

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutus

Tuomo Klemetti

Juuso Heikkinen

LASERKEILAUSSINVENTOINNIN KOEALAMITTAUKSEN TYÖVAIHEET JA
VIRHEYHTEYDET

Opinäytetyö

Kesäkuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2020
Metsätalouden koulutus
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijät

Tuomo Klemetti, Juuso Heikkinen

Nimeke

Laserkeilausinventoinnin koealamittauksen työvaiheet ja virheytydet

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tehtiin työntutkimus koealamittauksesta videokuvaamalla kahden eri mittaajan työvaiheet sekä selvittämällä, miten paljon mihinkin työvaiheeseen kului aikaa ja missä olisi kehitettävää. Videomateriaalista selvitettiin, missä kohtaa mahdolliset virheet tapahtuivat sekä miten työvaiheita ja työpäivää voidaan kehittää tehokkaammaksi.

Opinnäytetyö on yhdistelmä kvalitatiivista sekä kvantitatiivista tutkimusta. Mittaajille sekä aineiston käsittelijöille lähetettiin kyselylomake, jossa kysyttiin koealamittauksen mahdollisista kehittämiskohteista, virheistä sekä parantamisehdotuksista, joita voitiin käyttää hyödyksi tutkimuksessa ja voidaan mahdollisesti hyödyntää tulevaisuudessa puustotulkinnan koealamittauksessa.

Suuren ajan työpäivästä veivät siirtymät. Tutkimus tehtiin Pohjois-Suomen alueella ja siellä välimatkat ovat pitkiä. Itse mittaukseen käytetty aika työpäivästä oli noin 50 %. Välineistön kehitys ja toiminta erilaisissa olosuhteissa ovat työtehokkuuden kannalta keskeinen asia.

Kieli
suomi

Sivuja 31

Asiasanat

Työntutkimus, koealat, työ, päivä, video, materiaali



THESIS
June 2020
Degree Programme in Forestry
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Authors
Tuomo Klemetti, Juuso Heikkinen

Title
Work steps and error sources for sample plot measurement of laser scanning inventory.

Abstract

In the thesis, a work study of experimental plot measurement was made by videotaping the work steps of two different measurers and founding out how much time was spent on each work step and where it should be developed. The video material was used to find out where possible errors occurred and how work steps and the working day can be developed to be more efficient.

The thesis is a combination of qualitative and quantitative research. A questionnaire was sent to the surveyors and data handlers, asking about possible areas for development, errors and suggestions for improvement in the experimental plot measurement, which could be used in the study and possibly may be exploited in the future in the forest interpretation experimental field measurement.

Transitions, meaning travelling from one plot to another, took the most part of the working day. The study was conducted in the territory of Northern Finland where the distances are long. The time used for the measurement itself was about 50% of the working day. The development operation of the equipment in different conditions is a key issue for work efficiency.

Language
Finnish

Pages 31

Keywords
Work analysis, experimental plots, work, day, video, material

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Metsävarat	6
3	Suomen metsäkeskus	7
3.1	Tehtävät	8
3.2	Metsään.fi palvelu	9
4	Kaukokartoitus metsien inventoinnissa	9
4.1	Historia	9
4.2	Laserkeilaus	10
4.3	Menetelmä	11
4.4	Metsävaratieto	13
4.5	Metsävaratiedon tarkkuus	13
5	Työnkuva ja työvaiheet	14
5.1	Koealamittaus	15
5.2	Koealalle siirtyminen ja hyväksyminen	16
5.3	Koealan paikannus	16
5.4	Vertexin kalibrointi	17
5.5	Koealatyypin valinta	17
5.6	Luku-, ja koepuiden mittaus	18
6	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	18
7	Aineisto ja menetelmät	20
8	Tulokset	20
8.1	Videoinnin tulokset	22
9	Kyselylomakkeen tulokset	23
9.1	Paikannuksen virheet	24
9.2	Mittauksen Virheet	25
9.3	Maastotallentimen virheet	27
9.4	Siirtoerien virheet	28
9.5	Metsän määrittely	28
10	Pohdinta	29
10.1	Työn merkittävyys ja tärkeys	30
10.2	Jatkotutkimuskohteet	31

1 Johdanto

Suomessa on pitkät perinteet metsätaloudessa, kuten myös metsän inventoinnissa. Inventointimenetelmät ovat kehittyneet valtavasti. Sata vuotta sitten tehtiin inventointi silmämääräisesti maastossa arvioiden, joka oli hidasta ja vaati paljon työvoimaa. Nykyään metsävaratietoa kerätään suurilta alueilta hyvinkin nopealla aikataululla, minkä laserkeilaus sekä ilmakuvat mahdollistavat. Laserkeilaus tapahtuu lentokoneesta noin kahden kilometrin korkeudesta ja ilmakuvat 6-7 km korkeudesta. Inventointialueet ovat noin 200 000 hehtaarin kokoisia. (Metsäkeskus 2016.)

Metsäala ja metsänmittaus on muuttumassa perinteisestä metsän arvioinnista koko ajan teknologisempaan suuntaan. Perinteinen maastossa tapahtuva kuviokohtainen metsänarviointi vaatii paljon työtunteja arvioitavien alueiden kokoon nähden.

Laserkeilaus on kovaa vauhtia korvaamassa kuviokohtaista metsän arviointia. Nykyään metsäalan monet toimijat käyttävätkin kasvavassa määrin laserkeilauksella tuotettua aineistoa. Laserkeilausaineisto lisää tehokkuutta metsänarvioinnissa, sillä tieto on saatavilla maastossa käymättä.

Laserkeilausaineiston luotettavuudessa on erittäin tärkeää, että maastossa tapahtuva koealamittaus tapahtuu virheettömästi ja sujuvasti. Suomessa on vielä alueita, joista laserkeilausaineistoa ei ole saatavilla. Mitä tehokkaammaksi sekä virheettömämmäksi koealamittaus ja laserkeilausaineiston tuottaminen kehittyy, sen nopeammin sen hyödyt saadaan käyttöön metsäalan toimijoille ja metsänomistajille.

Vaikka metsien inventoinnissa käytetään nykyään hyvin paljon tietokoneita ja suurin osa tiedosta tulee teknisten laitteiden kautta, ei kuitenkaan sovi unohtaa maastossa tapahtuvaa mittaustyötä. Maastotyö on olennainen osa metsävaratiedon keräämistä. Maastossa mitataan ennalta määritetyiltä koealoilta muun muassa puuston pituutta, paksuutta ja kasvua, jotka ovat suuressa roolissa metsien

inventoinnissa, jotta metsävaratieto olisi mahdollisimman tarkkaa. Metsävaratiedon tarkkuuteen vaikuttaakin suuresti maastossa tapahtuvan mittauksen virheetön suorittaminen.

Tässä opinnäytetyössä keskitymme juurikin maastotyön tehokkuuteen, mahdollisiin virhelähteisiin sekä siihen kuinka ja millä toimilla niitä voidaan välttää.

2 Metsävarat

Suomi on Euroopan metsäisin maa. Metsävarat lisääntyvät jatkuvasti Metsätalousta Suomessa on 26,2 miljoonaa ha. Ne voidaan jakaa metsä-, jouto- ja kitumaahan. Metsämaata maapinta-alasta Suomessa on noin 75 %. Maakunnittain eri alueiden osuus vaihtelee voimakkaasti. (Luonnonvarakeskus 2019.)

Suomen maapinta-alasta rakennetun maanosuus on noussut yli 4 % vuonna 2005. Rakennetun maan osuus on suurin Uudellamaalla 14 %:lla ja pienimmillään Lapissa, jossa rakennettua maata on vain 1 %. Metsän osuus on suurin Kainuussa, jossa metsää on yli 90 %. Suomen metsäisin kunta on Suomussalmi, missä metsää on yli 93 %. Puuston tilavuus Suomessa on 2 356 miljoonaa kuutiometriä (Luonnonvarakeskus 2016.)

