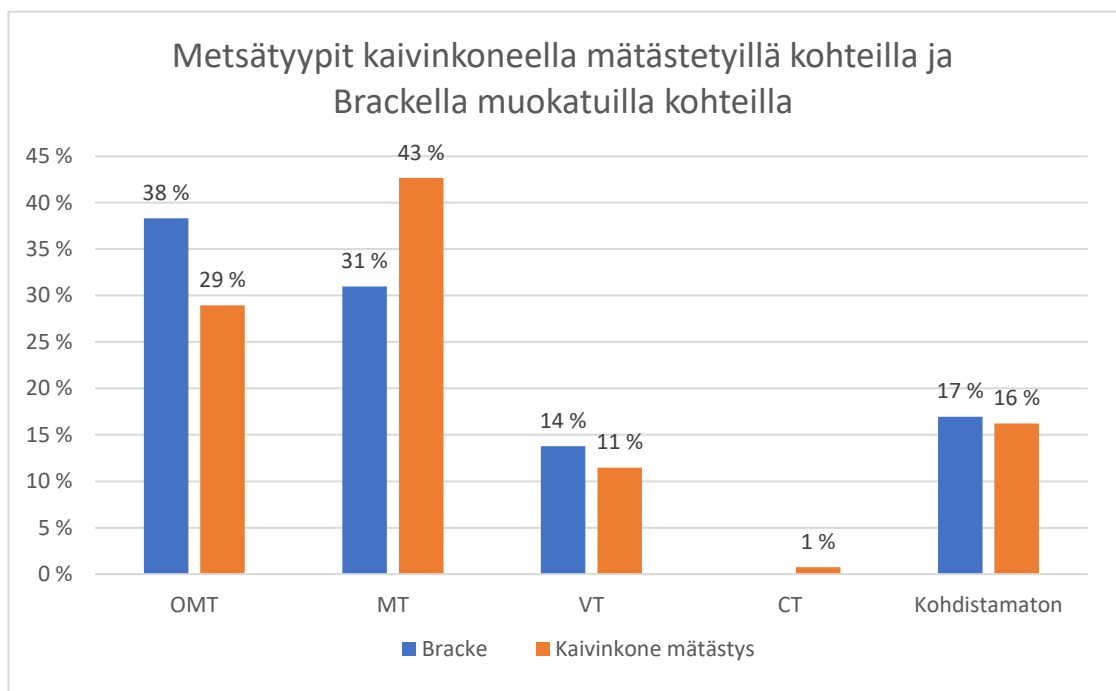
7.2 Mätästys- ja Bracke-kohteiden ominaisuudet

Kaivinkoneella tehdyillä mätästyskohteilla ja Brackella muokatuilta kohteilta kiivenäismaalajit jaettiin karkeisiin, keskikarkeisiin ja hienoihin maalajeihin. Mätästyksistä 33 % on ollut hienojakoisilla mailla, 37 % keskikarkeilla mailla, 4 % karkeilla mailla ja 11 % turvemailla. 16 % mätästyskohteista on kohdistamattomia, eli niille ei ole määritelty maalajia (kuvio 6). Mätästystä on siis tehty enimmäkseen hienojakoisilla ja keskikarkeilla mailla. Mätästystä suositellaankin juuri näille kohteille. Kuviossa on kuvattu myös eri maalajien osuutta Brackella muokatuilla kohteilla. Brackea on käytetty eniten keskikarkeilla mailla, joita on ollut 45 % kaikista sillä muokatuista kohteista. Maalajiltaan hienojakoisia kohteita on ollut 24 %, karkeita 14 %, turvemaita 1 %. Turvemailla Brackea on käytetty siis hyvin vähän. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että usein turvemailla joudutaan tekemään maanmuokkauksen yhteydessä muita kaivinkoneella tehtäviä töitä, esim. parantaa kohteen vesitaloutta tekemällä naveroita tai perkaamalla ojia. Kohteita, joilla ei ollut määriteltyä maalajia oli 17 %.



