

# MARV1 2011 - Metsikkökoealajarjoitus

Ilkka Korpela, H89

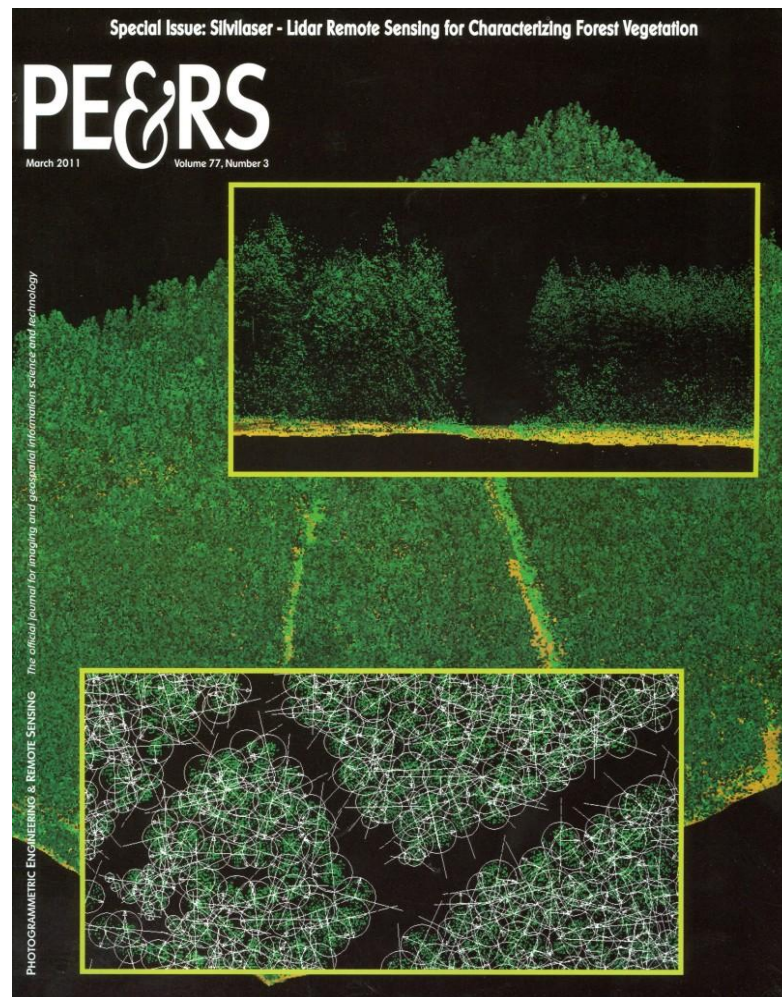
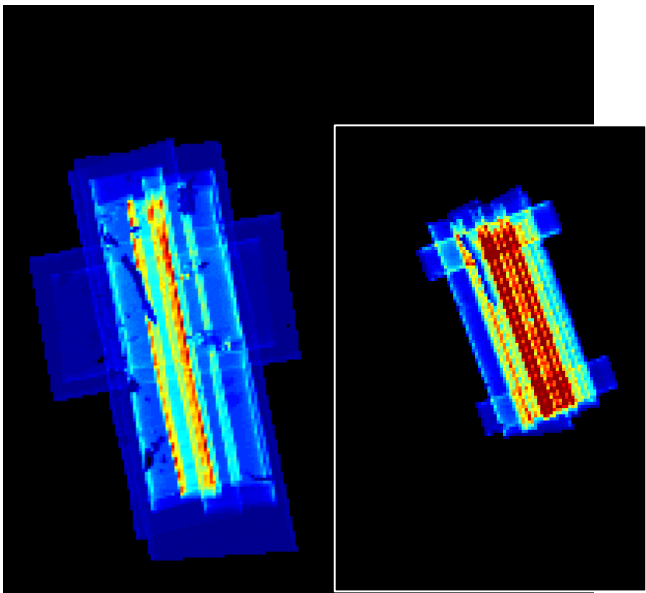


*”Yliopistojen tehtävänä on edistää vapaata tutkimusta sekä tieteellistä ja taiteellista sivistystä, antaa tutkimukseen perustuvaa ylintä opetusta sekä kasvattaa opiskelijoita palvelemaan isänmaata ja ihmiskuntaa...” (Yliopistolaki)*



# Hyytiälän kaukokartoitustutkimus ja -koekenttä

Opetuksen, tutkimuksen, laitevalmistajien, operaattorien ja yritysten yhteystyötä, 1997–





1997– Surffausta Digitaalisen fotogrammetrian, laserkeilauksen, teoreettisen kaukokartoituksen ja huiman laskentatehon kehityksen aallolla. Yhteistyönä.



