

## MARV1, 2010 1. MA

### Metsikkökoeala

Harjoitus pihapiirissä  
Ilkka Korpela

### Tavoitteista

Metsikkökoealaharjoituksen ensisijainen tavoite on oppia käyttämään erilaisia koealoja, puumittauksia, koepuotantaa ja puumalleja puustotunnusten määrittämiseen – kohteena metsikkö.

Puuanalyysiharjoitus edeltää yleensä metsikkökoealaharjoitusta, koska siten on haluttu osoittaa, kuinka puumallit (esim. tilavuusyhtälöt, runkökayvät, biomassayhtälöt, puutason kasvumallit) laaditaan kaatokoepuista tehdyin runkoanalyysimittauksin.

Maastoharjoituksen tavoitteet ovat:

- tutustua mitattaviin puu- ja kasvupaikkatunnuksiin sekä niihin käytettävissä olevien mittavälineihin
- tutustua ja valmistautua edessä olevaan harjoitukseen ja sen eri vaiheisiin

### Välineet

Mukaan otetaan henkilö- ja ryhmäkohtaiset välineet erikseen jaettavan listan mukaan. Osa välineistä on kohteilla.

### Toteutus

5 kohdetta, 40 + 5 min (siirtyminen) per kohde.

### 1) Kohde - Pihapiiri / Instituutin alue

**Aiheet:** Puustotunnusten (määrä ja arvo) määrittämisen vaiheet erilaisia koealoja, mittauksia ja malleja käytettäessä eli vaihtoehdot. MARV1-toteutus: Toimet metsikkökoealalla, yleistunnusten määrittäminen, koealan rajaaminen bussolin avulla ja KKJ/Kartta-atsimuutin suuntaan liikkuminen bussolin avulla (bussolikorjaus). LiDAR karttoihin tutustuminen; korkeus- ja intensiteetikartat.

**Bussoli** = tarkkuuskompassi, mittaa suuntaa maan magneettikentässä (anomaliat: mukana kulkevat, rakennettu ympäristö, kallioperä). Hyytiälän bussoleissa asteasteikko 0°–360° ja positiivinen kiertosuunta on myötäpäivään.

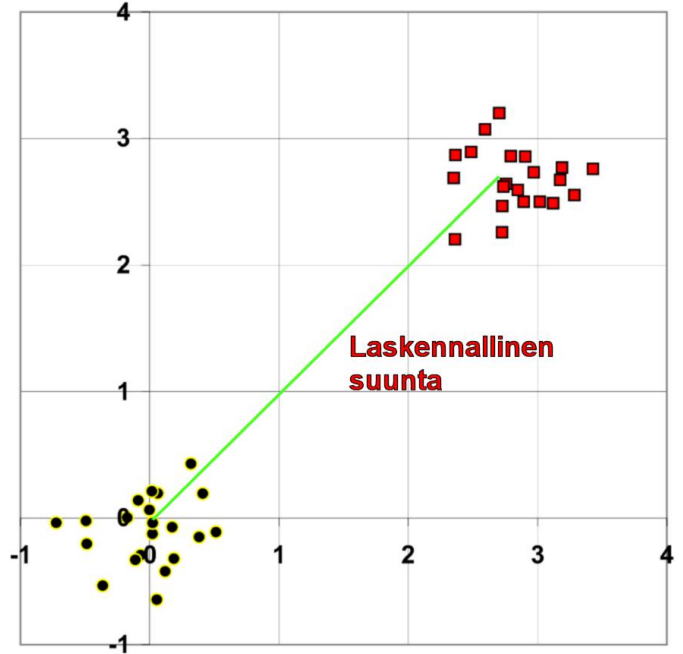
**KKJ** on Gauss-Kruger karttakoordinaatisto, jossa Y-akseli suunnattu 24 pituuspiirin suuntaiseksi. Puut, ilmakuvat ja laser on määritetty tässä XY järjestelmässä.

