

## 2. Metsikön puuston arviointi

### 2.1 Metsikkökoeloharjoituksen tavoitteet

Harjoitellaan metsikön puustotunnusten määrittämistä puutunnuksiin perustuen erilaisten kiinteä- ja vaihtuva-alaisten koelohojen avulla. Tutuksi tulevat: Koelohojen rajaaminen, luku- ja koepuiden mittaaminen sekä puustotunnusten laskenta. Harjoitukseen kuuluu lisäksi anonos maanmittausta sekä kaukokartoitusta.

Harjoituksessa mitataan kasvupaikaltaan, puustoltaan ja käsittelyhistorialtaan erilaisia metsiköitä. Tavoitteena on saada havainnollinen kuva erilaisten metsiköiden puuntuotoskyvystä ja puuston rakenteesta ja näin kehittää omaa silmänvaraista puu- ja puustotunnusten arviointitaitoa. Metsikkökoeloharjoitus harjaannuttaa metsäalueen inventointiin. Harjoitustyössä mitataan samasta metsiköstä 3 kiinteäalaista ja 1 vaihtuva-alainen koelohoj:

0. Suorakaide(kaukokartoitus-)koelohoj
1. Suorakaide(metsikkö-)koelohoj,
2. Kiinteäsaiteinen ympyräkoelohoj
3. Relaskooppikoelohoj.

Harjoituksen lopuksi verrataan eri koelohojen tuloksia. Kaukokartoituskoelohojilta on ilmakuvia ja laserkeilausta käyttäen kartoitettu ja mitattu puut ("ilmakuvapuut"). Näille havainnoille mitataan harjoituksen yhteydessä oikeat arvot maastossa. Toisaalta, kaukokartoitettuja puita sekä laserkeilausmittauksia hyödynnetään suorakaidekoelohojn puuston ja topografian tarkassa kartoituksessa. Harjoituksessa tutustutaan siis myös tieteelliseen työskentelyyn.

### 2.2 Puustotunnusten määrittämisen vaiheet

Puutunnuksiin perustuvassa metsikön puustotunnusten, tilavuuden ja puutavaralajirakenteen, määrittämisessä on seuraavat vaiheet:

#### 1. Runkolukusarjan määrittäminen

Metsikön runkolukusarja voidaan määrittää mittaamalla metsikön jokaisen puun puulaji ja läpimitta ( $sp$ ,  $d_{1,3}$ , täysi puidenluku) tai edustavan näytteen avulla. Näytteen muodostavat metsiköstä poimittavat yksittäiset puut tai koelohojat. Koelohojat ovat kiinteä- tai vaihtuva-alaisia. Vaihtuva-alaisilla koelohojilla läpimitaltaan erikokoisille puille on erikokoinen koelohoj - puun todennäköisyys kuulua näytteeseen riippuu siis puun koosta.

#### 2. Johdettavien puutunnusten määrittäminen koepuiden avulla

Puuston tilavuuden ja puutavaralajijakauman määrittämiseksi ei koelohojalta välttämättä kannata (tulosten

tarkkuus suhteessa aikamenekkiin) mitata kaikille puille kaikkia tunnuksia, vaan hyödyntää tunnusten välisiä riippuvuuksia. Rinnankorkeusläpimitan ja pituuden välillä on usein vahva allometrinen riippuvuus yhdessä metsikössä.  $d_{1,3}$  ja  $h$  puolestaan ennustavat rungon tilavuutta ja puutavaralajijakaumaa (runkokäyrät, tilavuusyhtälöt) ja näitä ennusteita voi tarkentaa, jos puusta mittaa  $d_6$ -tunnuksen tai muita läpimittoja (vrt. moto). Mitatuista tunnuksista malleilla, riippuvuuksia hyödyntäen, ennustettuja tunnuksia sanotaan johdettuiksi. Samassa metsikössä puut ovat toistensa kaltaisia ja lisämittaukset tehdään koepuista, jotka edustavat muita saman kokoluokan ja puulajin puita. Siksi koepuut valitaan kattaen runkolukusarja edustavasti s.e. eri puulajit ja puujaksot, joiden sisällä riippuvuussuhteet pätevät, tulevat mukaan koepuutokseen. Jos halutaan mitata puuston kokonaistilavuutta, annetaan isoille puille suurempi todennäköisyys tulla valituiksi koepuiksi. Mikäli metsikössä on poikkeavia puita (esim. yksittäisiä jättöpuita), ne tulisi aina mitata koepuina ("erikoispuu"). Harjoituksessa määritetään vain yhdet johdettavat puutunnukset koepuuaineistosta, joka mitataan suorakaidekoelohojalta.