Vuotuinen kasvu on 109,9 miljoonaa kuutiometriä poistuman ollessa Luken tilastojen mukaan 82 miljoonaa kuutiometriä. Hakkuut ovat lisääntyneet viime vuosina ja tulevat vielä lisääntymään, sillä varsinkin kuitupuun käyttö ja kysyntä ovat lisääntyneet ja tulevat edelleen lisääntymään uusien tehtaiden myötä. (Luonnonvarakeskus 2017.)

Suomen metsien omistusrakenne on hyvin yksityismetsävoittoinen. Suomen metsistä suurin osa on yksityisessä omistuksessa, joka 60 prosentin luokkaa. Valtion metsiä suomen metsistä on noin neljäsosa ja vain alle kymmenesosa on yhtiöiden ja muiden omistamia. (Luonnonvarakeskus 2016.)

Tällaisia hehtaari- ja kuutiomääriä on mahdotonta hallinnoida ilman kattavaa metsävaratiedon keruuta ja ylläpitoa. Suomen monenlaiset metsätalousmaat ja kasvuolosuhteet, tunturikuusikoista Etelä-Suomen reheviin lehtoihin, muodostavat hyvin vaihtelevat olosuhteet metsän kasvulle, minkä takia on tärkeää, että metsävaratietoa kerätään koko maasta. Myös kasvukausi on Suomen pohjoisosissa lähes puolet lyhyempi kuin etelässä, joten puutkin kasvavat samankokoisiksi huomattavan eripituisissa ajoissa.

3 Suomen metsäkeskus

Metsäkeskus kerää ja jakaa tietoa Suomen metsistä sekä valvoo metsälainsäädännön noudattamista. Metsäkeskuksen toimintaa ohjaa ja rahoittaa Maa- ja Metsätalousministeriö. Metsäkeskuksen tarkoituksena on edistää yhteiskunnan ja kansalaisten hyvinvointia vahvistamalla metsäalan kilpailuetua ja kestävyyttä. Tavoitteena on tukea metsä ja puualan merkittävyyttä, hyväksyttävyyttä, moniarvoisuutta ja näkyvyyttä julkisessa keskustelussa. (Metsäkeskus 2016.)

Metsäkeskus inventoi metsät kymmenen vuoden välein. Tietoja pidetään ajan tasalla ja metsävaratieto on tuoretta inventointiajankohdasta riippumatta. Metsävaratietoon huomioidaan inventointien välinen metsän kasvu, metsänhoidon, hakuiden sekä mahdollisten tilarajojen muutokset. (Metsäkeskus 2016.)

Tietoja päivitetään metsäkeskukselle jätettyjen metsänkäyttöilmoitusten, KEMERA-hakemusten sekä Metsään.fi-palvelun kautta saaduista

päivitystiedoista. Metsäkeskus huomioi myös maastokäyntien yhteydessä saadut havainnot metsän muutoksista. (Metsäkeskus 2016.)

Laserkeilauksen, ilmakuvien sekä maastotyön saumaton yhteistyö mahdollistaa ajantasaisen metsävaratiedon. Kaukokartoituksella inventoitavat alueet ovat suuria, metsäpinta-alaltaan noin 200 000 hehtaarin kokoisia. Metsäkeskus inventoi vuosittain noin 1,5 miljoonaa hehtaaria yksityismetsiä, joiden inventointikierto on kymmenen vuotta. Laserkeilaus aineiston tueksi tehdään maastomittauksia. (Metsäkeskus 2016.)

3.1 Tehtävät

Metsäkeskuksen tehtävänä on edistää metsään ja puuhun perustuvia elinkeinoja. Kymmenissä hankkeissa on tarkoitus kehittää elinkeinotoimintaa ja uusia palveluja metsä- ja puualan, metsänomistajien ja yhteiskunnan hyödyksi. Metsäkeskus palvelee metsänomistajia ja organisaatioita. Tärkein palvelu metsänomistajille on Metsään.fi-palvelu. (Metsäkeskus 2016.)

Metsäkeskus rahoittaa metsän- ja luonnonhoidon töitä valtion budjettirahoituksen avulla, tärkeimpänä kestävä metsätalouden rahoitus lakiin perustuva KEMERAtuki. Metsäkeskus tukee metsien suojelua esimerkiksi Metso-ohjelman kautta myöntämällä metsätalouden ympäristötukea ja rahoittamalla luonnonhoitohankkeita. (Metsäkeskus 2016)

Metsäkeskus jakaa tieteelliseen tutkimukseen ja käytännön kokemukseen perustuvaa tietoa suomen metsistä, metsä luonnosta ja metsätaloudesta. Tiedottaminen metsien käytöstä, suojelusta ja uudistamisesta on myös Metsäkeskuksen tehtävä. (Metsäkeskus, 2016)

3.2 Metsään.fi palvelu

Metsään.fi-palvelussa metsänomistaja saa kokonaiskuvan metsäomaisuudestaan ja pääsee hyödyntämään Metsäkeskuksen ylläpitämää ajantasaista metsävaratietoa. Toimija näkee metsätiedot tiloilta, joihin on saanut metsänomistajalta suostumuksen. Palvelussa näkee hoito- ja hakkuuehdotukset seuraaviksi viideksi vuodeksi. Tiedot päivitetään palveluun kahden viikon kuluessa. (Metsäkeskus 2016)

Palvelun sisältö tuotetaan laserkeilauksen ja koealamittauksen avulla.

Palvelu on metsänomistajille maksuton. Puustotietoa ei ole vielä saatavilla koko suomen alueelle.

4 Kaukokartoitus metsien inventoinnissa

4.1 Historia

Visuaalista ilmakuvatulkintaa on käytetty metsäsuunnittelun apuvälineenä aina 1940-luvulta lähtien. Automaattisten kuvatulkintamenetelmien kehittäminen alkoi välittömästi ensimmäisen luonnonvarojen inventointiin tarkoitetun Landsat-satelliitin (1972) laukaisun jälkeen. Optisen alueen satelliittikuvapiirteiden onkin todettu korreloivan kohtuullisesti esimerkiksi maankäyttöä ja puustoa kuvaavien tunnusten kanssa. Piirteiden ja puustotunnusten välisiä riippuvuussuhteita on hyödynnetty laajojen alueiden metsien inventoinnissa jo pitkään. (Holopainen ym. 2013, 7.)

Keskeisenä ideana on, että menetelmien avulla voidaan tuottaa luotettavaa metsävaratietoa kustannustehokkaasti pienemmille alueille kuin pelkästään maastomittauksiin perustuvalla koealaotannalla, (Holopainen ym. 2013,).

Tavoitteena on ollut siirtyä operatiivisessa metsäsuunnittelussa visuaalisesta kuvatulkinnaista automaattiseen tai puoliautomaattiseen tulkintaan tai kuva mittaukseen joko kuvio- tai puutasolla. Ilmakuvien avulla on tulkittu koeala- tai kuviotasolla puustoon ja kasvupaikkaan liittyviä tunnuksia sekä niihin liittyviä muutoksia. 1990-luvun loppupuolella alettiin kehittää yksittäisten puiden mittaamiseen perustuvia menetelmiä. (Holopainen ym. 2013.)

Metsävarojen inventoinnin ja metsäsuunnittelun näkökulmasta uuden laserkeilaukseen ja numeerisiin ilmakuviin perustuvan menetelmän etuna on etenkin se, että perinteiset puustotunnukset voidaan tuottaa ainakin kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä entistä tehokkaammin tinkimättä estimointi tarkkuudesta. Toisena, etenkin metsäsuunnittelu inventoinnin näkökulmasta mielenkiintoisena etuna on, että suunnittelussa on mahdollista päästä eroon etukäteen määritellyistä kuviorajoista. Laserkeilaus mahdollistaa myös yksittäisten puiden automaattisen tulkinnan ja mittaamisen. (Kangas ym. 2005.)