Bussolin pohjoisen (0°/360°) ja KKJ:n Y-akselin välinen suuntaero on paikan funktio, ja on Hyytiälässä noin 6°, vaihdellen mittaajittain ja bussoleiden välillä. Jokainen mittaaja ja bussoli on siksi kalibroitava ennen tutkimusmittauksiin ryhtymistä.

Kulku bussolin ohjaamana:

$$1^\circ = 0.0175 \text{ radiaania}$$

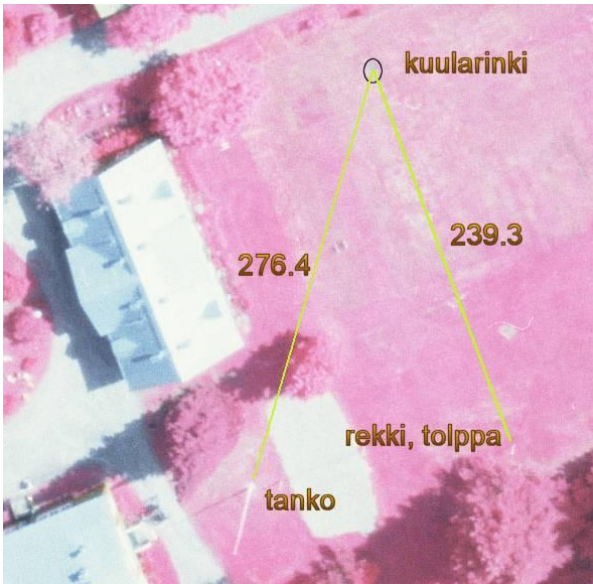
- 1° sivuun 10 metrillä = 0.17 m siirtymä.
- 1° sivuun 50 metrillä = 0.85 m "
- 10° sivuun 2 metrillä = 0.35 m



**Kuva 1.** Jos ilmakuvapuiden paikannustarkkuus (X, Y) on noin 30 cm ja puiden välinen keskiektäisyys on 4 m, aiheutuu puiden sijaintien epävarmuudesta 6° hajontaa puiden välisen laskennallisen suunnan yli. Tätä hajontaa ei pidä hämmästellä ilmakuvapuita laputettaessa.



**Kuva 2.** Kalibroitaisuoria I: Viemärikansi – lipputanko 304.2°, Viemäri – tallin räystä 327.6°, Ruokalan seinä 327.5°.



**Kuva 3.** Kalibrintisuoria II: Kuularinki – lipputanko 276.4°, Kuularinki – rekkitolppa 239.3°.

### LiDAR- ja ilmakuva-aineistot

Koealojen ilmakuvapuut on mitattu yhdistäen kesien 2006, 2007 ja 2008 laserkeilaukset ja kesän 2009 ilmakuvaus. Mm. helmikuun 2010 lumituhot eivät siis näy tässä datassa, eikä vv. 2008–2010 puiden pituuskasvu.

Laserkeilaukset on tehty ns. kaikulaserilla, joka tuottaa (0-) 1–4 kaikua (return, echo) jokaista lähetettyä pulssia kohden. Keilaimet ovat kaikki toimineet  $\lambda = 1064$  nm eli lähi-infra-alueella. Laserpisteiden XYZ tarkkuus on noin 25 cm tai parempi, sillä aineistot on lennetty 1 (ja 2) km korkeudelta.

Intensiteettikartoilla esitetään laitteiston rekisteröimä paluupulssin amplitudi (intensiteetti), digitaalisena numerona. Latvukseen osuneista kauista kerättyjen intensiteettiarvojen jakaumapiirteet selittävät puulajia. Tarkastelkaa intensiteettikarttoja ja tehkää havaintoja puulajeittain ja maanpinnan peitteen suhteen. (piha = koeala 8).

