

**Energiapuuhakkuiden tuotokset erilaisilla monitoimikoneen  
hakuupäillä**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalous, Evo

Kevät, 2021

Antti Heikkilä

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| Tekijä    | Antti Heikkilä   | Vuosi 2021 |
| Työn nimi | Energiapuuhakkuiden tuotokset erilaisilla monitoimikoneen hakkuupäillä |            |
| Ohjaajat  | Miika Näsi   |            |

---

## TIIVISTELMÄ

Energiapuun korjuu on saanut uusia muotoja viimeisien vuosikymmenien aikana. Halkojen hakkuusta on siirrytty energiapuun hakettamiseen energiarangasta, kokopuusta ja kannoista. Energiapuun keruu on siirtynyt avohakkuilta nuoriin kasvatusmetsiköihin, ja myös koneet ovat muuttuneet vuosikymmenien aikana. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää puunkorjuun kannattavuutta erilaisilla hakkuupäillä erityyppisillä energiapuukohteilla.

Opinnäytetyössä verrattiin neljän eri hakkuupään määriä kahdeksalta eri hakkuukohteelta. Kohteita oli kuivalla, kuivahkolla ja tuoreella kankaalla. Hakkuut suuntautuivat nuoriin kasvatusmetsiköihin. Kohteilta mitattiin puuston runkolukumäärä, rinnankorkeusläpimitta ja pituus. Vertailussa käytettiin neljän eri hakkuukoneen tietoja: kahden harvesteripään, yhden syöttävän giljotiinikouran ja energiakouran tuloksia.

Saadut tulokset perustuvat mittaajan omiin mittauksiin, ja hakkuukoneilta saatuihin tietoihin. Tuloksia vertailtiin myös Evon opetusmetsän hakkuisiin, Satu Peuran, Samuel Nikulan ja Hannu Suopellonmäen opinnäytetöihin perustuen

Suurin kaadetun puuston kokonaismäärä hehtaarilta saatiin energiakouralla ja suurin keskikoko litroina harvesterikouralla. Vertailujen jälkeen saatiin suuntaa antavia tietoja minkälaisille kasvupohjille eri hakkuupäät soveltuvat ja kuinka monta kuutiometriä miltäkin hakkuupäältä keskimäärin tulisi. Energiakoura sopii parhaiten ylitiheisiin ja rinnankorkeusläpimitaltaan pieniin metsiin, syöttävä giljotiini reheville kasvupohjille, joissa puusto on sekametsikköä ja harvesterikoura hyvin hoidettuihin, lähellä varttuneen metsikön

kriteereitä oleviin nuoriin kasvatusmetsiköihin. Lisätutkimuksia tarvitaan koneiden kannattavuudesta sekä energiapuuhakkuun vaikutuksista nuoriin kasvatusmetsiin.

Avainsanat Harvesterikoura, syöttävä giljotiinikoura, energiakoura, ranka, kokopuu

Sivut 42 sivua ja liitteitä 7 sivua

Forestry

**Abstract**

Evo

---

Author Antti Heikkilä

Year 2021

Subject Outputs of energy wood felling with different multifunction machine cutting heads

Supervisors Miika Näsi

---

#### ABSTRACT

Energy wood has taken on new forms in recent decades, as there has been a shift to wood chipping from harvested energy logs, whole trees and stumps and the collection of energy wood has shifted from clear-cutting areas to young stands. The machines have also changed over the decades. The purpose of this thesis was to find out the profitability of timber harvesting at different felling ends in different energy wood harvesting sites.

The thesis compared the productive numbers of four different felling heads from eight different harvesting sites, on xeric, sub-xeric, and mesic upland forests. The fellings were directed to young stands. The number of trunks, breast height diameter and length were measured from the sites. Data from four different harvesters, two harvester heads, one feeding energy wood head and one tree shear were used for comparison.

The results obtained are based on the meter's own measurements, and data obtained from harvesters. The results were also compared to the data from Evo training forest, based on the B.Sc thesis of Satu Peura, Samuel Nikula and Hannu Suopellonmäki. The largest total productive amount per hectare was obtained with an energy grapple, whereas the largest average size of felled trees in liters was obtained by a harvester grapple. After the comparisons, indicative information was presented to what kind of stand types the different felling heads would be suitable and how many cubic meters each felling head could produce in average. The tree shear is best suited for over-dense stands with small breast-height diameter. A feeding energy wood head was found suitable for productive site types where the stand is a mixed forest and a harvester head for well-managed young forests. Further

research is needed on the profitability of the machines, as well as on the effects of energy wood felling on young growing stands.

Keywords Harvester head, a feeding energy wood head, tree shear, energy wood, whole wood

Pages 42 pages and appendices 7 pages

## Sisälllys

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Johdanto .....                                     | 1  |
| 2   | Energiapuun historiaa .....                        | 1  |
| 3   | Energiapuun tuet.....                              | 3  |
| 4   | Aineisto, menetelmät ja kohteet.....               | 4  |
| 4.1 | Kohde 1 .....                                      | 10 |
| 4.2 | Kohde 2 .....                                      | 12 |
| 4.3 | Kohde 3 .....                                      | 13 |
| 4.4 | Kohde 4 .....                                      | 15 |
| 4.5 | Kohde 5 .....                                      | 16 |
| 4.6 | Kohde 6 .....                                      | 17 |
| 4.7 | Kohde 7 .....                                      | 18 |
| 4.8 | Kohde 8 .....                                      | 19 |
| 5   | Tutkimuksessa käytetyt hakkuukoneet .....          | 20 |
| 5.1 | Prosilva 810 .....                                 | 20 |
| 5.2 | Komatsu 901 XC .....                               | 21 |
| 5.3 | Valmet 901 TX .....                                | 23 |
| 5.4 | Kobelco SK 180(N)LC-10E.....                       | 24 |
| 6   | Tulokset .....                                     | 25 |
| 6.1 | Hehtaarit ja m <sup>3</sup> .....                  | 25 |
| 6.2 | Kohteiden tulokset.....                            | 27 |
| 6.3 | Runkolukupoistuman vertailu.....                   | 29 |
| 7   | Tulosten vertailu.....                             | 32 |
| 7.1 | Hakkuupäiden vertailu .....                        | 32 |
| 7.2 | Harvesteripäiden vertailu .....                    | 34 |
| 7.3 | Vertailu opetusmetsään.....                        | 35 |
| 7.4 | Vertailu Hannu Suopellonmäen opinnäytetyöhön ..... | 38 |
| 7.5 | Vertailu Samuel Nikulan opinnäytetyöhön .....      | 38 |
| 7.6 | Vertailu Satu Peuran opinnäytetyöhön .....         | 38 |
| 8   | Mietteitä, vinkkejä ja pohdinta .....              | 39 |
|     | Lähteet.....                                       | 41 |

## Kuvat, taulukot ja kaavat

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Esimerkki koealojen sijoittamisesta kuviolle. ....                                      | 5  |
| Kuva 2. Ympyräkoealan mittaus. ....   | 7  |
| Kuva 3. Mitataan rinnankorkeuslöpimitan tarkkaa paikkaa, apuna käyttäen 65 cm mittasaksia. .... | 8  |
| Kuva 4. Mittaus jatkuu kuvan 3 kohdalta. ....   | 9  |
| Kuva 5. rinnankorkeuslöpimitan mittaus. ....  | 9  |
| Kuva 6. Kohteen vähäpuustoisin reuna. ....  | 10 |
| Kuva 7. kohteen kartta. ....  | 11 |
| Kuva 8. kohteen kartta. ....  | 12 |
| Kuva 9. kohteen kartta. ....  | 13 |
| Kuva 10. Puuston pituuden mittausta kohteella. ....   | 14 |
| Kuva 11. Kohteen kartta. ....   | 15 |
| Kuva 12. Kohteen kartta. ....   | 16 |
| Kuva 13. Kohteen kartta. ....   | 17 |
| Kuva 14. Kohteen kartta. ....   | 18 |
| Kuva 15. Kohteen kartta. ....   | 19 |
| Kuva 16. Prosilva hakkuulla. ....   | 21 |
| Kuva 17. Komatsu tukkiharvennuksella. ....  | 22 |
| Kuva 18. Valmet lähdössä hakkuulle. ....  | 23 |
| Kuva 19. Kobelco harventamassa tien reunoja. ....   | 24 |
| Kuva 20. Hehtaarit jaettuna eri hakkuupäille. ....  | 25 |
| Kuva 21. Hakkuukertymä kouratyypeittäin m <sup>3</sup> . ....                                   | 26 |
| Kuva 22. Hakkuukertymä kouratyypeittäin m <sup>3</sup> /ha. ....                                | 26 |
| Kuva 23. Kuivan kankaan tulokset. ....  | 27 |
| Kuva 24. Kuivahkon kankaan tulokset. ....   | 28 |
| Kuva 25. Tuoreen kankaan tulokset. ....   | 28 |
| Kuva 26. Litrojen keskiarvot. ....  | 29 |
| Kuva 27. Yhteenlaskettu poistuma eri hakkuupäillä. ....   | 30 |
| Kuva 28. Kuivan kankaan poistuma. ....  | 30 |
| Kuva 29. Kuivahkon kankaan poistuma. ....   | 31 |
| Kuva 30. Tuoreen kankaan kohteen poistuma. ....   | 32 |

|  |    |
|--|----|
| Kuva 31. Yhteen lasketut tulokset.....   | 34 |
| Kuva 32. Harvesteripäiden vertailu kohteittain. ....                             | 35 |
| Kuva 33. Evon opetusmetsän hakkuun vertailua yhteen laskettuihin tuloksiin. .... | 37 |
| Kuva 34. Evon opetusmetsän hakkuun vertailua samanlaisen kasvupohjan hakkuisiin. | 37 |

## **Liitteet**

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Liite 1 | Komatsun mittaustodistus |
| Liite 2 | Mittaustodistuksia       |



## 1 Johdanto

Viime vuosina energiapuun kysyntä on kasvanut ja sen käyttömuodot lisääntyneet. Energiapuuksi voidaan määritellä lähes kaikki polttoon kelpaava puu-aines. Varsinkin nyt vuonna 2021 kun turpeen poltto lämpölaitoksilla on vähenemässä. (Maaseudun tulevaisuus 26.8.2020) Uusin metsälaki on antanut maanomistajille enemmän vapauksia toimia metsissään. Erityisesti nuoret kasvatusmetsät, joista ei hakkuu tuloja juurikaan tule on joko jätetty hoitamatta tai pieni pala kerrallaan raivattu. (Maaseudun tulevaisuus 8.4.2020) Energiapuun kysyntä sen eri muodoissa on saanut monet metsänomistajat harkitsemaan yhä nuorempien metsien harventamista. Myös kemera-tukien myöntäminen energiapuun keruuseen on helpottanut hakkuun suunnittelua, sekä sen myymistä maanomistajille. Ensiharvennuksen teettäminen koneen avulla ei tukien myötä ole enää pelkkää laskua, vaan energiapuuhakkuusta kertyy myös hakkuutuloja. (Maaseudun tulevaisuus 10.11.2020)

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin neljää eri hakkuupäätä erilaisilla ensiharvennus kohteilla. Vertailu kohteina on harvesterikourat Kesla 20 RH-II ja Komatsun C93. Naarvan EF 28 syöttävä giljotiini ja Axer 650HD K energiakoura. Harvennuspäiden tuloksia verrattiin keskenään ja tarkasteltiin millaisiin metsiin ne parhaiten sopivat.

## 2 Energiapuun historiaa

Pakkanen E (2017) kuvailee Suomen puun käyttöä erinomaisesti: "Suomessa on poltettu puuta kautta aikojen. Kun 1800-luvun puolivälissä tehtiin ensimmäinen arvio maamme puun käytöstä, todettiin polttopuun osuuden olevan kaikesta käytöstä reilusti yli puolet." Puuta pidetään edelleen tärkeänä energianlähteenä Suomessa ja se kattaakin noin neljänneksen maamme energian tarpeesta. Kivihiilestä tuli kova kilpailija energiapuulle, erityisesti haloille 1900-luvun alussa.

Sotien aikana polttoaineiden määrä Suomessa laski radikaalisti. Tästä johtuen Rautatiehallituksen Puutavaratoimisto siirrettiin kansanhuoltoministeriön alaiseksi liikelaitokseksi. Puutavaratoimistosta tuli lopulta valtion polttoainetoimisto Vapo. Puukauppaa lisättiin ja jopa pakko hakkuuta tehtiin. (Pakkanen, 2017, s. 36) Sotien jälkeen

Vapon päätehtävä oli hankkia polttoainetta ja energiapuuta valtion laitoksille, kuten tehtaille ja valtion rautatielle. Vaikka sota oli päättynyt, energiapuu pula oli yhä olemassa. Vasta vuonna 1948 tilanne alkoi helpottumaan kun polttoaineiden tuontivapautettiin. (Pakkanen, 2017, s. 42) 1950-luvulla puun ostoa yritettiin supistaa, mutta 50-luvun alun polttopuu piti pintansa. Metsänomistajia kannustettiin kasvattamaan metsiään ja hoitamaan niitä vastuullisesti. (Pakkanen, 2017, s. 43-44)

Polttopuuksi hyvin kelvannut koivu alkoi menettää arvoaan ja metsäteollisuus alkoi jopa hävittämään koivikoita, puhuttiin myös koivuvihasta. Koivun käyttö alkoi siirtyä vanerin puolelle. Teollisuuspuun käyttö ylitti pysyvästi polttopuun käytön vasta vuonna 1954. (Pakkanen 2017, s.45) 50-luvulla perustetun pienpuualan komitean ansiosta kiinnostus pienpuun käyttöön energiapuuna alkoi kasvaa. 1960-luvulla polttopuiden käyttö teollisuudessa, sekä liikenteessä alkoi vähentyä aiempaa nopeammin. (Rytteri & Lukkarinen, 2014, s. 167) Teollisuus käytti polttoon noin miljoona kuutiota halkoja ja jätepuuta noin kaksi miljoonaa kuutiota, liikenne käytti noin 0,6 miljoona kuutiota. Puun kokonaiskäyttö oli noin 48 miljoonaa kuutiota. 60-luvulla alettiin näkemään energiapuulle valoisa tulevaisuutta.

1970-luvulla uusi energiakriisi sai valtioneuvoston suunnittelemaan uusia käyttötapoja puulle. (Rytteri & Lukkarinen, 2014, s. 168) Koivuista alkoi olla pulaa ja niitä jouduttiin ostamaan vaneri tuotantoon lisää Venäjältä. Polttopuu alkoi samaan uutta merkitystä energiapuun muodossa, halkojen sijaan teollisuuslaitokset alkoivat polttamaan myös hakkuutähteitä, kantoja ja liekopuita. 1970-luvun lopulla Vapon toimitukset laitoksille olivat 130 000 mottia halkoja ja 30 000 mottia haketta. (Pakkanen, 2017, s. 46 ja 51) 1980-luvulla hakemäärä teollisuudessa lähenteli noin puolta miljoonaa kuutiota. Polttohake koki pienen notkahduksen 80-luvulla, mutta nosti jälleen päätään 90-luvun alussa. Vuosituhannen vaihteessa energiapuun käyttö lähti ennennäkemättömään kasvuun, taustalla oli haketta suosivat verotustoimenpiteet, sekä tuotantotuki. Ensiharvennuksilta alettiin keräämään energiapuuta rankana ja kokopuuna pelkän kuidun sijaan. (Pakkanen, 2017, s. 47-55)

### 3 Energiapuun tuet

Energiapuun korjuuseen voi yksityinen metsänomistaja hakea Metsäkeskuksen kautta Kemera-tukea. Nuoren metsän hoidon tuki ja pienpuun keruun tuki voidaan hakea kuvioille jotka täyttävät tuen vaatimukset:

Tuen saaja on yksityinen maanomistaja.

- \* Hakemuksessa on kerralla haettava tukea vähintään 2 hehtaarille (hakemus voi sisältää eri omistajien eri puolilla maata olevia kuvioita).
- \* Yksittäisen kuvion koko vähintään 0,5 hehtaaria.
- \* Kasvatuskelpoisen puuston pituus työn jälkeen yli 3 metriä.
- \* Pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta ennen työn aloittamista ja työn jälkeen on enintään 16 cm rinnan korkeudelta mitattuna.
- \* Poistuma on vähintään 1500 runkoa/hehtaari, pohjoisessa Suomessa vähintään 1 000 runkoa/hehtaari. Poistumaan lasketaan mukaan kannot, joiden läpimitta on vähintään 2 cm. Lisäksi poistumaan laskettavien runkojen pituuden on pitänyt olla vähintään puolet vallitsevan jakson keskipituudesta.

Jos haet tukea myös pienpuun keruuseen, on pienpuuta kerättävä kuviokohtaisesti

- \* eteläisessä ja keskisessä Suomessa vähintään 35 kiintokuutiometriä hehtaarilta
- \* pohjoisessa Suomessa vähintään 25 kiintokuutiometriä hehtaarilta.

Kerätyn pienpuun määrän tulee perustua puutavaran mittauksesta annetun lain (414/2013) mukaiseen mittausasiakirjaan.