### 3. Runkolukusarjan ja johdettujen puutunnusten yhdistäminen puustotunnuksiksi.

Koelohojn ja sen edustaman metsikön, puustotunnukset määritetään yhdistämällä läpimittaluokittain runkoluku ja läpimittaluokalle johdetut puustotunnus. Esimerkiksi 0.16 ha koelohojalta on mitattu 5 kpl läpimitaltaan 15 cm:n kuusia, joille on johdettu kuituosan tilavuudeksi  $104 \text{ dm}^3/\text{puu}$  - tätä luokkaa on  $1/0.16 \times 5 \times 104 \text{ dm}^3 = 3.25 \text{ m}^3/\text{ha}$  metsikössä. Harjoituksessa puustotunnukset lasketaan yhdistämällä johdettavat puutunnukset eri koelohojatyypeiltä saatuihin runkolukusarjaestimaatteihin.

Metsikkökoelohojharjoitus "pätkinänkuoressa"

- Harjoitus Muistokuusikossa: Puutunnusten mittaukset, luokitukset ja mittavälineiden käyttö; Puiden paikannus suuntimalla.
- Suorakaidekoelohojn perustaminen ja rajaus; Ilmakuva- ja omissiopuiden identifiointi ja omissiopuiden kartoitus suuntimalla; Puukartan valmistus
- Puidenluku suorakaidekoelohojalla
- Koepuiden valinta ja koepuumittaukset
- Mittausten luovutus
- Ympyrä- ja relaskooppikoelohojmittaukset
- Tulosten laskenta ja raportointi, koelohojretkeily

## 2.3 Mittaukset

### Tavoitteesta

Metsikkökoealamittauksilla halutaan selvittää puuston määrä, rakenne ja arvo sekä näiden muutosnopeus mitaushetkellä, tarkoin mittauksin. Käytännössä tämä tarkoittaa puuston tarkkaa kartoittamista, puuston kokonaistilavuuden, puulajikohtaisen kokonaistilavuuden, puuston tukki- ja kuitupuun tilavuuden ja arvon, puuston tilavuus- ja arvokasvun sekä eräiden puuston läpimitta- ja pituusjakauman keskitunnusten määrittämistä. Koealoilla, joilla on tehty harvennushakkuu, mitataan hakkuupoistuma kannoista. Tavoitteeseen pääsemiseksi käytetään omia mittauksia, omia koepuumittauksista laadittuja malleja, tutkimusten tuloksena saatuja malleja sekä ajankohtaisia puutavaralajien hintoja. Saatavien kokonaistulosten tarkkuus riippuu

- mittausten tarkkuudesta
- mallien tarkkuudesta
- koepuuotannan aiheuttamasta virheestä

Tulokset ovat tarkkoja, jos mittaukset tehdään huolella, mallit laaditaan ja niitä sovelletaan oikein, ja jos koepuuotos on edustava. Kokonaistilavuudessa ja -arvossa on mahdollisuus saavuttaa alle 4 % keskivirhe. Omat mittaukset, puiden paikat, puuluokitus, läpimitta ja puulajihavainnot muodostavat referenssiaineiston kaukokartoitustutkimuksille. Näiden mittausten tulee siksi olla erityisen huolellisesti laadittuja.

### Suorakaidekoealan rajaus, puiden ja kantojen kartoitus ja luku

Suorakaiteen muotoista koealaa kutsutaan usein metsikkökoealaksi. Metsikkökoeala rajataan neliömäiseksi, jotta reunavaikutukset minimoituisivat. Metsikkökoeala on näyteala, jolla pyritään kuvaamaan metsikölle ominaisia piirteitä. Siksi koealan on oltava riittävän suuri. Koko vaihtelee käyttötarkoituksen, puuston kehitysvaiheen ja tiheyden sekä metsikön pinta-alan mukaan ollen yleisimmin 0,04 - 0,25 ha. Mitä järeämpää ja harvempaa metsikön puusto on, sitä suurempi koealan tulisi olla. Mikäli samaa puustoa halutaan seurata koko kiertoajan pysyvällä koealalla, tarvitaan jo alusta asti suuri koeala. MARV1 koealat ovat pysyviä koealoja, joilla voi seurata myös puutason kehitystä.

#### 1. Koealan rajaus ja yleistietojen määrittäminen

Ryhmälle osoitetaan mitattava koeala, jonka rajaa neljä kulmapaaluja. Ryhmä rajaa koealan maastoon tai, mikäli kyseessä on vanha koeala, tarkistaa paalutuksen ja mittaa sivujen pituudet. Mikäli kyseessä on uusi koeala, koealan numero sekä KKK-2 koordinaatit merkitään

kulmapaaluhiin huopakynällä. Koealan paaluille saadaan myöhemmin, puiden kartoituksen yhteydessä, XY sijainti 0,2–0,3 m tarkkuudella.