- assistentilla LiDAR-karttoja
- ryhmällä kaikki bussolit

## 2) Muistokuusikko S-pää

**Aiheet:** Ilmakuvapuiden identifiointi ja omissiopuiden kartoitus kolmioimalla

Ilmakuvapuukartan paikka-, pituus-, puulaji-, d13-tarkkuudet.

Paikat = latvojen XY-projektio pisteet, 25 cm pikselikoon kovalta mitattu, vinot rungot ongelmallisia. ≠ rungon sijainti.

Pituus = korkein laserosuma, 2006-2008 LiDAR, 0.5 m täsmällisyys, ~0.5 m harha (aliarvioita).

Puulaji = visuaalinen ilmakuvatulkinta. Tarkkuus 90–95%, ei 100%!

$d_{1.3} = f(\text{puulaji, pituus, latvuksen leveys})$ , ~12% tarkkuus, keskiarvoistunut, mahdollisia aliarvioita

### Komissiovirhe eli valepuu.

Ilmakuvalta mitattaessa on tehty selkeä virhe, väitetyn pituista puuta ei ole väitetyssä paikassa. Yleensä syy selviää ylös katsomalla (esim. monilatvaiset koivut, isot oksat). Puu voi olla myös hakattu tai kaatunut, jolloin puuluokka merkitään sen mukaan (hakattu/kaatunut tms.).

### Ilmakuvapuiden laputus kolmioimalla

**1° = 0.0175 radiaania**

- 1° sivuun 10 metrillä = 0.17 m siirtymä.
- 1° sivuun 50 metrillä = 0.85 m "
- 10° sivuun 2 metrillä = 0.35 m

Koska puiden paikannustarkkuus on luokkaa 30 cm, voi numerolapuun merkitty bussolisuuanta naapuriin poiketa useita asteita, varsinkin jos puiden välinen etäisyys on lyhyt. Kolmiointi on sitä, että lappu kiinnitetään uuteen puuhun, kun vähintään kaksi suuntaa naapureihin ilmentää oikeaa laputusta (identifiointia).

### Omissiopuiden eli kartalta puuttuvien puiden paikantaminen kolmioimalla

- Millaisia ovat hyvät kiintopisteet?
- 4 suuntaa antaa neljä puolisuoraa, joiden PNS-leikkauksessa tuntematon kohde sijaitsee
- Karkeita virheitä: Väärin laputettu / kirjattu kiintopisteen numero tai karkea virhe bussolisuuannassa.
- Lomakkeelle kirjataan ja tietokoneelle **syötetään aina niitä suuntia, joita saadaan bussolin asteikolta** (tasoituskasvatustaohjelma RESECTION laskee bussolikorjauksen)

Lopuksi suunnitaan pari laputettua puuta ja kirjataan tulokset, atk-laskentoja varten (Kohde 5).

Assistentilla numerolaput, puukartat koealalta n:o 7, nastoja, 1.3-m keppejä, lomakkeita.

Muistokuusikon eteläpään alue.

### 3) Muistokuusikko N-pää

**Aiheet:** Puidenluku, koealatyyppit , paikannuksen vaihtoehdot pysyvillä koealoilla

MARV1-metsikkökoelajarjoituksessa puidenluku aloitetaan, kun kaikki minimiläpimittarajaa suuremmat puut on laputettu (identifioitu) ja paikannettu.

MARV1-metsikkökoela on pysyvä koela. Mittauksia voidaan jatkossa kohdentaa samoihin puihin / koelan pintalaan. Tilapäisillä koealoilla puita tai koelan sijaintia ei kartoiteta.

Perinteisiä lukupuutunnuksia ovat (arvioitaessa puuston määrää ja arvoa)

- (numero)
- puulaji
- runkolaji
- jakso
- rinnankorkeus- tai kantoläpimitta (pituus)

Kantojen luku tehdään arvioitaessa jälkikäteen hakkuupoistuma. Tällöin tarvitaan kantoläpimittoja myös pysty- puista tai rinnankorkeusläpimitat johdetaan runkokäyrillä ja pituudet yleisiltä pituuskäyriltä (jos ollut avohakkuu).