4.2 Laserkeilaus

Laserkeilaus on kaukokartoitusmenetelmä, joka tuottaa tietoa kasvillisuuden ja maaston rakenteesta. Yleensä keilaus suoritetaan lentokoneesta, mutta tarkempaa aineistoa hankittaessa voidaan käyttää myös helikopteria. Keilain lähettää laserpulssin kohti maata, josta se heijastuu takaisin vastaanottoyksikköön. Keilausaineisto mittaa kuluneen ajan, minkä pulssi on matkalla sekä määrittää lentokoneen sijainnin ja kallistukset jokaisen pulssin kohdalla. Näiden tietojen perusteella lasketaan sijainti, josta laserpulssi heijastui takaisin. Osa laserpulsseista

heijastuu maanpinnasta ja osa esimerkiksi puiden latvoista. Nämä heijastuneet laserpulssit muodostavat yhdessä kolmiulotteisen pistejoukon, joita käytetään muodostamaan puustotunnuksia yhdessä numeeristen ilmakuvien kanssa. (Matti Maltamo ym.2008.)

Lähtökohtana runkolukusarjojen yleistämiselle laserkeilainpohjaisessa inventoinnissa ovat inventointialueelta mitattavat maastokoealat. Säteeltään yhdeksänmetriset ympyräkoealat sisältävät yleensä kymmeniä puita muodostaen jo melko hyvän otoksen kuvion puustosta. (Matti Maltamo ym.2008.)

4.3 Menetelmä

Metsävaratiedon keruu perustuu laserkeilaukseen, ilmakuvaukseen, referenssi-koealojen mittaukseen sekä näiden aineistojen perusteella tehtävään puustotulkintaan. Kaukokartoitusperusteinen puustotulkintahila kattaa kaikki metsät vuoden 2013 inventoinnista lähtien, mutta kuvioittanen metsävaratieto tuotetaan ensisijaisesti yksityismetsille. (Metsäkeskus 2016.)

Kaukokartoitusperusteinen metsävaratiedon keruu kestää noin vuoden, ja tietojen täsmennys maastossa esimerkiksi taimikoiden osalta on jatkuva prosessi. Eri työvaiheiden rinnalla tehdään myös laadunvarmistusta. Ensimmäisenä keväänä ja kesänä alueilla tehdään laserkeilaus ja ilmakuvaus sekä mitataan puustotulkinnassa tarvittavat maastokoealat.

Syksyllä esikäsitellään puustotulkinnassa tarvittavat aineistot ja talvikaudella laaditaan tilastolliset laskentamallit, joiden toimivuus ja tulosten laatu varmistetaan vertaamalla maastossa mitattuun tietoon. (Metsäkeskus 2016)

Kuviotietoja voidaan prosessoida myös julkisyhteisöjen, kuten kuntien tai seurakuntien maille, jos ne ovat metsänomistajina Metsään.fi-palvelussa. Julkisyhteisöjen mailla ei tehdä kuitenkaan metsävaratiedon keruuseen liittyvää

maastoinventointia. Vuosittain inventoidaan noin 10–12 aluetta eri puolilta Suomea, tavoitteen mukaisesti yhteensä noin 1,5 miljoonaa hehtaaria yksityismetsiä. Inventointikierto on tällöin kymmenen vuotta. (Metsäkeskus 2016)

Kullekin inventointialueelle sijoitetaan noin 600–800 referenssikoealaa, joka on tarkasti maastoon paikannettu ympyräkoeala, jolta mitataan yksittäisten puiden tiedot niin, että ne kattavat mahdollisimman hyvin alueen metsien vaihtelun, kuten erilaiset kasvupaikat, puulajit, puuston koko ja tiheydet. Koealoja mitataan puustotulkinnan mallinnuksen tarpeisiin. Mittauksessa käytettävän kiinteäsäteisen ympyräkoealan säde on yhdeksän metriä. Koealalta mitataan tarkasti kaikki puustotulkinnan kannalta merkittävät puut tai sille sijoitetaan ja mitataan pienempiä alikoealoja kuten taimikoita. Harvapuustoisissa metsissä käytetään säteeltään 12,62 metrin koealaa. Koealan keskipiste paikannetaan vähintään metrin sijaintitarkkuudella (Metsäkeskus 2016)

Osalle kuvioista, joilta ei saada riittävän luotettavaa tietoa kaukokartoituksella tai muun olemassa olevan tiedon perusteella, tehdään maastoinventointi kuvioittaisena arviointina. Kohteita ovat ensisijaisesti uudistusalat ja taimikot sekä puustoltaan erityisen epätasaiset kuviot. Maastoinventointia ei kuitenkaan tehdä kuvioille, joille puustotiedot ja toimenpiteet voidaan päätellä laatukriteerien mukaisesti riittävän luotettavasti eri tietolähteitä yhdistämällä. Tässä voidaan hyödyntää Metsäkeskukseen tulevia metsänkäyttöilmoituksia ja KEMERA-hankkeiden toteutustietoja, käytettävissä olevaa metsäsuunnittelutietoa, metsänomistajilta tai toimijoilta saatavaa toimenpidetietoa, luotettavin osin taimikoiden puustotulkintaa, visuaalisessa tarkastelussa latvuksen korkeusmallia tai ilmakuvia sekä myös metsäneuvojien paikallistuntemusta ja kokemusta. Kuviotietojen täydentämisessä hyödynnetään ensisijaisesti metsävaratietojärjestelmän laskentasovellusta. (Metsäkeskus 2016)

4.4 Metsävaratieto

Metsien inventoinnilla tuotetaan tietoa metsävarojen määrästä, kasvusta ja laadusta. Puuston määrä kuvaa puun käyttömahdollisuuksia. Puuston tilavuus on perusta metsätalouden suunnittelulle alueellisesti ja koko Suomessa. Metsien terveyteen vaikuttavat monet tekijät samaan aikaan. Metsien terveydentila voi heikentyä monien ulkoisten tekijöiden kautta, kuten ilman epäpuhtauksien, sääolojen tai vääränlaisen puunkorjuun tai puutavaran varastoinnin vuoksi. Terveydentilaa voivat heikentää myös sisäiset tekijät, kuten sienten aiheuttamat taudit ja hyönteiset. Ilmastonmuutoksen ennustetaan lisäävän paikallisten lumi-, myrsky- ja hyönteistuhojen riskiä.

Metsikön laadun arviointi perustuu taimikoissa, kasvatusmetsissä ja uudistuskypsissä metsissä puuntuotoksen määrään ja laatuun. Puuston epätasaisuus on selvästi yleisin syy laadun alentumiseen, ja tuhot seuraavaksi yleisin. (Korhonen ym, Suomen metsätieteen aikakauskirja, 2006.).

4.5 Metsävaratiedon tarkkuus

Kuvioittaisen maastoarvioinnin kokonaistilavuuden keskivirhe on yleensä 15–25 % välillä, mutta arvioinnin laatu on aina tekijäkohtainen. Laser inventoinnin tarkkuus on kasvatus- ja uudistuskypsissä metsissä vähintään yhtä tarkka kuin kuviointainen arviointi, joskus jopa tarkempi. Näillä kohteilla tarkkuus on 20 % sisällä oikeasta kahdeksalla kuviolla kymmenestä. Puustotulkinta on tasalaatuista, eikä vaihtele tekijän mukaan. Kokonaispuuston tiedot ovat tarkimmat ja yleensä pääpuulaji on oikein. (Metsäkeskus 2016.)

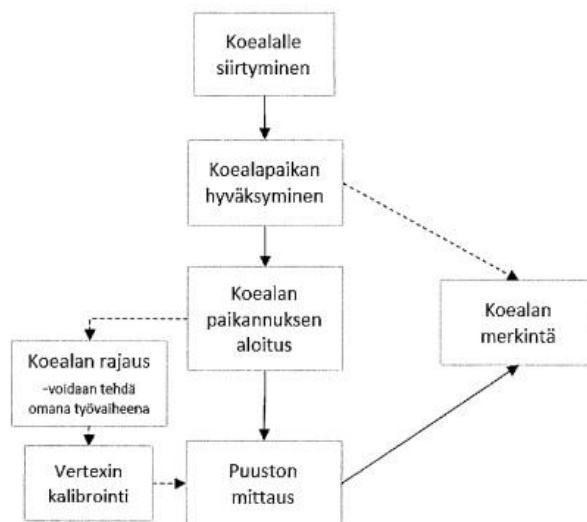
Puuston ikä on vaikea tunnus, koska laserinventointi perustuu pääosin puuston näkyviin piirteisiin ja saman kohtaisten kuvioiden ikä voi vaihdella kymmeniä vuosia. Iän merkitys on tosin metsätaloudessa vähentynyt. Tavoitteena on, että

puustotunnusten virheet eivät aiheuttaisi merkittäviä poikkeamia oikea-aikaisiin toimenpide esityksiin. (Metsäkeskus 2016.)