# Hyytiälän kaukokartoitustutkimus ja -koekenttä



**SINGLE-TREE FOREST INVENTORY USING LIDAR AND AERIAL IMAGES FOR 3D  
TREETOP POSITIONING, SPECIES RECOGNITION, HEIGHT AND  
CROWN WIDTH ESTIMATION**

I. Korpela, B. Dahlin, H. Schäfer, E. Bruun, F. Haapaniemi, J. Honkasalo, S. Ilvesniemi, V. Kuutti,  
M. Linkosalmi, J. Mustonen, M. Salo, O. Suomi, H. Virtanen

Department of Forest Resource Management, POB 27, 00014 University of Helsinki, Finland –  
ilkka.korpela@helsinki.fi

Commission III

**KEY WORDS:** Allometry, Modeling, Mapping, Sampling, Photo-plot, Calibration, Multi-Scale, Matching, Template

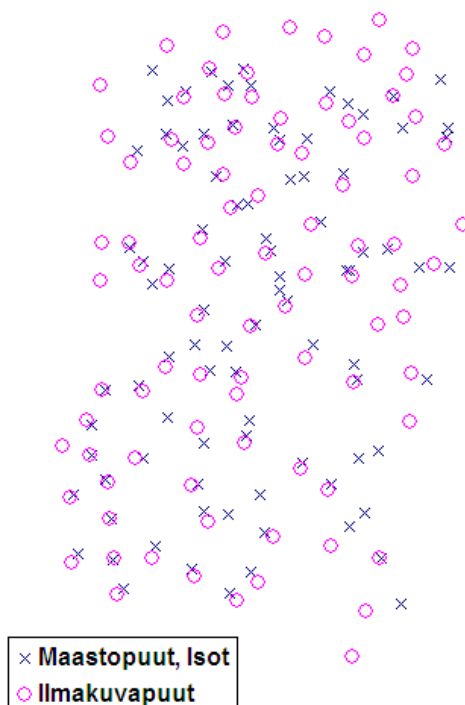
Kytkey marv-opetukseen 2007–  
(M. Holopainen).

- 4 väitöskirjaa (UEF),  
1 valmistumassa (UH)
- 6+ kpl graduja (UH, ETH)
- 2 kpl TEKES-proj. (UH)
- 2 kpl Kv. sensoritestejä
- SMEAR, Metsäasema
- Laseria vdsta 2004.  
Ilmakuvat 1946-2010.  
Satelliittikuvia 1980-  
Maastohavaintoja 1995-  
SMEAR infra 1995-
- Data tai Metadata kaikki verkossa!

## Kytkentä MARV1-kurssille?

- Puuanalyysi → biomassamallit, runkokäyrä, runkomuoto(t)
- Koelaharjoitus → eri tyyppin näytteet puustosta (koealat), **pysyvät** ja tilapäiset, koepuuotanta ja –mallit.