Runkolaji (~puuluokka, ~puun tila) ilmentää rungon käyttöä ja puutavaralajipotentiaalia. Siinä voi olla myös luokkia, joilla ilmenetään rungon vikoja, tai puun poikkeavuutta suhteessa muihin puihin, jolloin näille erikoispuille tulee mitata omat koepuutunnukset (ja mallit) tilavuuden ja puutavaralajirakenteen johtamiseksi.

Rinnankorkeusläpimitta ( $d_{1.3}$ ) on ensisijainen puun kokoa mittaava lukupuutunnus, mutta erikoistapauksissa, lähinnä pienpuustoissa, voi olla tarkoituksenmukaisempaa käyttää pituutta. Puuston määrää ja arvoa arvioitaessa asetetaan yleensä jokin alaraja kokotunnukselle, joka rajaa mielenkiinnon kohteena olevan puujoukon.

Puidenluvun tavoitteena on puulajikohtaisten runkolukusarjojen mittaaminen ('d13-histogrammit'), joille koepuiden mittauksen jälkeen laaditaan mallit (tilavuus-, kasvu-, jne.) ja johdetaan koepuutunnukset. Puulajin lisäksi (koepuujoukon) ositusperusteena voi olla puujakso, millä yleensä tarkoitetaan selkeästi eri-ikäisiä ositteita (ylempi / alempi jakso).

Koelan koko / muoto / puiden valintaperusteet

Suuri koela näytteistää metsikön puustoa paremmin – pieni koela johtaa suureen koealojen väliseen hajontaan.

Ympyrä minimoi rajan pituuden, mutta hankala mitata.

Yhdet rajat ja kaikilla puilla sama todennäköisyys päästä lukupuuksi = kiinteäalainen koela

Eri puille eri todennäköisyys tulla lukupuuksi = muuttuvaa- alaiset koealat. Puujoukko, jolle koela on isompi, saa suuremman painon. Yleensä esim. eri läpimittaluokan puille eri koela, ja tiettyä rajaa pienemmille annetaan nolla-paino (ei koelaa lainkaan). Relaskooppi painottaa todennäköisyyttä tulla lukupuuksi puun pohjapinta-alan suhteen siltä korkeudelta, jolle tähdätään. Relaskooppikerroin määrää absoluuttiset painot.

Vaihtoehtoja kartoittaa puusto koealalla

**1. Ruudutus** (esim. 10 × 10 m) kulmaprismalla ja mittanauhalla. Paikannus yhden ruudun sisällä napakoordinaatistossa.

- vaatii näkyvyyden ruutujen linjoilla ja tarkan kulmien (90°) sekä vaakaetäisyyden mittauksen, jotta ruudutus onnistuu. Vaatii paljon tarkistus (risti-) mittauksia.
- ei redundanssia, vain yksi etäisyys ja suunta per puu. Ei tietoa tarkkuudesta.
- yksinkertainen, onnistuu työparilta ja pienillä koealoilla lienee ylivoimainen menetelmä. (ei tarvita ilmakuvia tms.)

**2. Takymetrikartoitus.** Takymetri mittaa vaaka- ja pystykulman (=teodoliitti) sekä vinomatkan laserilla (etäisyysmittari).

- vaatii näkyvyyden raivausta, jotta takymetrillä voidaan ensivaiheessa perustaa tukipisteiden verkko koelan alueelle, jota käytetään takymetriä uudelleen asemointaessa.
- saadaan suoraan 3D koordinaatteja
- kallis laite ja vaihkeahko käyttöä (metsässä)
- peitteisyys hidastaa työtä

**3. Ultraäänipaikannus.** Koelalle asennetaan ultraääni-transpondereita (vrt. Vertex pituusmittalaitteen etäisyysmittaus), joiden tarkat paikat mitataan. Paikannus perustuu ultraäänellä tehtyihin etäisyysmittauksiin ja avaruuskolmiontiin samaan tapaan kuin satelliittipaikannuksessa.