Laserinventointi soveltuu hyvin varttuneempiin metsiin, sillä mitä pienempään puustoon mennään, sitä epäluotettavimpia tulokset ovat. Jos taimikosta ei ole kaukokartoituksen lisäksi muuta tietoa, ne pyritään maasto tarkastamaan mahdollisimman kattavasti. (Metsäkeskus 2016.)

Virheiden määrä kasvaa, kun kyseessä on epätasainen, monijaksoinen tai muuten alueen normaalista poikkeava kuvio. Epätasaisten kuvioiden tai sivupuulajien arviointi on hankalaa myös maastossa. Poikkeavien kuvioiden maastomittausta ei usein suoriteta, jos siellä on tapahtunut esimerkiksi metsätuho tai kuvion puusto on epätyyppistä alueelle. (Metsäkeskus 2016.)

5 Työnkuva ja työvaiheet



Kuva 1.

Kuva koealapaikalle saapumisesta. (Puustotulkinta koealamittauksen maasto-työohje,2018)

5.1 Koealamittaus

Koealamittajan työ on metsävarainventoinnin maastossa tapahtuva osuus, jossa mitataan puiden pituutta, ikää, paksuutta yms. ja määritellään kasvupaikkaluokka. Koealamittauksella tuotetaan tietoa, jota ei laserkeilausaineistosta tule ilmi ja täydennetään keilauksen keräämiä tietoja, ja mahdollisesti korjataan keilauksen väärin tulkitsemat tiedot. (Metsäkeskus 2018.)

Koealamittajan keräämät tiedot syötetään metsävaratietojärjestelmään, jossa laserkeilauksen ja maastossa tapahtuneen mittauksen keräämät aineistot lisätään yhteen ja tuloksena on tarkkaa tietoa aineiston käyttäjälle alueen metsistä. (Metsäkeskus 2018.)

Koealamittajan työ vaatii hyvää fyysistä kuntoa ja kykyä työskennellä yksin. Maastossa siirtymät voivat olla useita kilometrejä ja ne tehdään, mittausvälineitä ja laitteita rinkassa kantaen. Mittaustyö tapahtuu yksin, joten ongelmatilanteissa on kyettävä ratkaisemaan ongelmia, jos puhelimen välityksellä saatu apu ei auta, sillä fyysinen avun saanti saattaa olla kymmenien kilometrien päässä.

Koealamittajalta odotetaan oman työn suunnittelukykyä, jotta kykenee suoriutumaan työstä ilman toimistolle palaamista. Toimistolle voi olla kymmenien kilometrien matka, myös tilanteissa, joissa esimerkiksi laitteiston akku loppuu. Myös sää olosuhteet vaikuttavat paljon koealamittajan työhön, sillä samalla tavalla ei välttämättä selviä pouta-, ja sadesäässä.

5.2 Koealalle siirtyminen ja hyväksyminen

Koealalle navigoidaan käsi-GPS laitteella tai maastotabletilla. Kun GPS:n mukaan ollaan koealalla, merkitään se koealan keskipisteeksi. Koealankeskipiste voidaan valita seuraavasti: Kun GPS näyttää ensimmäistä kertaa sijoitetun keskipisteen olevan 5-10m päässä, otetaan loppumatka keskipisteelle askelmitalla koealan suuntaan. (Metsäkeskus, 2018.)

Ensisijaisesti koeala hyväksytään. Jos kuitenkin joku ehdoista täyttyy niin, koeala joko siirretään tai se hylätään. Koeala yritetään ensin siirtää lähietäisyydelle mitauskriteerit täyttävään vastaavaan koealaluokan paikkaan, Jos siirto ei onnistu, koeala hylätään. Koealan hylkäämisen syy kirjataan ylös. (Metsäkeskus 2018.)

Koealalla epäillään, että koealalla on tehty hakkuita laserkeilauksen ja mittauksen välisenä aikana. Aukkoja ei mitata vaan koeala hylätään. Koeala hylätään, jos koeala sijaitsee kitu-/joutomaalla tai kokonaan muulla kuin metsätalousmaalla. Jos koealan puusto on tavalla tai toisella normaalista poikkeavaa

5.3 Koealan paikannus

GNSS-laitteisto pystytetään valittuun koealan keskipisteeseen, ja laite jätetään paikantamaan sijaintia vähintään lukupuiden mittauksen ajaksi. Laitteisto tallentaa paikannushavaintoja, joiden minimimäärä on noin 1200. (Metsäkeskus, puustotulkinta koealojen maastotyöohje 2018.)

Kuluttajakäyttöön tarkoitetun GNSS-vastaanottimen paikannustarkkuus on näistä tekijöistä johtuen tyypillisesti noin viiden metrin luokkaa, mutta joissakin olosuhteissa tarkkuus on heikompi. Pahimmassa tapauksessa satelliitin vikaantumisesta tai poikkeuksellisen suurista ympäristö- tai ilmakehävääristymistä

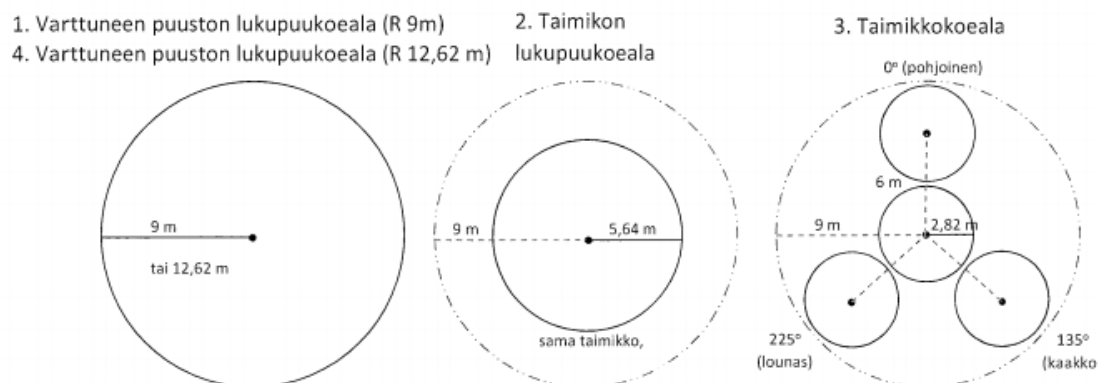
johtuen vastaanottimen laskema paikka voi poiketa todellisuudesta jopa satoja metrejä tai enemmän. (Maanmittauslaitos, 2017.)

5.4 Vertexin kalibrointi

Vertexin kalibrointi täytyy tehdä joka päivä ennen mittauksen aloittamista sekä päivän mittaan aina, kun ilman lämpötilassa tai kosteudessa tapahtuu muutoksia. Ilman lämpötila ja kosteus vaikuttavat mittaustulokseen, jopa kymmeniä senttejä. (Metsäkeskus, 2018.)

Vertex kalibroidaan mittanauhalla mitaten laitteen ehdottama etäisyys. Laite asetetaan tarkalleen vaadittuun kohtaan mittanauhaa, esimerkiksi 8m etäisyydelle, jolloin laite varmistaa etäisyyden oikeaksi ja kalibrointi on suoritettu.

5.5 Koealatyyppin valinta



Kuva 2. Kuva koealapaikan vallinnasta. (Puustotulkinta koealamittauksen maastotyöohje 2018.)

Koealatyypin päätetään koealalla ennen mittauksen arvioinnin perusteella, eikä sitä muuteta kesken tai jälkeen mittauksen. Jos mitattava koeala on kahden

koealatyypin rajalla, koealatyypin valitaan seuraavan säännön mukaan: $9 \text{ m} / 12,62 \text{ m} = 12,62 \text{ m}$, $5,64 \text{ m} : 9 \text{ m} = 9 \text{ m}$, $4 \times 2,82 \text{ m} : 5,65 \text{ m} = 5,64 \text{ m}$. (Metsäkeskus 2018.)

