

Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Metsätalouden koulutusohjelma

Evo, kevät 2015

Juho Ikäheimo

Evo  
Metsätalouden koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Juho Ikäheimo	<b>Vuosi</b> 2015
<b>Työn nimi</b>	<b>Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus</b>	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyössä selvitettiin, miten tarkasti Trestima metsänmittaus-applikaatio määrittää mediaanipuun rinnankorkeusläpimitan. Trestima metsänmittaus-applikaatiolla voidaan mitata puuston tilavuus ja puulajijakauma. Mittaus tapahtuu älypuhelimella avulla, johon Trestima on asennettu. Puhelimella otetaan kuvia mitattavasta metsikkökuvioista, jolloin Trestima laskee puustotunnusraportit.

Tutkimusmenetelmänä maastosta mitattiin neljä kuviota. Kuvioita oli käytetty myös aikaisemmassa Trestiman toimintaa analysoivassa opinnäytetyössä. Työssäni verrattiin omien mittaustuloksia Trestiman mittaamiin tuloksiin. Mittaustuloksien perusteella määriteltiin miten tarkkaan Trestima määrittää mediaanipuun läpimitan. Koealoilta mitattiin puiden etäisyys valokuvan ottokohdasta, rinnankorkeusläpimita sekä otettiin ylös puiden lajit. Omat mittaukset suoritettiin samoille puille kuin mitkä Trestima-applikaatio oli mitannut. Koealojen sijainnit oli merkattu mitattaville metsikkökuvioille sekä ilmakuva-kartalle alueesta. Kartan ja maastomerkitöiden avulla etsimällä, sijainnit löydettiin maastosta. Mitattuja puita ja etäisyyksiä oli yhteensä 489 kpl. Mittaukset tehtiin Masser Sonar caliber mittasaksilla, joiden avulla saatiin etäisyys kuvan ottopisteestä puihin sekä runkojen rinnankorkeusläpimitat.

Työn tilaaja on metsäalan ohjelmistoja tuottava Silvadata Oy Ab, joka on kiinnostunut Trestiman mahdollisuuksista ohjelmistojen tukena tulevaisuudessa. Työn toimeksiantaja oli lehtori Risto Viitala, HAMK Evon toimipisteestä.

Oletuksena oli Trestiman laskevan mediaanipuiden läpimitat tarkasti. Tutkimuksen tuloksista kävikin ilmi, että Trestima toimi hyvin ja pystyi määrittämään tarkasti puiden mediaaniläpimitat.

**Avainsanat** Trestima, mediaanipuu, kännykkäsovellus, applikaatio, metsäalan applikaatio

Evo  
Forestry

---

**Author**

Juho Ikäheimo

**Year** 2015

**Subject of Bachelor's thesis**

Accuracy testing of Trestimas median diameter measurement

---

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to find out how precisely Trestima-forest measuring application will define the median trees diameter by breast height. The Trestima- forest measuring application can measure the volume and the tree species distribution. The measuring happens with a smartphone, with Trestima installed. The phone is used to take pictures of the forestry compartments to be measured, then Trestima gives the growing stock reports.

As a research method four compartments were measured in the field. The compartments were already been used before in another thesis work that also analysed the function of Trestima. In the thesis my own measurements were compared to Trestima's results. Based on the results it was defined how specific Trestima is in defining the median trees diameter by breast height. In all of the sample compartments, the distance from the picture taken point and the diameter at breast height were measured. Also, the tree species were written down. The measurements were performed on the same trees that Trestima-application had already measured. The locations of the measured sample areas were marked in the compartments and in the aerial map of area. We found the locations of the sample areas, with the map and the markings layed-out in the field. Altogether there was 489 pcs of measured trees and distances. The measurements were done with Masser Sonar Caliber measuring tool, which made possible to measure the distance from the picture taking point to the trees and also the breast height diameters of the trees.

The orderer of the thesis was Silvadata Oy Ab, which is a company that develops software for forestry use. Silvadata Oy Ab is interested in Trestima's possibilities to support different kinds of software in the future. The mandator of the thesis was lector Risto Viitala from HAMK, Evo's office.

As a presumption was that Trestima will count all the breast height diameter medians accurately. It occurred from the results of the thesis, that Trestima-program worked very well and could define the median diameters of the trees.

**Keywords** Trestima, Median tree, phone application, application, forestry software

**Pages** 18 p. + appendices 2 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TAUSTAA .....	2
2.1	LASERKEILAU.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2	MOBIILISOVELLUKSET METSÄNMITTAUKSEN APUNA.....	2
2.3	TRESTIMA .....	2
2.4	MASSER SONAR CALIBER.....	5
3	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT.....	7
3.1	TUTKIMUSALUE .....	8
3.2	MITTAUSMENETELMÄT MAASTOSSA.....	9
3.3	TULOSTEN KÄSITTELY .....	10
3.4	RMSE.....	11
3.5	HARHA.....	11
4	TULOKSET .....	12
4.1	KUVIO 1.....	12
4.2	KUVIO 7.....	12
4.3	KUVIO 8.....	13
4.4	KUVIO 9.....	13
5	TULOSTEN TARKASTELU .....	13
5.1	MÄNTY.....	13
5.2	KOIVU.....	14
5.3	KUUSI.....	15
6	YHTEENVETO .....	16
7	LÄHTEET .....	18

Liite 1	Esimerkkikuva näytteidenottopaikoista kartalla
Liite 2	Trestiman laskema arvio kuvion 8 pohjapinta-alasta
Liite 3	Trestiman laskema arvo kuvio 8 runkoluvusta

## 1 JOHDANTO

Metsänmittauksen yleisin menetelmä on kuvioittainen arviointi, joka toteutetaan useimmiten metsäammattilaisen maastossa paikan päällä arvioimana. Perinteisesti arvioija mittaa puustotietoja relaskooppia, mittasaksia, hypsometria, ikäkairaa ja maastotaulukoita apuna käyttäen sekä myös arvioiden metsää subjektiivisesti. Kuvioittainen arviointi maastossa vie runsaasti metsätyöntekijän aikaa sekä vaatii arvioijalta runsaasti perehtyneisyyttä ja erityistä tarkkuutta. Itävaltalainen Walter Bitterlich keksi puiden pohjapinta-alan mittaukseen relaskoopin vuonna 1948 (Otava, Otavan Iso tietosanakirja 1966. Osa 7, palsta 407).

Suomessa ollaan yhä enemmän siirtymässä mobiililaitteiden ja applikaatioiden käyttöön metsänmittauksen apuna. Uudet mittauskeinot mahdollistavat entistä tehokkaampaa työskentelyä vähemmällä vaivalla.