KUVIO 6. Eri maalajien osuus kaivinkoneella mätästetyillä ja Brackella muokatuilla kohteilla

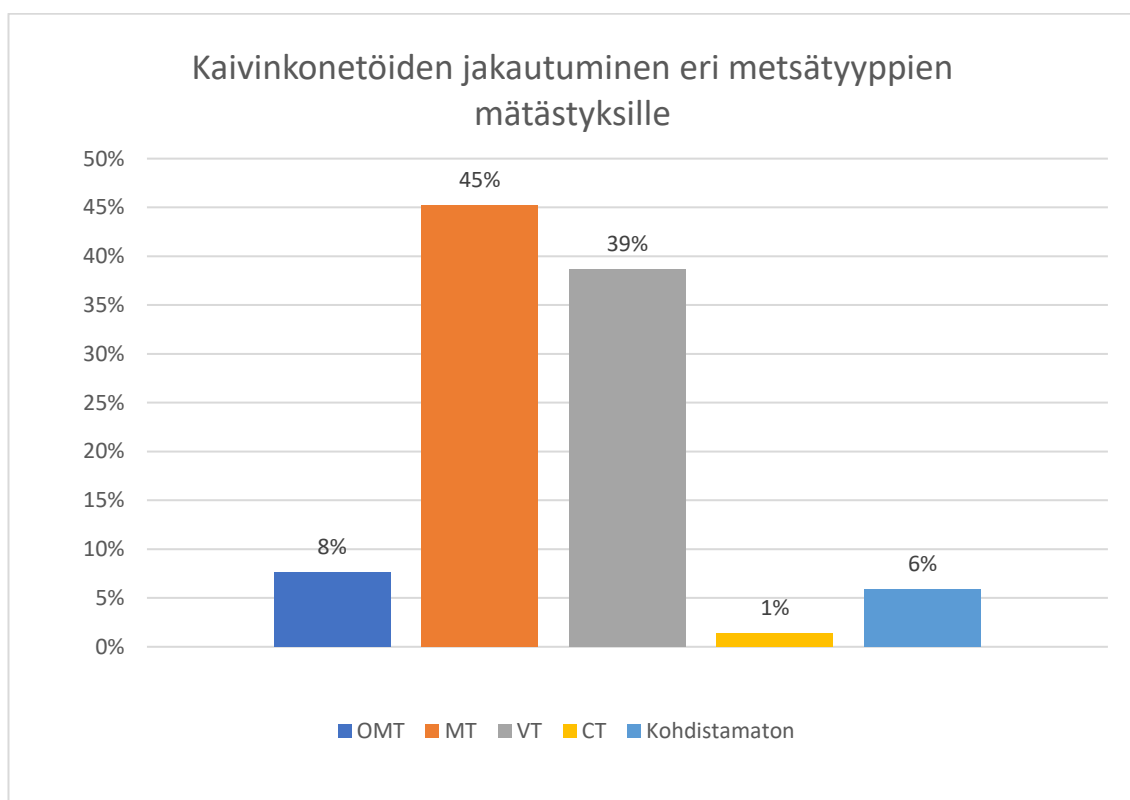
Kuviossa 7 on esitetty kaivinkoneella mätästettyjen ja Brackella muokattujen kohteiden metsätyyppien osuutta. Mätästyksistä 29 % on ollut OMT kohteilla, 43 % MT kohteilla, 11 % VT kohteilla ja 1 % CT kohteilla. Kohteita, joille ei ollut metsätyyppiluokitusta oli 16 %. Mätästystä on siis tehty eniten rehevämmillä kasvupaikoilla, eli OMT ja MT kohteilla. Mätästystä suositellaankin rehevämille ja hienojakoisemmille kohteille. Brackella muokatuista kohteista suurin osa on ollut metsätyypiltään OMT kohteita (38 %). Seuraavaksi eniten on ollut MT kohteita, 31 %. VT-kohteita on ollut 14 % ja kohdistamattomia kohteita 17 %. VT:tä karumilla kohteilla Brackea ei ole käytetty.



KUVIO 7. Eri metsätyyppien osuus kaivinkoneella mätästetyillä ja Brackella muokatuilla kohteilla