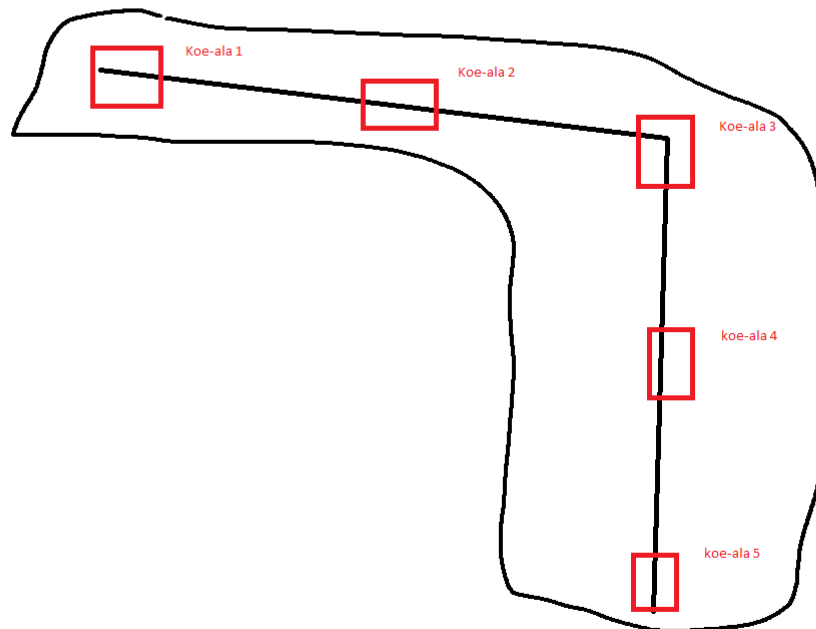
Hoito- ja kunnossapitovelvoite on 10 vuotta. Et voi saada tukea, jos samalla kohteella on tuettu metsänuudistamista tai nuoren metsän hoitoa Kemera-rahoituksella viimeisen 10 vuoden sisällä. (Metsäkeskus, 2021 tuki nuoren metsän hoitoon)

## 4 Aineisto, menetelmät ja kohteet

Tutkielmaan kerättiin kuviotietoja ennen ja jälkeen hakkuun. Kuviot sijaitsivat Pirkanmaan metsissä. Kuviotietoja kerättiin kuivilta, kuivahkoilta ja tuoreilta kankailta. Ennen mittauksen aloittamista suunniteltiin mistä kohdetta lähestytään ja minne kuviolle koe-alat sijoitetaan. Koe-alat määräytyivät sattumanvaraisesti kuviota kävellessä läpi. Koe-alan paikkaa ei lähdetty etsimään vaan se määräytyi tietyn askelmäärän jälkeen, kohteen koosta riippuen koe-alojen väli oli 10, 20 tai 30 m. Mikäli kuvion muoto mahdollisti, kuvio käveltiin läpi mahdollisimman suoraviivaisesti. Hakkuun jälkeen tehtiin osalle kuvioista jälkitarkastus, tarkastuksessa koe-alojen paikat olivat samat kuin ennen hakkuuta.

Kuvioilta otettiin ympyräkoe-aloja 10-30 metrin välein, riippuen kohteen pinta-alasta ja muodosta, vähintään yksi koe-ala hehtaarille, jokaiselta kuviolta vähintään kolme koe-alaa. (Kuva 1) Kuviolta otettiin ympyräkoe-ala käyttäen 3,99 metrin mittakeppiä, jolloin kertoimeksi saatiin 200, tämän avulla laskettiin kuvion puuston runkolukumäärä. (Kuva 2)

Kuva 1. Esimerkki koealojen sijoittamisesta kuviolle.



Koe-alan sisälle jääneistä puista valittiin viisi mitattavaa puuta jokaisesta puulajista. Mittaajaa lähimpänä olevat puut valittiin, jolloin puuta ei valittu mieltymyksen mukaan eli poistetaan mittaajan virhe. Puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta 1,3 m korkeudesta ja pituus, mittaukseen käytettiin mittasaksia ja hypsometriä. (Kuvat 3-5) Osalla kohteista oli useampia kuvioita, näissä tapauksissa jokaiselta kuviolta kerättiin kuviotiedot erikseen. Yksittäisten kuvioden mittauksen jälkeen kuvioden tulokset laskettiin yhteen ja selvitettiin kohteen puuston runkoluvun ja rinnankorkeus läpimitan keskiarvot. Hakkuun jälkeen kohteen laskettuja tuloksia verrattiin mittaustodistukseen ja laskettiin jäävän puuston lukumäärä runkomittarin mukaan.

Hakkuissa käytettiin neljää erilaista hakkuukouraa. Kahta harvesterikouraa, syöttävää giljotiinikouraa ja energiakouraa. Kohteita oli yhteensä kahdeksan. Neljällä kohteella hakkuupäänä toimi harvesteripää, kahdella kohteella syöttävä giljotiinikoura ja kahdella kohteella energiakoura.

Harvesterikouran katkaisee puun ketjusahalla, kourassa on syöttörullat, karsinta terät ja mitta-anturit. Harvesterikoura on eniten hakkuukoneissa käytetty hakkuupää. Sahallinen harvesteripää mittaa puiden keskimääräisen tilavuuden litroina, jota vertailtiin ennen hakkuuta tehtyihin mittauksiin. (Komatsuforest, 2020)

Syöttävää giljotiinikouraa voidaan pitää harvesterikouran ja energiakouran yhdistelmänä. Kourassa yhdistyy harvesterin syöttö ominaisuus ja tehokkuus, energiakouralta on vuorostaan kopioitu giljotiini katkaisu ja monen rungon samanaikainen käsittely. (Koneviesti 9.6.2011)

Energiakoura käyttää puiden katkaisemiseen puristusvoimaa, puut puristetaan terää vasten kääpälien avulla. Energiakouralla voidaan kerätä nippuun kasvaneet puut kerralla, kourassa ei ole syöttö ominaisuuksia. Suosituin energiapuun hakkuumuoto energiakouralla on kokopuu. (Farmiforest, n.d)

Syöttävä giljotiinikoura ei mittaa litra kokoa, mutta laskee kaadettujen runkojen määrän. Kohteilla joissa syöttävägiljotiini tai energiakoura toimivat hakkuupäinä tehtiin hakkuun jälkeen jälki tarkastus samalla periaatteella kuin ennen hakkuuta tehtyt mittaukset, eli hakkuujäljen tarkistus. Energiakoura ei laske runkolukua eikä litramäärää. Syöttävägiljotiinin kohteiden puustolle laskettiin litra keskiarvo jakamalla motit mittaustodistuksen mukaisen runkoluku määrän kanssa. Energiakouran kohteille laskettiin molempien mittausten jälkeen arvioitu runkoluku poistuma vähentämällä hakkuun jälkeen laskettu runkoluku ennen hakkuuta saadusta runkoluvusta, jonka jälkeen mottimäärä jaettiin poistuma runkoluvulla ja saatiin puuston keskikoko litroina.

Hakkuupäiden tuloksista vertailtiin runkolukupoistumaa, hakkuilta kertyneitä kokonais kuutiomääriä ja kuutiomäärää hehtaaria kohden. Tuloksia vertailtiin myös Evon opetuskasvatukseen, Satu Peuran, Samuel Nikulan ja Hannu Suopellonmäen opinnäytetöihin.

Kuva 2. Ympyräkoealan mittaaminen.



Kuva 3. Mitataan rinnankorkeusläpimitan tarkkaa paikkaa, apuna käyttäen 65 cm mittasaksia.





Kuva 4. Mittaus jatkuu kuvan 3 kohdalta.



Kuva 5. rinnankorkeusläpimitan mittaus.



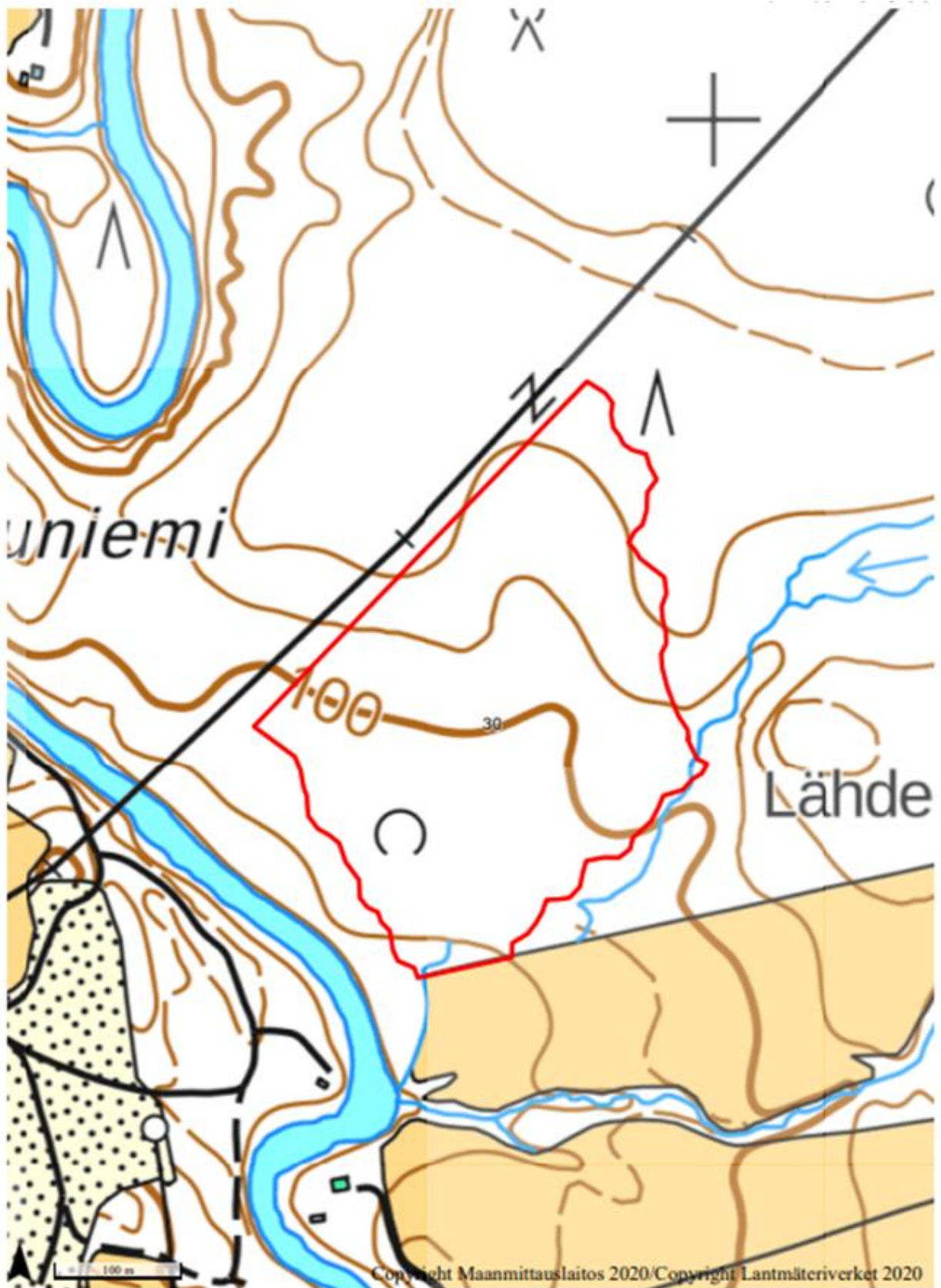
#### 4.1 Kohde 1

Kohde 1 oli tuoreella kankaalla sijaitseva T2 taimikko. Varhaisperkauksen jälkeen kohde oli jätetty oman onnensa nojaan. (Kuva 6) Ympyräkoe-alan tekeminen sekä pituuden mittaaminen ennakkoon oli lähes mahdotonta. Kohteen hehtaari runkoluvuksi laskettiin yli 10 000 runkoa ja kohteen koko oli 6 hehtaaria. (kuva 7) Koe-aloilta löytyi koivujen ja kuusien lisäksi vielä pajua, pihlajaa ja leppää. Puuston pituus vaihteli 5-11 metrin välillä ja rinnankorkeus läpimitta 1-7cm välillä. Tiheän puuston vuoksi ei kohteelle tehty ennakkoraivausta. Kohde hakattiin energiapuukouralla varustetulla kaivinkoneella. (Kuva 19)

Kuva 6. Kohteen vähäpuustoisin reuna.



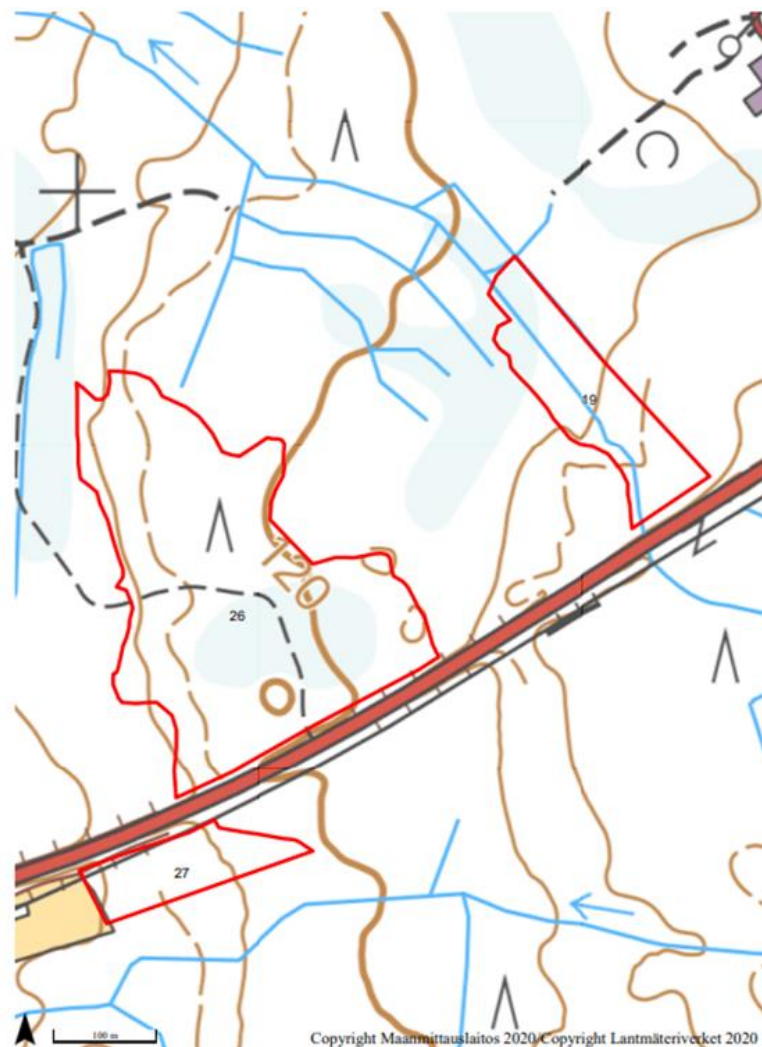
Kuva 7. kohteen kartta.



## 4.2 Kohde 2

Kohde 2 oli kuivahkolla kankaalla sijaitseva männikkö, pientä 0,7 ha tuore kangas kulmaa lukuun ottamatta. (kuva 8) Hehtaareita kohteella oli 6,8. Keskipituus puilla oli 11 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 11 cm. arvioitu runkoluku määrä hehtaarilla oli noin 2600 runkoa. Kohde 2 hakattiin kesällä tukki seisakin aikaan, hakkuuseen käytettiin Komatsun 901 XC hakkuukonetta. (Kuva 17) Kohteen tarkoituksena oli selvittää erot Prosilvan ja Komatsun hakkuiden välillä. Ennakkoraivaus tehtiin vain alueella, jossa metsätyyppi on tuoretta kangasta.

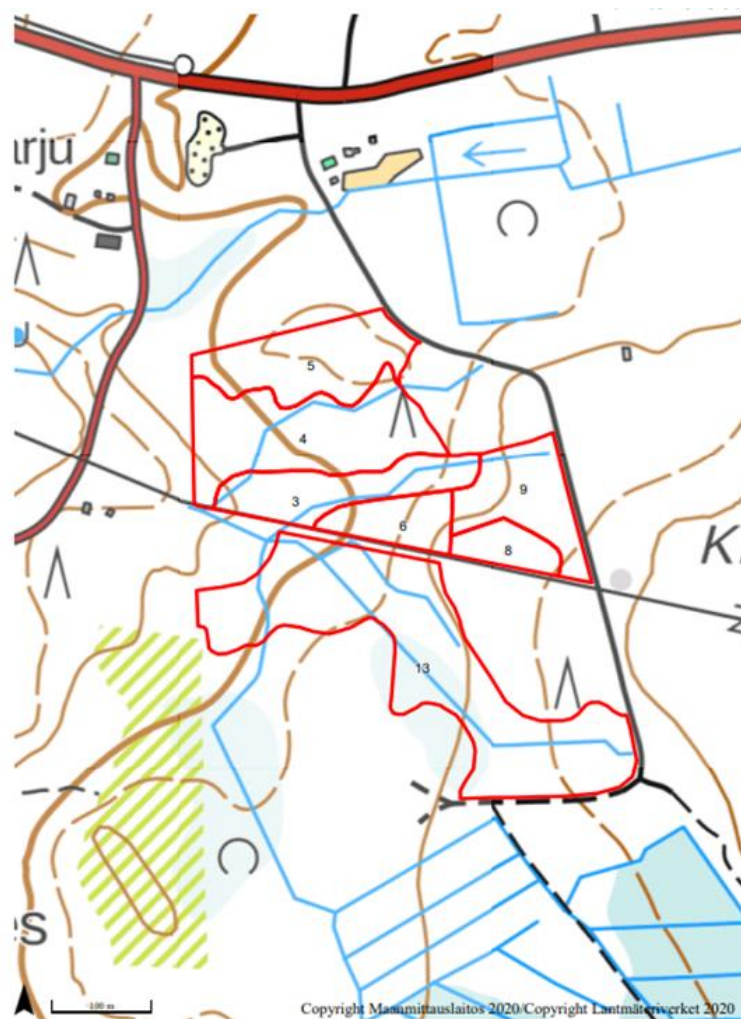
Kuva 8. kohteen kartta.