Koeala rajataan käyttäen bussolia<sup>1</sup>, (kulmaprismaa), mittanauhaa ja linjaseipäitä eli teikkejä. Tarkasti koealan rajoille pystytettävien teikkien avulla nähdään mitkä puut kuuluvat koealaan. Rajojen aukaisuun saa käyttää vesuria näkyvyyden parantamiseksi. Koealan kulmiin pystytetään kulmapaalut ja niistä 2 m:n päähän koealojen sivujen suunnassa asetetaan pienemmät viisaripaalu<sup>2</sup>, jotka osoittavat, mihin suuntaan kulmapaalusta koeala avautuu. Huonokuntoiset paalut uusitaan havupuupaaluilla. Koealan keskipisteeseen lyödään keskipaalu, jolta mitataan myöhemmin ympyrä- ja relaskoopikoealat<sup>3</sup>.

Koealan yleistiedot merkitään metsikkökoealalomakkeelle (liite 2.1a), joka muutoin korvataan ryhmille jaettavilla esitetyillä lomakkeilla. Metsikkötietojen keruussa käytetään samoja luokituksia ja koodimerkintöjä kuin kuvioittaisessa arvioinnissa (liite 5.5 ja luku 7). Topografiasta voi merkitä esim. *koeala etelään viettävän loivan rinteiden alaosaan, harjanteella* tms. Humuksen tai turpeen paksuus mitataan neljästä kohdasta koealan eri osista. Maalaji selvitetään koealan keskelle kaivetusta 0,5 m syvästä kuopasta. Tuntuvasta puuntuotuskykyyn vaikuttavasta kivisyydestä tai muista erityispiirteistä mainitaan huomautusten kohdalla. Kirjanpito-tiedot ja muistinvaraiset tiedot ovat parhaita tietolähteitä hakkuun ajankohtaa määritettäessä. Ellei em. tietoja ole saatavilla, voidaan hakkuuvuotta arvioida maastohavainnoin. Kantojen lahoamisaste, kantojen saama kasvi-peite, pystypuiden kasvu ja hakkuutähteet antavat osviittaa hakkuun ajankohdasta. Puustotunnukset merkitään vasta koepuiden mittausten ja tulosten laskennan jälkeen.

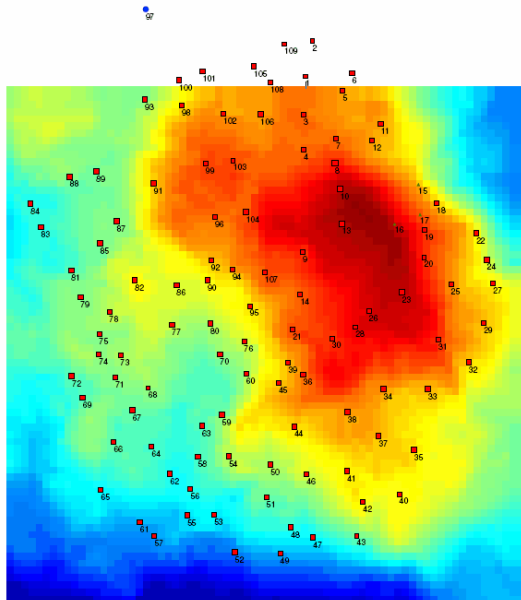
<sup>1</sup> Vuonna 2008 atsimuuttisuunnat ovat ennalta tiedossa: [http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1\\_2008/](http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2008/)

<sup>2</sup> Vuoden 2008 uusilla koealoilla ei ole valmiina viisaripaaluja - ryhmä tekee. Rajoja ei myöskään ole vielä vesurilla avattu. Teikkejä, joissa on kuitunauhaa, tulee laittaa noin 10 m välein.

<sup>3</sup> Keskipisteeseen mennään bussolin ja mittanauhan avulla hyödyntäen ennalta tiedossa olevia tarkkoja koealan sivujen KKK-atsimuuttisuuntia ja bussolikorjausta.

MARV 1 2007 TreeMap 13.6.2007 (c) Ilkka Korpela  
 Plot number: 41 with 109 photo-trees. Mean height: 24.4 m  
 2004 Lidar-based VOL: 276.2 m<sup>3</sup>/ha and HGM: 23.3 m  
 Plot coordinates: (2516555,6858972) 70x70-m DTM-range: 181.9 m to 189.0 m

■ Pine  
 ▲ Spruce  
 ● Broadleaved  
 ◆ Dead trees



Kuva 2.0a. Jokaisen koealan ympäristöstä on mitattu ilmakuvilta ja laseraineistosta puukartta KKJ/N60 XYZ-järjestelmässä. Puut on numeroitu, jokaiselle puulle on arvioitu ilmakuvilta puulaji tarkkuudella 90-95% eli joka 10:s voi olla väärin sekä pituus, jonka tarkkuus on 0,5-1 m. Kartalta puuttuvat pienet puut, omissiipuut, jotka eivät näy ilmakuvilla. Taustakuvana on LiDAR-aineistosta metrin hilaan estimoitu korkeusmalli (N60), jonka Z-tarkkuus on 25 cm.