Trestima Oy on kehittänyt sovelluksen, jolla metsä kuvataan matkapuhelimella ja jonka jälkeen kuvat analysoidaan pilvipalvelussa. Näytteistä saatuun tietoon perustuen puustotunnuksia, jotka raportoidaan saman tien kuvaajalle. Tuloksia on mahdollista hyödyntää niin leimikko- kuin tilakohtaisiin metsäsuunnitelmiin. Trestima -järjestelmällä mittaamisella on monia etuja perinteisiin menetelmiin verrattuna, kuten objektiivisuus, tarkkuus, nopeus ja dokumentointi (Trestima oy 2013).

Trestiman käyttö metsänmittauksen avulla on saavuttanut yhä enemmän suosiota. Muun muassa OTSO-metsäpalvelut käyttävät Trestimaa apunaan metsäsuunnittelussa. Trestima on voittanut muun muassa Suomen Metsätieteellisen Seuran alaisuudessa toimivan Taksattoriklubin innovaatiopalkinnon syksyllä 2013 (Taksattoriklubi 2013).

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kuinka tarkka Trestima-applikaation mediaanipuun läpimitan mittaus on. Opinnäytetyön on yksi kolmesta HAMK Evon toimipisteessä lähiaikana julkaistavasta Trestimaa koskevasta opinnäytetöistä. Työn taustalla on Maria Sirviön Hämeen ammattikorkeakoulun Evon yksikössä julkaistu 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyö. Opinnäytetyön tulokseksi saatiin Trestiman näyttävän pinta-alaltaan suurimmilla kuvioilla tarkat tiedot vertailupuuston verrattuna, mutta pienillä kuvioilla tulokset olivat epätarkkoja (Sirviö 2014).

Sirviön opinnäytetyön tilaajana toimi metsätalouden ja puukaupan tarpeisiin ohjelmistoja tuottava Silvadata. Silvadata on kiinnostunut Trestiman tarjoamista mahdollisuuksista toimia metsä- ja hankesuunnitteluohjelmistojen tukena.

## 2 TAUSTAA

Metsän mittauksessa on kautta aikojen käytetty apuna erilaisia työkaluja. Perinteisen relaskoopin käytöstä on siirrytty nykyään yhä enemmän metsän mittaamiseen elektronisilla apuvälineillä.

### 2.1 Relaskooppi

Relaskooppi on metsäammattilaisen työväline. Relaskooppi on tietyn mittainen suora varsi ja sen päässä on tietyn levyinen hahlo. Tavallisesti käytetään metrin mittaista vartta ja 2 cm:n levyistä hahloa. Relaskoopilla määritetään pohjapinta-ala hehtaarilla. Kun sinulla on tiedossa puuston pohjapinta-ala ( $m^2/ha$ ), keskipituus (m) ja pääpuulaji, saat relaskooppitaulukosta puuston tilavuuden eli kuutiomäärän hehtaarilla ( $m^3/ha$ ). (Relaskooppi 2013.)

Relaskooppitaulukossa on esitetty keskimääräinen runkotilavuus hehtaarilla kullakin pohjapinta-alalla ja keskipituudella. Taulukoita on erilaisille metsätyypeille ja puulajeille.

### 2.2 Mobiilisovellukset metsänmittauksen apuna

Mobiilisovelluksia on käytetty nykyään metsänmittauksen apuna enenemissä määrin. Nykyajan älypuhelimiin on kehitetty sovelluksia, jotka mahdollistavat metsänmittauksen kustannustehokkaasti ja nopeasti. Älypuhelin on paljon halvempi, kuin maastotietokone ja paljon vaivattomampi sekä nopeampi käyttää, kuin relaskooppi.

Älypuhelimelle on kehitetty sovelluksia mm. puun pituuden mittaukseen, pohjapinta-alan määrittämiseen, runkotilavuuksien määrittämiseen, puiden läpimitan määrittämiseen sekä kehittyneempiä sovelluksia koko metsän mittaukseen. Trestima-aplikaatio soveltuu koko puuston tilavuuden ja puulajisuhteiden mittaukseen (Trestima 2013).

### 2.3 Trestima

Trestima on uusi metsänmittaukseen käytettävä sovellus. Puhelimella otetaan kuvia mitattavasta metsikkökuvioista, jolloin Trestima lähettää tiedot pilvipalvelimelle ja laskee keskimääräisiä puustotunnuksia. Tämän jälkeen Trestima lähettää sovellukselle (Kuva 1) ja luo internet-sivuilleen (Kuva 2) puustotunnusraportit.

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

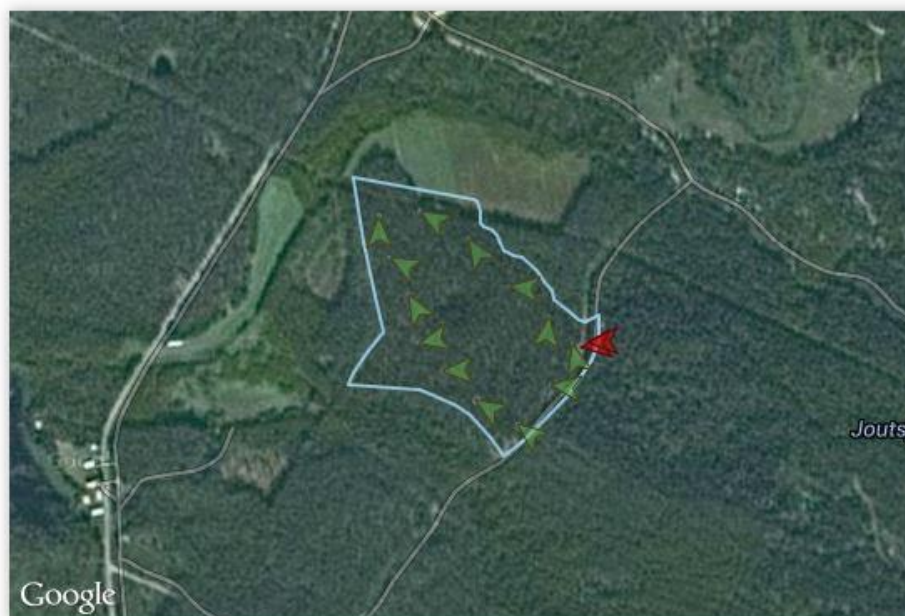


Kuva 1. Puustotunnusraportti mobiili-sovelluksessa

### Puustoarvio: @1

Maastomittaus suoritettu 18.12.2014  
 Mitattavan alueen pinta-ala 7,47 ha  
 Koealanäytteitä 13 kpl