### 4.3 Kohde 3

Kohde 3 oli puoliksi kuivahkoa ja puoliksi tuoretta kangasta. Kohteen pinta-ala oli 6,2 hehtaaria. (Kuva 9) Hehtaareista puolet vaati ennakkoraivauksen. Puuston pituus 11 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 8,5-10 cm puulajista riippuen. runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan noin 3300 runkoa. (Kuva 10.) Hakkuukoneena toimi Prosilva 810. (Kuva 16)

Kuva 9. kohteen kartta.



Kuva 10. Puuston pituuden mittausta kohteella.

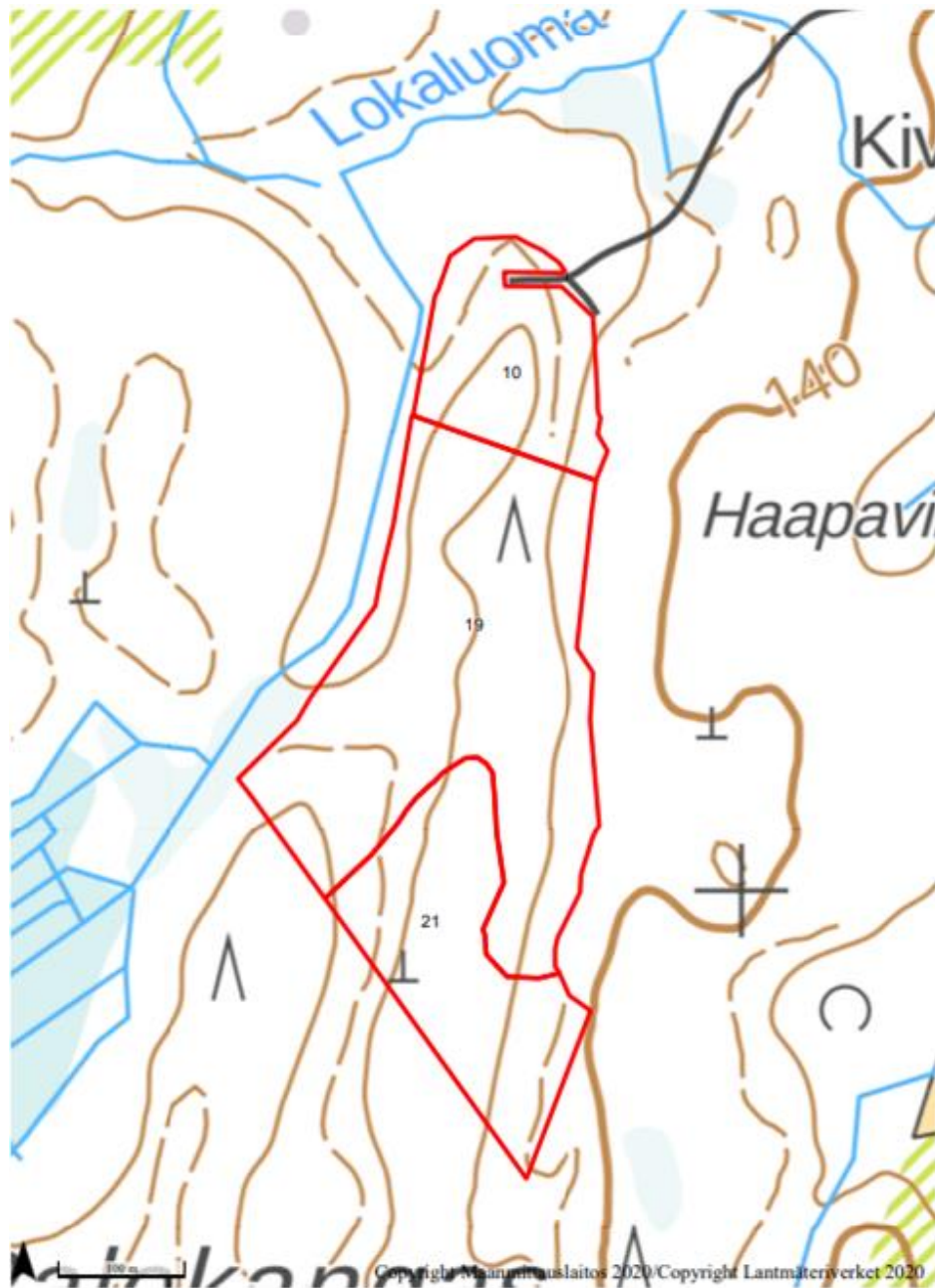


#### 4.4 Kohde 4

Kohde 4 oli kuivalla kankaalla sijaitseva männikkö. Kohteen pinta-ala oli 7,7 hehtaaria.

Puuston pituus 13 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 11 cm. Runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan 2100 runkoa. (kuva 11) Hakkuukoneena Prosilva 810 (Kuva 16)

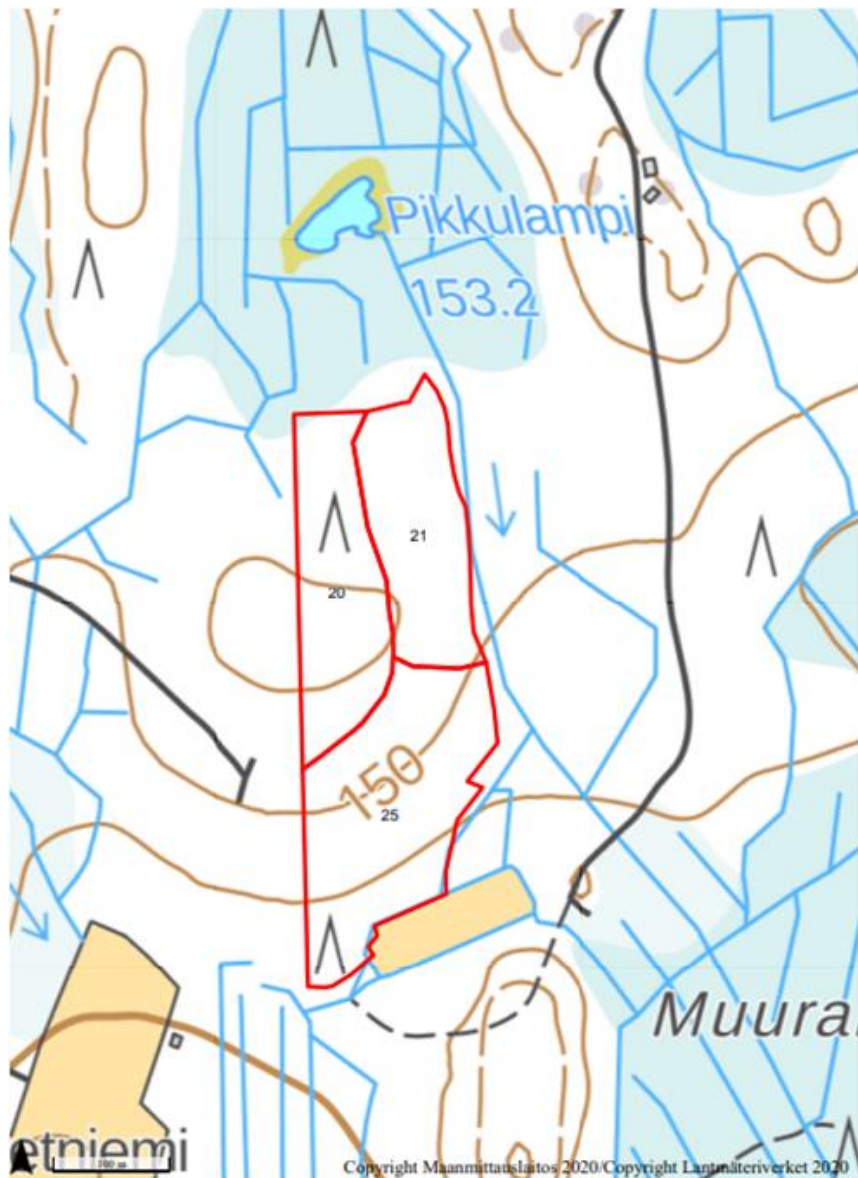
Kuva 11. Kohteen kartta.



#### 4.5 Kohde 5

Kohde 5 oli kuivahkolla kankaalla sijaitseva männikkö. Kohteen koko 3,67 hehtaaria. Puuston pituus 9 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 5-8 cm. Runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan noin 3500 runkoa. Kohteen kuvioista osa käytiin läpi pelkästään raivaussahalla, näitä alueita ei mittauksessa huomioitu. (kuva 12) Hakkuukoneena toimi Prosilva 810. (Kuva 16)

Kuva 12. Kohteen kartta.

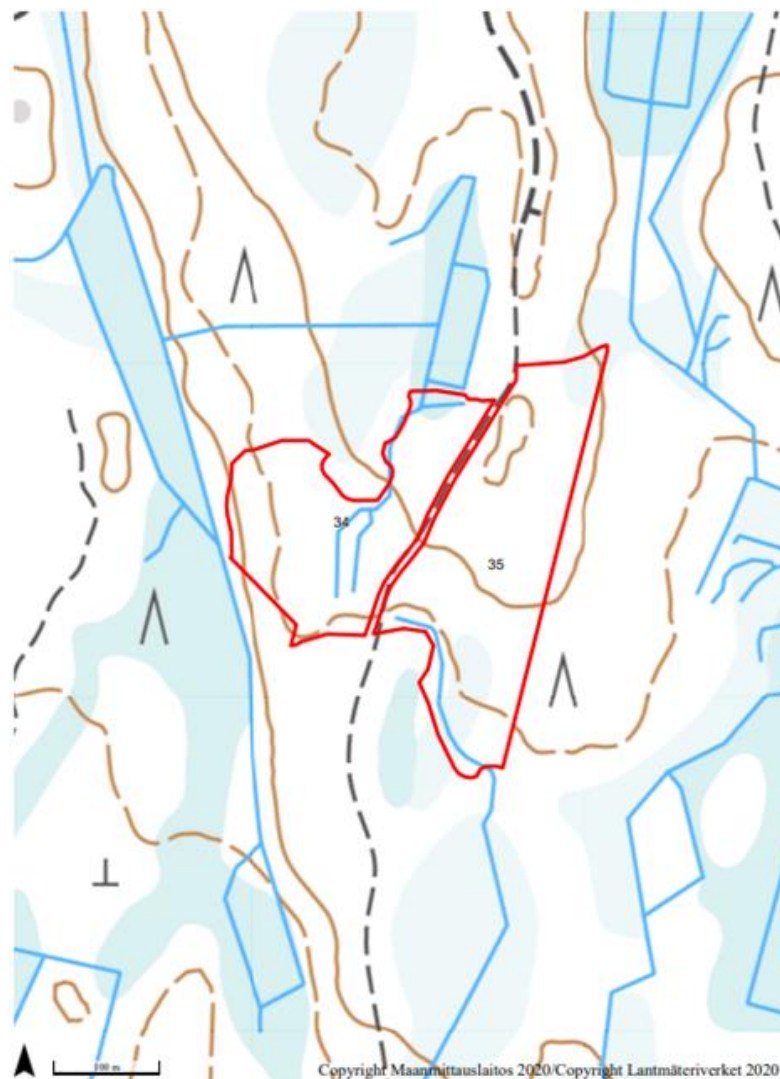




#### 4.6 Kohde 6

Kohde 6 oli kuivalla kankaalla sijaitseva männikkö. Kohteen koko 4,6 ha. Puuston pituus 10 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 12 cm. Runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan noin 2300 runkoa. Kohdetta ei ennakkoraivattu. Kohteen hakkuuta rajoitti sen läpi kulkeva pururata, jolloin maisemointi oli erityisessä huomiossa. (Kuva 13) Hakkuukoneessa oli syöttävä giljotiinikoura. (Kuva 18)

Kuva 13. Kohteen kartta.



#### 4.7 Kohde 7

Kohde 7 sijaitsi noin 500 metrin päässä kohteesta 6. Kohde oli myös kuivaa kangasta, koko 4,8 hehtaaria. (Kuva 14) Puusto kohteeseen 6 verrattuna pienempää. Puuston pituus 11 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 7. Runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan noin 4400. Kohteelta löytyi muutamia kuusia ja koivuja, poistuma täysin mäntyä. Ennakkoraivausta ei tehty. Hakkuulla toimi energiakoura. (kuva 19)

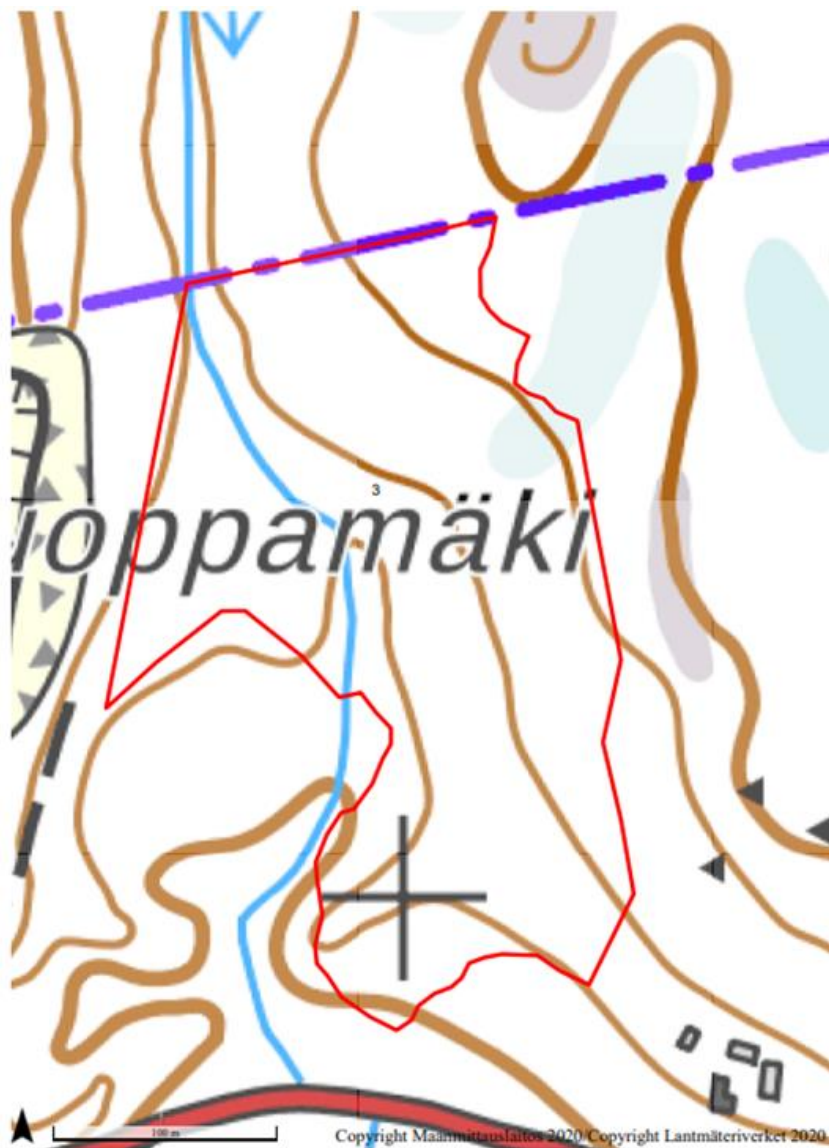
Kuva 14. Kohteen kartta.



#### 4.8 Kohde 8

Kohde 8 oli loivassa mäessä oleva tuore kangas. Hehtaari määrä 3,2. (Kuva 15) Puuston pituus 9,5 metriä ja rinnankorkeus läpimitta 8 cm. Runkoluku hehtaarilla arvioitiin olevan noin 3000 runkoa. Kohteelle tehtiin kevyt ennakkoraivaus. Hakkuulla toimi syöttävägiljotiini. (Kuva 18)

Kuva 15. Kohteen kartta.



## 5 Tutkimuksessa käytetyt hakkuukoneet

Tutkimukseen käytettiin neljää eri hakkuukonetta. Koneista kahdessa oli sahallinen harvesteripää, yhdessä syöttävägiljotiinikoura ja yhdessä energiakoura.