## 2. Puiden identifiointi (ja kartoitus): ilmakuvapuut

Kun koealan on rajattu teikein ja yleistiedot määritetty, aloitetaan ilmakuvapuiden laputus. Ilmakuvapuut paikannetaan kartan (Kuva 2.0a), numerolapuissa olevien tietojen (Kuva 2.0b) sekä bussolin avulla. Numerolappuihin on piirretty kartta naapuripuista ja bussolisunnat niihin. Ensimmäisenä tulee löytää varmuudella yksi ilmakuvapuu, jonka jälkeen edetään järjestelmällisesti. Paikannus tapahtuu ottamalla laputettavalta puulta suuntia jo laputettuihin puuihin eli tekemällä maastossa kolmioita<sup>4</sup>. Ilmakuvapuiden numerointi, 1-N, noudattaa atsimuutin [0°, 360°] mukaista järjestystä s.e. pohjoisin ilmakuvapuu on numero 1. Ilmakuvilta on mitattu puita koealaa laajemmalla alueella. Ilmakuvapuut on numeroitu ja ne laputetaan koealan sisältä ja 5 metrin puskurista rajojen

<sup>4</sup> 2008: Laput on tulostettu kaistoittain, jotka ovat 10 m leveitä ja koealan suuntaisia. Sarjanumero ilmentää järjestystä kaistalla. Ryhmien koealoilla on yhteistä rajaa - rajalle ei kuitenkaan saa jäädä "ei-kenenkään-puita". Ryhmän kannattaa jakautua pareiksi tässä työvaiheessa.

ulkopuolelta, jolloin puskurissa olevia puita voidaan käyttää pienten puiden paikannuksessa tukipisteinä. Numerolaput kiinnitetään kaikki samaan ilmansuuntaan, 1.3 m korkeudelle syntypisteestä (Kuva 2.1) yhdellä tai kahdella nastalla. Löyhä kaarna on hyvä pyyhkäistä pois, jotta lappu pysyy puussa harjoituksen ajan kestäen mahdollisen tuulen ja sateen.

sn:o 2 Plot: 40 Dist: 12.2 m Azim: 6.9 degr

2

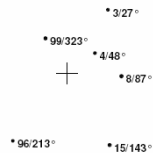


Foto-sp: Spruce

Foto-height: 20.0 m

Kuva 2.0b. Ilmakuvapuulle on tulostettu valmiit numerolaput. "Dist" on etäisyys laskennallisesta koealan keskipisteestä. "Azim" on suunta keskipisteestä puuhun, huomioiden 6 asteen poikkeama magneettisen ja KKJ-pohjoisen välillä (bussolikorjaus). Puun numeron alla on puukartta ±8 metrin ympäristöstä. Kyseinen puu on keskellä, merkittynä symbolilla "+". Kartalla esitetään naapureiden numerot ja 6 asteen bussolikorjauksella lasketut atsimuuttisuunnat.

Ilmakuvamittauksissa on virheitä. Kartalta varmasti puuttuu (lyhyet puut, tiheiköissä) puita (=omissiovirhe) tai siellä voi olla ylimääräisiä puita (=komissiovirhe). Lisäksi ilmakuvilta mitatut tunnuksat ovat epävarmoja. Ilmakuvilta on kartoitettu latvoja, latvapisteitä, siksi ilmakuvapuita identifioitaessa on luotava katse ylös. Jos ilmakuvapuu on selkeä komissiovirhe (valeurpuu), kyseisen ilmakuvapuun tiedot yliviivataan lomakkeelta ja fotopuu-luokaksi tulee "2". Valepuita on yleensä noin 1-2 % - mm. laajalatuksiset vanhat koivut ovat ongelmallisia. Puu ei ole valeurpuu, jos sen fotogrammetrinen puulaji on väärin. On myös hyvä muistaa, että ilmakuvilta on paikannettu latvapisteitä, jolloin vinon puun tyvi ei ole kartan osoittamassa paikassa. Vaino puu ei ole valeurpuu, jos latvapiste on oikeassa paikassaan. Ilmakuvapuiden latvapisteiden XY-tarkkuus on noin 0.2-0.6 m riippuen puulajista ja latvuksen muodosta ollen paras nuorilla kuusilla. Kohinaa on siis sallittava eikä pidä liian helposti tuomita puita valeurpuiksi.