**Pysyvät:** Koealan rajojen tai puuston tarkka kartoitus



**Kokeilu 2006;** opiskelijat kartoittivat puut ruutumenetelmällä + napakoordinaatistoon



# Hyytiälän kaukokartoitustutkimus ja -koekenttä

Silva Fennica 41(3), 2007

research articles

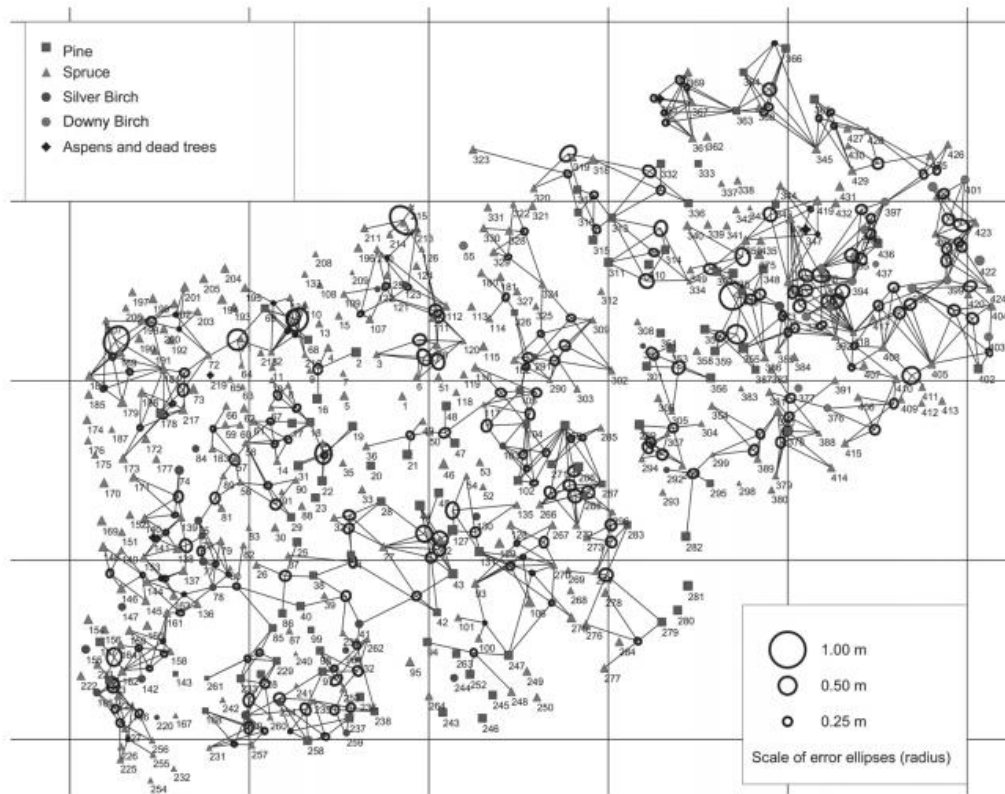


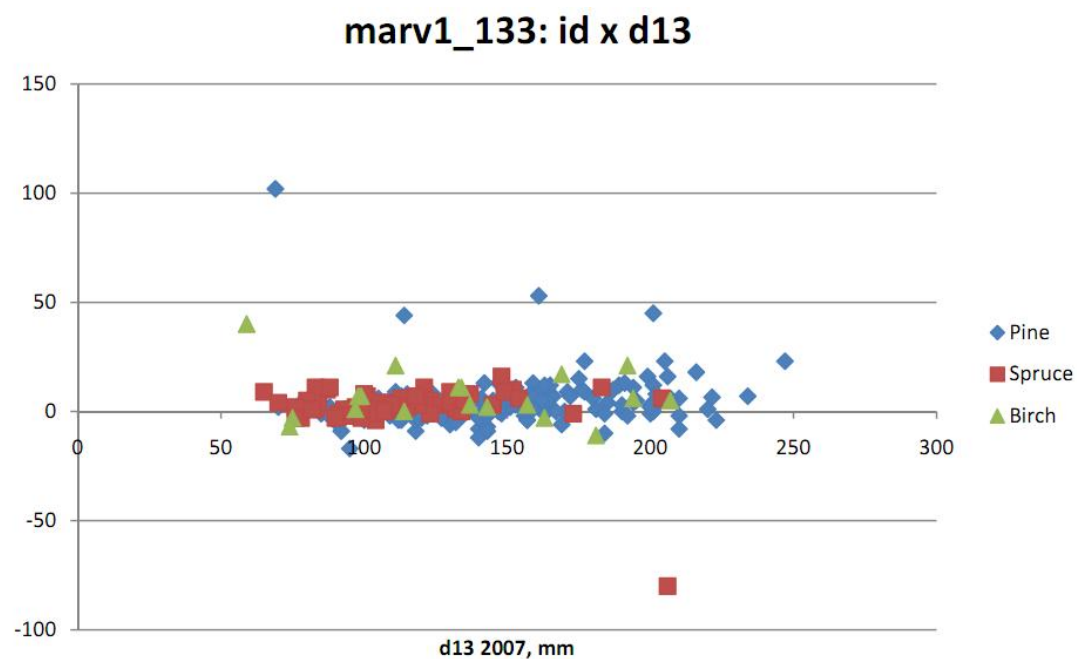
Fig. 4. Tree map of Pätsäinmäki. There are 433 photogrammetric points  $P_A$  and 218 field-mapped points  $P_0$ , which are marked by the 67% confidence (error) ellipse. The grid is 20 m by 20 m. The line segments that connect the ellipse centres and the photogrammetrically observed trees  $P_A$  denote the field observations of azimuth and distance. As stated in Section 3.1, it would be possible to further improve the positioning accuracy of some of the stems  $P_A$  and points  $P_0$  by a full network adjustment, in which all observations would be used simultaneously in (5).