- 2D tai 3D koordinaatteja ja tarkkuusarvio
- kaupalliset sovellukset sopivat vain pienille koealoille (lähettämiä vain 3 kpl pienellä kehällä = geometria heikko).
- tarkkuus rajallinen (äänen kulkeutuminen)

**Puulaji:** Mä, Ku (korostetaan näre-sanana käyttöä, "kuusi-kuusi-kuusikymmentäkuusi", vs. "näre, kutonen, läpimitta kuusikuusi") Koivut (tuntomerkit lehdet, versot, isojen puiden tyvi), Harmaaleppä, Raita, Haapa, Pihlaja.

Puidenluvussa ja aina kirjurin kanssa toistot, koska tehdään tarkkaa työtä.

Referenssi kaukokartoitustulkinnalle.

Eri puulajit => puutavaralajit puuston määrän ja arvon laskennassa. Ositusperuste koepuuvallinnassa.

**Puun tila** = latvuksen tila, tällä kertaa, tutkimuksen takia, huomio voisi olla rungossa (tukkirunko, kuitu, jne.) puidenluvun yhteydessä poimitaan erikseen poikkeavat puut (puutavaralajisaanto), jos tavoitteena arvonnääritys (esim. leimikon ennakkomittaus).

Latvuksen tilaa arvioitaessa ajatellaan latvuksen muodon mallittajaa (ilmakuvalta/laserilta), suuret epäsymmetrisyydet, puun vinoudet kirjataan. Vinous: suunta tyveltä latvan projektiopisteeseen ja etäisyys sinne, kirjataan huomautuksiin, jos rungon vinous on huomattavaa.

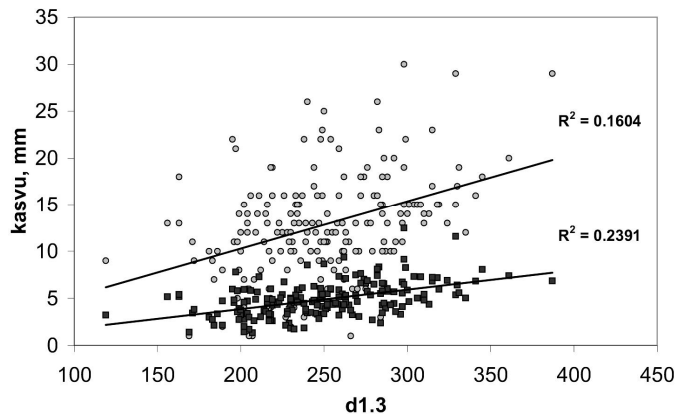
### Läpimitan mittaus

Tallmeter vs. Ristiinmittaus.

Elektroniset mittasakset.

Moto-mittauksessa kulma-anturit.

$i_d$  erotusmenetelmällä (mittauspaikan/suunnan tarkkuus):



**Kuva 4.** Lapinkankaan 90-vuotiaan CT-männikön 5-vuoden (2004-2008) kairatut sädekasvut ja peräkkäisistä läpimittamittauksista johdetut  $i_d$ -kasvut (2002-2009).

Mittauskorkeus, syntypistestä, koska nykyiset mallit oletavat tämän origon. Huom! Nyssösen laatimat muotokorkeusmallit (=relaskooppitaulukot) lähtevät vielä juurenniskasta!

Mittaussuunta sopimuksen mukaan!

Mikä on Pöckelö?

Kelo?

Yli 1.3-metriset pöckelöt luetaan.

Minimiläpimitta(koko)raja, vaihtelee koaloittain!