5.6 Luku-, ja koepuiden mittaus

Puiden rinnankorkeusläpimitat luetaan kaikista pystyssä olevista puista, oli puu elävä tai kuollut. Läpimittojen luvun yhteydessä tallennetaan myös puulaji ja puuluokka, eli onko puu elävä vai kuollut. (Metsäkeskus 2018.)

Puiden luvun jälkeen maastotallennin tai mittasaksissa oleva ohjelma ehdottaa lukupuista puulajiositteista koepuita, joista mitataan pituus ja ikä. Mikäli koepuiksi sattuu valikoitumaan puu, jonka latva on esimerkiksi poikki tai puu on muuten erityislaatuinen, voidaan ehdotetun koepuun tilalle tarvittaessa mitata toinen puu. (Metsäkeskus 2018.)

6 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tarkoituksena on vastata kolmeen pääkysymykseen:

1. Millainen on koealamittajan työpäivä rakenne?
2. Mitkä ovat koealamittauksen kehittämiskohteita?
3. Millaisia virheitä mittauksessa tapahtuu ja miten niiltä voitaisiin välttyä?

Työssä tarkastellaan metsäkeskuksen puustotulkintakoealojen mittausta kyselytutkimuksen avulla, sekä tutkimalla kahden koealamittajan työpäivän rakennetta. Työpäivän rakenne selvitetään työntutkimuksella videoinnin avulla.

Kyselyllä selvitetään virhemahdollisuuksia ja miten niiltä voitaisiin välttyä. Kyselyssä pyritään myös löytämään kehityskohteita koealamittaukseen.

Työntutkimus työssä pyritään selvittämään työpäivän rakennetta ja ajankäyttöä.

Työpäivä voidaan jakaa karkeasti noin seitsemään eri vaiheeseen:

- siirtymiset
- koealapaikan hyväksyminen
- koealan paikannuksen aloitus
- koealantyyppin rajausta
- vertexin kalibrointi
- puuston mittaus
- koealan merkintä

Tämä työntutkimus tapahtuu videoimalla avulla, jossa kuvasimme kahden eri mitaajan työpäivän. Toinen tutkimuksen tekijöistä, on työskennellyt metsäkeskuksen maastokoealamittajana. Mittaajille asennetaan videokamerat headset -laitteen avulla.

Työ rajattiin tarkastelemaan tilanteita joissa virheitä tapahtuu, sekä selvittämään työpäivän rakenne ja ajankäyttö. Videoinnin avulla saamme selvyttä työvaiheisiin käytetyn ajan, rakenteen sekä ajanmenetykset Kaukokartoitusaineiston luotettavuutta ei tarkastella tässä opinnäytetyössä. Mahdollisten virheiden korjaaminen ja kenen toimesta virhe korjattiin, jää ulkopuolelle sen toteamisen vaikeuden takia.

7 Aineisto ja menetelmät

Opinnäytetyötä varten videoitiin kahden koealamittaajan työtä monenlaisissa maastoissa, jotta saataisiin tehtyä kattava analysointi, kuinka ajankäyttö työpäivän aikana sijoittuu työvaiheiden välille. Työpäivän aikana mitattiin keskimäärin viisi koealaa, joka toteutuu myös videoituina päivinä, joten opinnäytetyössä videoitu työpäivä vastaa juurikin keskimääräistä työpäivää.

Pääasiassa tutkimusmenetelmänä käytettiin koealamittaajan seuranta maastossa. Koealamittaajien työpäivät taltioitiin videoinnin avulla kokonaisuudessaan, josta työaikatutkimusmenetelmällä kelloitettiin jokainen työvaihe ja kartoitettiin, miten ajankäyttö jakautuu työpäivän aikana eri työvaiheisiin. Opinnäytetyötä varten myös haastateltiin kyselylomakkeella niin esimiehiä kuin koealamittaajiakin siitä, millaisissa tilanteissa ja minkäkin mittavälineiden kanssa on esiintynyt ongelmia ja mistä ne ovat johtuneet.

Opinnäytetyössä on käytetty pääasiassa määrällistä tutkimusmenetelmää, jossa pyritään selvittämään virheiden syitä, mutta seurausten tutkimus on jäänyt vähäiseksi, sillä seurausten tutkiminen osoittautui liian laajaksi kokonaisuudeksi.

8 Tulokset

Opinnäytetyö keskittyi tutkimaan puustotulkintakoeala mittaajan työpäivärakennetta, virheyhteyksiä ja kehittämiskohteita. Työpäivärakennetta ja ajankäyttöä tutkittiin videoimalla kahden koealamittaajan työpäivät. Työpäivä jaettiin seitsemään seuraavaan työvaiheeseen:

Toimistotyö

Toimistotyö sisältää jo olemassa olevan metsävaratiedon siirtämisen maastotalentimeen ja työpäivän suunnittelun. Suunnitteluun sisältyy esimerkiksi alueen kartat, koealojen valinta ja ajoreitit.

Siirtyminen

Siirtymiin ei ole laskettu ajoneuvolla tapahtuvaa siirtymistä, koska tämä aika vaihtelee matkan mukaan. Maastossa kävellen tapahtuva siirtyminen tapahtuu koealojen välillä ja välimatkat ovat lähes säännöllisiä.

Koealan valmistelu

Koeala valmisteluun sisältyy: maastotallentimen- ja satelliitti-GPS:n käyttöönotto, Vertexin kalibrointi, uuden koealan luominen mittasaksiin ja koealan keskipisteen merkkkaus.

Mittaus

Koealalta mitataan rinnankorkeusläpimitta ja määritetään puulajit. Jokaisen puun kohdalla arvioidaan, onko puu elävä vai kuollut. Koealan puut lasketaan ja joka kymmenes merkataan.

Mediaani puiden mittaus

Mittasakset määräävät mediaani puun. Mediaani puista mitataan korkeus sekä ikä.

Tiedonsiirto

Siirretään tiedot mittasaksilta maastotalentimeen. Määritellään kasvupaikka, kuivatustilanne, kehitysluokka ja pääpuulaji.

Varustautuminen

Pakataan mittalaitteet ja työvälineet seuraavalle koealalle siirtymistä varten.

Virheyhteyksiä ja kehittämiskohteita työssä tutkittiin kyselylomakkeen avulla. Videointi antoi myös osakseen kehittämiskohteita ja virheyhteyksiä, joita kyselyssä ei tullut ilmi.