## Vuonna 2007:

- Voisiko forstien mittauksia kuitenkin hyödyntää, marv4 / marv1 kursseilla ?
- Uusi paikannusmenetelmä: latvat ilmakuvalta, muut puut kolmioimalla. Redundantit havainnot, tarkkuusarvio paikannustuloksen oheen.
- Entä muut havainnot (Sp, d13, h, d6 etc.)?

# Hyytiälän kaukokartoitustutkimus ja -koekenttä

Osaako fuksiforsti mitata, kirjata ja tallentaa?



Esim. 2007 mitattu tiheä männyn koeala # 133 mitattiin uudelleen 2010.

d13 virheitä (karkeita) löytyi 2.5%, mikä vielä 'menee'...



## Hyytiälän kaukokartoitustutkimus ja -koekenttä

Vuonna 2011 jää MARV1 kurssina historiaan....  
ja metsikkökoealoilla tehdään 5. kerran historiaa?

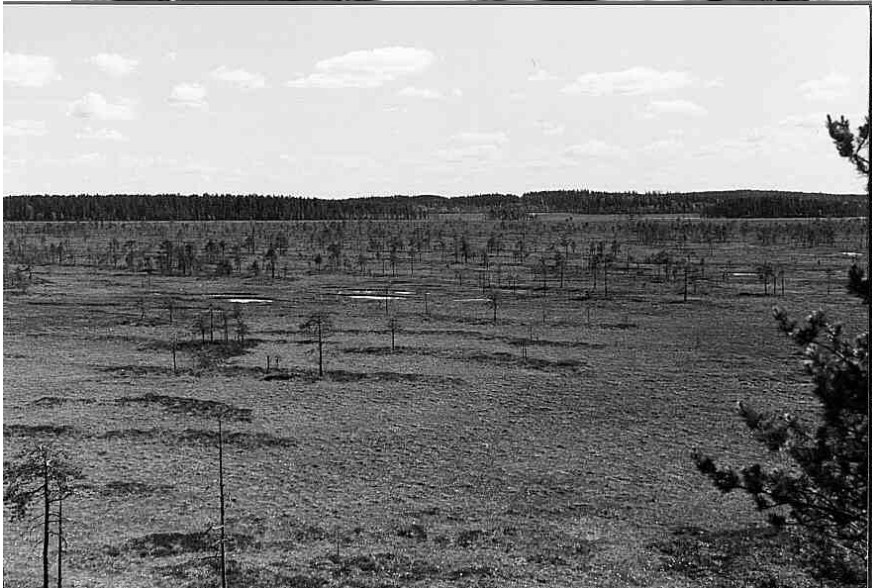






**MARV1 vaatii hintansa....**





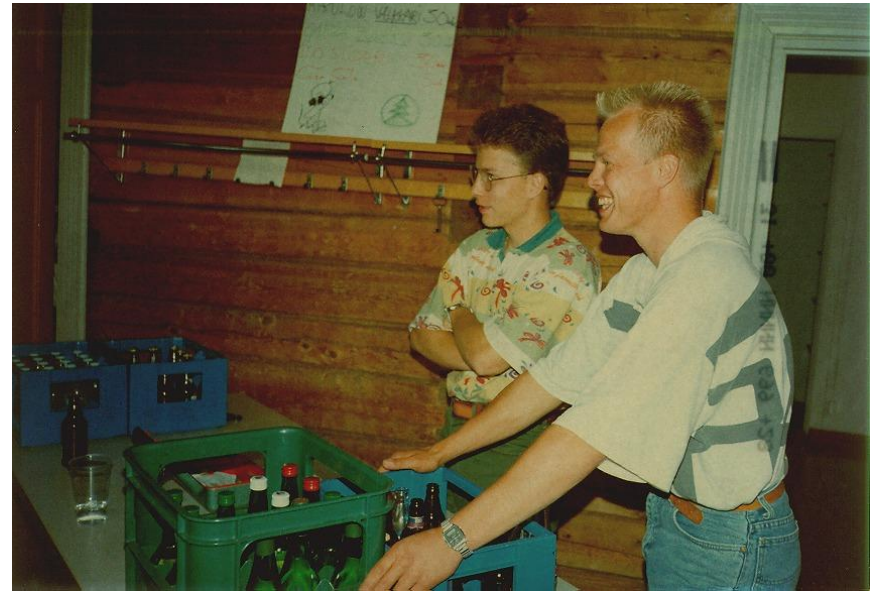
**MARV1 vaatii hintansa....**





Forsteja 1993, 1994 ja 1998 kesken marvin kurssin.





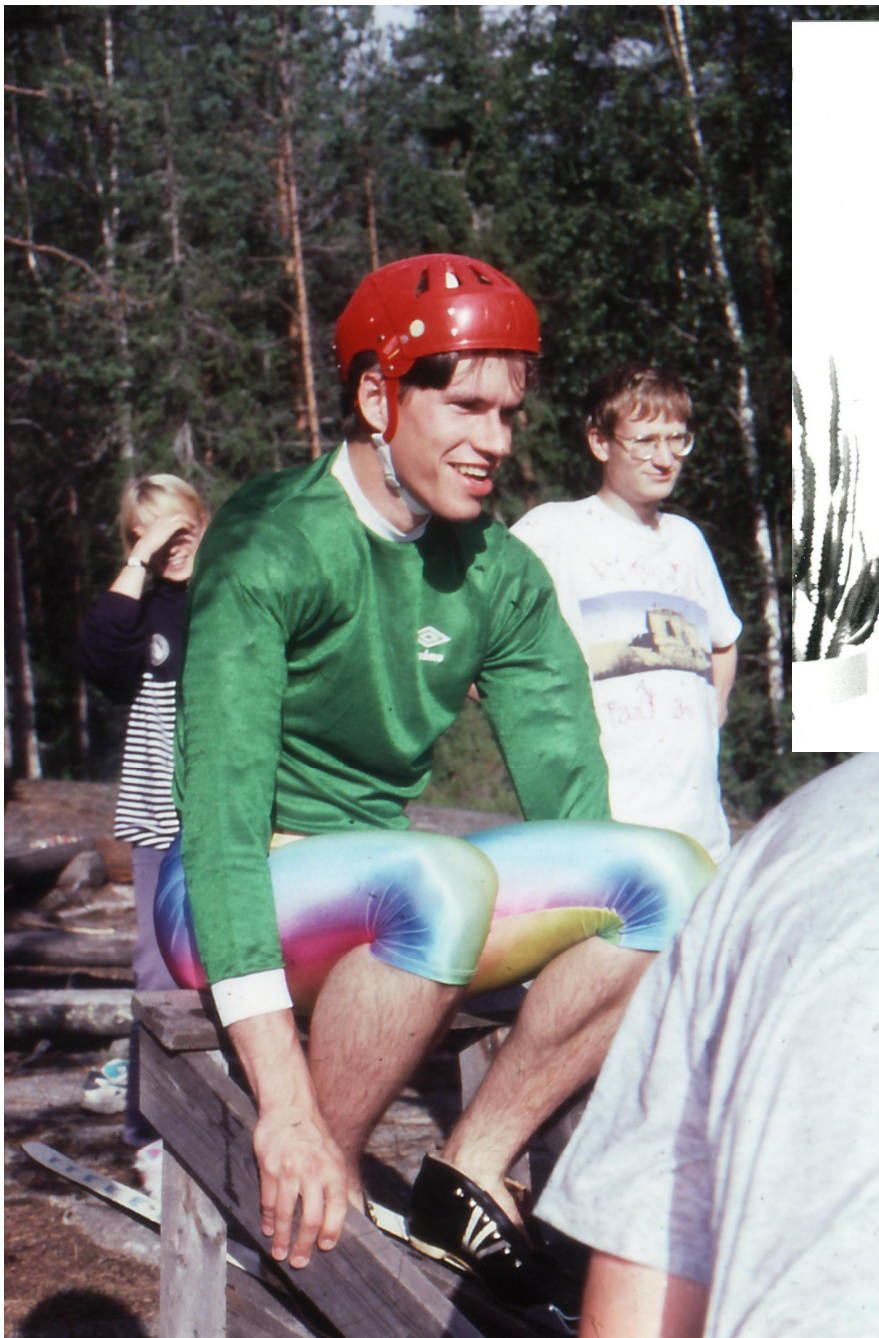
“Jos marvi on mukavaa” ...