Kolmioitaessa on hyvä muistaa, että 1 asteen poikkeama suunnassa vastaa 1.6 cm poikkeamaa jokaista etäisyysmetriä kohtia. Jos esimerkiksi suunta

poikkeaa 10 astetta lapulla ilmoitetusta suunnasta, ja puu johon tähdätään, on 2 metrin etäisyydellä, tarkoittaa tämä noin 30 cm "paikannusvirhettä". Tämä virhe voi olla puussa, jolta tähdätään ja/tai puussa, jolle suuntaa otetaan. Vain ottamalla useita suuntia ja kolmioimalla voi varmistua valepuusta.

Ilmakuvapuiden (kartoituksen tukipisteiden) identifiointissa tehty virhe näkyy seuraavan työvaiheen epäonnistumisena.

### 3. Kulmapaalujen, omissiopuiden ja tuoreiden kantojen laputus ja kartoitus

Kun ilmakuvapuut on laputettu koelalalta ja 5 m puskurista, aloitetaan seuraava työvaihe, jonka jälkeen kaikki suorakaidekoelalan puut ja kulmapaalut on numeroitu ja kartoitettu, ja mikäli koelalalla on tehty tuore hakkuu, myös kannot on numeroitu ja kartoitettu<sup>5</sup>.

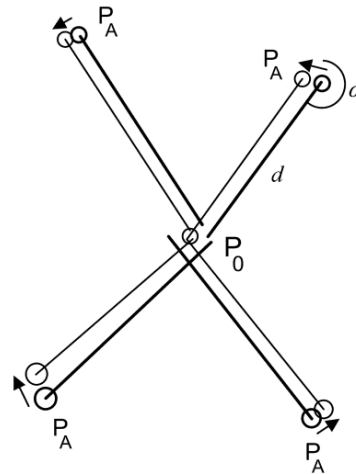
Koelalan sisällä olevat omissiopuut (pystypuut: elävät, kelot, pökkelöt) ja tuoreet kannot<sup>6</sup> laputetaan itse numeroiduilla lapuilla. Lämpimittaraja, jota suuremmat rungot luetaan, vaihtelee koelaloittain välillä 36 mm - 90 mm. Assistentti antaa raja-arvon. Ryhmä arvioi assistentin kanssa, tarvitaanko koelalalta tuoreiden kantojen paikannus ja mittaus hakkuupoistuman laskemiseksi. Mikäli kannot luetaan (laputetaan), määritetään kannoille minimilämpimittaraja. Omissiopuiden ja kantojen numerointi aloitetaan luvusta **701**, jolloin se ei mene päällekkäin ilmakuvapuiden kanssa. Laputus kannattaa tehdä samaan tapaan kuin ilmakuvapuiden yhteydessä: Kaistoissa, huolehtien tarkasti, ettei läpimittarajaa suurempia puita jää laputtamatta. Numeroinnissa (701-) ei saa olla duplikaatteja tai välistä jääneitä numeroita.

Kun kaikki koelalan sisällä olevat omissiopuut (ja kannot) on laputettu, aloitetaan omissiopuiden ja kulmapaalujen kartoitus kolmioimalla.

Paikantaminen voidaan nyt perustaa ilmakuvapuihin, joiden paikannustarkkuus on noin 0,25-0,3 m niissä tapauksissa, joissa ilmakuvapuu on suora, latvus terävähkö ja latvapiste yksikäsitteinen. Paikantaminen perustuu geodeettiseen perustehtävään: tuntemattomalta pisteeltä mitataan suuntia ja/tai etäisyyksiä tunnetuille pisteille (Kuva 2.0c) ja tuntemattoman pisteen paikka lasketaan tasoituslaskuna, pienimmän neliösumman menetelmällä.

<sup>5</sup> 2008: kantoja ja hakkuupoistumaa ei määritetä.

<sup>6</sup> 2008: kantoja ei lueta / kartoiteta.



2.0c. Kohteen ( $P_0$ ) paikannus ilmakuvapuiden ( $P_A$ ) avulla, kun havaitaan pisteiden välisiä atsimuutteja ( $\alpha$ ) ja/tai etäisyyksiä ( $d$ ). Tasoituslaskennan seurauksena tuntematon piste "hakeutuu" paikkaan, jossa havaintojen (ilmakuvapuiden  $P_A$  XY-koordinaatit, puiden väliset suunnat, puiden väliset etäisyydet) residuaalien poikkeamien neliösumma minimoituu. Myös ilmakuvapuulle sallitaan pieni "tasoittava" liike.