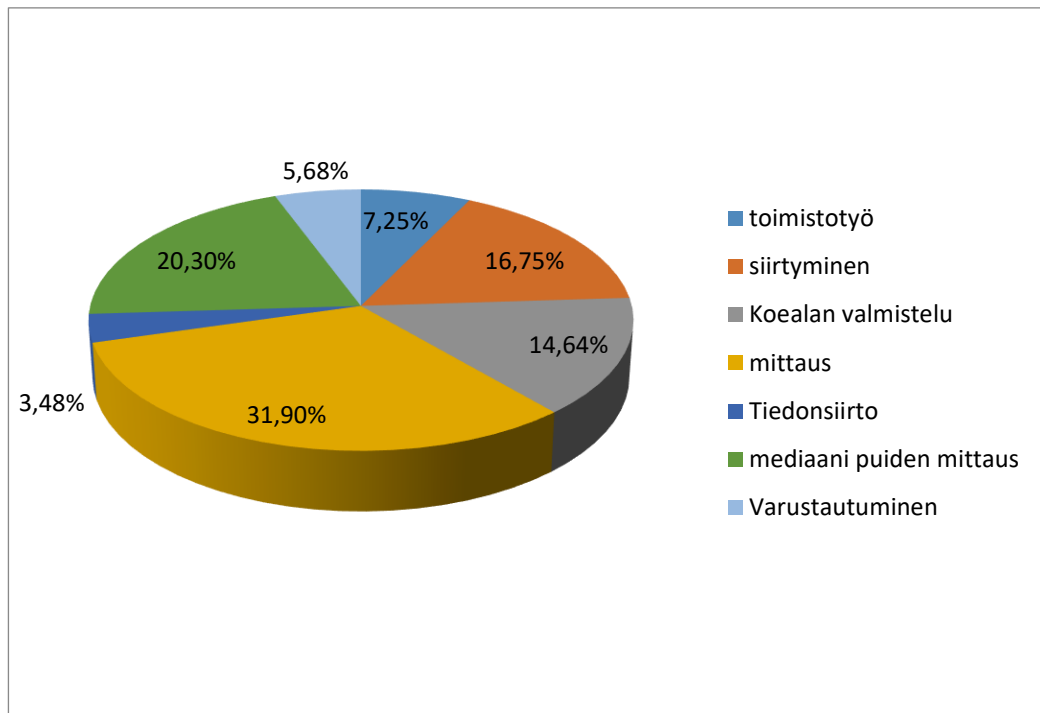
8.1 Videoinnin tulokset

Koealamittaajien työpäivät alkoivat tavalliseen tapaan työpäivän suunnittelulla ja valmistelulla. Kohteet sijaitsivat n. 60 km päässä toimistolta. Työpäivien aikana mitattiin viisi eri koealaa, jotka vastasivat keskimääräistä mitattujen koealojen määrää päivässä. Ilma oli poutainen ja viileä, joten ilma ei vaikeuttanut työskentelyä. Mitattujen lukupuiden keskiarvo oli 48,6 puuta yhdellä koealalla.

Alla on esitetty keskimääräinen käytetty aika eri työvaiheittain. Keskiarvo on mitattu kaikilta koealoilta. Toimistotyön viemä aika on jaettu jokaiselle koealalle keskiarvon mukaan, koska toimistotyötä ei tapahdu jokaisella koealalla.

- | | |
|---------------------------|-----------------|
| • toimistotyö | 3,57 min |
| • siirtyminen | 8,2 min |
| • koealan valmistelu | 7,2 min |
| • mittaus | 15,7 min |
| • tiedonsiirto | 1,7 min |
| • mediaani puiden mittaus | 10 min |
| • varustautuminen | 2,8 min |
| • yhteensä/koeala | 49,3 min |
| • | |

Diagrammissa on esitettyä ajan jakautuminen yhdellä koealalla prosentteina (%).



Kuvio 1. Ajan jakautuminen yhdellä koealalla

9 Kyselylomakkeen tulokset

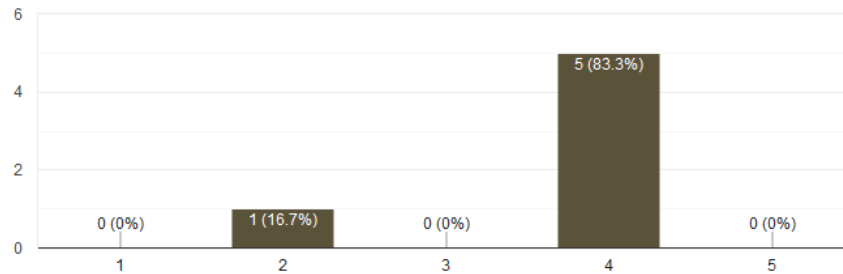
Kyselylomakkeessa kysyimme vastaajilta mistä virheet johtuivat ja kuinka virheet olisi voitu välttää. Vastaajat saivat vastata kysymyksiin ensin vapaavalintaisella vaihtoehdolla, ja vapaasti kertoen.

Oli selvästi havaittavissa, että suurimmalla osalla vastaajista oli ollut ongelmia samojen laitteiden ja aiheiden ympärillä.

9.1 Paikannuksen virheet

1a. Virheitä tullut paikannuksessa?

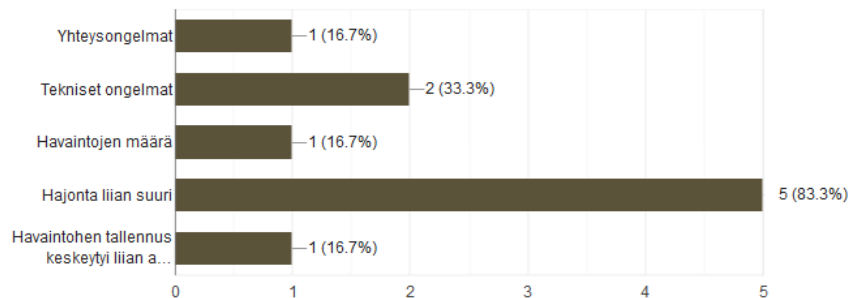
6 responses



Kuvio 2. Maastotallentimen ongelmat

1b. Mistä virhe johtui?

6 responses



Kuvio 3. Mistä virhe johtui

Paikannuksessa virheitä oli ollut kaikilla vastaajista, mutta kuitenkin se ei ollut ollut kovinkaan suuri virheiden aiheuttaja.

Kysyttäessä mistä virheet johtuivat, oli vastaukset hyvin yksilöllisiä, mutta havaintojen määrä oli ollut useimmiten virheiden syy. Jos havaintojen vähyyttä huomattiin

vasta koealalta poistumisen jälkeen, täytyi paikannus käydä suorittamassa uudelleen. Pahimmassa tapauksessa koealalle oli pitkä automatka, ja autolta pitkä siirtyminen maastossa, jolloin yhden koealapisteen paikannuksesta aiheutui suuri ajanmenekki.

Kysyttäessä kuinka virheet olisi kyetty välttämään ei esiin tule yhtään yhteistä nimittäjää.

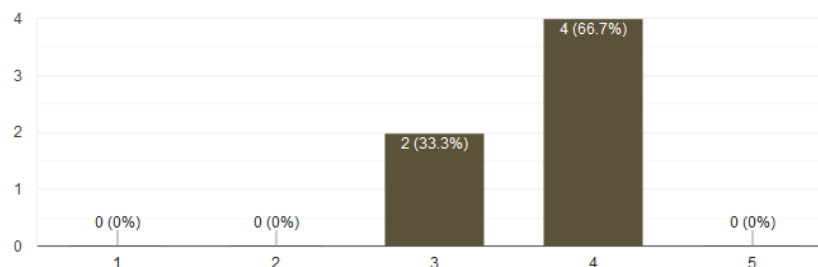
Vastauksista nousee esiin esimiestehtävissä olevan vastaajan vastaus, jossa kerrottiin taivaspalveluita tarjoavien yritysten katkoksista, jotka olivat haitanneet suuresti paikannusta maastossa. Sama vastaaja mainitsi myös runsaiden aurinkopilkkujen aiheuttaneen häiriötä paikannukseen.

On tiedossa, että suuri, kattava lehtipuusto aiheuttaa virheitä paikannukseen, joten koealamittajan on otettava huomioon kyseinen asia valittaessa koealapaikkaa, ja tarvittaessa siirtää koealaa sopivaan kohtaan.

9.2 Mittauksen Virheet

2a. Virheitä tullut mittauksessa

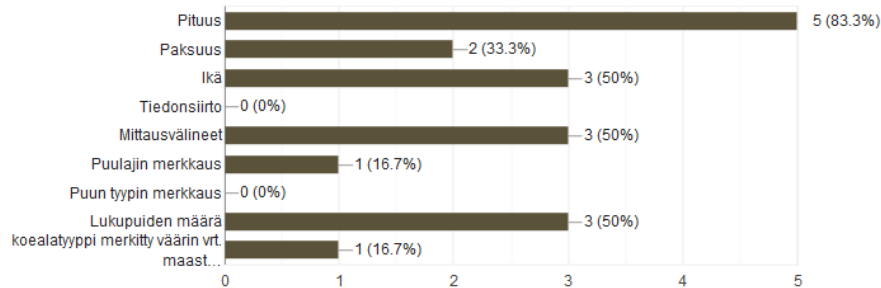
6 responses



Kuvio 4. Mittauksen virheet

2b. Missä mittauksen virhe tuli ?

6 responses



kuvio 5. Missä mittauksen virheet tapahtuivat?