### 5.1 Prosilva 810

Prosilva 810 oli varustettu Keslan 20RH-II harvesterikouralla. Prosilvan paino on 14 000-16 000kg. Puomin pituus 10 metriä. Leveys on noin 3 metriä. (Kuva 16) Keskikulutus on noin 10 L/tunti. (koneenkuljettajan haastattelu 13.5.2021) Keslan 20RH-II sahakouran paino 610 kg ja maksimi aukeama 45 cm. 20RH-II on tarkoitettu rinnankorkeusläpimitaltaan alle 30 cm metsiköihin ja sopii hakkuupääksi 8000-13 000 kg painaville hakkuukoneille. (Kesla n.d) Prosilvan etuja ovat sen kokonaispaino sekä 10 metrin puomi. Verrattuna Sampon Hr46:n Prosilvan ei tarvitse tehdä niin sanottuja haamu-uria harvennusta tehdessä. Uraväli pysyy halutussa 20 metrissä, jolloin työtahti pysyy tuottoisana.

Kuva 16. Prosilva hakkuulla.



## 5.2 Komatsu 901 XC

Komatsu 901XC on tarkoitettu tukkiharvennuksiin sekä avohakkuihin. (Kuva 17) Koneen paino noin 20 000 kg. Puomin pituus on 10 metriä. Koneen leveys on noin 2,9 metriä ilman teloja, telojen kanssa 3,16 m. Keskikulutus noin 14 L/tunti. (Komatsuforest, 2020)

Hakkuupäänä toimi C93 harvesterikoura. C93 paino 976 kg ja maksimi aukeama 60 cm.

(Komatsuforesta, 2020) Komatsu 901XC on hyvin vakaa ja ketterä hakkuukone, vaikka koneella onkin painoa, se jakautuu tasaisesti kahdeksalle pyörälle ja maastoon jäävä urajälki on siisti. (Komatsuforesta, 2020)

Kuva 17. Komatsu tukkiharvennuksella.



### 5.3 Valmet 901 TX

Valmet 901 TX on kuusipyöräinen hakkuukone, jonka valmistaa nykyisin Komatsu. (Kuva 18) Koneen paino on noin 17 000 kg. Puomin pituus on 10 metriä. Koneen leveys on noin 3 metriä. Keskipulutus on noin 11 L/tunti. (docplayer, 2019) Hakkuupäänä toimii Naarvan 28EF syöttävägiljotiini. Naarvan paino on noin 700 kg, maksimi avauma 83 cm. (Pentinpaja, n.d)

Kuva 18. Valmet lähdössä hakkuulle.



#### 5.4 Kobelco SK 180(N)LC-10E

Kobelco SK 180(N)LC-10E oli varustettu Axer 650 HD K energiakouralla. Kobelcon paino: 19 600-20 500kg. Leveys 2,8 m. Puomin pituus 9 m. Keskikulutus noin 10 L/tunti. (Lectura-specs, n.d) Axer 650 HD K:n paino 560 kg ja maksimi aukeama 35 cm. Asennus alustana kaivinkone. (Axer, n.d) Kobelcon etuja on sen kapeus. Kobelcon runko ei milloinkaan sen kääntyessä ylitä telojen leveyttä, eli se sopii hyvin ahtaisiin metsikköihin. Konemiehen on hakuuta tehdessään huomioitava ajokoneen heikompi ketteryys, ei tehdä turhia mutkia eivätkä mutkat saa olla liian jyrkkiä. (Kuva 19)

Kuva 19. Kobelco harventamassa tien reunoja.



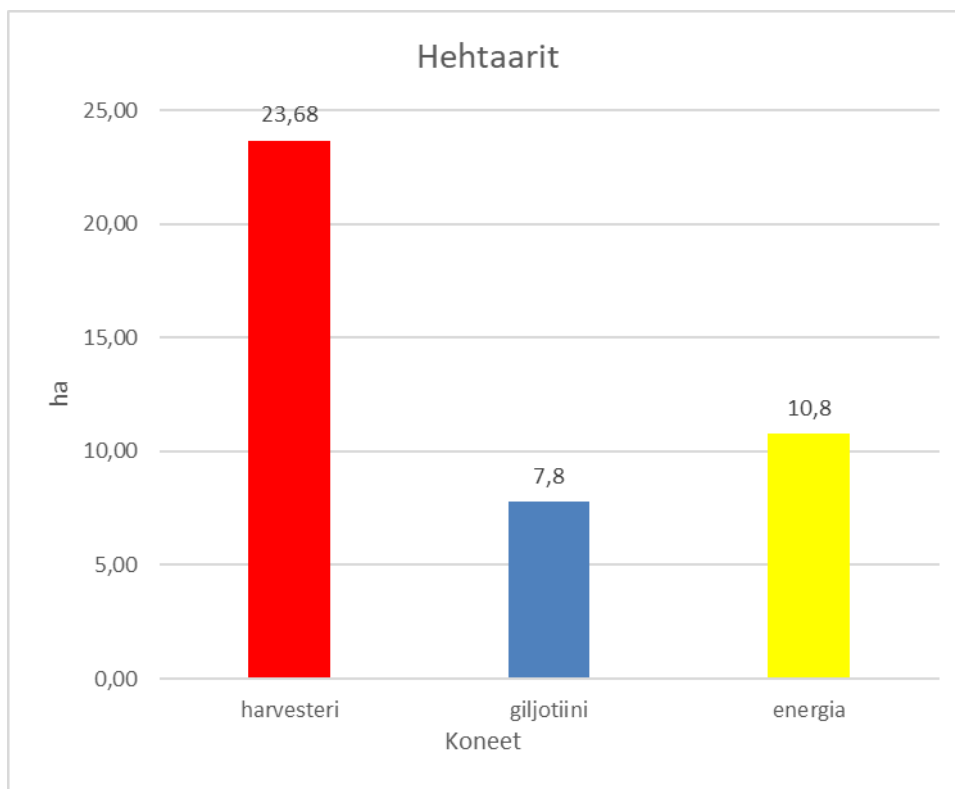


## 6 Tulokset

### 6.1 Hehtaarit ja m3

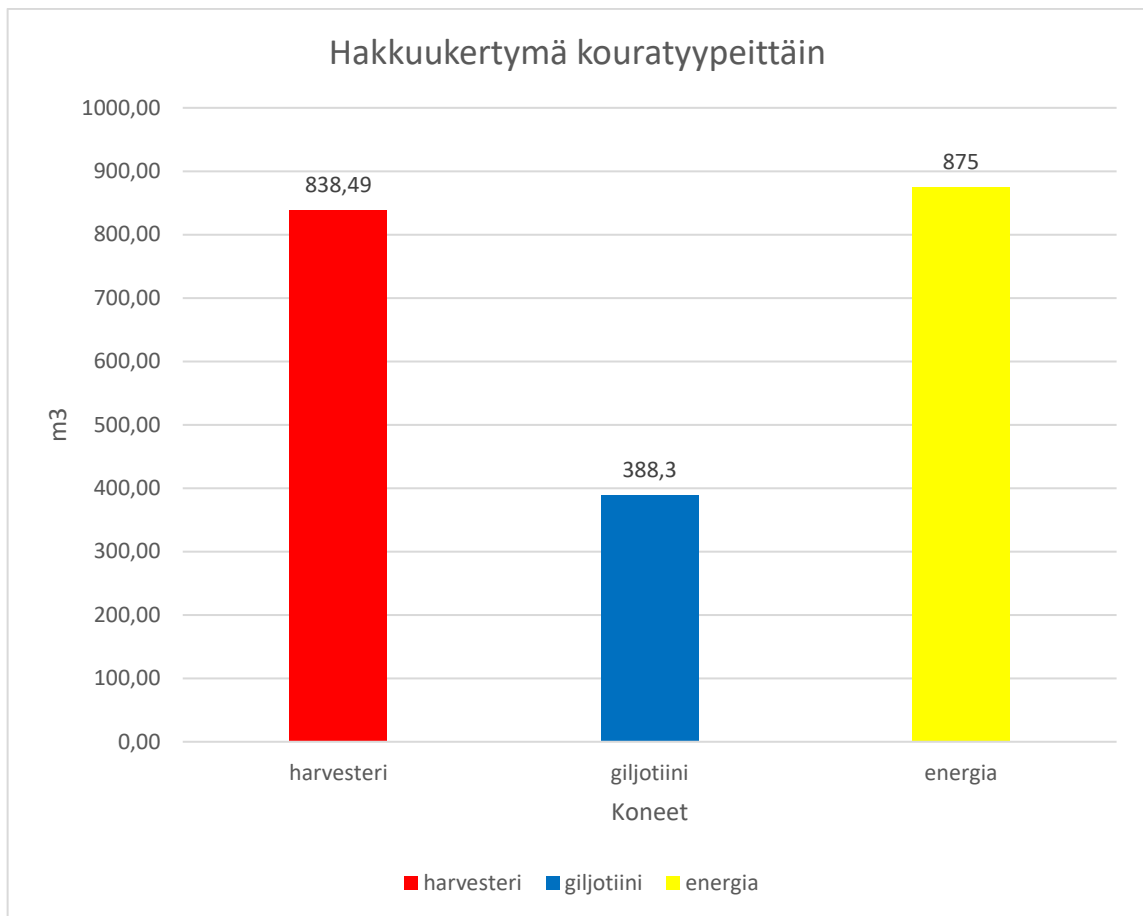
Kohteiden yhteen laskettu hehtaarimäärä oli 42,28 ha. Harvesterikouralla hakattujen kohteiden pinta-ala oli 23,68 hehtaaria, syöttävän giljotiinin 7,8 hehtaaria ja energiakouran 10,8 hehtaaria. Kasvupohjien osuudet, kuiva kangas 20,78 hehtaaria, kuivahkon kangas 9,2 hehtaaria ja tuore kangas 12,3 hehtaaria. (Kuva 20)

Kuva 20. Hehtaarit jaettuna eri hakkuupäille.



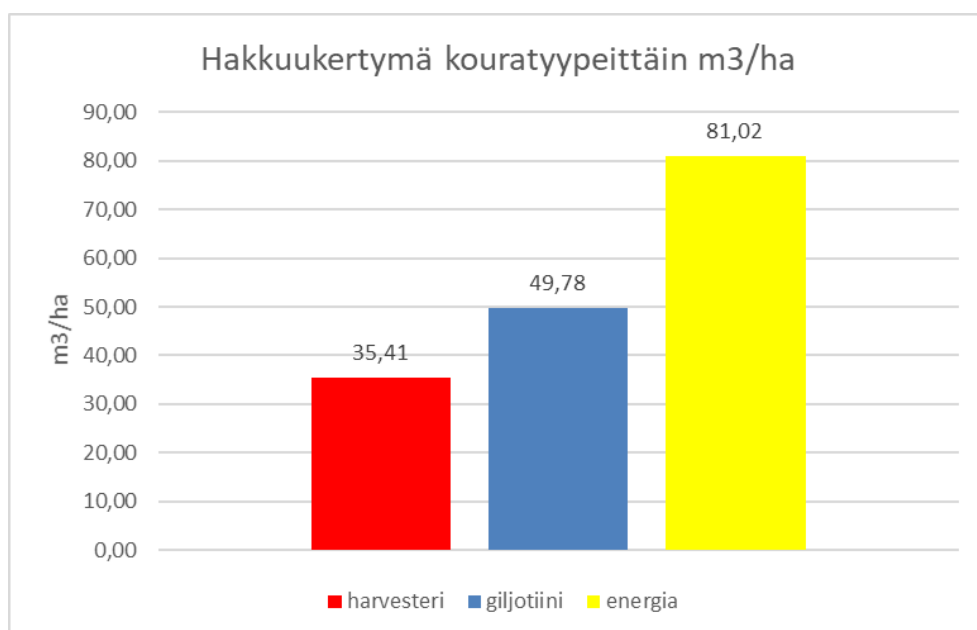
Kaadetun puuston yhteen laskettu motti määrä on 2101,79 m<sup>3</sup>. Harvesterikouralla kaadettiin yhteensä 838,49 m<sup>3</sup>, giljotiini kouralla 388,3 m<sup>3</sup> ja energiakouralla 875 m<sup>3</sup>. Energiakouran mottimäärästä 500 m<sup>3</sup> on koneurakoitsijalta saatua tietoa, eli tarkkaa kuutio määrää ei ole tiedossa. (kuva 21)

Kuva 21. Hakkuukertymä kouratyypeittäin m<sup>3</sup>.



Keskiarvot mottia hehtaaria kohden. Harvesterikouralla keskiarvo on 35,41 m<sup>3</sup>, giljotiini kouralla 49,78 m<sup>3</sup> ja energiakouralla 81,02 m<sup>3</sup>. (Kuva 22)

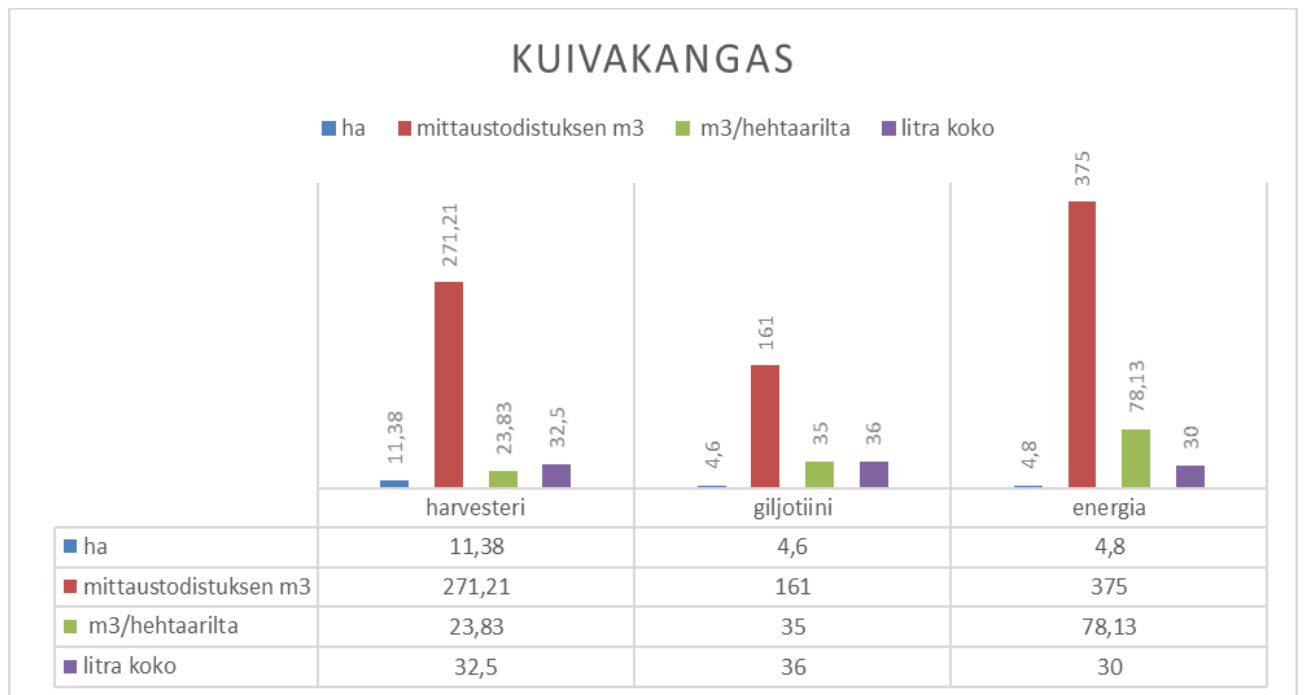
Kuva 22. Hakkuukertymä kouratyypeittäin m<sup>3</sup>/ha.



## 6.2 Kohteiden tulokset

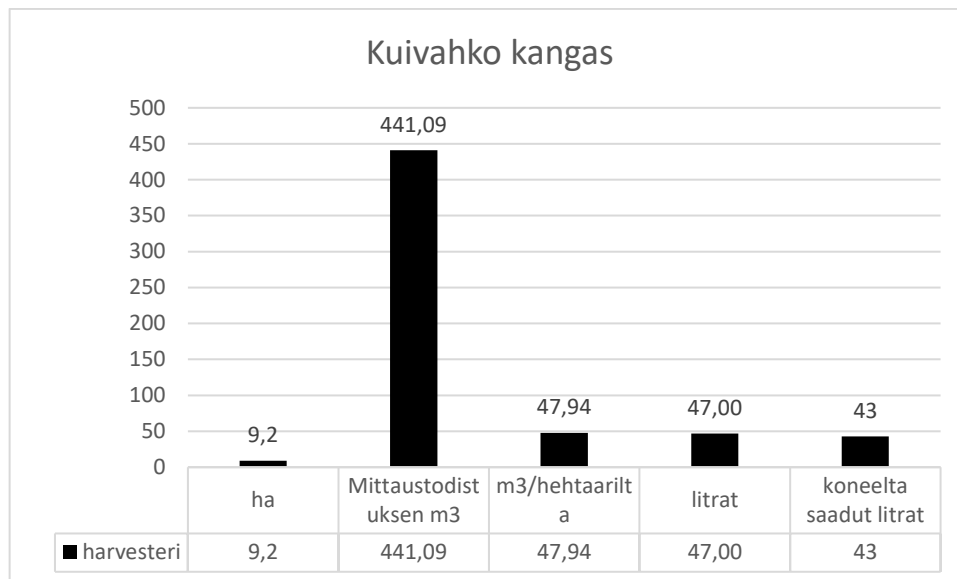
Kuivan kankaan hakkuita oli yhteensä 20,78 hehtaaria. Harvesterikouralla tehtiin 11,38 hehtaaria, syöttävällä giljotiinilla 4,6 hehtaaria ja energiakouralla 4,8 hehtaaria. Kohteista saatiin yhteensä 807,21 m<sup>3</sup>. Ennakkoraivaus ei ollut kohteilla tarpeellinen. Kertymät koneittain, harvesterikouralla 271,21 m<sup>3</sup>, giljotiinikouralla 161 m<sup>3</sup> ja energiakouralla 375 m<sup>3</sup>. Puuston keskikoko litroina oli pienin 20 L. Puuston litratilavuudet olivat harvesterikouralla ja energiakouralla lähellä toisiaan 32,5 litraa harvesterilla ja 30 litraa energiakouralla. Syöttävän giljotiinin litra koko oli 36 litraa, kohteella oli muutamia vanhemman ikäluokan puita, jotka vaikuttivat puuston keskikokoon. (Kuva 23)

Kuva 23. Kuivan kankaan tulokset.