Tuntemattomalta, kartoitettavalta puulta otetaan aina **neljä suuntaa** ilmakuvapuihin suuntaviuhkassa, joka leviää aina vähintään 140-160 astetta. Ilmakuvapuiksi eli kiintopisteiksi ei pidä valita lehtipuita tai ainakaan vinoja puita. Samasta suunnasta, suppeasta sektorista tai kovin kaukaa ei kannata ottaa havaintoja, koska se johtaa huonoon havaintogeometriaan (suorien leikkauspisteen epämääräisyys). Jos ryhmällä on käytettävissään laseretäisyysmittari, voidaan sillä vaihtoehtoisesti tehdä neljä etäisyshavaintoa. Suunta- ja/tai etäisyyslukemat sekä ilmakuvapuiden (tukipisteiden) numerot, kirjataan lomakkeelle. On hyvä muistaa, että tasoituslasku, jolla pienten puiden paikat lasketaan, epäonnistuu, jos havainnoissa on karkeita huolimattomuusvirheitä, jolloin ryhmä joutuu palaamaan laskennan jälkeen korjaamaan havaintonsa.

Lopuksi paikannetaan kaikki neljä koelalan kulmapaaluja ottamalla neljä suuntaa / etäisyyttä. Paalujen numeroiksi annetaan **696-699**. Yksi mittaja ottaa suuntia bussolla, toinen kirjaa ja kolmas osoittaa hyviä kiintopisteitä ja ilmoittaa niiden numeron<sup>7</sup>.

### 4. Kartan valmistus

Kartoitettujen kohteiden paikat ja paikkojen tarkkuus-estimaatit lasketaan erillisellä sovelluksella, joka tekee tasoituslaskennan (Kuva 2.0c, 2.0d). Ohjelma tarvitsee syötteeksi kiintopisteiden paikat ASCII-tiedostosta

<sup>7</sup> 2008: Neljän hengen ryhmälle on 2 bussolia => työparit.

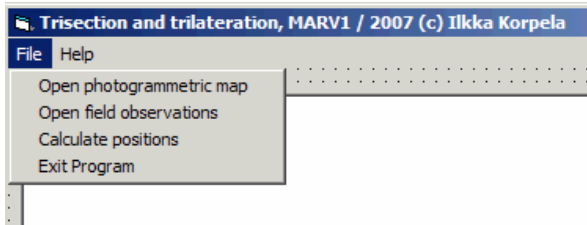
c:\data\marv1\_trees.txt<sup>8</sup>. Lisäksi tarvitaan tasoituslaskennan painot (etäisyys- ja suuntahavaintojen oletettu tarkkuus) ja bussolikorjaus, jolla bussolilla havaitut atsimuutit muutetaan KKJ-atsimuuteiksi. Ne esitetään ASCII-tiedostossa c:\data\SimulationInputParameters2.txt. Havainnot esitetään ASCII-tiedostossa, jossa kukin kartoitettava kohde on omalla rivillään ja siitä esitetään seuraavat tiedot:

- koelan n:o
- puun n:o
- puulaji
- kiintopisteiden lukumäärä (4), voi olla 1-5
- [kiintopisteen n:o, etäisyys, atsimuutti] × 5

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
11	31	588	2	4	143	-99	20	118	-99	288	111	-99	165	131	-99	146	-99	-99
12	31	589	2	4	112	-99	178	116	-99	211	122	-99	292	143	-99	31	-99	-99
13	31	590	1	4	143	-99	359	5	-99	28	111	-99	179	129	-99	307	-99	-99
14	31	591	2	4	111	-99	188	148	-99	2	9	-99	123	118	-99	289	-99	-99
15	31	496	-99	4	118	-99	0	121	-99	69	113	-99	144	107	-99	195	-99	-99
16	31	497	-99	4	22	-99	175	11	-99	245	13	-99	341	19	-99	67	-99	-99
17	31	498	-99	4	50	-99	63	60	-99	222	51	-99	316	44	-99	335	-99	-99
18	31	499	-99	4	81	-99	142	94	-99	339	81	-99	12	75	-99	81	-99	-99

Esimerkki syötetiedostosta koelalalta 31, dataa on sarakkeissa A-S. Paikannus neljällä suuntimalla per puu.

Tiedoston tietueet ovat vakiomittaisia, ja niissä "varaudutaan" viiteen kiintopisteeseen. Puuttuvat tiedot tulee esittää luvulla "-99". Esim. jos kiintopisteitä on neljä, loppuu kukin tietue aina viidennen kiintopisteen "-99 -99 -99" tietoihin. Tiedoston tekee kätevästi esim. Excel-ohjelmalla. Tallennusmuoto on "Text, Tab delimited" => "C:\data\suuntimat\_###.txt".<sup>9</sup>



Kuva 2.0d. Tasoituslaskentaohjelman käyttöliittymä ja laskennan kolme vaihetta: 1) lue kiintopisteet, 2) lue suunta- ja etäisyyshavainnot sekä 3) laske tulokset.

Ohjelma tekee ASCII-tulostiedoston (c:\data\results.txt), jonka ensimmäiset 12 ensimmäistä muuttujaa kullekin paikannukselle ovat:

- Case Järjestysnumero
- NumofIte Kuinka monella iteraatiolla ratkesi
- Plot-id Koelalan n:o
- Tree-id Paikannetun puun n:o
- Sp Paikannetun puun puulaji

<sup>8</sup> 2008: Tiedosto ja sen muuttujakuvaus löytyy myös harjoituksen www-sivulta.