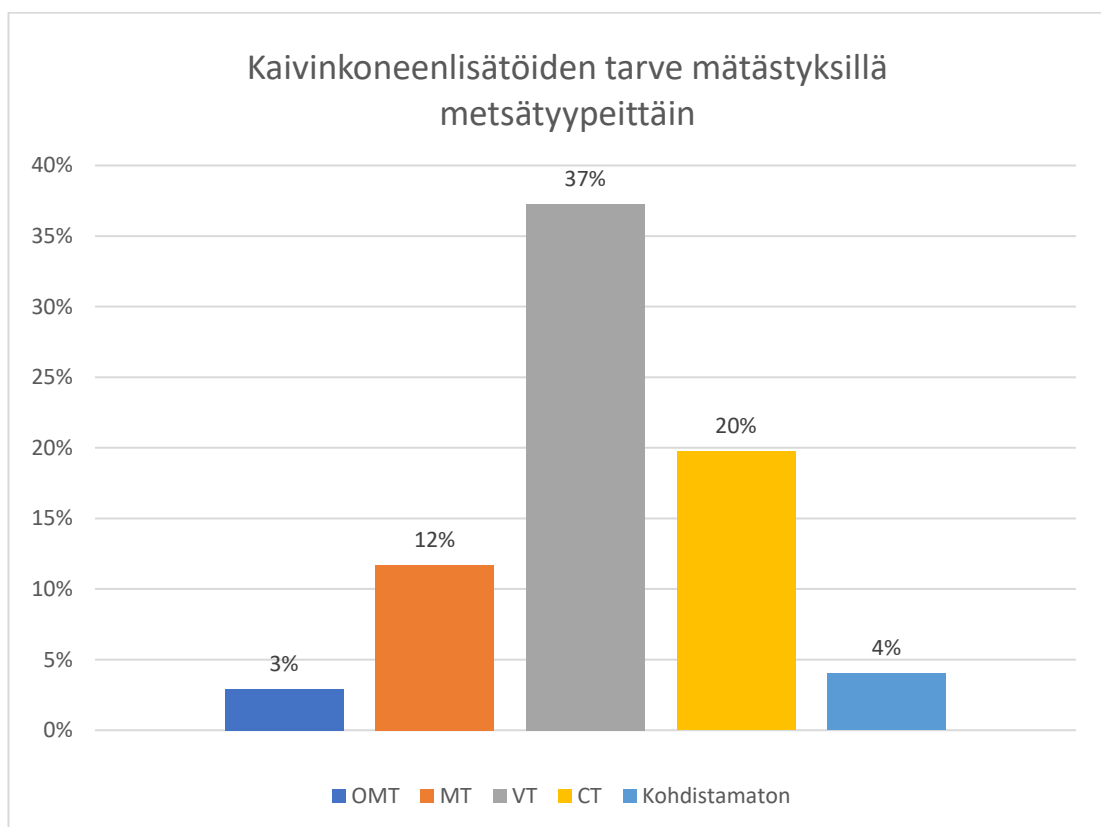
7.3 Muut kaivinkonetyöt mätästyskohteilla

Maanmuokkauksen yhteydessä voidaan joutua tekemään myös muita kaivinkoneella tehtäviä toimenpiteitä, kuin varsinainen maanmuokkaustyö. Tällaisia ovat esimerkiksi ojien tekeminen ja muut vesitalouden parantamiseksi tehtävät työt. Käsittelemääni aineistoon on kerätty maanmuokkauskohteiden lisäksi tieto kunnostusojituksista. Kunnostusojitukset ja maanmuokkaukset saatiin linkitettyä toisiinsa tilausnumeroiden avulla. Tämä edellyttää sitä, että kunnostusojitustilaus on tehty samalla kertaa maanmuokkaustilauksen kanssa. Maanmuokkaukset ja niiden yhteydessä tehdyt kunnostusojitukset on linkitetty yhteen ja siten on saatu selville maanmuokkauskohteiden pinta-ala, joidenka yhteydessä on tehty kaivinkonetöitä. Tämä tieto on oleellinen, sillä nämä kohteet ovat sellaisia, joille jatkuvatoiminen mätästys ei sovellu. Oheisessa kuviossa on esitetty kaivinkonetöiden jakautuminen eri metsätyypeille (kuvio 8). Kuten kuviosta käy ilmi, kaivinkoneen lisätöistä selkeästi suuri osa on tehty MT ja VT kohteilla.



KUVIO 8. Muut kaivinkonetyöt eri metsätyyppien mätästyskohteilla. Muita kaivinkonetöitä ovat esimerkiksi ojien perkaus tai korjuujälkien siistiminen uudistus-
alalla.

Oheinen kuvio esittää niiden mätästyskohteiden määrää, joilla on tehty kaivinkoneen lisätöitä (kuvio 8). 37 %:lla VT kohteiden mätästyksistä on tarvittu kaivinkoneen lisätöitä. Vastaava osuus MT kohteilla on ollut 12 % ja CT kohteilla 20 %. VT ja CT kohteet eli kuivahkot- ja kuivat kankaat ovat metsätyypeiltään ja viljavuudeltaan karumpia ja siksi niiden muokkaustavaksi riittää yleensä laikutus. Mikäli näillä kohteilla joudutaan tekemään mätästystä, on kohde todennäköisesti märempi ja siten myös ojien tai naveroiden teko voi olla tarpeen. Tämä selittää kaivinkoneen lisätöiden suurempaa osuutta näillä kohteilla.