Puulaji	PPA m <sup>2</sup> /ha	RLuku kpl/ha	RLuku kpl	Lpm cm	Pituus m	Til m <sup>3</sup> /ha	Til m <sup>3</sup>	Tukki %
mänty	17,8	392	2929	25	18,8	161,7	1208,2	64
Yht.	17,8	392	2929	25	18,8	161,7	1208,2	64



Laskennan otos: mänty: 283, yhteensä: 283 kpl  
 Lajisuhteet alalla: mänty: 100 %  
 PPA vaihteluväli 95% todennäköisyydellä 15.2-20.4. Keskivirhe: 7.5%

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Kuva 2. Puustoraportti Trestima sovelluksen internet-sivuilta kuviosta 1. Tässä raportissa on käytetty 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyön mediaanipuita

Trestima sovellus on ladattavissa Windows Phone- ja Android-käyttöjärjestelmille. Älypuhelimien lisäksi tarvitaan erillinen Trestima-mittakeppi, jonka avulla kokenut metsänmittaaja pystyy määrittämään puiden pituuksia ja läpimittoja (Kuva 3 ja 4). Sovelluksesta on myös helppokäyttöisempi metsänomistaja-versio joka valitsee mediaanipuun automaattisesti (Trestima 2013). Trestima toimii Amazon Web Services-pilvipalveluiden päällä. Web-ratkaisu tarjoaa mahdollisuuden palveluiden saatavuuteen lähes kaikilla internetiä käyttävillä laiteilla. (Rouvinen, 2014, 2, 122.)

Trestiman Oy:n verkkosivujen käyttämä WEB-API on verkkosivujen rakennusosalusta, jota Trestiman verkkosivut käyttävät yhdistääkseen eri käyttöjärjestelmiä käyttäviä laitteita erinäisillä verkkoselaimilla toimivaksi (Rouvinen, 2014, 2, 119-122).



## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Kuva 3. Trestima mittakeppi joka on asennettu paikalleen mediaaniläpimitan mittausta varten



Kuva 4. Trestima mittakeppi joka on asennettu paikalleen puuston keskipituuden mittausta varten

### 2.4 Masser sonar caliber

Tutkimuksessa puiden läpimitat ja etäisyydet Trestima-kuvanottopisteestä mitattiin Masser sonar caliber mittasaksilla (Kuva 5) ja mukana tulleella ultraääni-lähettimellä/vastaanottimella (Kuva 6). Masser sonar caliber on monitoimimittalaite metsäinventointiin. Laite käyttää apunaan

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

ultraäänitekniikkaa. Laitteella pystyy lisäksi muun muassa myös mittaamaan puun pituuden ja tarkastamaan rajapuut relaskooppikoealalta (Masser 2012).



Kuva 5. Masser sonar caliber – Monitoimilaite metsän inventointiin



Kuva 6. Masser sonar caliber ultraäänivastaanotin

### 3 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen aineisto muodostui mittaustulosten keräämisestä maastosta Masser-monitoimilaitteen avulla sekä kyseisen aineiston vertailusta Trestiman puustotietoihin laskennallisesti JMP-tilasto-ohjelmalla ja Excel-ohjelmalla. Trestiman puustotiedot mediaaniläpimitoista saatiin poimittua Trestiman verkkosivujen WEB-API:n läpi saadusta numeerisesta materiaalista (Kuva 7). Trestima on laskenut puustotiedot otetuista pohjapinta-ala kuvista (Kuva 9), käyttäen apunaan automaattista mediaanipuun valintaa.

Tutkimusmenetelmänä vertailtiin tilastollisesti omien mittausten perusteella saatujen läpimittojen mediaaneja, Trestiman laskemiin läpimittojen mediaaneihin.