**Timo Hokka ja Saija Huuskonen**





“marvikin on mukavaa”  
tiesivät tohtorit Laiho &  
Vasander jo 1995

Jussi Rasinmäki, 1997





**Marvi on mukavaa jo Hesassa:  
Marv1-tenttiinlukua stereona Metsätalolla 1999**



Asiaan.....



# **Metsikkökoealajarjoituksen tavoitteet tärkeysjärjestyksessä**

**Opitaan mittaamaan puujoukko tai metsikkö erilaisten koealojen avulla käyttäen otantaa, mittauksia ja malleja.  
Opitaan keskeiset käsitteet ja termit.**

**Harjoituksen jälkeen kukin osaa määrittää keskeiset metsätalouden puusto- ja kasvupaikkatunnukset metsikölle (puuston määrä ja arvo painopisteenä).**

**Opitaan mittavälineiden käyttö sekä silmävaraista puuston arviointia.**

**Opitaan maanmittausta ja tutustutaan optisen lentokonekaukokartoituksen mahdollisuuksiin.**

**Opitaan huolellista työskentelyä maastossa ja toimistolla. Sivutuotteena tutkimusaineisto, +15.000 €.**

# (Metsikkö)-koealat (mittaukset) vastaavat kysymksiimme

Mittakaava: Puu – Metsikkö – Kuvio – Metsäalue

Aika: Tila – Muutos – Ennusteet

## Puuanalyysi ⇒ Puumallit

- Runkokäyrä, Apteeraus/Pölkyttäjä, Mallit  $v$ ,  $i_d$ ,  $i_h$ , biomassaositteet (Allometria)

## Metsikkötason (metsätaloudelliset) kysymykset:

- Taimikon tila ja tilan muutos?

Kasvupaikka, tiheys, tilajärjestys, pituusjakauma, puulajivalikoima ⇒ hoitotarve

- Varttuneemman puuston tila ja muutos?

Kasvupaikka, kokojakauma, tilajärjestys, määrä, arvo ⇒

Toimenpidetarve/mahdollisuudet, Hakkuutulot, Uudistamisketju,..