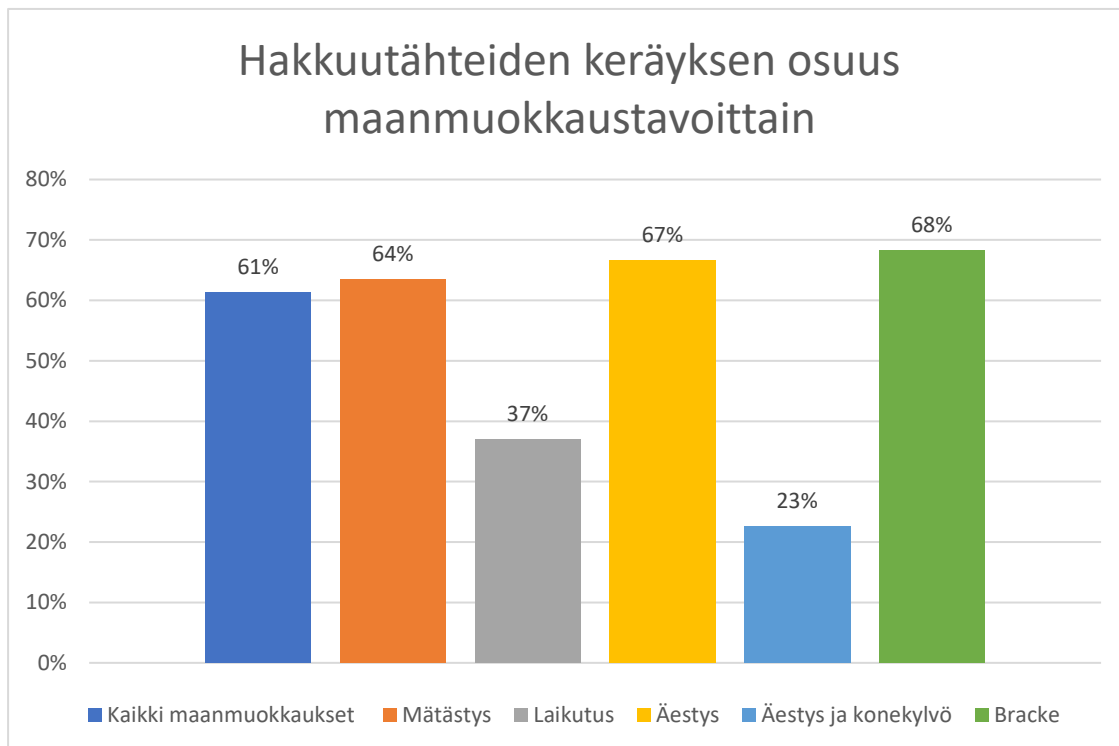
KUVIO 9. Muiden kaivinkonetöiden osuus mätästyskohteilla

7.4 Hakkuutähteiden keräys

Hakkuutähteiden keräyksessä uudistusalalta kerätään hakkuutähteet eli puiden oksat sekä latvat, jotka jäävät jäljelle, kun puun rungosta kerätään talteen ainespuu. Yleensä hakkuutähdettä kertyy eniten kohteilta, joilla poistettava puusto on kuusivaltaista (Malinen & Pesonen, 1996). Hakkuutähteidenkeräys helpottaa uudistamistöitä. Brackella muokattavilla kohteilla hakkuutähteidenkeräys on erityisen tärkeää (Saksa ym. 2018). Se voi kuitenkin heikentää uudistuskohteen ravinnetaloutta, sillä maatuvat puiden neulaset, lehdet ja oksat tuovat ravinteita, erityisesti typpeä uudistusalalle. Myös hakkuualan lahopuunmäärä pienenee, mikä heikentää lahopuueliöstön elinolosuhteita. Suurin osa puun ravinteista on sen vihreissä neulasissa ja lehdissä. Tästä syystä suositellaan, että hakkuutähteet seisoisivat uudistusalalla kesäaikana kahdesta neljään viikkoa ennen niiden kuljetusta tienvarteen, jotta neulaset ja lehdet ehtisivät varista irti oksista. Tällöin ravinnepoistuma pienenee. Mikäli hakkuutähteet kuljetetaan pois tuoreena, tulisi uudistusalalle jättää noin kolmannes hakkuutähteistä keräämättä. (Äijälä ym. 2019, 100)