<sup>9</sup> 2008: Tiedostot nimetään suuntimat\_###.txt, results\_###.txt ja ##\_maastolomake.xls, jossa ## on koelatuunnus, esim. 1A.

- X\_ini Iteraation lähtöliikarvo (X)
- Y\_ini Iteraation lähtöliikarvo (Y)
- X\_adj Ratkaisu (X)
- Y\_adj Ratkaisu (Y)
- SigmaNull Painokertoimen keskivirhe p.o. ~ 1
- SigmaX Saadun X-koordinaatin keskivirhe
- SigmaY Saadun Y-koordinaatin keskivirhe

Mikäli havainnoissa on karkeitä virheitä, voi ratkaisu jäädä syntymättä, jolloin "iteraatio divergoi".

Case	NumofIte	PlotId	TreeId	Sp	X_ini	Y_ini	X_adj	Y_adj	SigmaNull	SigmaX	SigmaY
88	2	31	588	2	2515010	6860755	2515010.51	6860754.73	0.15	0.03	0.05
89	4	31	589	2	2515010	6860756	2515010.71	6860757.31	4.96	1.15	1.49
90	2	31	590	1	2515015	6860756	2515014.67	6860756.33	1.33	0.26	0.49
91	2	31	591	2	2515016	6860752	2515016.21	6860751.92	1.44	0.31	0.43
92	3	31	496	-99	2514994	6860757	2514993.72	6860757.36	1.67	0.30	0.43
93	2	31	497	-99	2515034	6860761	2515033.52	6860760.56	0.85	0.17	0.18
94	3	31	498	-99	2515038	6860721	2515037.87	6860720.91	2.01	0.50	0.45
95	3	31	499	-99	2514998	6860717	2514997.66	6860716.72	2.35	0.43	0.68

Esimerkki tulostiedostosta koelalalta 31. Omissiipuut 588-591 ja 496-499. Puun 589 virhe-estimaatit ovat liian suuret:  $\sigma_x = 1.15$  ja  $\sigma_y = 1.49$  m.

Ohjelma ratkaisee tasoituslaskennan, jossa alla esitettävien havaintoyhtälöiden 1-4 oikean puolen arvojen (residuaalit, yhtälöissä nollina) neliösummaa minimoidaan.  $(X_0, Y_0)$  on tuntemattoman puun sijainti,  $(X_A, Y_A)$  ovat ilmakuvapuiden paikkoja,  $\alpha_{(obs)}$  on havaittu atsimuutti ja  $d_{(obs)}$  on havaittu etäisyys.

$$\sqrt{(X_0 - X_A)^2 + (Y_0 - Y_A)^2} - d_{(obs)} = 0 \quad (1)$$

$$\arctan\left(\frac{(Y_0 - Y_A)}{(X_0 - X_A)}\right) - \alpha_{(obs)} = 0 \quad (2)$$

$$X_A - X_{A(obs)} = 0 \quad (3)$$

$$Y_A - Y_{A(obs)} = 0 \quad (4)$$

Yhtälöt 3 ja 4 kuvaavat sitä, että ilmakuvapuiden paikatkin ovat tasoituslaskennassa tuntemattomia ja saavat liikkua ("kaikki joustaa", kuva 2.0c). Koska yhtälöiden suureet ovat erilaisia, metrejä ja radiaaneja, painotetaan havaintoja oletetulla mittaustarkkuudella.

Tulostuksista saatavat SigmaX ( $\sigma_x$ ) ja SigmaY rajaavat suorakaiteen, jonka sisään saadun ratkaisun 67 %:n todennäköisyyden virhe-ellipsi jää. Kyseisten arvojen tulee olla alle 0.75 m. Tapaukset, jossa ratkaisun epätarkkuus on suurempi kuin 0.75 m tulee tarkistaa; Ensin tarkistetaan tietojen syötössä tulleet virheet ja mikäli virhettä ei löydy, palataan metsään tarkistamaan havainnot.

Kun koordinaatit on saatu edellytetyllä <0.75 m tarkkuudella, voidaan valmistaa työkartta puidenlukua varten. Se valmistetaan yhdistämällä ilmakuvapuiden tiedot

(c:\data\marv1\_trees.txt) ja saatu tulostiedosto (c:\data\results\_##.txt). Kartan teossa tarvitaan XY-koordinaatit, puun n:o ja puulajitieto. Kartta valmistetaan esim. Excelin Insert | Chart | Bubble -toiminnolla (erilliset ohjeet). Kartalla esitetään puiden numerot. Valepuut pitää poistaa kartalta. Kulmapaalut kannattaa sisällyttää karttaan ja piirtää käsin, tulosteelle, niiden väliset suorat merkitsemään koealan rajoja.