Mittauksessa virheitä oli tullut kaikille vastaajille, mutta mittauksessa tapahtuvat virheet olivat suhteellisen harvinaisia. Mittauksen virheet olivat sellaisia virheitä, joita koealamittaja ei välttämättä itse tiedostanut.

Mittauksessa eniten virheitä tapahtui pituuden määrittämisessä. Videotallenteista oli mahdollista havaita satunnaisia virheitä, jolloin koealaluksi valikoitui kuolleita puita, joka jäi merkkauttamatta mittasaksiin. Useimmiten koealamittaja havaitsi kyseisen virheen vain silloin, kun kuollut puu valikoitui koepuiksi, jolloin puuta tuli tarkasteltua tarkemmin, sillä siitä mitattiin pituus ja ikä.

Mittauksessa eniten virheitä tapahtui pituuden määrittämisessä. Joka mitä ilmeisemmin johtui laitteesta, jolla pituus mitattiin eli Vertexistä.

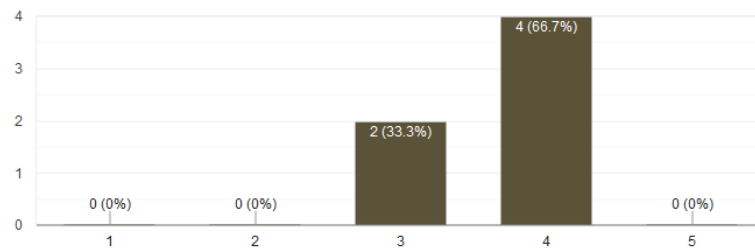
Kysyttäessä kuinka virheet mittauksessa olisi voitu välttää, voitiin tulkita, että Vertexin kanssa oli ollut ongelmia, jotka olivat lähinnä johtuneet säästä sillä Vertex täytyi kalibroida säätilojen vaihtuessa.

Kysyttäessä parannusehdotuksia mittaukseen oli useammassa vastauksessa mainittu perehdyttämisestä ja laadunseurannasta.

9.3 Maastotallentimen virheet

3a. Maastotallentimen ongelmat

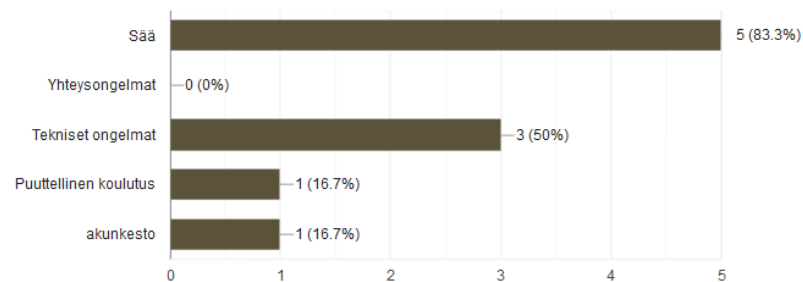
6 responses



Kuvio 6. Maastotallentimen ongelmat

3b. Maastotallentimen ongelmien syyt

6 responses



Kuvio 7. Maastotallentimen ongelmien syyt

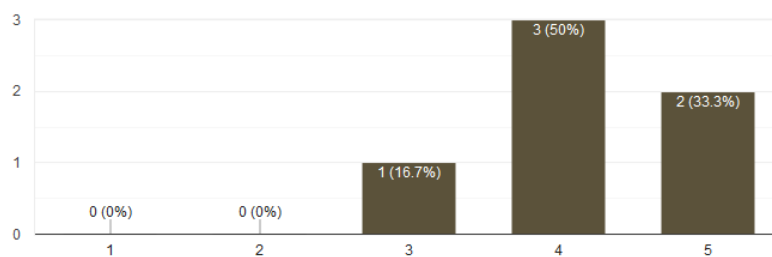
Maastotallentimeen liittyviä virheitä oli tullut jokaiselle vastaajalle muttei maastotallennin ollut merkittävässä roolissa virheiden syntymisessä. Kysyttäessä virheiden syitä nousi esille sääolosuhteiden merkitys maastotallentimen käyttöön.

Kysyttäessä parannusehdotuksia suurin osa vastaajista keskittyi säänkestävän maastotallentimen tai kosketusnäyttökynän hankintaan. Maastotallentimen käyttö oli määrällä kelillä erittäin hidasta.

9.4 Siirtoerien virheet

4a. Siirtoerien virheet

6 responses



Kuvio 8. Siirtoerien virheet

Siirtoerissä oli ollut selvästi vähiten ongelmia kaikista vastauksista. Kysyttäessä siirtoerien virheiden välttämistä ja parannusehdotuksista ei mikään yksittäinen asia näyttänyt nousevan esille.

9.5 Metsän määrittely

Kysyttäessä kuinka vaikeaksi Koealamittajat olivat kokeneet metsätyyppin, kehitysluokkien ja kuivatustilanteen määrittelyn olivat vastaajat kokeneet kyseiset asiat helpoiksi.

Kuivatustilanteen määrittely oli ollut hankalinta, sillä erilaisia suometsiä oli paljon ja mahdollisista ojituksista oli kulunut aikaa jopa vuosikymmeniä.

10 Pohdinta

Puustotulkintakoealamittaus on jo lähtökohtaisesti pitkälle kehitetty ja kokonaisuus on mietitty kohtalaisen tehokkaaksi. Työpäivän rakenteessa ja ajan käytössä siirtymiset vievät valitettavan paljon aikaa. Välimatkat ovat kohdealueella pitkiä ja alueet suuria.

Mittaukseen käytetty aika oli tutkimuksen perusteella noin 50% koealalla käytetystä ajasta, kun autolla tapahtuvia siirtymisiä ei otettu huomioon. Koealan valmisteluun aikaa kului 15%. Työvälineitä mittaajalla on paljon ja niiden karsiminen yhdistämällä eri mittalaitteiden ominaisuuksia saisi toimintaa tehokkaammaksi. Mittasakset voisivat olla yhteistyökykyiset tietokoneohjelmistojen kanssa, jotta koeala numeroita ja tiedostonimiä ei erikseen tarvitsisi kirjoittaa mittasaksiin, sillä mittasaksien näppäimistö on hyvin rajallinen.

Koealamittauksessa mitataan koepuista mitattava ikä, ja pituus vie aikaa noin 20% koealalla vietetystä ajasta. Koepuiden pituuden voisi määrittää jo valmiista laserkeilausaineistosta, kun koealamittaus suoritetaan laserkeilauksen jälkeen. Iän määrittäminen on inventoinnissa erittäin suuressa roolissa, sillä siitä riippuu, kuinka tarkkaan kasvu pystytään simuloimaan jopa kymmeneksi vuodeksi eteenpäin. Jos ikä on määritetty väärin, vääristyy kasvu simuloinnissa huomattavasti. Jos koealamittaja ei mittaa ikää kairaamalla puuta, vaan arvioi, voi etenkin rehevillä pohjilla kasvavissa puustoissa iän arviointi olla vaikeaa, sillä puu kasvaa siinä useimmiten arvioita huomattavasti nopeammin. Inventoinnin iän ja kasvun määrittämisessä voitaisiin ottaa käyttöön ilmoitusvelvollisuus, kun taimikko on perustettu, joka tapahtuu helposti esimerkiksi metsään.fi palvelussa. Tällaisen taimikon perustamisilmoituksen jälkeen, Metsäkeskuksella olisi luotettava tieto siitä, minkä ikäistä puusto kyseisessä metsässä on, jolloin koealamittauksessa tapahtuva virheellinen iän määrittäminen vääristäisi kasvumalleja tulevaisuudessa.

Mitattaessa koepuita, aiheutti mittasaksien koepuun valinta ongelmia. Mittasakset nimittäin valitsivat toisinaan koepuiksi kuolleen puun. Tuo kyseinen toiminto aiheutti sen, että koealalta täytyi etsiä juuri mittasaksien ehdottamaa puuta vastaava puu, jotta koepuun tiedot olisivat tarkat.