Oheisessa kuviossa on esitetty niiden maanmuokkauskohteiden määrää, joilta on kerätty hakkuutähteet (kuvio 10). Kaikista maanmuokkauskohteista 61 % oli sellaisia, joilta oli kerätty hakkuutähteet ennen maanmuokkausta. Mätästyskohteilla hakkuutähteidenkeräyksen osuus oli 64 %, laikutuksilla 37 %, äestyksillä 67 %, äestys ja konekylvökohteilla 22 % ja Brackella muokatuilla kohteilla 68 %. Hakkuutähteiden keräyksessä ei ollut suuria eroja eri hankintapiirien välillä. Laikutus- ja äestyskohteiden pienempi osuus johtunee kyseisten kohteiden viljavuudesta ja puulajisuhteesta. Laikutuksia ja erityisesti äestyksiä tehdään useimmiten kivisillä ja karummilla mailla, joilla pääpuulajina on usein mänty. Karummilla ja mäntyvaltaisilla kasvupaikoilla ei useimmiten tehdä hakkuutähteidenkeräystä, sillä hakkuutähdekertymä on näillä kohteilla pieni. Lisäksi hakkuutähteiden keräyksen aiheuttama ravinnepoistuma heikentäisi jo entuudestaan karun kasvupaikan ravinnetaloutta (Uusitalo & Kivinen 2023, 80). Siten hakkuutähteiden korjuulla saatu hyöty suhteessa sen aiheuttamaan ravinnepoistumaan ei ole riittävän suuri. Oheisessa kaaviossa oleva korkeampi äestyskohteiden osuus, 67 % voi

antaa virheellisen kuvan, sillä äestyskohteiden määrä on hyvin pieni. Siten yksittäistapausten vaikutus voi korostua tuloksessa.



KUVIO 10. Hakkuutähteiden keräys eri maanmuokkaustapojen kohteilla

8 JATKUVATOIMISELLE MÄTÄSTÄJÄLLE JA BRACKELLE SOVELTUVAT KOHTEET

Kuten luvussa 4 mainittiin, jatkuvatoiminen mätästämä ei sovellu kaikille muokauskohteille. Aineistossa olevista mätästyskohteista rajattiin pois ne, jotka eivät sovellu jatkuvatoimiselle mätästyskäselle. Ensimmäisinä ja oleellisimpina rajattiin pois ne kohteet, joilla oli tehty muita kaivinkonetöitä eli esimerkiksi ojien perkausta. Tämän rajauksen jälkeen jäljelle jäi 88 % kaikista mätästyskohteista. Seuraavana rajattiin kohteista pois ne, joilta ei kerätty hakkuutähteitä ja tämän myötä jäljellä oli 61 % kaikista mätästyskäsistä. Kun mätästyskäsistä rajattiin pois kohteet, joilla ei ollut määriteltyä maalajia sekä kohteet, jotka oli merkitty kalliokoiksi tai turvemaiksi, saatiin tulokseksi 49 %. Seuraavana rajattiin kohteista pois ne, jotka olivat turvemailla ja siten saatiin tulokseksi 45 %. Kun aineiston kohteista rajattiin pois hienojakoisille maille sijoittuneet muokauskohteet, jäljellä oli 26 % kohteista. Kun jäljellä olevista mätästyskäsistä rajattiin vielä pois kivisiksi luokitellut moreenimaat, saatiin tulokseksi 22 %. Viimeisimpänä rajattiin pois pinta-alaltaan pienimmät, alle kahden hehtaarin kohteet ja tällöin saatiin tulokseksi 16 % (taulukko 1). Lopullisena tuloksena saatiin siis, että aineistossa olevista mätästyskäsistä 16 % olisi voitu tehdä tilastoon kerättyjen tietojen ja ominaisuuksien perusteella jatkuvatoimisella mätästämällä.