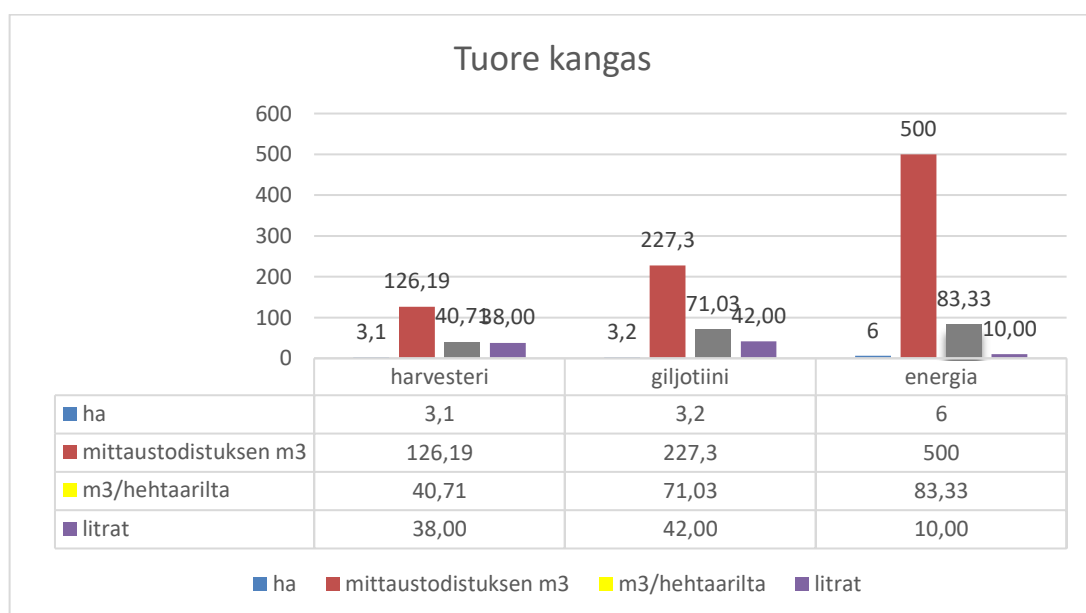
Kuivahkolta kankaalta saatiin vain harvesterikouran tiedot. Kuivahkon kankaan hakkuita oli yhteensä 9,2 hehtaaria. Hakuilta motteja kertyi yhteensä 441,09 m<sup>3</sup>, eli 47,94 m<sup>3</sup> hehtaarilta. Puiden tilavuuden keskiarvo ennakkomittausten mukaan oli 47 litraa ja koneiden mittaamana 43 litraa. Mittauksesta ja koneelta saatujen tietojen eroavaisuus on 4 litraa, puusto ollut hakkuu hetkellä hyvin tasaisesti kasvanutta ja hyvin hoidettua. (Kuva 24)

Kuva 24. Kuivahkon kankaan tulokset.



Tuoreen kankaan hakkuita oli yhteensä 12,3 hehtaaria. Harvesterikouralla tehtiin 3,1 hehtaaria, syöttävällä giljotiinilla 3,2 hehtaaria ja energiakouralla 6 hehtaaria. Kohteilta saatiin yhteensä 853,49 m<sup>3</sup>. Harvesterikouralla saatiin 126,19 m<sup>3</sup>, syöttävällä giljotiinilla tuli 227,3 m<sup>3</sup> ja energiakouralla 500 m<sup>3</sup>. Harvesterin kuutio määrän keskiarvo hehtaaria kohden oli 40,71 m<sup>3</sup>, syöttävällä giljotiinilla 71,03 m<sup>3</sup> ja energiakouralla 83,33 m<sup>3</sup>. (Kuva 25)

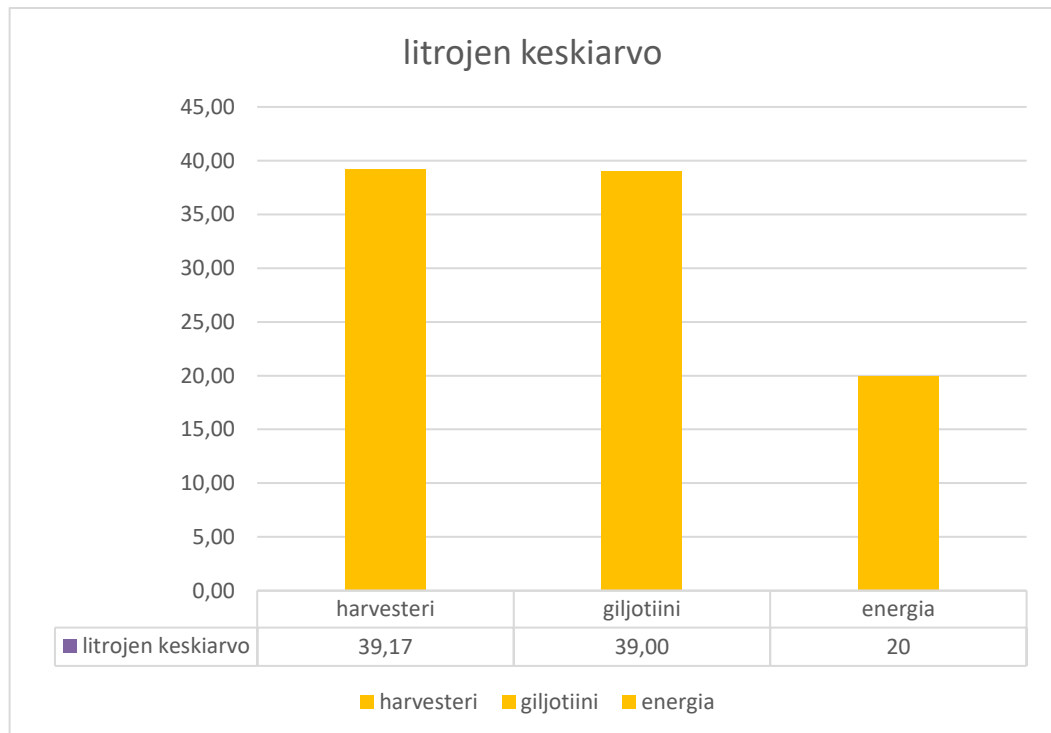
Kuva 25. Tuoreen kankaan tulokset.



Puuston litratilavuuksien keskiarvot koneittain, harvesterikoura 39,17 litraa, syöttävällä giljotiinilla 42 litraa ja energiakouralla 10 litraa. Energiakouran motit ovat konekuskilta kuultuja, kohteen tarkkaa mottimäärää ei ollut tiedossa ja kohde oli hoitamaton T2 taimikko.

(Kuva 26)

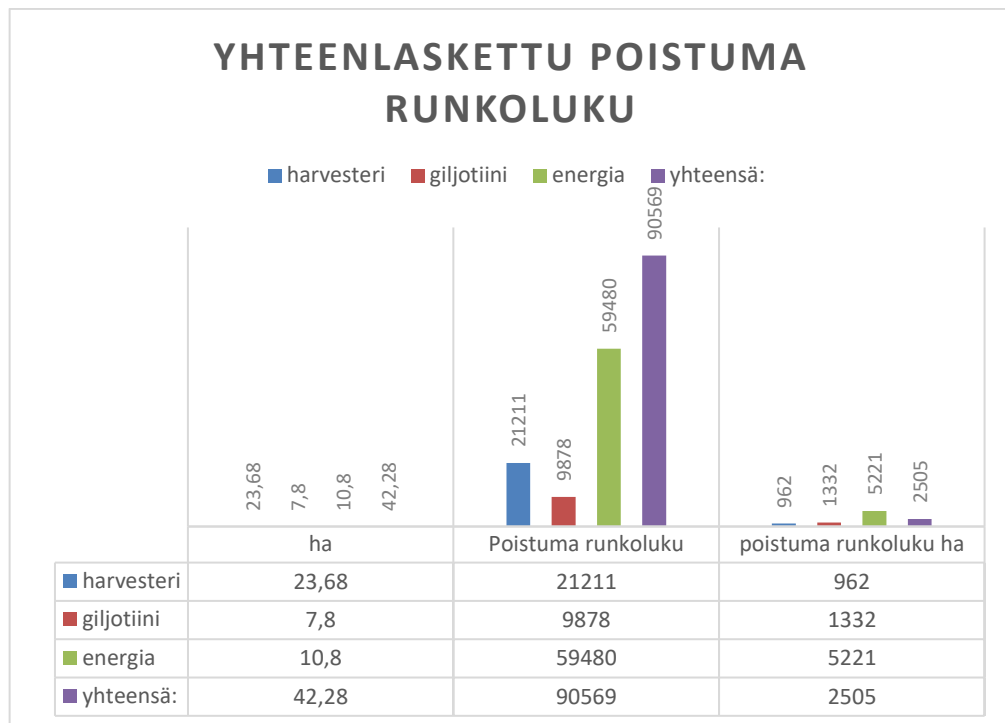
Kuva 26. Litrojen keskiarvot.



### 6.3 Runkolukupoistuman vertailu

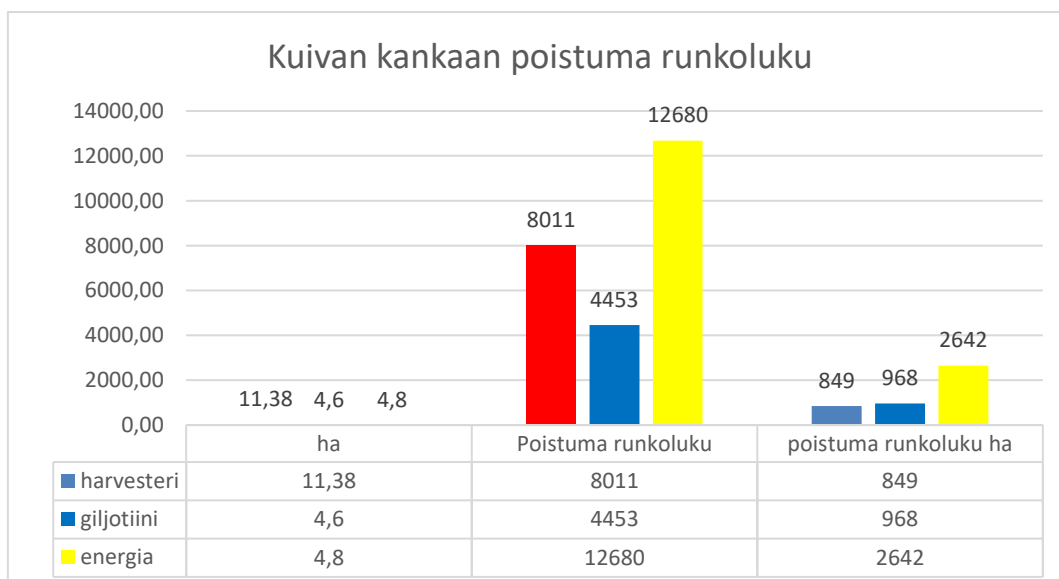
Kohteiden yhteenlaskettu runkoluku poistuma oli 90 569 runkoa. Keskiarvo poistuma hehtaarilta oli 2505 runkoa/hehtaarilta. (Kuva 27)

Kuva 27. Yhteenlaskettu poistuma eri hakkuupäillä.



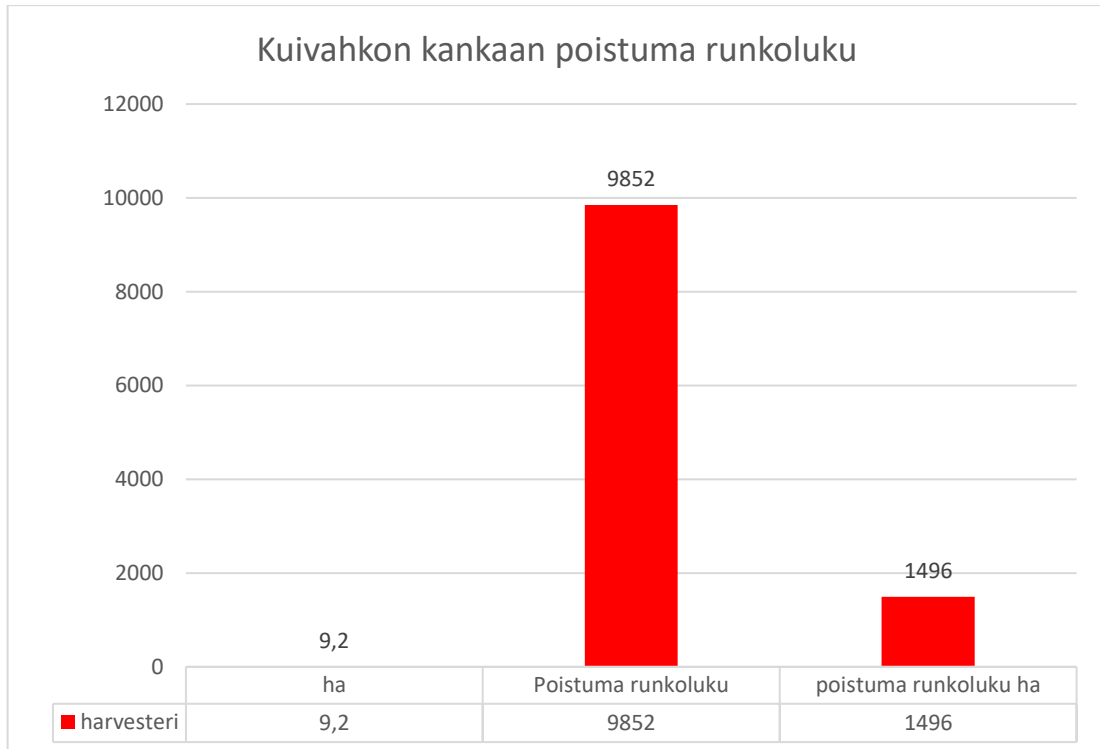
Kuivalta kankaalta runkoluku poistuma oli yhteensä 25 144 runkoa. Harvesterikouran osuus oli 8011 runkoa, giljotiinin osuus 4453 runkoa ja energiakouran 12 680 runkoa. Hehtaari kohtaiset poistumat, harvesterikoura 849 runkoa/hehtaarilta, giljotiinilla 968 runkoa/hehtaarilta ja energiakouralla 2642 runkoa/hehtaarilta. (Kuva 28)

Kuva 28. Kuivan kankaan poistuma.



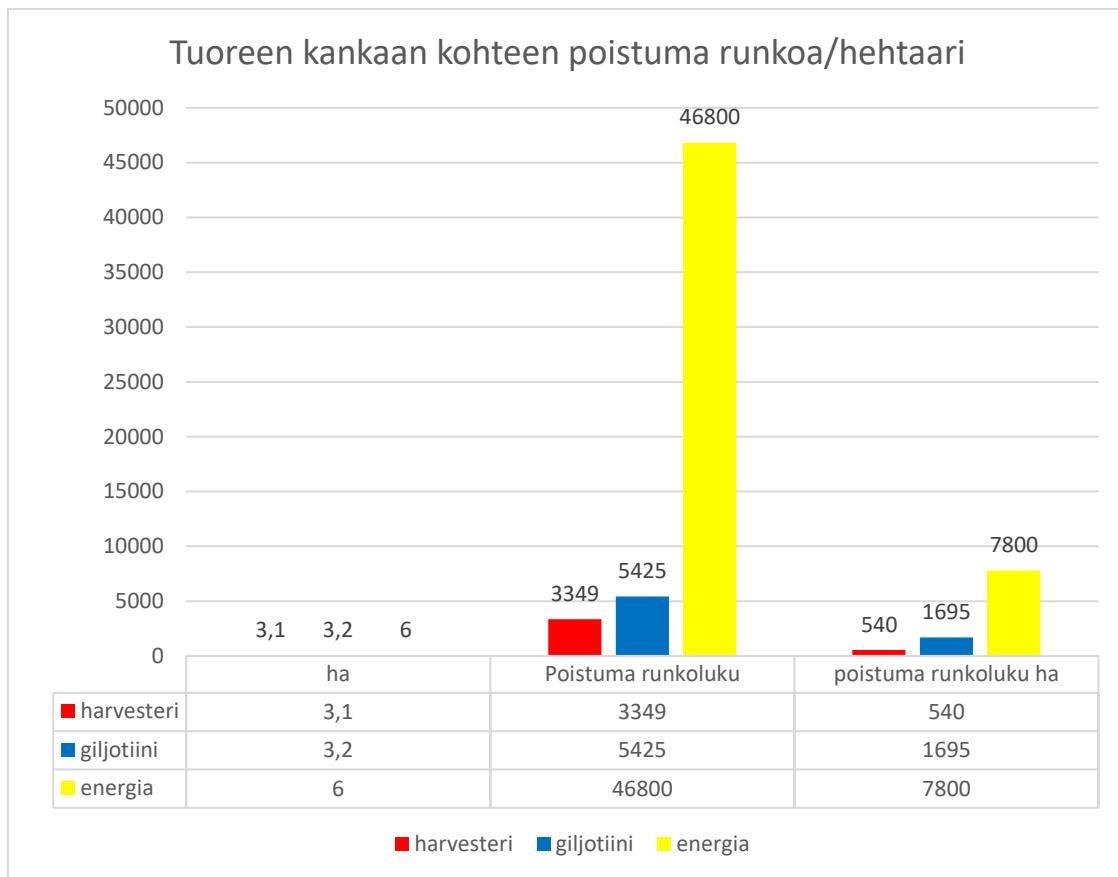
Kuivahkolta kankaalta poistuma oli harvesterikouralla 9852 runkoa, hehtaari kohtaisesti 1496 runkoa/hehtaarilta. (Kuva 29)

Kuva 29. Kuivahkon kankaan poistuma.