**Relaskoopin käyttö:** Rajaetäisyyden kaava  $(50 \cdot d) / \sqrt{q}$   
Rajapuiden tarkastaminen / satunnaistaminen.

### Vaihtoehtoisia menetelmiä puidenlukuun

Tutkimuksen alla maastolaserkeilaus, range-kamerat ja autom. kuvatulkinta, jopa metsänomistaja-avusteinen!

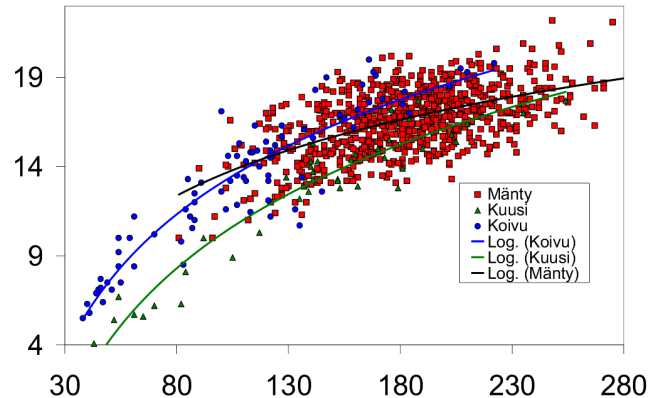
## 4) Pilvilinnan / Tapiolan ympäristö

**Aiheet:** Koepuuotanta, koepuutietojen yleistäminen runkolukusarjalle puumalleilla, koepuumittaukset, mittaus ja mallivirheet.

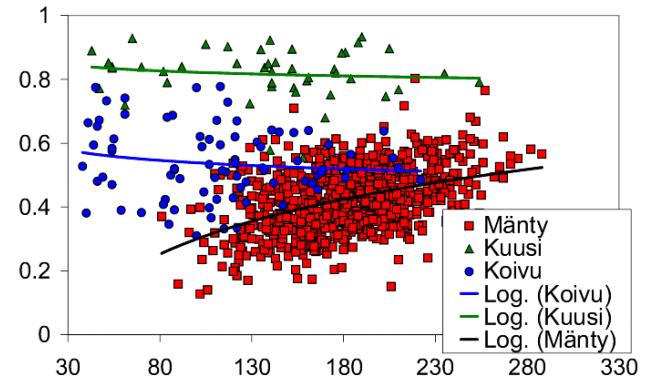
Puutunnusten välillä on riippuvuuksia (esim.)

- $d_{1.3} \times h$ , (kuva 5a)
- $d_{1.3} \times d_6$ ,
- $d_{1.3} \times i_d$  (Kuva 4., kuva 5c)
- $d_{1.3} \times d_{(kanto)}$

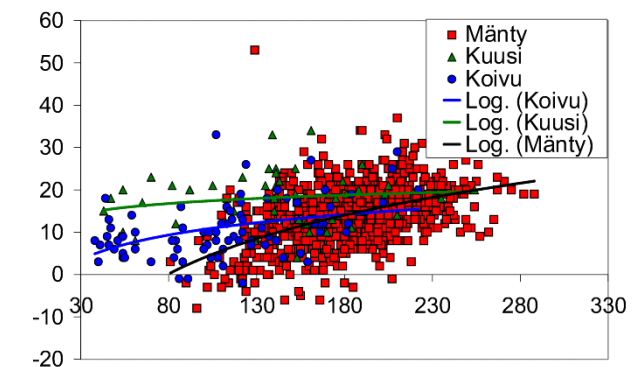
Usein riippuvuudet pätevät puulajeittain ja jaksottain yhdessä metsikössä (Kuvat 5a-5c).



**Kuva 5a.** Pituus-läpimitta jakauma puulajeittain 50-vuotiaassa VT-MT -männikössä, jossa on myös kuusta ja koivua sekapuuna.