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

```
{
  "status": "success",
  "data": {
    "stands": [
      {
        "arithmetic_mean": 21.518538761905578,
        "median": 21.091864290575792,
        "species": "pine",
        "diameters": [
          [0, 0.0], [2, 0.0], [4, 0.0], [6, 0.0], [8, 11.349696965245936], [10, 0.0], [12, 28.374242413114843], [14, 45.398787860983745], [16, 56.748484826229685], [18, 62.4233330885265], [20, 107.8221211698364], [22, 56.748484826229685], [24, 56.748484826229685], [26, 39.723939378360775], [28, 11.349696965245936], [30, 17.024545447868903], [32, 28.374242413114843], [34, 52.2086060401313, "median": 21.091864290575792, "arithmetic_mean": 21.518538761905585}],
        "total": 522.086060401313,
        "cm": "value_unit": "per_ha",
        "name": "@1",
        "samples": [
          {
            "width": "specie": "pine",
            "value": 24.9793381989715,
            "heading": 263,
            "location": [61.18439438, 25.12172478],
            "location_accuracy": 7,
            "time": "2013-10-08T11:48:01Z",
            "height": "specie": "pine",
            "value": 18.8479837228604,
            "heading": 267,
            "location": [61.18446927, 25.12190441],
            "location_accuracy": 4,
            "time": "2013-10-08T11:48:48Z",
            "stats": [
              {
                "type": "ba",
                "specie": "pine",
                "value": 12.6479704237857,
                "heading": 345,
                "location": [61.1844438314438, 25.1215320825577],
                "location_accuracy": 3,
                "time": "2013-10-08T11:50:03Z",
                "stats": [
                  {
                    "type": "ba",
                    "specie": "pine",
                    "value": 23.6639446638572,
                    "heading": 256,
                    "location": [61.1844545602798, 25.1175731420517],
                    "location_accuracy": 4,
                    "time": "2013-10-08T11:59:51Z",
                    "stats": [
                      {
                        "type": "ba",
                        "specie": "pine",
                        "value": 17.7071585933,
                        "heading": 358,
                        "location": [61.1859995126724, 25.1165699958801],
                        "location_accuracy": 4,
                        "time": "2013-10-08T00:06:19Z",
                        "stats": [
                          {
                            "type": "ba",
                            "specie": "pine",
                            "value": 17.135959929,
                            "heading": 300,
                            "location": [61.1860638856888, 25.117621421814],
                            "location_accuracy": 4,
                            "time": "2013-10-08T00:11:42Z",
                            "stats": [
                              {
                                "type": "ba",
                                "specie": "pine",
                                "value": 15.4223639361,
                                "heading": 327,
                                "location": [61.18573623, 25.11887416],
                                "location_accuracy": 3,
                                "time": "2013-10-08T00:17:43Z",
                                "stats": [
                                  {
                                    "type": "ba",
                                    "specie": "pine",
                                    "value": 16.7279608830714,
                                    "heading": 277,
                                    "location": [61.1851572990417, 25.1199120283127],
                                    "location_accuracy": 3,
                                    "time": "2013-10-08T00:23:03Z",
                                    "stats": [
                                      {
                                        "type": "ba",
                                        "specie": "pine",
                                        "value": 10.2815759574,
                                        "heading": 6,
                                        "location": [61.1847710609436, 25.1209259033203],
                                        "location_accuracy": 3,
                                        "time": "2013-10-08T00:26:31Z",
                                        "stats": [
                                          {
                                            "type": "ba",
                                            "specie": "pine",
                                            "value": 13.0559694697143,
                                            "heading": 278,
                                            "location": [61.1839556694031, 25.1209688186646],
                                            "location_accuracy": 3,
                                            "time": "2013-10-08T00:43:57Z",
                                            "stats": [
                                              {
                                                "type": "ba",
                                                "specie": "pine",
                                                "value": 21.0527507699143,
                                                "heading": 308,
                                                "location": [61.1834728717804, 25.1201212406158],
                                                "location_accuracy": 3,
                                                "time": "2013-10-08T00:47:43Z",
                                                "stats": [
                                                  {
                                                    "type": "ba",
                                                    "specie": "pine",
                                                    "value": 28.3151337874429,
                                                    "heading": 302,
                                                    "location": [61.183762550354, 25.1190537214279],
                                                    "location_accuracy": 6,
                                                    "time": "2013-10-08T00:51:27Z",
                                                    "stats": [
                                                      {
                                                        "type": "ba",
                                                        "specie": "pine",
                                                        "value": 18.2783572576,
                                                        "heading": 268,
                                                        "location": [61.184121966362, 25.118163228035],
                                                        "location_accuracy": 3,
                                                        "time": "2013-10-08T00:55:18Z",
                                                        "stats": [
                                                          {
                                                            "type": "ba",
                                                            "specie": "pine",
                                                            "value": 16.3199618371429,
                                                            "heading": 330,
                                                            "location": [61.1850500106812, 25.1173102855682],
                                                            "location_accuracy": 3,
                                                            "time": "2013-10-08T00:59:59Z",
                                                            "stats": [
                                                              {
                                                                "type": "ba",
                                                                "specie": "pine",
                                                                "value": 20.4815521056143,
                                                                "heading": 299,
                                                                "location": [61.1854952573776, 25.1168382167816],
                                                                "location_accuracy": 3,
                                                                "time": "2013-10-08T01:05:14Z",
                                                                "observations": []
                                                              }
                                                            ]
                                                          }
                                                        ]
                                                      }
                                                    ]
                                                  }
                                                ]
                                              }
                                            ]
                                          }
                                        ]
                                      }
                                    ]
                                  }
                                ]
                              }
                            ]
                          }
                        ]
                      }
                    ]
                  }
                ]
              }
            ]
          }
        ]
      }
    ]
  }
}
```

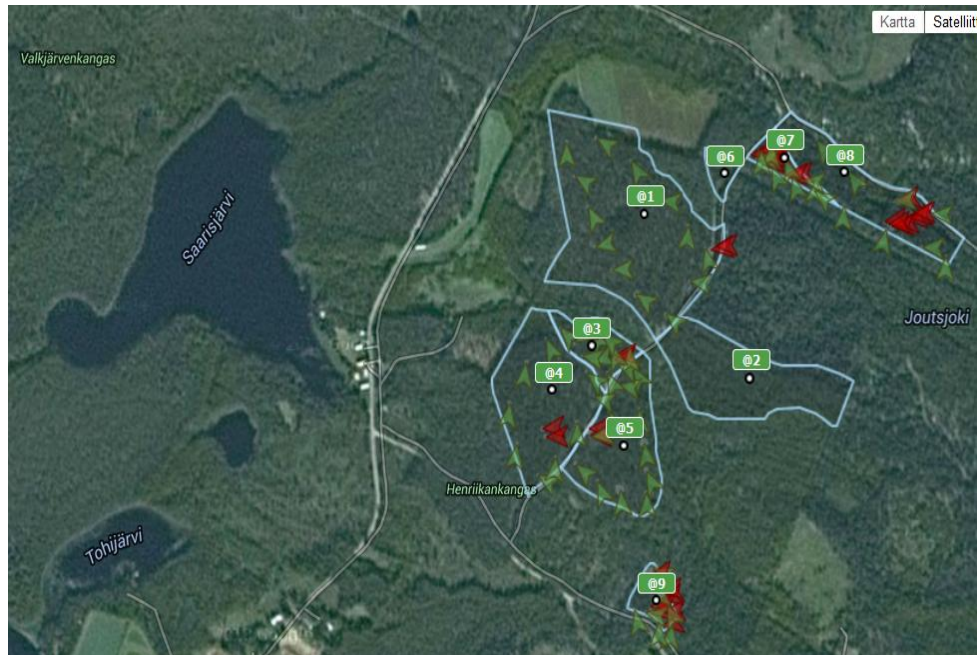
Kuva 7. Trestiman laskemat puustotiedot kuviolta 1 poimittuna WEB-API:n läpi

### 3.1 Tutkimusalue

Tutkimusalue sijaitti Lammin Evolla n. 2 km HAMK Evon toimipisteestä kaakkoon (Kuva 8.) Tutkimusalue käsittää neljä kuviota: 1,7,8, ja 9. Kuvio 1 oli mäntymetsää. Muut kuviot olivat sekametsää, joista löytyi kaikkia pääpuulajeja. Kuviot 2-6 jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle, koska kuvioilla oli tapahtunut Sirviön mittausten jälkeen muutoksia, kuten hakkuita. Hakkuiden jälkeen aikaisemmin mitattu tieto ei ollut enää validia ja vertailukelpoista. Kaikki tutkimuksessa mukaan otetut kuviot olivat kehitysluokaltaan joko varttuneita tai uudistuskypsiä.

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Koealojen sijainnit ovat ilmakehuun merkattuja vihreitä kolmioita (kuva 8.) Koealoja oli jokaisella kuviolla satunnainen määrä.