Tuoreen kankaan runkoluku poistuma oli 55 574 runkoa. Harvesterilla poistuma oli 3349 runkoa, giljotiinilla 5425 runkoa ja energiakouralla 46 800 runkoa. Hehtaarikohtainen poistuma harvesterikouralla oli 540 runkoa/hehtaarilta, giljotiinikouralla 1695 runkoa/hehtaarilta ja energiakouralla 7800 runkoa/hehtaarilta. (Kuva 30)

Kuva 30. Tuoreen kankaan kohteen poistuma.



## 7 Tulosten vertailu

Kohteilta saatuja tietoja verrattiin toisiinsa. Tietoja vertailtiin Evon opetusmetsässä tehtyyn hakkuuseen, Hannu Suopellonmäen opinnäytetyöhön, Energiapuun kertymä nuoren metsän hoitokohteilla, Nikula Samuelin opinnäytetyöhön, Energiapuun korjuu kymppikoura Oy:n E-100 hakkuupäällä ja Peura Satun opinnäytetyöhön Energiapuuharvennus ja kohteiden valinta metsänhoitoyhdistys Uusimaan alueella.

### 7.1 Hakkuupäiden vertailu

Hakkuupäitä verrattaessa eniten kuutioita ja suurin kuutiomäärä hehtaarilta tuli energiakouralta. Suuri kuutiomäärä johtuu osittain ennakkoraivauksen pois jättämisestä. Samoin giljotiinin korkeaan hehtaarilta saatuun kuutiomäärään vaikutti kohteille tehty kevyt ennakkoraivaus. Harvesteripää vaatii hyvin tehdyn ennakkoraivauksen, sahaketjun irtoaminen ja monet teroitukset kerrat syövät aikaa ja tuottavuutta.



Energiakouran etuuksia on sen kyky kaataa monia rankoja saman aikaisesti. Energiakouralla tehdään pääasiassa kokopuuta. Kokopuun heikkouksia on usein sen pieni rinnankorkeusläpimitta, jolloin siitä tehtävä hake ei ole lämpöarvoltaan kovin suuri. Heikon lämpöarvon vuoksi kokopuun hinta hakkuilla on hyvin heikko. Useimmin energiakouralla tehtävä hakkuu korvaa taimikon harvennuksen, koska raivaussahalla tehtynä harvennus olisi liian hidasta sekä kallista niin maanomistajalle, kuin sitä tarjoavalle yritykselle.

Kokopuunhakkuu myydään usein maanomistajalle niin sanottuna +/- nolla hakkuuna, eli maanomistajalle ei tule puista hakkuutuloa mutta ei myöskään laskua tehdystä harvennuksesta. Tämä onnistuu jos kyseiselle alueelle pystytään hakemaan kemera-tukea. Yhteenvetona energiakoura sopii kohteille, joissa puusto on liian pientä harvesterikouralle, alle 5 cm rinnankorkeusläpimittaista runkoa, ylitiheisiin kohteisiin 5000-10 000 runkoa hehtaarilla, metsätuhojen vaivaamaan nuoreen metsään, esimerkiksi lumituhoiseen taimikkoon tai metsäautotien piennarten siivoukseen.

Giljotiinikouralla voidaan tehdä sekä rankaa että kokopuuta, riippuen kohteen puustosta giljotiini voidaan tehdä myös yhdistelmä hakkuuta, tässä muodossa kerätään sekä rankaa että kokopuuta. Mitatuilta kohteilta tehtiin vain rankaa ja kohteet ennakkoraivattiin kevyesti. Vertailun perusteella giljotiinikoura sopii parhaiten tuoreille kankaille, puuston ollessa sekametsää tai kuusi-koivu valtaista. Giljotiinin ansiosta puskituneet koivikot eivät ole ongelma, giljotiinilla voidaan kerätä koko monihaaraunut puska kerralla, myös syötön ansiosta tiheä oksaiset puut eivät ole ongelma. Ennakkoraivauksen pois jättäminen laskee hakkuun hintaa ja kemera-tuki mukaan luettuna giljotiinikouralla tehdystä hakkuusta maanomistaja saa hieman hakkuutuloja.

Harvesterikouralla oli eniten kohteita, yhteensä 23,68 hehtaaria. Yhteenlaskettu kuutiomäärä oli 838,49 m<sup>3</sup>, eli 35,41 m<sup>3</sup>/hehtaarilta. Puuston keskikoko litroina oli 39,17, mikä oli hakkuupäiden suurin. Harvesteripäillä hakattiin kuivan kankaan kohteita 11,38 hehtaaria, kuivahkon kankaan kohteita 9,2 hehtaaria ja tuoreen kankaan kohteita 3,1 hehtaaria. Yhteenlaskettu kuutiomäärä jakaantui seuraavasti, kuivalta kankaalta 271,21 m<sup>3</sup>, kuivahkolta kankaalta 441,09 m<sup>3</sup> ja tuoreelta kankaalta 126,19 m<sup>3</sup>. Hehtaarikohtainen kuutiomäärä kasvupaikoittain, kuiva kangas 23,83 m<sup>3</sup>/hehtaarilta, kuivahko kangas 47,94 m<sup>3</sup>/hehtaarilta ja tuore kangas 40,71 m<sup>3</sup>/hehtaarilta. Puuston keskikoko litroina oli hakkuupäiden isoin 39,17 litraa, kuivalla kankaalla litrakoko 32,5 litraa, kuivahkolla kankaalla koneiden mukaan 43 litraa ja tuoreella kankaalla 38 litraa. (Kuva 31.) Vertailuun ei saatu

giljotiini, eikä energiakouralle kuivahkoja kohteita. Kohteelta 3 Prosilva hakkasi sekä rankaa että kuitua. kohteen kuutiomäärä oli myös pienin verrattuna muihin kohteisiin. (Kuva 32)

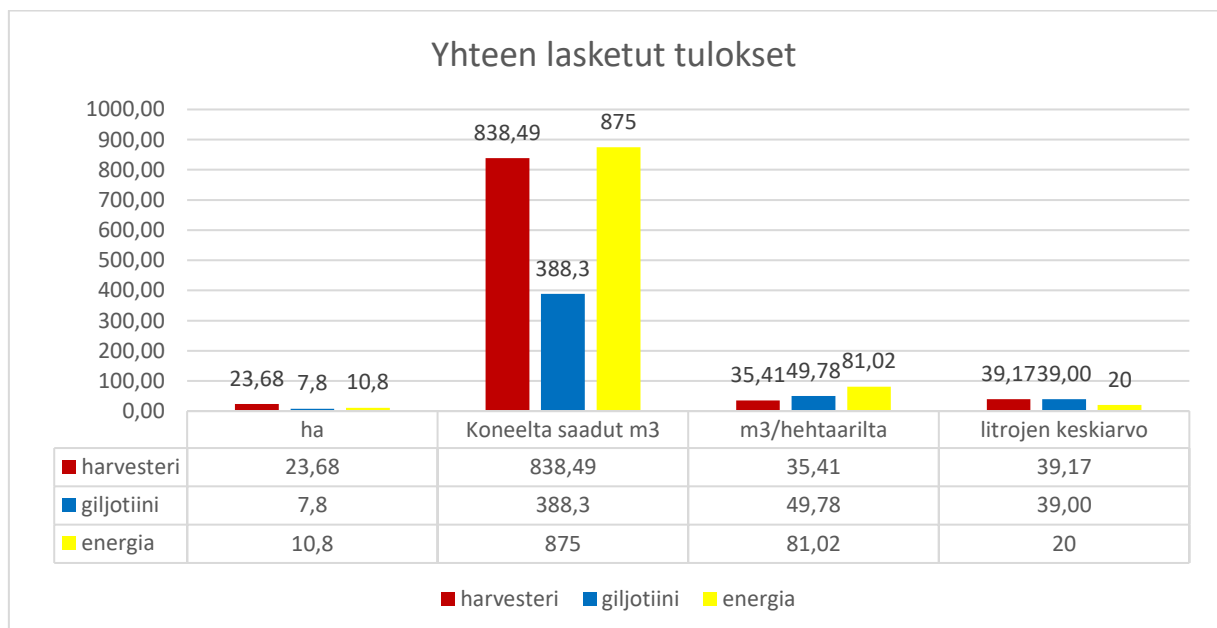
Vertailun mukaan kuivan kankaan hakkuut olivat harvesteripäälle vähiten tuottoisin.

Harvesterikouralle tuottoisin kasvupohja oli kuivahko kangas. Tuoreen kankaan tiedot ovat jaettuja tietoja kuivahkon kankaan kanssa kohteen luonteen vuoksi, puolet tuoretta ja puolet kuivahkoa kangasta. Harvesterikouran etuja on mahdollisuus tehdä hakkuilta kuitua, rankaa ja kokopuuta. Heikkoutena on sahaketjun irtoaminen, jos kohteita ei ole ennakkoraivattu.

Myös liian pieni puusto aiheuttaa samaa ongelmaa. Hakkuut suorittaneilta koneenkuljettajilta saadun palautteen mukaan, harvesterikouralla puun rinnankorkeuskeskilämpimitta on oltava vähintään 5 cm.

Maanomistajan toiveesta ensiharvennukselta voidaan kerätä myös kuitua, hakkuusta tulevat tulot saadaan hieman kasvamaan, mutta tämä vaatii tarkkuutta metsäasiantuntijalta, ettei yritys tee tappiota tehdessä sekä rankaa että kuitua.

Kuva 31. Yhteen lasketut tulokset.

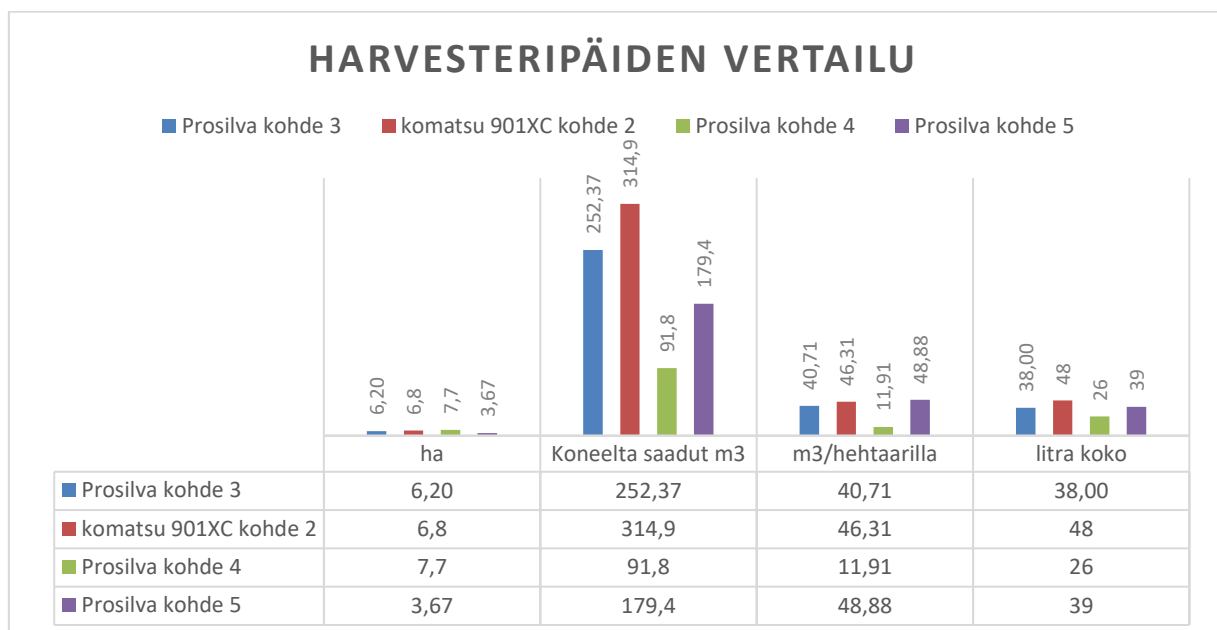


## 7.2 Harvesteripäiden vertailu

Tämän vertailun tarkoituksena oli selvittää eroavaisuudet Prosilvan ja Komatsun harvesteripäiden välillä. Komatsu 901XC:llä hakattiin 6,8 hehtaaria ja Prosilva 810 17,58 hehtaaria. Komatsun mittaustodistuksessa kuutioita oli 314,9 m3, hehtaari määräksi saadaan

46,31 m<sup>3</sup> ja puuston litrakoko 48 litraa. Prosilvalla kohteita oli 3 Kohteet 3, 4 ja 5. Kuutioita kohteilta tuli 252,37 m<sup>3</sup>, 91,8 m<sup>3</sup> ja 179,4 m<sup>3</sup>. Hehtaari kohtaiset kuutiomäärät kohteilta 40,71 m<sup>3</sup>, 11,91 m<sup>3</sup> ja 48,88 m<sup>3</sup>. Puuston litrakoko 38 litraa, 26 litraa ja 39 litraa. (Kuva 32.) Vertailun perusteella hehtaari kohtainen kuutiomäärä ei juurikaan eroa koneiden välillä, lukuun ottamatta kohdetta 4. Puuston järeyden ero on noin 10 litraa, paitsi kohteella 4, 22 litraa. Vertailusta pääteltynä koneen koko, eikä hakkuupää vaikuta kuutiomäärään. Eniten vaikutusta on kuljettajalla. Kannattavuuden kannalta Pienempi kone ensiharvennus metsissä on parempi. Puuston ollessa alle 60 litraa ei sen hakkaaminen Komatsulla ole kannattavaa koneyritykselle eikä puun ostajalle. Prosilvan keskikulutus ensiharvennus metsissä on noin 10 litraa/tunti, kun taas Komatsun keskikulutus lähempänä 14 litraa/tunti.

Kuva 32. Harvesteripäiden vertailu kohteittain.