Mikäli jatkuvatoimisen mätästyskäsien ja Bracken käyttö laajenisi edellä mainituille mätästyskohteille, sen käyttö kasvaisi hieman yli nelinkertaiseksi vuoden 2022 Brackella muokatusta pinta-alasta. Voidaan siis todeta, että Bracken ja jatkuvatoimisen mätästyskäsien käyttöä voitaisiin lisätä merkittävästi. Tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että se perustuu maanmuokauskohteiden ominaisuuksia kuvaavaan aineistoon, eikä tarkastelussa ole voitu ottaa huomioon seikkoja, jotka selviävät vain maastotarkastuksella. Esimerkiksi maanmuokauskohteen topografiaa ja kivisyyttä ei voida täysin luotettavasti arvioida aineistoon kerättyjen tietojen perusteella. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että monessa tapauksessa esimerkiksi kohteen maalaji ja metsätyyppi voivat perustua avoimeen metsävaratietoon. Voidaan kuitenkin todeta, että Brackelle ja jatkuvatoimiselle mätästyskäselle voisi olla tulevaisuudessa enemmän käyttömahdollisuuksia.

TAULUKKO 1. Mätästyskohteet, jotka olisivat voineet soveltua jatkuvatoimiselle mätästykselle. Vasemmassa sarakkeessa on suodatettava muokkauskohteen ominaisuus ja oikeassa sarakkeessa lopputulos eli suodatuksen jälkeen saatu osuus mätästyskohteista.

Mätästyskohteen ominaisuus, jonka mukaan suodatus on tehty	%
1. Kohteet, joilla tehtiin muita kaivinkonetöitä, ojen perkaus yms.	88
2. Kohteet, joilta ei kerätty hakkuutähteitä	61
3. Maalajiltaan kohdistamattomat kohteet, kalliot ja kivikot	49
4. Turvemaat	45
5. Hienojakoiset maalajit	26
6. Kiviseksi luokitellut moreenimaalajit	22
7. Kohteet, joiden pinta-ala on alle 2 ha	16

Brackella voidaan tarvittaessa tehdä myös laikutuksia (Saksa ym. 2018). Kun laikutuskohteista valittiin ne, jotka täyttivät samat kriteerit kuin aiemmin mainitut Brackelle soveltuvat mätästyskohteet, jäljelle jäi vain muutamia muokkauskohteita. Brackelle soveltuvia laikutuskohteita ei siis ole aineiston perusteella kovin paljoa. Mikäli Brackemuokkaukseen yhdistettäisiin koneellinen kylvö voisi sillä olla enemmän käyttökohteita, sillä kylvökohteella kelpaa istutuskohdetta heikompi muokkausjälki. Siten esimerkiksi kivisyys ei välttämättä sulkisi Brackea pois maanmuokkaustapaa ja -koneita valittaessa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Maanmuokkaus tulee olemaan merkittävässä roolissa metsänuudistamisessa myös tulevaisuudessa. Maanmuokkauksen ympäristö- ja maisemavaikutuksiin kiinnitetään paljon huomiota (Mälkönen 2003). Lisäksi yleisten kustannusten ja esimerkiksi polttoainekustannusten nousu luo painetta tehdä maanmuokkaukset mahdollisimman kustannustehokkaasti. Jatkuvatoiminen mätästäjä ja Bracke ovat kustannustehokkuudeltaan huomattavasti tehokkaampia, kuin kaivinkone-muokkaus (Rantala ym. 2010). Osa kaivinkonemätästyskohteista voitaisiin tulevaisuudessa tehdä jatkuvatoimisella mätästäjällä.

Mätästys oli oletetusti yleisin muokkaustapa, mutta sen huomattava osuus (87 %) oli odotettua suurempi. Hakkuutähteiden keräys osoittautui tilaston perusteella oletettua harvinaisemmaksi. Mätästyskohteista 64 % ja Brackella muokatuista kohteista 68 % oli sellaisia, joilta oli kerätty hakkuutähteet. Olisi voinut olettaa, että hakkuutähteidenkeräys olisi ollut vielä yleisempää erityisesti Brackella muokatuilla kohteilla. On myös mahdollista, että hakkuutähteiden keräys on voinut jäädä kirjautumatta tietojärjestelmään ja siten käsittelemääni tilastoon. Yksityy tälle voi olla, että hakkuutähteet on kerätty jonkin muun toimijan kuin Metsä Groupin toimesta. On myös mahdollista, että korjuun- ja uudistustöiden suunnittelussa kaikille kohteille ei ole jostain syystä merkitty hakkuutähteiden keräystä. Vaikka kohteelle olisi myöhemmin toteutettu hakkuutähteiden keräys, ei se ole kirjautunut alkuperäiselle korjuu- ja maanmuokkauslohkolle ja siten tieto ei nouse käsittelemääni aineistoon. Myös maalajin ja metsätyypin osalta aineistossa oli huomattava määrä muokkauskohteita, joille kyseisiä tietoja ei ollut kirjattu. Esimerkiksi mätästyskohteista 16 %:lla ei ollut määriteltyä maalajia. Erityisesti maanmuokkaustavan valinnassa maalajilla on suuri merkitys (Mälkönen 2003). Toiminnan suunnittelussa käytettävien tilastojen ja tietojen tulisi olla mahdollisimman täsmällisiä. Silloin tilastoista voidaan tehdä luotettavia arvioita sekä suunnitelmia.