Kuva 8. Kuvioiden sijainti Lammin Evolla. Vihreät kolmiot olivat mitattavia koealoja

### 3.2 Mittausmenetelmät maastossa

Tutkimuksessa käytetyt koealat etsittiin ensin yleispiirteisesti maastosta Trestima-palvelusta saadun ilmakehukartan avulla. Tämän jälkeen koealat paikannettiin maastosta. Koealat oli merkitty maastoon kuitunauhalla sekä maahan painetulla kepillä, johon oli merkitty koealatunnus tunnistusta varten.

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Kunkin koealan kohdalla vertailtiin Trestima-palvelusta saatua kuvaa koealalla olevaan puustoon (Kuva 9.) Tämän jälkeen puut mitattiin vasemmalta oikealle. Jokaisesta puusta otettiin ylös rinnankorkeusläpimitta, puulaji sekä etäisyys kuvanottopisteestä, eli maahan asetetusta kepeistä johon oli merkitty koealatunnus. Jokaiselle kuvassa olevalle puulle Trestima antoi oman värikoodinsa tunnistamisen helpottamiseksi. Mittaukset tehtiin Masser sonar caliber mittasaksia käyttäen.



Kuva 9. Trestiman pohjapinta-ala kuva kuviosta 1, koeala numero 8. Mitattavat mänyyt merkattu omalla värikoodillaan

### 3.3 Tulosten käsittely

Tulokset kirjattiin mittaustilanteessa paperille. Kaikkien mittausten suorittamisen jälkeen, saadut tulokset siirrettiin Excel-taulukkoon. Tämän siirron jälkeen tuloksia käsiteltiin JMP-tilastointi-ohjelmalla.

JMP on tilastointi-ohjelma, jossa on graafinen käyttöliittymä. JMP-tilastointi-ohjelmalla voidaan laskea tilastollisia tunnuksia sekä tehdä monia erilaisia tilastollisia testejä, kuten esimerkiksi korrelaatioita, paritestejä ja regressiomalleja (JMP 2015). Jokaisesta puulajista tarkastettiin JMP-ohjelmalla, olivatko otosjakaumat normaalijakautuneita.

Otosjakaumat eivät olleet tässä tutkimuksessa normaalijakautuneita. Jos otosjakaumat olisivat olleet normaalisti jakautuneita, niin arvojen vertailuun olisi käytetty Studentin t-testiä, mutta koska näin ei ollut, laskettiin otosjakaumille RMSE-arvot ja tehtiin niiden avulla johtopäätöksiä.

### 3.4 RMSE

RMSE (keskineliön keskivirhe) on tilastollisesti tunnettu tilastollisten tunnuslukujen vertailuarvoa kuvaava tunnusluku, jolla mitataan ennustettujen ja havaittujen arvojen eroja. RMSE on tunnus, joka kuvaa estimaattien tarkkuutta tietyssä havaintoaineistossa. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan runkoluvun ja mediaaniläpimitan absoluuttisia ja suhteellisia RMSE-arvoja.

Laskenta tapahtuu niin, että maastosta mitatuista arvoista vähennetään Trestiman mittaamat arvot, minkä jälkeen saatu erotus korotetaan toiseen potenssiin. Lopuksi kaikki tulokset lasketaan puulajikohtaisesti yhteen ja jaetaan sillä kuvioiden määrällä, joissa on havaittu kyseistä puulajia. Tästä tuloksesta otetaan neliöjuuri, joka antaa absoluuttisen RMSE-arvon (Kaava 1.) Tämä arvo kuvaa runkoluvun ja mediaaniläpimitan keskimääräistä virhettä. Suhteellinen RMSE-luku saadaan jakamalla absoluuttinen RMSE maastossa mitatun suureen keskiarvolla, joka kerrotaan sadalla prosentilla (Kaava 2.) Keskineliön keskivirheet on laskettu osite-kohtaisesti.

$$\text{RMSE (absoluuttinen)} = \sqrt{\frac{\sum(\text{mitattu arvo} - \text{ennustettu arvo})^2}{\text{kuvioiden lukumäärä}}} \quad (1)$$

---

31

$$\text{RMSE (suhteellinen)} = \frac{\text{RMSE (absoluuttinen)}}{\text{maastossa mitattujen tulosten keskiarvo}} \times 100 \% \quad (2)$$

### 3.5 Harha

Harhalla tarkoitetaan otoksen tai näytteen systemaattista poikkeavuutta perusjoukosta. Harhattomuus tarkoittaa, että arvioitavalle muuttujalle tuotetaan keskimäärin oikean kokoisia arvoja. Yksittäisissä tilanteissa estimaatti saattaa saada arvon joka poikkeaa suuresti muuttujan todellisesta arvosta. Hyvän estimaattorin tuottamat arvot vaihtelevat vain vähän muuttujan todellisen arvon ympärillä. (Mellin 2006, 78.)

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Harha lasketaan tässä tutkimuksessa siten, että maastossa mitatuista tuloksista vähennetään Trestiman mittaama tulos ja jaetaan kuvioiden määrällä, joissa on havaittu kyseistä puulajia. Näin saadaan mediaaniläpimitan absoluuttinen harha sentteinä (Kaava 3.) Suhteellinen harha saadaan jakamalla absoluuttinen harha maastossa mitattujen mediaaniläpimittojen keskiarvolla ja kertomalla saatu osamäärä sadalla prosentilla (Kaava 4.) Harha on laskettu osite-kohtaisesti.

$$\text{Harha (absoluuttinen)} = \frac{\sum(\text{mitattu arvo} - \text{ennustettu arvo})}{\text{kuvioiden lukumäärä}} \quad (3)$$

$$\text{Harha (suhteellinen)} = \frac{\text{Harha (absoluuttinen)}}{\text{maastossa mitattujen tulosten keskiarvo}} \times 100 \% \quad (4)$$

## 4 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään mitattuja tietoja kuviokohtaisesti. Kuviokohtaisissa tiedoissa käy ilmi oman käsinmittauksen tulokset, Trestiman mittaustulokset sekä Maria Sirviön aikaisemman Trestimaa koskevan opinnäytetyön läpimitan mediaani-arvio. Puita mitattiin käsin yhteensä noin 500 kappaletta, joista 231 kappaletta oli mäntyjä, 16 kappaletta oli koivuja ja 242 kappaletta oli kuusia.

### 4.1 Kuvio 1

Mitattiin 178 mäntyä, joiden mediaanipuun rinnankorkeusläpimitaksi saatiin 23,3 cm.

Trestima ilmoitti männyn mediaaniksi 21,09 cm.

Mediaani-arvio 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyöstä kuvion männylle oli 25,3 cm.