Eniten ongelmia ja kehittämiskohteita löysimme asioista, jotka liittyvät Vertexiin ja sen käyttöön. Vertexin toiminta on monilla sääoloilla hyvin epävarmaa. Vertexin käyttökokemukset ovat, että kun lämpötila laskee alle viiden asteen, käyttö hankaloituu. Vertex ei toimi sateella, ei lähellä liikennettä, eikä kovalla tuulella.

Vertex on suhteellisen vanhanaikainen laite, kun vertaa sitä nykyaikaisiin laserilla toimiviin mittareihin, joilla pystytään mittaamaan niin etäisyydet kuin pituudet yhtä tarkasti, ja vähemmällä kalibrointikerroilla. Tällaiset laserilla toimivat laitteet antavat mahdollisuuksia mitata puita kauempaa, joka on peitteisessä maastossa joskus tarpeellista. Laserilla mittaava laite vähentää myös kävelyä sillä vertexin kaiutinta ei tarvitse viedä puuhun erikseen.

Olisi myös huomattavasti nopeampaa mitata puita, jos jokaista rajapuuta ei tarvitsisi mitata erikseen Vertexillä. Jos laitteessa, jolla mitataan puiden etäisyys koealankeskipisteestä, olisi kokoaikainen yhteys mittalaitteiden välillä ja se antaisi esimerkiksi äänimerkin, kun mittaaja on liian kaukana. Tällöin toiminta olisi huomattavasti nopeampaa eikä mittaajan tarvitsi kävellessään tarkastaa matkaansa keskipisteestä koepuille jopa kymmeniä kertoja.

Työohjeeseen voisi lisätä, että mittaajat numeroisivat jokaisen mittaamansa puun jolloin koepuiden etsiminen on huomattavasti nopeampaa.

10.1 Työn merkittävyys ja tärkeys

Tutkimuksen tuloksia analysoidessa huomasimme, että tutkimusaineisto olisi voinut olla laajempi. Video materiaalia olisi pitänyt olla enemmän ja useammalta mittaajalta. Mittaajalle muodostuu luonnollisesti oma työskentelytapansa ja näitä eroja työtavoissa olisi voinut analysoida laajemmin.

Kyselytutkimuksen vastaaja määrät jäivät alle tavoitteen, mihin varmasti osakseen vaikutti kyselyn lähettämisen ajankohta. Sähköinen kyselylomake on helpokäyttöinen tapa vastata kyselyyn, olisi voitu esimerkiksi arpoa vastaajien kesken pienen lahjan, mikä olisi voinut nostaa vastaamisprosenttia. Kysymyksiä olisi voinut olla enemmänkin ja ne olisivat voineet olla tarkempia. Kysymykset jättivät tulkinnan varaisuutta kysyttäessä vastauksia asteikolla paljon - ei ollenkaan. Kyselyyn vastanneet olivat kaikki pohjoisen alueen työntekijöitä. Alueellista eroa toimintatavoissa emme siis päässeet tulkitsemaan. Lomakkeen vapaasana kohdasta nousi esiin monia hyviä asiaseikkoja ja kyselyllä onnistuttiin kartoittamaan mittaajan työpäivän kehittämiskohteita ja ongelmia.

Työpäivän rakennetta tutkittaessa video materiaali antoi tarkkoja tuloksia siitä mihin aikaa kuluu ja kuinka paljon. Toinen tämän tutkimuksen tekijöistä on ollut tekemässä kyseistä työtä 4 kuukautta ja tästä kokemuksesta oli työn kannalta paljon hyötyä. Kysely hahmotti kuitenkin hyvin missä suurimmat kehittämiskohteet mittaajan työpäivästä löytyvät.

Työn merkittävyyttä mietittäessä laserkeilausta ja aineistoja tullaan käyttämään koko ajan enemmän hyödyksi. Puustotulkinta koeala mittausta kehittämällä saadaan tuotettua tarkempaa ja ajankohtaisempaa tietoa metsäalan eri toimijoille ja metsänomistajille. Työ olisi voinut keskittyä enemmän siihen, miten mittausvirheiden seuraukset näkyvät valmiissa aineistossa.

10.2 Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen tuloksia analysoitaessa nousi esiin yksi selvä jatkotutkimusaihe. Tutkimuksessa tarkasteltujen virheiden vaikutukset lopulliseen aineistoon eivät ole tiedossa. Aihetta kuitenkin on vaikea tutkia, sillä koealamittaja ei itse huomaa virheitään.

Laserkeilausaineistoa on tutkittu paljon, mutta maastotyön tarkkuutta on tutkittu suhteessa vähän. Maastotyön osuutta tutkimalla voitaisiin mahdollisesti parantaa laserkeilauksen tarkkuutta ja laatua.

Lähteet

- Holopainen, M., Hyyppä, J. & Vastaranta, M. 2013. Laserkeilaus metsäva
rojen hallinnassa. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen jul
kaisuja 5: 1–75. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/han
dle/10138/42935/Laserkirja_painettu.pdf?sequence](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/42935/Laserkirja_painettu.pdf?sequence) . 23.11.2019.
- Korhonen ym. 2006. Suomen metsätieteen aikakauskirja1B/2006: 185-190
<https://metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6174.pdf>
- Luonnonvarakeskus 2012. Valtakunnan metsien inventointi
<http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi-mvarat.htm> 23.11.2019.
- Luonnonvarakeskus 2016. Metsänomistus. [https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvar
oista/metsa/metsanomistus](https://www.luke.fi/tietoa-luonnonvar
oista/metsa/metsanomistus) 23.11.2019.
- Luonnonvarakeskus 2017. Valtakunnan metsien inventointi: Puuston kasvu
noussut edelleen – Pohjois-Suomessa metsät järeytyvät.
[https://www.luke.fi/uutinen/valtakunnan-metsien-inventoinnin-tulosj
ulkistus-2017](https://www.luke.fi/uutinen/valtakunnan-metsien-inventoinnin-tulosj
ulkistus-2017) 23.11.2019.
- Luonnonvarakeskus 2019. Tuoreimmat maakunnittaiset metsävaratiedot Luken
tilastoportaalissa. [https://www.luke.fi/uutinen/tuoreimmat-maakun
nittaiset-metsavaratiedot-luken-tilastoportaalissa/](https://www.luke.fi/uutinen/tuoreimmat-maakun
nittaiset-metsavaratiedot-luken-tilastoportaalissa/) 23.11.2019.
- Maanmittauslaitos. 2017 [https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematie
toa/satelliittipaikannus](https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematie
toa/satelliittipaikannus). 20.4.2020
- Matti Maltamo, Petteri Packalén, Janne Uuttera, Esa Ärölä ja Juho Heikkilä
2008. Metsätieteen aikakauskirja 4:1-2 [http://www.metla.fi/aika
kauskirja/full/ff08/ff084304.pdf](http://www.metla.fi/aika
kauskirja/full/ff08/ff084304.pdf) 1.12.2019
- Metsäkeskus 2016. Metsäkeskus. [https://www.metsakeskus.fi/met
sakeskus](https://www.metsakeskus.fi/met
sakeskus) 23.11.2019.
- Metsäkeskus 2016. Metsävaratiedon keruu. <https://www.metsakeskus.fi/met>
- Metsäkeskus 2016. Tehtävät. <https://www.metsakeskus.fi/tehtavat>
- Metsäkeskus 2016. Metsätiedon keruu. [https://www.metsakeskus.fi/metsatiedon-
keruu](https://www.metsakeskus.fi/metsatiedon-
keruu) 2.12.2019
- Metsäkeskus 2018. puustotulkinta koealojen maastotyöohje 12.12.2019.
- Metsäntutkimuslaitos 2013. Euroopan metsäisin maa. [http://www.metla.fi/suo
men-metsat/metsatiedon-keruu](http://www.metla.fi/suo
men-metsat/metsatiedon-keruu) 23.11.2019.
- Saari, A. & Kangas, A. 2005. Kuvioittaisen arvioinnin harhan muodostuminen.
[http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/533445/Saari.pdf?se
quence=1&isAllowed=y](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/533445/Saari.pdf?se
quence=1&isAllowed=y) 15.12.2020