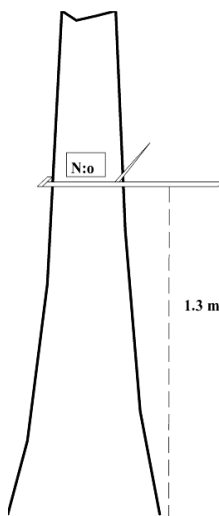
## 5. Puiden ja kantojen luku

Kartan avulla puut löytyvät ja samalla kartoitus tulee tarkistettua. Puita luettaessa määritetään/kirjataan:

- numero
- puujakso
- puulaji
- puuluokka
- rinnankorkeus- tai kantoläpimitta, [mm]

Puiden luku tehdään kaikille koealaan kuuluville laputetuille puille - ei puskurivyöhykkeen puille. Huom. ilmakuvauiden numerointi ei ole juokseva välillä 1-N, vaan siinä on aukkoja. Toisaalta omissiopuiden numerointi on välillä 701-M, ilman aukkoja. Puukartta ja huolellinen työskentely ovat tarpeen, jotta puidenluku tulee varmasti tehdyksi kaikille puille.

Jokaisesta puusta mitataan rinnankorkeusläpimitta 1 mm:n tarkkuudella. Mikäli koealalla on tehty hakkuu edellisen mittauskerran jälkeen tai <5 v, luetaan myös kannot. Mitattu rinnankorkeus- tai kantoläpimitta merkitään puidenlukulomakkeelle. Samalla määritetään puujakso, puulaji ja puuluokka ja tehdään huomioita puusta, mikäli latvus on selvästi poikkeava (*l. piiskaantunut, l. supistunut, l. epäsymmetrinen* tms.)



Kuva 2.1. Rinnankorkeusläpimitan mittaaminen.

Selvästi kaksijaksoisessa metsikössä erotetaan kaksi jaksoa: ylempi jakso (1) ja alempi jakso (2). Alemmassa jaksossa esiintyvät yleensä varjoa sietävät kuusi ja hieskoivu.

Puulajiluokitus:

- 1 = mänty
- 2 = näre (metsänmittaaja välttää sanaa "kuusi")
- 3 = raudus(koivu)
- 4 = hies(koivu)
- 5 = haapa
- 6 = harmaaleppä
- 7 = tervaleppä
- 8 = tuomi
- 9 = lehtikuusi
- 13 = raita
- 16 = pihlaja
- 20 = muu lehtipuu
- 21 = muu havupuu

Puuluokitus:

- 11 = Elossa, normaali latvus
- 12 = Elossa, latvus merkittävästi epäsymmetrinen  
Esim. poikki, toispuoleinen tai piiskaantunut
- 13 = Elossa, erittäin harva, pian kuoleva puu
- 14 = Elossa, merkittävästi vino runko (> 1 m)  
Merkitse bussolisuinta ja vaakaetäisyys  
rungosta latvapisteeseen Huom-sarakkeeseen.
- 21 = Kuollut puu, pystyssä eli kelo
- 22 = Kuollut, pystyssä, runko katkennut eli pökölö
- 23 = Kuollut, maassa. Jos ilmakuva puu on kaatunut  
kuvasajankohdan ja maastotyön välillä, muuten  
kaatuneista puista ei olla kiinnostuneita.<sup>10</sup>
- 31 = Kanto (sahattu)

Jos puuluokka on 12-14, kirjataan syy aina huomautuksiin. Esim. "Vino suuntaan 140 astetta 3 m", "Runko katkennut 4 m kork.", "Harsu", "Puu n:o # piiskannut latvan" jne.

Harjoituksen terminologiasta - synonyymejä:

identifiointi ≈ laputus, kartoitus ≈ paikantaminen  
kolmioimalla, kiintopisteet ≈ ilmakuvauiden paikat,  
valepuu ≈ komissiopuu, omissiopuu ≈ ilmakuvakartalta  
puuttuva koealan sisällä oleva läpimittarajan ylittävä  
puu, vaihtuva-alainen ≈ muuttuva-alainen.

Bussolikorjaus = Bussolin näyttämän atsimuuttisuunnan (magneettikentässä) ja KKJ-2 kaistan välinen paikka-, bussoli- ja mittaajakohtainen ero, noin 4-9 astetta.

<sup>10</sup> 2008: Ilmakuvat on otettu kesäkuussa 2007.

KUVA 2.2 POIS (VUODEN 2006 PRUJUSSA OLI,  
liittyy napakoordinaatistokartoitukseen).

**Tilavuus- ja kasvukoepuiden poiminta**  
**(Pruju jatkuu normaalisti tästä eteenpäin)**