### 4.2 Kuvio 7

Mitattiin 97 puuta. Mäntyjä 32 kpl joiden mediaani 24,15 cm. Koivuja 7 kpl joiden mediaani 26 cm. Kuusia 88 kpl joiden mediaani 28,1 cm.

Trestima ilmoitti männyn mediaaniksi 30,29 cm, koivun mediaaniksi 23,43 cm ja kuusen mediaaniksi 21,05 cm.

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

Mediaani-arvio 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyöstä männylle oli 34,3 cm, koivulle 26,9 cm ja kuuselle 27,6 cm.

### 4.3 Kuvio 8

Mitattiin 139 puuta. Mäntyjä 6 kpl joiden mediaani 32,85 cm. Koivuja 6 kpl joiden mediaani 25,55 cm. Kuusia 127 kpl joiden mediaani 31,5 cm.

Trestima ilmoitti männyn mediaaniksi 27,75 cm. Koivun mediaaniksi 30,3 cm ja kuusen mediaaniksi 30,29 cm.

Mediaani-arvio 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyöstä männylle oli 37,7 cm, koivulle 21,8 cm ja kuuselle 33,1 cm.

### 4.4 Kuvio 9

Mitattiin 73 puuta. Mäntyjä 45 kpl joiden mediaani 28,5 cm. Koivuja 2 kpl joiden mediaani 8,4 cm. Kuusia 26 kpl joiden mediaani 13,3 cm.

Trestima ilmoitti männyn mediaaniksi 29,2 cm. Koivulle Trestima ei näyttänyt ollenkaan mediaania tällä kuviolla. Kuusen mediaaniksi trestima ilmoitti 19,04 cm.

Mediaani-arvio 'Trestiman mittaustarkkuuden testaus' -opinnäytetyöstä männylle oli 30,5 cm, koivulle 14 cm ja kuuselle 27,9 cm.

## 5 TULOSTEN TARKASTELO

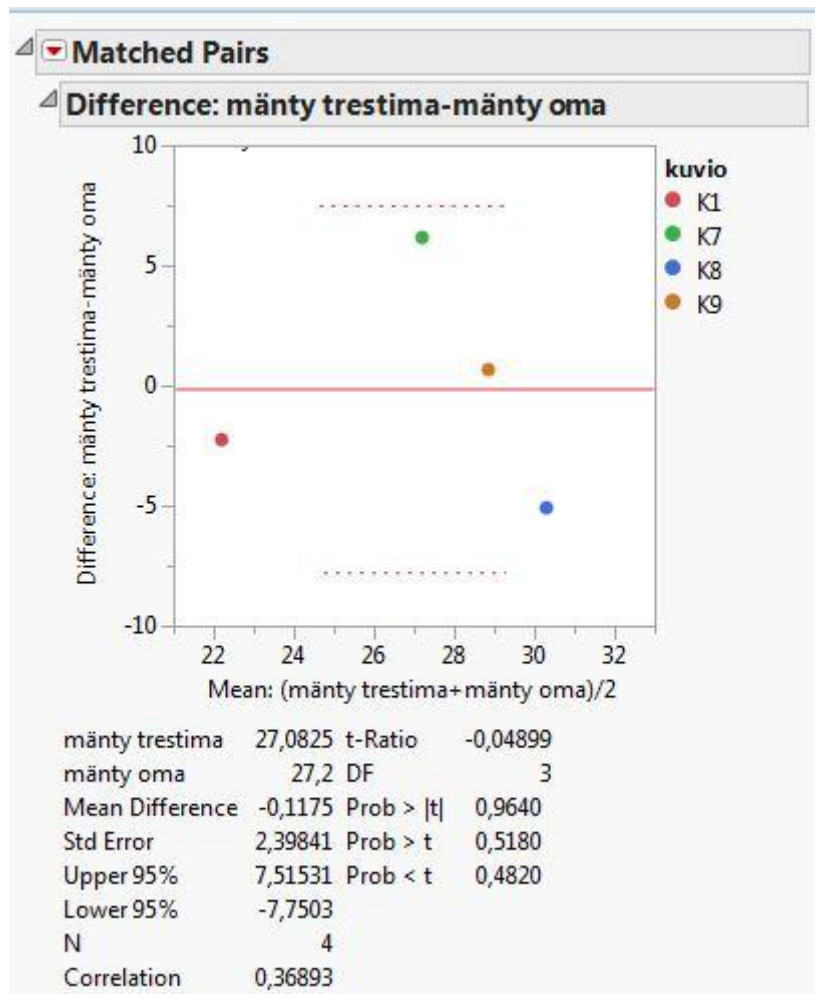
Omia mittauksia vertailtiin JMP-tilastointi-ohjelmalla Matched Pairs työkalulla Trestiman mittauksiin. Työkalu vertaili omien mittauksien keskiarvoja Trestiman mittausten keskiarvoihin.

Tuloksissa ilmenee myös tulosten kannalta olennaisin, eli RMSE- ja harha-arvot puulajikohtaisesti.

### 5.1 Mänty

Mäntyjen keskiarvo (mean) oli omissa mittauksissa 27,20 cm ja Trestiman mittauksissa 27,08 cm. Eroa (mean difference) oli 0,11 cm. Lähimpänä toisiaan olivat kuvion 9 mittaustulokset (Kuva 10).