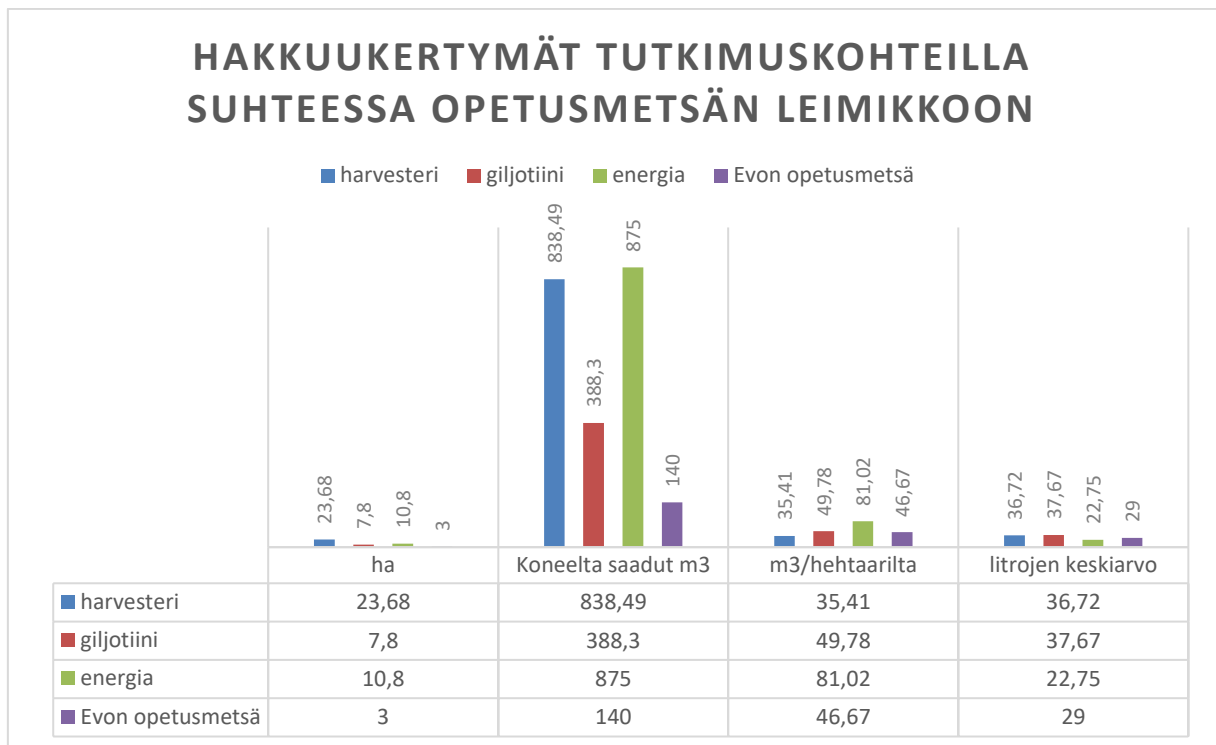
### 7.3 Vertailu opetusmetsään

Evon opetusmetsän hakkuu kohdistui kuivan kankaan nuoreen kasvatusmetsikköön, jonka pääpuulaji oli mänty. Kohteen koko 3 hehtaaria. Kohdetta hakattaessa oli hakkuukoneen mittauslaite mennyt epäkuuntoon. Hakkuun tehnyt opettaja arvioi hakkuukertymän olleen noin 140 m<sup>3</sup>, eli noin 46,67 m<sup>3</sup>/hehtaarilla. Mittaus tehtiin hakkuun jälkeen. Mittauksessa mitattiin ympyräkoe-ala, sekä rinnankorkeus läpimitta sammalla tavalla kuin muissakin

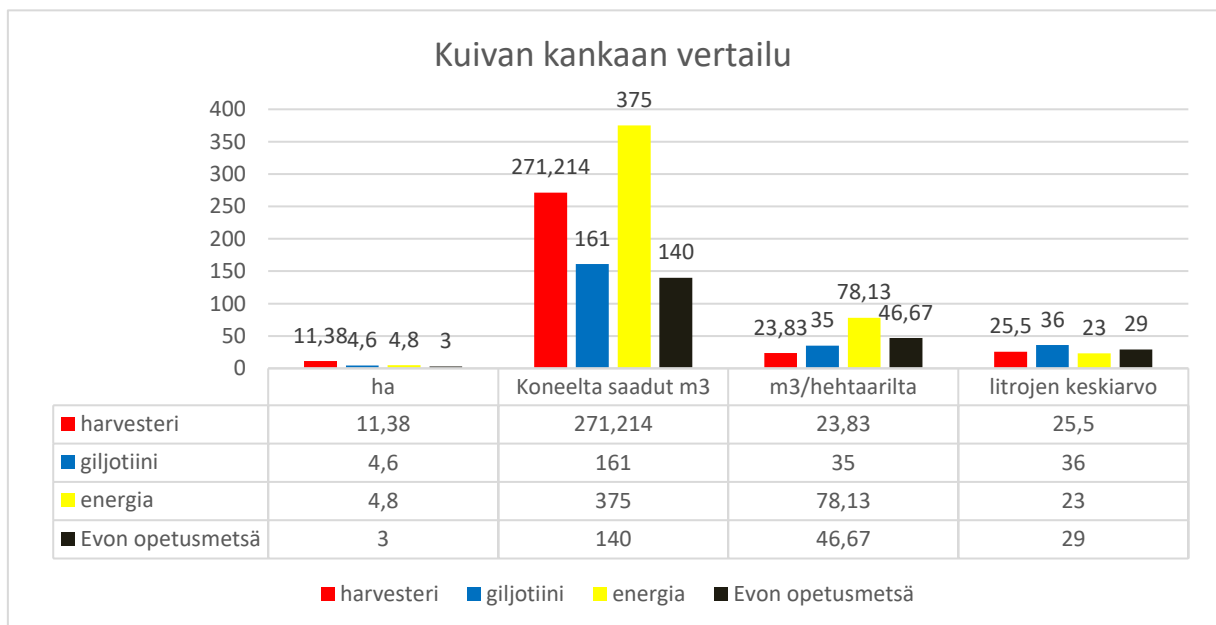
kohteissa, näiden lisäksi koe-alan sisälle jäänet kannot laskettiin, sekä niiden läpimitta mitattiin. Näin saatiin arvio kohteen runkoluvusta ja puuston koosta ennen hakkuuta. Runkolukumääräksi arvioitiin ennen hakkuuta 3033 runkoa/hehtaarilla ja hakkuun jälkeen 1400 runkoa/hehtaarilla. Hakkuussa runkoja poistui noin 1600 runkoa/hehtaarilta. Puuston pituus oli 10 m ja rinnankorkeusläpimitta männyllä 10 cm, kuusella 5 cm ja hieskoivulla 6 cm. Puuston litrakoon keskiarvoksi arvioitiin 29 litraa, männyn keskiarvo oli 42 litraa, kuusen 10 litraa ja koivun 15 litraa. Suurin osa kaadetusta energiapuusta oli mäntyä ja kohteella oli ennen hakkuuta ollut vanhemman puusukupolven puita. Puuston puulaji jakauma ennen hakkuuta oli männyllä 2500 runkoa/hehtaarilla, kuusella 133 runkoa/hehtaarilla ja hieskoivulla 400 runkoa/hehtaarilla. Hakkuun jälkeen männyn runkoluku oli noin 1100 runkoa/hehtaarilla, kuusella 67 runkoa/hehtaarilla ja hieskoivulla 200 runkoa/hehtaarilla.

Opetusmetsän mittaustuloksia vertailtiin muiden kohteiden yhteen laskettuihin tuloksiin, sekä kuivan kankaan kohteiden tuloksiin. Yhteenlasketuissa tuloksissa Evon opetusmetsästä kuutioita hehtaarilta tuli kolmanneksi eniten 46,67 m<sup>3</sup> ja arvioitu litra koko myös kolmanneksi suurin 29 litraa. (Kuva 33.) Kuivan kankaan vertailussa Evon opetusmetsän hakkuulta saatu mottimäärä hehtaarilla oli toiseksi suurin ja litra koko myös toiseksi suurin. Energiakouralla oli eniten motteja hehtaaria kohden 78,13 m<sup>3</sup> ja syöttävällä giljotiinilla suurin litra koko 36 litraa. (Kuva 34.)

Kuva 33. Evon opetuspetsän hakkuun vertailua yhteen laskettuihin tuloksiin.



Kuva 34. Evon opetuspetsän hakkuun vertailua samanlaisen kasvupohjan hakkuihin.



#### **7.4 Vertailu Hannu Suopellonmäen opinnäytetyöhön**

Suopellonmäen opinnäytetyössä käytettiin apuna Ponsen ajokonetta, jonka puomiin oli asennettu Moipu 400ES syöttävä giljotiinikoura. Opinnäytetyössä mainitaan mahdollisuus ajokoneella tehtävään hakkuuseen, eli yksi kone hoitaisi hakkuun ja energiapuun kuljetuksen tien varteen varastopaikalle. Suopellonmäki arvioi energiapuu kertymän hehtaarilta olevan 43-107 m<sup>3</sup>. Eniten kuutioita kertyi hehtaarilta 60-69 m<sup>3</sup>. (Suopellonmäki, 2010, s.16)

Energiakoura ylitti Hannun keskiarvon sekä kuivalla kankaalla 78,13 m<sup>3</sup> että tuoreella kankaalla 83,33 m<sup>3</sup>. Syöttävägiljotiini ylitti myös keskiarvon tuoreella kankaalla 71,03 m<sup>3</sup>. Harvesterikouran keskiarvo jäi selkeästi heikommaksi. Erot keskiarvoilla olivat 10-20 m<sup>3</sup> välillä. Vertailun perusteella tiheään kasvaneet nuoret metsät tulisi hakata giljotiinikouralla tai energiakouralla, jos vain m<sup>3</sup> vertaillaan. Oleellista on, mikä on metsänomistajan mielipide hakkuun vaihtoehtoista, sekä hakkuun hinnoituksesta.

#### **7.5 Vertailu Samuel Nikulan opinnäytetyöhön**

Nikulan opinnäytetyössä käytettiin JCB 8080 kaivinkonetta, jonka puomiin oli asennettu Kymppikoura E-100 energiakoura. Opinnäytetyössä vertailtiin myös kahden kuljettajan hakkuunopeuksia. (Nikula, 2012, s. 42-49) Koe-aloja oli kolme kappaletta, kuutiomäärät oli merkattu hehtaari kohtaisesti, kuvio 1 102 m<sup>3</sup>/ha, kuvio 2 60m<sup>3</sup>/ha ja kuvio 3 71m<sup>3</sup>/ha, poistuma keskimäärin 77,6 m<sup>3</sup>/ha. (Nikula, 2012, s. 43-51) Vertailussa Axer energiakouran kuutiomäärät kuivalta ja tuoreelta kankaalta olivat suurempia kuin kuvioilla 2 ja 3. Myös syöttävän giljotiinin hehtaari kohtainen kuutiomäärä oli suurempi tuoreella kankaalla kuin kuvioilla 2 ja 3, huomioiden että syöttävän giljotiinilla tehtiin vain rankaa. Vertailussa molempien energiakourien kuutiomäärät ovat selkeästi muita hakkuupäitä suurempia, ennakkoraivauksen pois jättäminen nostaa selkeästi lopullista kuutiomäärää.

#### **7.6 Vertailu Satu Peuran opinnäytetyöhön**

Peuran opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää energiapuu hakkuukohteiden valintaa Uusimaan metsänhoitoyhdistyksen alueella ja selvittää energiapuu hakkuun hyötyjä maanomistajalle. (Peura, 2009, s. 3) Opinnäytetyön mittauksissa energiarankaa kertyi keskimäärin 59,4 m<sup>3</sup>/ha ja kokopuuta 33,83-127,57 m<sup>3</sup>/ha. Vertailussa Axer energiakouran

kuutiomäärät osuvat Peuran tulosten keskivaiheille ja Syöttävän giljotiinin tuoreen kankaan kuutiomäärä hehtaaria kohden ylittää Peuran mittauksista saadun rangan keskimäärän.

## 8 Mietteitä, vinkkejä ja pohdinta

Opinnäytetyön aineiston keräys lähti hyvään alkuun kesällä 2020. Kesän edetessä alkoi vauhti hidastua, konetta jota oli tarkoitus arvioida jouduttiin odottamaan odotettua pitempään. Myös muun aineiston saaminen hankaloitui. Tämän vuoksi esimerkiksi kuivahkon kankaan vertailu jäi pois. Myös tuoreen kankaan harvesterikouran tulokset ovat suuntaa antavia, koska puolet alueesta miltä mittaustodistus on, on kuivahkoa kangasta.

Koneenkuljettajat antoivat vinkkejä metsänomistajille. Niistä tärkein on että metsästä tulee pitää huolta. Raivaukset ja harvennukset on hoidettava ajallaan. Usealla kohteella missä puusto oli selvästi liian tiheä, näytti kohde hakkuun jälkeen hyvin karulta. Hakkuun jälkeen nuori metsikkö tarvitsee vähintään kolme vuotta ennen kuin se alkaa näyttämään silmään paremmalta.

Nyt kun energiapuun kysyntä on suuri, olisi hyvä alkaa tutkimaan aikaisessa vaiheessa tehtyjä ensiharvennus metsiä. Onko energiapuun kerääminen vaikuttanut kuinka paljon jäävään puustoon, kärsiikö puusto ravinne vajeesta kun pienimpiä puita ei jätetty maahan lahoamaan vai tehostaako lisääntynyt tila jäävän puuston kasvua. Myös koneiden työnopeutta ja kulutuksia tulisi tutkia lisää, jolloin saataisiin tarkennusta eri hakkuupäiden kannattavuuteen.

Mittausten ja vertailujen perusteella energiakoura on paras valinta, jos kohteella tehdään vain kokopuuta. Energiakouran puristusvoima ja koko mahdollistaa suurienkin puskien kerta katkaisun, myöskään suuret haavat joita saattaa kuvioilta löytyä eivät tuota ongelmia energiakouralle jos niistä halutaan eroon, kunhan niiden rinnankorkeusläpimitta on alle 30 cm.

Syöttävällä giljotiinikouralla pystytään tekemään rinnankorkeusläpimitaltaan hyvinkin pienestä puusta rankaa, rangan minimi läpimitta 4cm. Syöttävä giljotiini sopii parhaiten puustoltaan O2 alkuvaiheissa olevaan metsikköön. Tarpeen vaatiessa syöttävä giljotiini pystyy tekemään sekä rankaa että kokopuuta eli yhdistelmäkorjuuta.

Harvesterikoura sopii parhaiten puustoltaan O2 loppu puoliskolla olevaan metsään, joka on hoidettu hyvin. Puuston valtapituuden ollessa 10-15 m ja rinnankorkeusläpimitan lähempänä

tukin alarajaa 15-16 cm alkaa harvesterikouran nopeus ja tuottavuus vasta kunnolla näkymään.

Lopuksi vielä kiitokset Metsäparooni Oy:lle kohteiden järjestämisestä, sekä urakoitsijoille hyvästä työn jäljestä ja vinkeistä opinnäytetyöhön.



## Lähteet

Axer (n.d) axer 650 HD energiakoura Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän hoitoon.

Haettu 12.5.2021 <https://axer.fi/laadukkaat-axer-energiakourat/axer-650-hd-energiakoura>

docplayer (2019) Komatsu 901 TX. Haettu 10.5.2021 Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän hoitoon. Haettu 12.5.2021 <https://docplayer.fi/7032984-Jalostettu-huippukone-kaikentyypisiin-hakkuutehtaviin.html>

Farmiforest (n.d) Energiakourat. Haettu 3.6.2021

<https://farmiforest.fi/tuotteet/kaatopaat/energiakourat/>

Kesla (n.d) 20RH-II. Haettu 15.5.2021 Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän hoitoon.

Haettu 12.5.2021

<https://kesla.com/fi/tuotteet/tuotekategoria/tuote/rullasyoettoeiset-harvesterikourat/20rh-ii>

Koistinen, A., Luiro, J., Vanhatalo, K. (2016) Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuu. Metsäkustannus.

Komatsuforest (2020) C93 haettu 10.5.2021 Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän

hoitoon. Haettu 12.5.2021 <https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/tuki-nuoren-metsan-hoitoon>

Komatsuforest (2020) 901XC. Haettu 10.5.2021 Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän

hoitoon. Haettu 12.5.2021 <https://www.komatsuforest.fi/komatsu-mets%C3%A4koneet/hakkuukoneet/901xc-2020>

Koneviesti (9.6.2011) Uusi syöttävä energiakoura Naarva EF28 ensiesittelyssä. Haettu

24.5.2021 <https://www.koneviesti.fi/metsa/artikkeli-1.957744>

Lectura-specs (n.d) sk-180-lc-10. Haettu 10.5.2021 Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän

hoitoon. Haettu 12.5.2021 <https://www.lectura-specs.com/en/model/construction-machinery/crawler-excavators-kobelco/sk-180-n-10-11698534>

Maaseudun tulevaisuus (10.11.2020) Energiapuun hinta nousussa – karsitusta rangasta maksetaan eniten. Haettu 24.5.2021 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.1235745>

Maaseudun tulevaisuus (8.4.2020) Metsäkeskus huolestui: Kemeratarkastuksissa paljastui 184 hehtaaria nuoren metsän hoitotöitä, jotka oli jätetty tekemättä. Haettu 24.5.2021 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.1057922>

Maaseudun tulevaisuus (26.8.2020) Turpeen poltto loppuu ennen kuin se ehditään kieltää. haettu 24.5.2021 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/puheenaiheet/kommentit/artikkeli-1.1172759>

Metsäkeskus (2021) tuki nuoren metsän hoitoon. Haettu 12.5.2021  
<https://www.metsakeskus.fi/fi/palvelut/tuki-nuoren-metsan-hoitoon>

Nikula, S (2012) Energiapuun korjuu Kymppikoura Oy:n E-100 hakkuupäällä [opinnäytetyö, Rovaniemen ammattikorkeakoulu]

Pakkanen, E (2017) *Halkojen Suomi*. metsäkustannus

Pentinpaja (n.d) Naarva EF28 Syöttävä energiakoura. Haettu 17.5.2021  
<https://www.pentinpaja.fi/naarva-tuote/naarva-ef28/>

Peura, S (2009) Energiapuuharvennus ja kohteiden valinta metsänhoitoyhdistys Uusimaan alueella [opinnäytetyö, Hämeen ammattikorkeakoulu]

Rytteri, T., Lukkarinen, J., (2014) Puun energiakäytön yhteiskunnallinen ohjaus Suomessa. Metsätieteen aikakausikirja.