Käsitellyn aineiston ja saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että jatkuvatoimisen mätästykseen määrää voitaisiin lisätä, koska sille soveltuvia kohteita on riittävästi. Vuoden 2022 kaivinkoneella tehdyistä mätästyskohteista 16 % olisi

voitu tehdä jatkuvatoimisella mätästäjällä. Myös uudelle hakkuutähteiden keräyksen ja maanmuokkauksen yhdistävälle koneelle voisi löytyä kohteita, sillä se voisi soveltua myös pienemmille muokkauskohteille, kuin esimerkiksi Bracke. Uusi maanmuokkuskone vaatii vielä tuotekehitystä ja testausta käytännön olosuhteissa. Mikäli koneen kehitys onnistuu ja siitä saadaan toimiva, voi sillä olla merkittävä uudistusketjun kustannuksia alentava ja aikataulua nopeuttava vaikutus.

LÄHTEET

Bracke Forest AB. n.d. Verkkosivut. Viitattu 27.11.2023. <https://www.brackeforest.com/products>

Heiskanen, J. 2003. Fysikaaliset ominaisuudet. Teoksessa Mälkönen, E. 2003. (toim.) Metsämaa ja sen hoito. Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 39–62.

Heiskanen, J., Luoranen, J. & Viiri, H. 2019. Maanmuokkauksen vaikutukset taimien kasvuympäristöön. Teoksessa Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus. 15–24.

Ilvesniemi, H. 2019. Johtopäätökset. Teoksessa Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.) Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus. 62–64

Luonnonvarakeskus, 2022. Tilastotietokanta. Metsänhoito- ja metsänparannustyöt. Viitattu 27.11.2023

https://statdb.luke.fi/PxWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE_04%20Metsa_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/05_Metsanhoito-ja-metsanparannustyot.px/table/table-ViewLayout2/?rxid=001bc7da-70f4-47c4-a6c2-c9100d8b50db

Luoranen, J., Helenius, P. & Himanen, K. 2019. Maanmuokkaus parantaa itämistää, kasvua ja elossa oloa. Teoksessa Laine, T., Luoranen, J. & Ilvesniemi, H. (toim.). Metsämaan muokkaus: kirjallisuuskatsaus maanmuokkauksen vaikutuksista metsänuudistamiseen, vesistöihin sekä ekologiseen ja sosiaaliseen kestävyteen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 58/2019. Helsinki: Luonnonvarakeskus. 25–32.

Luoranen, J., Saksa T., Finér L., Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokausopas. Jyväskylä: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö.

Luoranen, J. & Viiri, H. (2012) Maanmuokkaus vähentää tukkimiehentäin syöntiriskiä sekä kivennäismailla että turvemailla vuosi istutuksen jälkeen. Metsätieteen aikakauskirja.

Luoranen, J., Viiri, H., Sianoja, M., Poteri, M. & Lappi, J. 2017. Predicting pine weevil risk: Effects of site, planting spot and seedling level factors on weevil feeding and mortality of Norway spruce seedlings. *Forest Ecology and Management* 389: 260-271. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.01.006>

Malinen J. ja Pesonen M. 1996. Etelä-Suomen energiapuuvarat. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 610. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos

Metsä Group ja Risutec yhdistävät maanmuokkauksen ajokoneeseen uudella tavalla. 2023. Metsä Group 21.11.2023. lehdistötiedote. Viitattu 23.11.2023.

<https://www.metsagroup.com/fi/puunhankinta/uutiset-ja-julkaisut/tiedotteet/2023/metsa-group-ja-risutec-yhdistavat-maanmuokkauksen-ajokoneeseen-uudella-tavalla/>

Mälkönen, E. 2003. Maan kunnostaminen metsän uudistamiseksi. Teoksessa *Metsämaa ja sen hoito (toim.)* E. Mälkönen. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 159–174

Ojansuu, R. 2005. Kasvupaikka ja puuntuotoskyky. Teoksessa Hynynen J., Valkonen S. & Rantala S. *Tuottava metsänkasvatus*. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy. 49–72.