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus



Kuva 10. Omien ja Trestiman keskiarvojen vertailu JMP-tilastointi-ohjelmalla

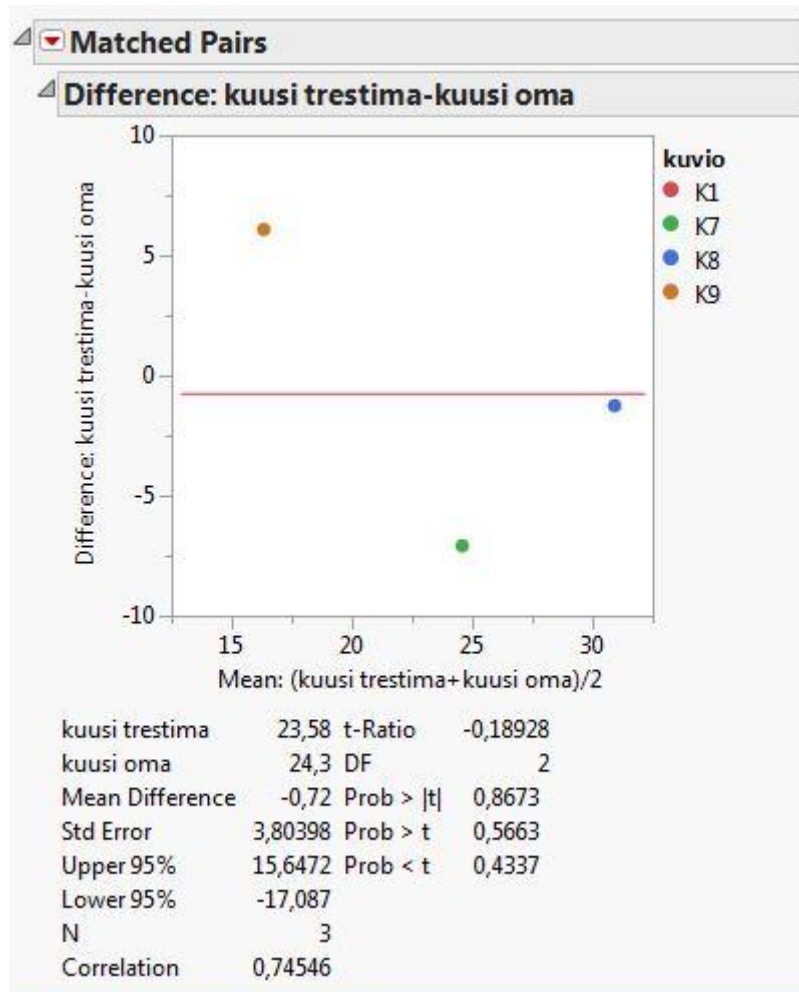
RMSE-analyysi männyille antoi absoluuttiseksi tulokseksi 4,16 cm. Suhteellinen RMSE oli 15,3%

Absoluuttinen harha männyn tuloksille oli 0,12 cm ja suhteellinen harha 0,43%.

### 5.2 Koivu

Koivujen keskiarvo (mean) oli omissa mittauksissa 25,77 cm ja Trestiman mittauksissa 26,86 cm. Eroa (mean difference) oli 1,09 cm. Mitattavia koivuja oli kaikkein vähiten kaikilla kuvioilla, joten tuloksissa oli eniten heittoa (Kuva 11).

## Trestiman mediaanipuun mittaukset



Kuva 11. Koivun keskiarvojen vertailu JMP-tilastointi-ohjelmalla

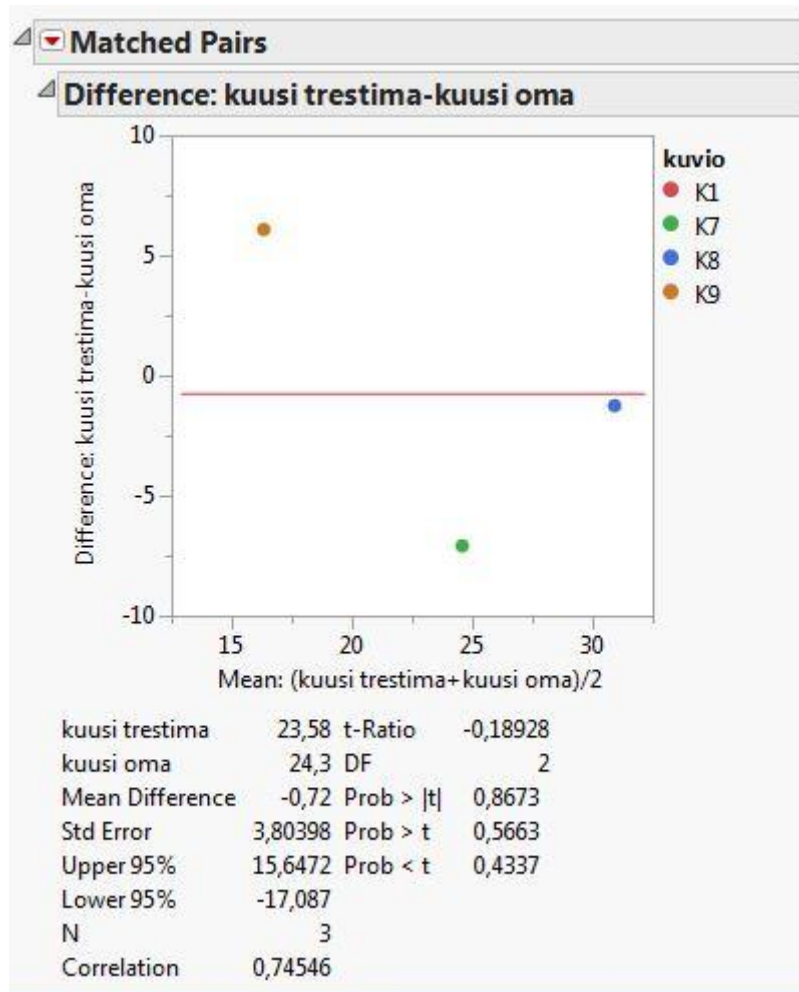
RMSE-analyysi koivuilla antoi absoluuttiseksi tulokseksi 5,77 cm. Suhteellinen RMSE oli 28,9%

Absoluuttinen harha koivun tuloksille oli 2,07 cm ja suhteellinen harha 10,38%.

### 5.3 Kuusi

Kuusien keskiarvo (mean) oli omissa mittauksissa 24,30 cm ja Trestiman mittauksissa 23,58 cm. Eroa (mean difference) oli 0,71 cm. Lähimpänä toisiaan olivat kuvion 8 mittaukset (Kuva 12).

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus



Kuva 12 Koivun keskiarvojen vertailu JMP-tilastointi-ohjelmalla

RMSE-analyysi kuusille antoi absoluuttiseksi tulokseksi 5,43 cm. Suhteellinen RMSE oli 22,3%

Absoluuttinen harha kuusen tuloksille oli 0,72 cm ja suhteellinen harha 2,96%.

## 6 YHTEENVETO

Vaikka tutkittava aineisto oli pieni (4 kuviota), tutkimustulosten perusteella voidaan sanoa, että Trestima-applikaatio pääsee tarkkoihin tuloksiin mediaaniläpimitan arvioinnissa.

RMSE-arvion mukaan suhteellinen tulos oli kuusella 22,3%, ja männyllä 15,3%. Tässä tutkimuksessa koivujen otanta oli vain 16 kappaletta, joten

## Trestiman mediaanipuun mittaustarkkuuden testaus

tuloksissa ei päästy kuin 28,9% tarkkuuteen. Tulosten suhteellinen harha koivulla oli 10,38%, kun taas kuusella 2,96%, ja männyllä 0,43%.