**Kuva 5b.** latvussuhde-läpimitta jakauma puulajeittain 50-vuotiaassa VT-MT -männikössä.



**Kuva 5c.** Läpimitan kasvu 2002-2009 (mm) erotusmenetelmällä samaisessa männikössä. (Kairaus on tarkempi!)

Koepuut = otos näistä yhteisjakaumista, joilla jakauman muoto arvioidaan ja yleistetään muille puille. Tapa tehostaa mittauksia.

Koepuuotos = tapa valita tietty määrä puita koepuiksi, joihin kohditetaan koepuumittaukset. Voidaan painottaa jotakin puiden osajoukkoa ja vaikuttaa tulosten tarkkuuteen otoskoon avulla. Kun tavoitteena on arvonmääritys, annetaan isoille puille suurempi paino. Edustavuus myös merkityksellinen (malleilla ekstrapolointi vs. interpolointi). Koepuutanta vaikuttaa tuloksiin.

Lisäksi voidaan hyödyntää aiempia muualla tehtyjä koepuumittauksia, joista on johdettu yleisiä puumalleja kuten esim. runkokäyrät tai kasvusadannesyhtälöt. Nämä koepuut ja riippuvuudet on mitattu vuosikymmeniäkin aiemmin. Näiden vanhojen mallien edustavuus ja luotettavuus on hyvä tarvittaessa tarkastaa (Puuanalyysiharjoitus).

- Oksabiomassa =  $f(pl, d1.3, h)$
- $v/\text{runkomuoto} = f(pl, d1.3, d6, h)$
- $V_{\text{puutavaralaji}} = f(pl, d1.3, d6, h) + \text{säännöt}$
- $P_{th} = f(\text{selittäjät})$

### Mallivirheet

Jos mitataan  $(pl, d1.3, d6, h) \Rightarrow$  saadaan tilavuus 6% tarkkuudella, jos mittaukset täysin oikeita ja puut keskimääräisiä, Laasasenahon (1983) käyttämien puiden suhteen.

Yleensä (runkomuoto, -tilavuus) malliestimaateissa on metsiköiden välisiä eroja ja harhaa, johtuen metsikön käsittelyhistoriasta, siksi metsikön puuston kokonaistilavuudessa on vaikeaa päästä alle 4% kokonaistarkkuuteen, vaikka mittaisi kaikki puut, koska systemaattiset mallivirheet voivat olla tätä luokkaa. (Motomittauksessa mitataan paljon läpimittoja ja interpoloidaan rungon muoto, jolloin alle 4% on mahdollinen)

### Mittausvirheet

$d6$  mittausvirhe "vipuaa" runkokäyriä (herkkä), mittaus on tehtävä huolellisesti tai se on hyödytön (haitallinen) kuvaamassa puiden (keskimääräistä) runkomuotoa.

$h$ -mittausvirheellä on samanlainen vaikutus, mutta ei yhtä herkkä.

### Käytännön vinkkejä:

Kuinka valitaan suunta johon lähdetään (aurinko, latvusaukot)  $h$ :ta mittaamaan

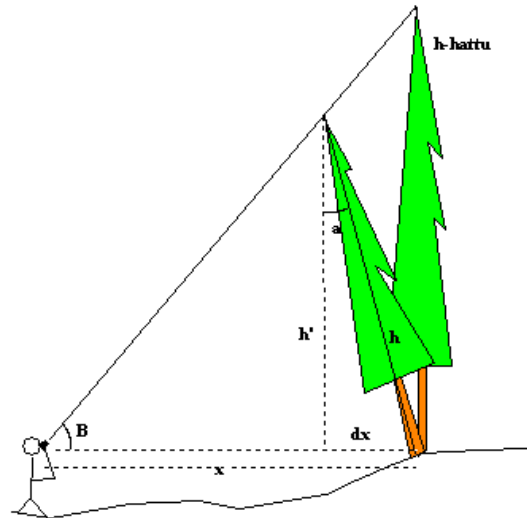
$h$ :n mittaus kun käytetään mittanauhaa:

Mittaus perustuu vaakaetäisyyteen, jota ei saa mitata vinoon edes lattaa käytettäessä (silmän korkeus)

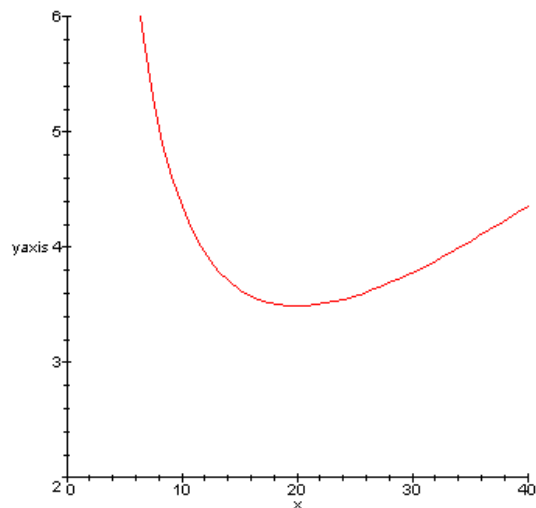
Oletetaan puun olevan pystyssä (kts. kuva)

Mittausetäisyyttä voi vaihtaa, latvan mitata kauempaa kuin latvuksen alarajan (muista kahden elävän oksan sääntö). Tällöin esim. 10 m päästä mitatessa 20 m asteikolta saatu tulos puolitetaan, 7.5 m päästä 15 m asteikolta samoin, 30 m päästä 15 m asteikolta saatu tulos, kerrotaan kahdella, jne. (vrt. 40-45 asteen sääntö)

Alatähtäys aina numerolappuun, joka on 1.3 m korkeudella, koska se näkyy paremmin kuin syntypiste!



Kuva 5. Vino puu aiheuttaa virhettä.



Kuva 6. Pituusmittauksen virhe (hypso vapisee) minimoituu, kun latvaa katsellaan noin 40 asteen kulmassa ja tyvi on hieman silmän alapuolella. Y-akselilla virheen itseisarvo ja X-akselilla etäisyys 20 m pitkään puuhun välillä 0-40 m.

$d6$ : pysyvillä tuotoskoelaoilla kiivetään ja mitataan mittasaksilla.

i<sub>n</sub>: On vaikea mitata hypsolla. Kiikarit. Lehtipuilla vain erotusmenetelmä (kaksi ajankohtaa).

id ja ikä: kaira, kuinka käytetään ja tyhjennetään (kuivaa oksaa vasten, ei ikinä kieltä käyttäen)!

Ikälisäykset: puulaji / kasvupaikka. Biologinen ikä, Talousikä ja rinnankorkeusikä (malleihin liittyviä käsitteitä). Haavan ikä? (juuri- tai kantovesa)

Lehtipuiden kairaus, ei tehdä. VMI:ssä käytetään kemikaaleja, joilla lustot näkyvöitetään.

## 5) ATK-luokka

**Aiheet:** Havaintotiedoston syöttäminen RESECTION (trilaterointi/kolmiointi tasoituslaskenta) ohjelmalle ja ohjelman käyttö sekä tulostukseen tutustuminen.

Laskennat sisällä, syötetään havainnot kohteelta n:o 2 (=koeala 7) ascii-tiedostoon. Ohje hikihelmen sivulla 20 ja netissä: [http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1\\_2010/](http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2010/) "Resection-ohjelman **ohjeet**, ([pdf](#))"

1. puretaan zip-tiedosto c:\data\ hakemistoon netistä.
2. Luodaan oma havaintotiedosto ja tehdään resection.exe ohjelmalla laskennat.

Vertaa kohteelle saamaasi XY sijaintia, koealan 7 ilmakuvamittaukseen, tiedostossa c:\data\marv1\_2010\_-trees.txt

Kokeile miten karkeat virheet muuttavat ratkaisua ja tarkkuusestimaattoreita.