Pajunen, P. 2016. Bräcken jatkuvatoiminen mätästys ja laikutus uutena muokausmenetelmänä. *Metsänomistajat Etelä-Savo*. Viitattu 15.11.2023.

http://www2.mhy.fi/etelasavo/metsanomistajat_2_2016/files/assets/common/downloads/page0014.pdf

Rantala, J., Saarinen, V.-M. and Hallongren, H. (2010) Quality, productivity and costs of spot mounding after slash and stump removal. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(6). 507–514. doi:10.1080/02827581.2010.522591

Riikilä M. 2023. Risujen ajo ja maanmuokkaus samalla koneella. *Metsälehti*. 21.11.2023. Viitattu 21.11.2023. <https://www.metsalehti.fi/artikkelit/risujen-ajolla-muokkaus-samalla-ajolla/#91455614>

Saksa T., Miina J., Haatainen H., Kärkkäinen K. 2018. Jatkuvatoinen laikkumätästykseen laatu. *Metsätieteen aikakauskirja 2018–10007*. Tutkimusseloste. 2 s. Viitattu 16.11.2023. <https://doi.org/10.14214/ma.10008>

Sandström, M., Saarinen, V.-M., Hallongren, H., Hämäläinen, J., Poikela, A., Rantala. 2011. Koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kilpailukyky. *Metsätehon raportti 218*. Viitattu 24.11.2023. https://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_218_Koneellisen_istutuksen_ms_ym.pdf

Svenska Skogsplantor. n.d. Conniflex. Verkkosivu. Viitattu: 20.11.2023. <https://www.skogsplantor.se/fi-fi/taimet/kasittelyt/conniflex/>

Venäläinen, A., Lehtonen I., Laapas M., Ruosteenoja K., Tikkanen O.-P., Viiri H., Ikonen V.-P., Peltola H. 2020. Ilmastonmuutos lisää metsätuhojen riskejä Suomessa. *Metsätieteen aikakauskirja 2020–10454*. Tieteen tori. S. 9. Viitattu 16.11.2023. <https://doi.org/10.14214/ma.1045>

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. *Metsänhoidon suositukset*. Tapion julkaisu. Viitattu 24.11.2023. https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon_suosituksia_Tapio_2019.pdf

LIITTEET

Liite 1. Maanmuokkausmäärät ja yksikkökustannukset 2015 – 2022

Luonnonvarakeskuksen mukaan

**Metsänhoito- ja metsänparannustyöt muuttujina Vuosi,
Hinta-alue, Työlaji ja Suorite tai kustannus**

		Työ- määrä	Yksikkökustan- nus	Kokonaiskustan- nus
2015	Laikutus	10079	339	3518
	Äestys	23372	199	4560
	Mätästys	65330	369	23691
	Muu maanmuok- kaus	5708	348	1610
	Ojien kunnostus	17069
2016	Laikutus	10419	328	3411
	Äestys	20005	199	3946
	Mätästys	64360	381	24240
	Muu maanmuok- kaus	8468	296	2498
	Ojien kunnostus	10894	801	8557
2017	Laikutus	10226	330	3359
	Äestys	22854	199	4552
	Mätästys	69971	382	26804
	Muu maanmuok- kaus	1885	307	572
	Ojien kunnostus	9373	761	7728
2018	Laikutus	10079	342	3446
	Äestys	19771	210	4167
	Mätästys	72853	387	28272
	Muu maanmuok- kaus	2675	254	732
	Ojien kunnostus	8391	838	7042
2019	Laikutus	10447	341	3598
	Äestys	21821	209	4565
	Mätästys	72700	399	29001
	Muu maanmuok- kaus	1801	261	472
	Ojien kunnostus	12069	1025	6571
2020	Laikutus	8259	357	2942
	Äestys	15438	204	3122
	Mätästys	64697	403	26061
	Muu maanmuok- kaus	1271	289	366
	Ojien kunnostus	4667	959	4474
2021	Laikutus	8719	353	3133
	Äestys	14221	215	3060

	Mätästys	69455	412	28623
	Muu maanmuok-			
	kaus	1845	304	560
	Ojien kunnostus	2950	798	2373
2022	Laikutus	8330	373	3080
	Äestys	17902	228	4082
	Mätästys	71530	443	31474
	Muu maanmuok-			
	kaus	2158	297	641
	Ojien kunnostus	2719	929	2491