Suopellonmäki, H (2010) Energiapuun kertymä nuoren metsän hoitokohteilla [opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]

## Liite 1: Mittaustodistuksia

Tuotantoraportti

31.7.2020 19:06:54

1 (4)

## Tuotantoraportti

## kaikki käyttäjät, Koko kohteen tuotanto

|                           |                          |                                 |            |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------|
| Aloituspäivämäärä         | 26.7.2020 16:32:50       | Metsänomistaja                  | [REDACTED] |
| Nollapäiväys              | 26.7.2020 16:32:50       | Metsäyhtiö                      | [REDACTED] |
| Päätöspäivämäärä          | 31.7.2020 19:06:08       | Kohde, kiinteistö               | 204        |
| Kalibrointipäivä          | 14.7.2020 9:50:36        | Sopimusnumero                   | 204        |
| Koneen valmistaja         | Komatsu Forest           | Kohdenimi                       | [REDACTED] |
| Koneen malli              | 901XC                    | Kohde, kohdekohtainen tunnistus | [REDACTED] |
| Alustanumero              | 9013050317               | Sertifiointi                    | Kyllä      |
| Hakkuulaitteen valmistaja | Komatsu Forest           |                                 |            |
| Hakkuulaitteen malli      | C93                      |                                 |            |
| Ohjelmaversio             | MaxiXplorer 3.16.1.35695 |                                 |            |
| SPP-tiedosto nimi         | LUKE2015.SPP             |                                 |            |
| SPP-tiedosto tunniste     | FI-versio_2015-11-06     |                                 |            |
| Ohjetiedosto nimi         | [REDACTED]               |                                 |            |

## Yhteismäärät

| Puulaji         | Tietoja | Versio | Rungot      | Tukit        | Tilavuus (*)  | Tilavuus (2a) | Keski-BHD (mm) | Tukkien keskipituus (cm) | Keskimäärin runkovolyymi (*) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) |
|-----------------|---------|--------|-------------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| MÄNTY           |         | 1      | 3853        | 6879         | 176,77        | 176,77        | 98             | 681,11                   | 0,048                        | 0,048                         |
| KUUSI           |         | 2      | 1116        | 1644         | 48,64         | 48,64         | 98             | 568,30                   | 0,044                        | 0,044                         |
| KOIVU           |         | 3      | 1427        | 2807         | 76,44         | 76,44         | 100            | 767,66                   | 0,054                        | 0,054                         |
| HAAPA           |         | 4      | 107         | 241          | 13,06         | 13,06         | 146            | 869,85                   | 0,122                        | 0,122                         |
| <b>Yhteensä</b> |         |        | <b>6503</b> | <b>11571</b> | <b>314,90</b> | <b>314,90</b> | <b>99</b>      | <b>683</b>               | <b>0,048</b>                 | <b>0,048</b>                  |

## Runkolaji

| Puulaji | Runkolaji       | Koodi | Rungot      | Tukit       | Tilavuus (*)  | Tilavuus (2a) | Tukkien keskipituus (cm) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) |
|---------|-----------------|-------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------------------|-------------------------------|
| MÄNTY   | tukki           | 11    | 0           | 0           | 0,00          | 0,00          | 0                        | 0                             |
|         | kuitu           | 12    | 3792        | 6879        | 176,77        | 176,77        | 692                      | 0,047                         |
|         | <b>Yhteensä</b> |       | <b>3792</b> | <b>6879</b> | <b>176,77</b> | <b>176,77</b> | <b>692</b>               | <b>0,047</b>                  |
| KUUSI   | Tukkirunko      | 21    | 0           | 0           | 0,00          | 0,00          | 0                        | 0                             |
|         | Kultuurunko     | 22    | 1096        | 1644        | 48,64         | 48,64         | 578                      | 0,044                         |
|         | <b>Yhteensä</b> |       | <b>1096</b> | <b>1644</b> | <b>48,64</b>  | <b>48,64</b>  | <b>578</b>               | <b>0,044</b>                  |
| KOIVU   | Tukkirunko      | 31    | 0           | 0           | 0,00          | 0,00          | 0                        | 0                             |
|         | Kultuurunko     | 32    | 1405        | 2807        | 76,44         | 76,44         | 779                      | 0,054                         |
|         | <b>Yhteensä</b> |       | <b>1405</b> | <b>2807</b> | <b>76,44</b>  | <b>76,44</b>  | <b>779</b>               | <b>0,054</b>                  |
| HAAPA   | Tukkirunko      | 41    | 0           | 0           | 0,00          | 0,00          | 0                        | 0                             |
|         | Kultuurunko     | 42    | 106         | 241         | 13,06         | 13,06         | 878                      | 0,123                         |
|         | <b>Yhteensä</b> |       | <b>106</b>  | <b>241</b>  | <b>13,06</b>  | <b>13,06</b>  | <b>878</b>               | <b>0,123</b>                  |

## Tuoteyhteenvedo

| MÄNTY   | Tietoja | Tukit | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkitilavuus (*) |
|---------|---------|-------|--------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Energia | 160     | 6879  | 381                      | 176,77 (2a)  | 176,77        | 0,026                  |

Tuotantoraportti

31.7.2020 19:06:54

2 (4)

|                 |             |            |               |               |              |
|-----------------|-------------|------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>Yhteensä</b> | <b>6879</b> | <b>381</b> | <b>176,77</b> | <b>176,77</b> | <b>0,026</b> |
|-----------------|-------------|------------|---------------|---------------|--------------|

| KUUSI           | Tietoja     | Tuikit     | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkitilavuus (*) |
|-----------------|-------------|------------|--------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Energia         | 261         | 1644       | 386                      | 48,64 (2a)   | 48,64         | 0,030                  |
| <b>Yhteensä</b> | <b>1644</b> | <b>386</b> | <b>48,64</b>             | <b>48,64</b> | <b>0,030</b>  |                        |

| KOIVU           | Tietoja     | Tuikit     | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkitilavuus (*) |
|-----------------|-------------|------------|--------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Energia         | 350         | 2807       | 390                      | 76,44 (2a)   | 76,44         | 0,027                  |
| <b>Yhteensä</b> | <b>2807</b> | <b>390</b> | <b>76,44</b>             | <b>76,44</b> | <b>0,027</b>  |                        |

| HAAPA           | Tietoja    | Tuikit     | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkitilavuus (*) |
|-----------------|------------|------------|--------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| Energia         | 400        | 241        | 386                      | 13,06 (2a)   | 13,06         | 0,054                  |
| <b>Yhteensä</b> | <b>241</b> | <b>386</b> | <b>13,06</b>             | <b>13,06</b> | <b>0,054</b>  |                        |

Liite 2: Mittaustodistuksia

Tilaus kulettajanumero Asiakas urakoitsija  
Paino (kg) 2 paino (kg) 3 Paino (kg)  
(kg) Tilausrivit  
10314 DR100 0  
0

25

Tuote Metsänomistaja Lähtöaika  
4 Paino (kg) 5 Paino (kg) kontr. Paino (kg)  
KOKOPUU 2020-12-21 14:57:06

Viimeisin muutos  
Paino (kg) kokonaispaino  
349588 0 0 0

~~349588~~  
375,14

| Tilaus<br>Energia<br>kokonaispaino         | Kuljettajanimero<br>Paino (kg) | Asiakas<br>Paino (kg) | Urakoit.<br>Paino (kg) | Tuote<br>(kg) | Metsänomistaja<br>Paino (kg) | Vihti<br>Paino (kg) | Viimeisin muutos<br>kontr. Paino (kg) |
|--|--------------------------------|-----------------------|------------------------|---------------|------------------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 10313                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | KOKOPUU       | [REDACTED]                   | 2020-12-18 15:18:44 | 8715                                  |
| 10312                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | KOKOPU        | [REDACTED]                   | 2020-12-16 11:54:11 | 2020-12-18 15:18:34                   |
| 112158                                     | DR100                          | 0                     | 9651                   | 121809        | [REDACTED]                   | 2020-12-12 13:10:15 | 2020-12-16 11:54:03                   |
| 10311                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | Kokopuu       | [REDACTED]                   | 2020-12-11 13:18:22 | 2020-12-12 13:10:07                   |
| 37874                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | halkuut       | [REDACTED]                   | 2020-12-07 12:19:31 | 2020-12-11 13:18:11                   |
| 10310                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | 13307         | [REDACTED]                   | 2020-11-18 13:43:01 | 2020-12-07 12:08:34                   |
| 13307                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | halkuut       | [REDACTED]                   |                     |                                       |
| 10309                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | 80974         | [REDACTED]                   |                     |                                       |
| 80974                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | ENERGIA       | [REDACTED]                   |                     |                                       |
| 10306                                      | DR100                          | 0                     | 0                      | 292255        | [REDACTED]                   |                     |                                       |
| 87646                                      | 204610                         | 0                     | 0                      |               |                              |                     |                                       |
| <p><i>Penk</i> <i>2020-11-22 7,3 m</i></p> |                                |                       |                        |               |                              |                     |                                       |

## Tuotantoraportti

### kaikki käyttäjät, Koko kohteen tuotanto

|                           |                          |                                 |         |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------|
| Aloituspäivämäärä         | 2.11.2020 8:24:09        | Kohde, kilisteistö              | 1       |
| Nollapäiväys              | 2.11.2020 8:24:09        | Sopimusnumero                   |         |
| Kalibrointipäivä          | 14.11.2020 15:07:05      | Kohdenimi                       |         |
| Koneen valmistaja         | Komatsu Forest           | Kohde, kohdekohtainen tunnistus | Energia |
| Koneen malli              | 901TX                    | Sertifiointi                    | Kyllä   |
| Alustanumero              | 9011000215               |                                 |         |
| Hakkuulaitteen valmistaja | Komatsu Forest           |                                 |         |
| Hakkuulaitteen malli      | 360                      |                                 |         |
| Ohjelmaversio             | MaxiXplorer 3.19.0.38132 |                                 |         |
| SPP-tiedosto nimi         | LUKE2015.SPP             |                                 |         |
| SPP-tiedosto tunnistus    | FI_versio_2015-11-06     |                                 |         |
| Ohjetiedosto nimi         | Malli_2010_V3_1.hrv.env  |                                 |         |

### Yhteismäärät

| Puulaji         | Tietoja | Versio                | Rungot   | Tukit    | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keski-BHD (mm) | Tukkien keskipituus (cm) | Keskimäärin runkovolyymi (*) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) |
|-----------------|---------|-----------------------|----------|----------|--------------|---------------|----------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Mänty           |         | FI1_Pine_2015-11-06   | 0        | 0        | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| Kuusi           |         | FI2_Spruce_2015-11-06 | 0        | 0        | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| Koivu           |         | FI3_Birch_2015-11-06  | 0        | 0        | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| Muu puulaji     |         | FI4_Other_2015-11-06  | 0        | 0        | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| <b>Yhteensä</b> |         |                       | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0,00</b>  | <b>0,00</b>   | <b>0</b>       | <b>0</b>                 | <b>0,000</b>                 | <b>0,000</b>                  |

|     | Rungot  | Tukit   | Tilavuus (2a) | Tilavuus (102a) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) | Keskimäärin runkovolyymi (102a) |
|-----|---------|---------|---------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| **  | 23 (11) | 27 (11) | 0,00          | 0,00            | 0,000                         | 0,000                           |
| *** | 31 (0)  | -       | -             | 0,00            | -                             | 0,000                           |

(\*\*) Työstetty monirunko  
(\*\*\*) Vain kaadetut puut

|                    | Rungot    | Tukit     | Tilavuus (2a+102a) | Keskimäärin runkovolyymi (2a+102a) |
|--------------------|-----------|-----------|--------------------|------------------------------------|
| Työstetty yhteensä | 23        | 27        | 0,00               | 0,000                              |
| <b>Yhteensä</b>    | <b>54</b> | <b>27</b> | <b>0,00</b>        | <b>0,000</b>                       |

### Tuoteyhteenveto

| Mänty      | Tietoja | Tukit | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkittilavuus (*) |
|------------|---------|-------|--------------------------|--------------|---------------|-------------------------|
| A-TYVI     |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                   |
| TUKKI      |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                   |
| PIKKUTUKKI |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                   |
| KUITU      |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                   |
| KUITU 3    |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                   |

## Tuotantoraportti

### kaikki käyttäjät, Koko kohteen tuotanto

|                           |                          |                                 |  |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|--|
| Aloituspäivämäärä         | 5.11.2020 8:58:17        | Kohde, kiinteistö               | 1  |
| Noilapäiväys              | 5.11.2020 8:58:17        | Sopimusnumero                   | 2  |
| Kalibrointipäivä          | 14.11.2020 15:07:05      | Kohdenimi                       |  |
| Koneen valmistaja         | Komatsu Forest           | Kohde, kohdekohtainen tunnistus | Energia 2  |
| Koneen malli              | 901TX                    | Sertifiointi                    | Kyllä  |
| Alustanumero              | 9011000215               |                                 |  |
| Hakkuulaitteen valmistaja | Komatsu Forest           |                                 |  |
| Hakkuulaitteen malli      | 360                      |                                 |  |
| Ohjelmaversio             | MaxiXplorer 3.19.0.38132 |                                 |  |
| SPP-tiedosto nimi         | LUKE2015.SPP             |                                 |  |
| SPP-tiedosto tunnistus    | F1_versio_2015-11-06     |                                 |  |
| Ohjetiedosto nimi         | Malli_2010_V3_3.hrv.env  |                                 |  |

### Yhteismäärät

| Puulaji         | Tietoja | Versio                | Rungot      | Tukit       | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keski-BHD (mm) | Tukkien keskipituus (cm) | Keskimäärin runkovolyymi (*) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) |
|-----------------|---------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|----------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Mänty           |         | F11_Pine_2015-11-06   | 3043        | 4594        | 6,35         | 13,64         | 6              | 878,19                   | 0,002                        | 0,004                         |
| Kuusi           |         | F12_Spruce_2015-11-06 | 0           | 0           | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| Koivu           |         | F13_Birch_2015-11-06  | 0           | 0           | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| Muu puulaji     |         | F14_Other_2015-11-06  | 0           | 0           | 0,00         | 0,00          | 0              | 0,00                     | 0,000                        | 0,000                         |
| <b>Yhteensä</b> |         |                       | <b>3043</b> | <b>4594</b> | <b>6,35</b>  | <b>13,64</b>  | <b>6</b>       | <b>878</b>               | <b>0,002</b>                 | <b>0,004</b>                  |

|     | Rungot    | Tukit      | Tilavuus (2a) | Tilavuus (102a) | Keskimäärin runkovolyymi (2a) | Keskimäärin runkovolyymi (102a) |
|-----|-----------|------------|---------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|
| **  | 655 (298) | 1192 (298) | 0,09          | 0,11            | 0,000                         | 0,000                           |
| *** | 1727 (0)  | -          | -             | 0,33            | -                             | 0,000                           |

(\*\*) Työstetty monirunko  
(\*\*\*) Vain kaadetut puut

|                           | Rungot      | Tukit       | Tilavuus (2a+102a) | Keskimäärin runkovolyymi (2a+102a) |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------------|------------------------------------|
| <b>Työstetty yhteensä</b> | <b>3698</b> | <b>5786</b> | <b>13,76</b>       | <b>0,004</b>                       |
| <b>Yhteensä</b>           | <b>5425</b> | <b>5786</b> | <b>14,09</b>       | <b>0,003</b>                       |

### Tuoteyhteenvedo

| Mänty      | Tietoja | Tukit | Tukkien keskipituus (cm) | Tilavuus (*) | Tilavuus (2a) | Keskitukkitilavuus (*) |
|------------|---------|-------|--------------------------|--------------|---------------|------------------------|
| A-TYVI     |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                  |
| TUKKI      |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                  |
| PIKKUTUKKI |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                  |
| KUITU      |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                  |
| KUITU 3    |         | 0     | 0                        | 0,00 (2a)    | 0,00          | 0,000                  |



| Käyttökohteiden luokitus |                          | Käyttökohteiden luokitus |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Käyttökohteiden luokitus | Käyttökohteiden luokitus | Käyttökohteiden luokitus | Käyttökohteiden luokitus |
| 1                        | 2                        | 3                        | 4                        |
| 5                        | 6                        | 7                        | 8                        |
| 9                        | 10                       | 11                       | 12                       |
| 13                       | 14                       | 15                       | 16                       |
| 17                       | 18                       | 19                       | 20                       |
| 21                       | 22                       | 23                       | 24                       |
| 25                       | 26                       | 27                       | 28                       |
| 29                       | 30                       | 31                       | 32                       |
| 33                       | 34                       | 35                       | 36                       |
| 37                       | 38                       | 39                       | 40                       |
| 41                       | 42                       | 43                       | 44                       |
| 45                       | 46                       | 47                       | 48                       |
| 49                       | 50                       | 51                       | 52                       |
| 53                       | 54                       | 55                       | 56                       |
| 57                       | 58                       | 59                       | 60                       |
| 61                       | 62                       | 63                       | 64                       |
| 65                       | 66                       | 67                       | 68                       |
| 69                       | 70                       | 71                       | 72                       |
| 73                       | 74                       | 75                       | 76                       |
| 77                       | 78                       | 79                       | 80                       |
| 81                       | 82                       | 83                       | 84                       |
| 85                       | 86                       | 87                       | 88                       |
| 89                       | 90                       | 91                       | 92                       |
| 93                       | 94                       | 95                       | 96                       |
| 97                       | 98                       | 99                       | 100                      |

Energia paino y h t,  
 143 540 kg  
 ≈ 179,4 m<sup>3</sup>