## 7 LÄHTEET

---

JMP statistical analyst software. 2015. Viitattu 30.1.2015.  
<http://www.jmp.com/software/jmp/#Key-Features>

Masser sonar- caliber esite. 2012. Viitattu 22.1.2015.  
[http://www.masser.fi/wp/wp-content/uploads/2012/08/Masser-Sonar-Caliper\\_su.pdf](http://www.masser.fi/wp/wp-content/uploads/2012/08/Masser-Sonar-Caliper_su.pdf)

Mellin, I. 2006. Tilastolliset menetelmät: Otokset, otosjakaumat ja estimointi, s. 78. Helsingin yliopisto. Viitattu 10.2.2015.  
<http://math.tkk.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/OtosEstim.pdf>

Otavan Iso tietosanakirja. Osa 7, palsta 407. Otava 1966. Viitattu 13.2.2015

Relaskooppi. 2013. Wikipedia - vapaa tietosanakirja. Viitattu 20.3.2015  
<HTTPS://FI.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RELASKOOPPI>

Rouvinen, J. 2014. Kuvia metsästä. Metsätieteen aikakauskirja 2: 119-122. Viitattu 13.2.2015.  
<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff14/ff142119.pdf>

Sirviö, M. 2014. Trestiman mittaustarkkuuden testaus. HAMK, Evo. Viitattu 13.2.2015

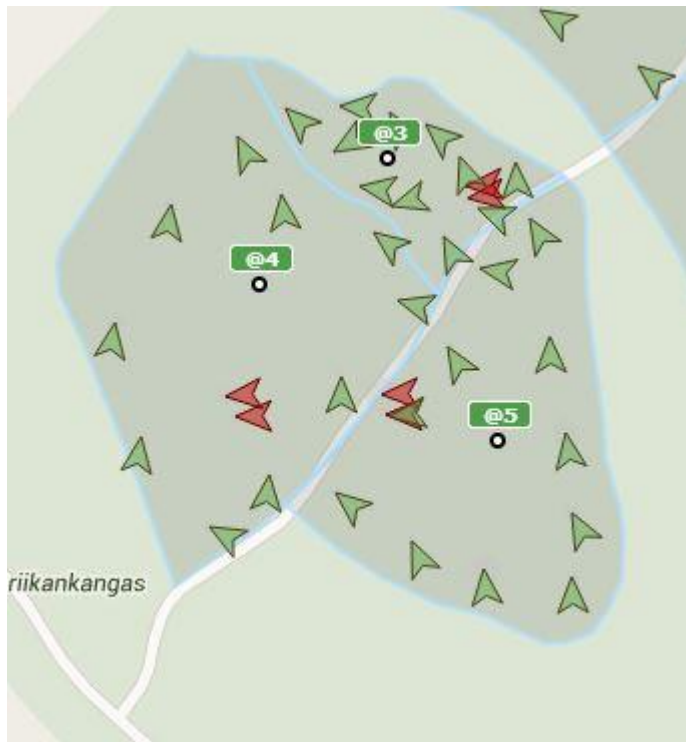
Trestima metsänmittausjärjestelmä. 2013. Viitattu 21.1.2015.  
<https://trestima.fi/products/#trestima>

Taksaattoriklubin innovaatiopalkinto 2013. Viitattu 13.2.2013.  
<http://www.metsatieteellinenseura.fi/klubit/92-taksaattoriklubi>

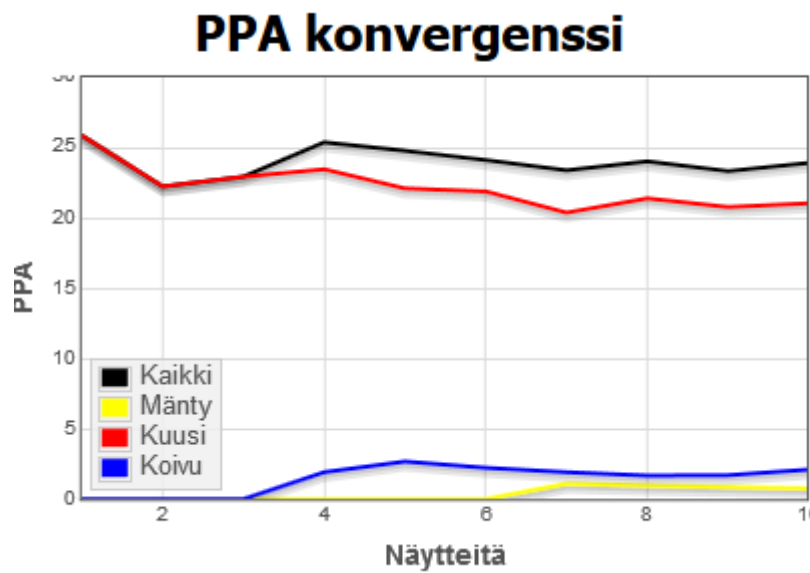
.

## LIITTEET

---



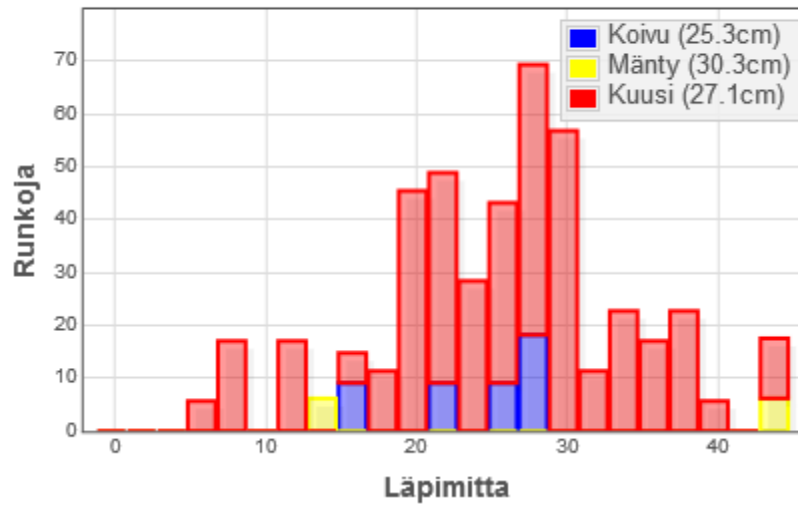
Liite 1 Esimerkkikuva näytteidenottoaikoista kartalla



Liite 2 Trestiman laskema arvio kuvion 8 pohjapinta-alasta

## Runkoluvut - Kaikki

Yhteensä: 461 kpl/ha, 27.1cm



Liite 3 Trestiman laskema arvo kuvio 8 runkoluvusta