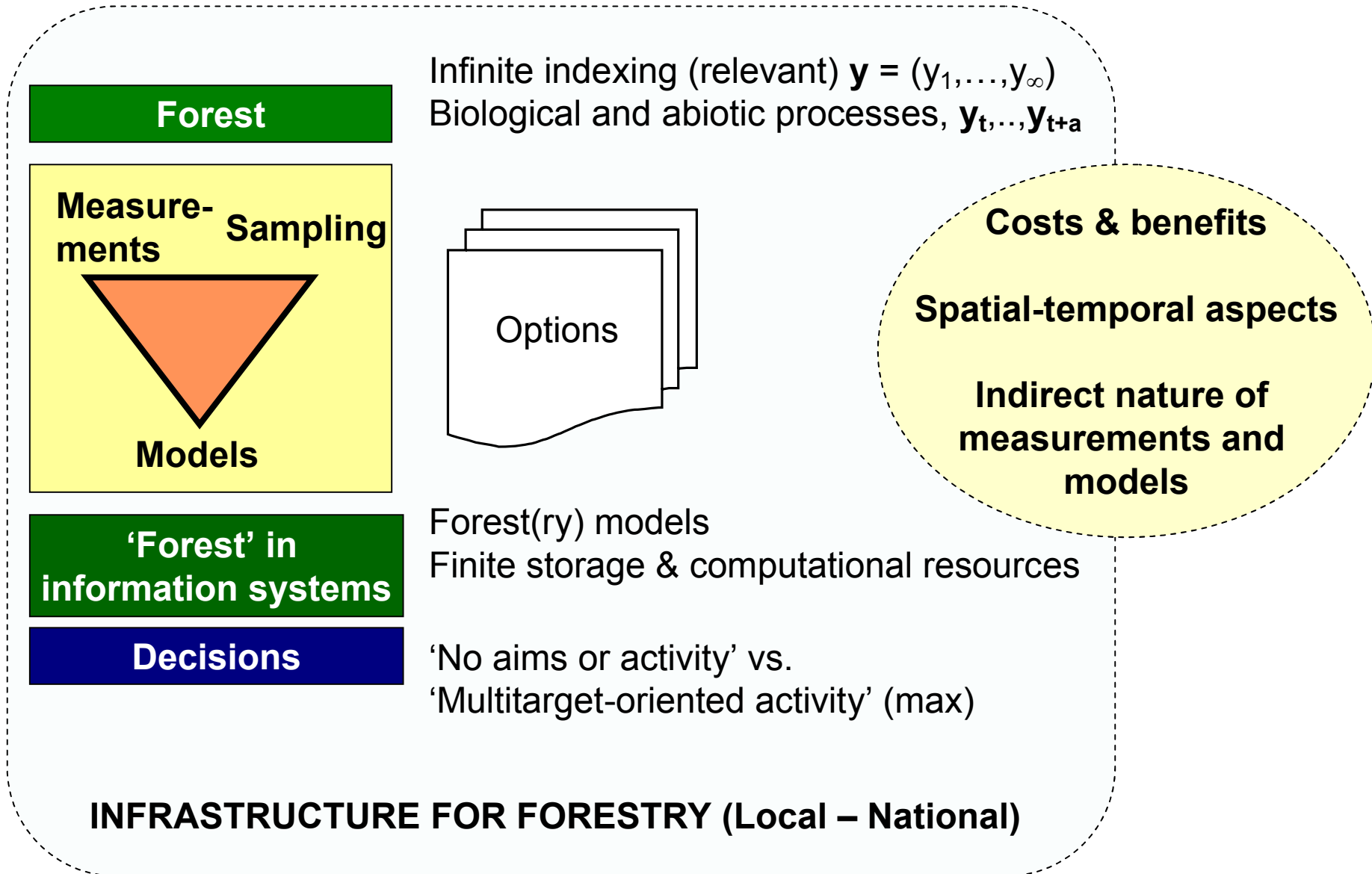
- Mallinnus: kasvumallit, luonnonpoistumamallit, kokojakaumamallit, tilavuusmallit (relaskooppitaulukot tms.), harvennusmallit,..

- Muut kuin puhtaasti metsätaloudelliset kysymykset:

Kuolleen puun laatu ja määrä, LAI, Flora ja Fauna,..



# Forest inventory and monitoring in a nutshell



## Metsikön puuston määrä ja arvo?

### PUUANALYYSIN POHJALTA – TÄYSMITTAUS

Mitataan kaikista puista: Puulaji,  $d_{13}$ ,  $d_6$  ja  $h$ . Sovelletaan runkokäyriä, jotka antavat apteeraavat jokaisen puun ja antavat tukki-, kuitu-, ja hukkaosan tilavuuden. Näille yksikköhinnat €/m<sup>3</sup>, tai hinta pölkyttäin.

### OTANTA MUKAAN – OSUUS ALASTA

Arvotaan alueelle ympyräkoealoja, jotka kattavat osuuden  $P$  metsikön kokonaispinta-alasta. Puista mitataan puulaji,  $d_{13}$ ,  $d_6$  ja  $h$ . Runkokäyrillä apteeraus ja yksikköhinnat. Kerrotaan jokainen puu suhteella  $1/P$  ja summataan tilavuudet ja arvot.

### LISÄÄ OTANTAA JA MALLEJA - KOEPUITA

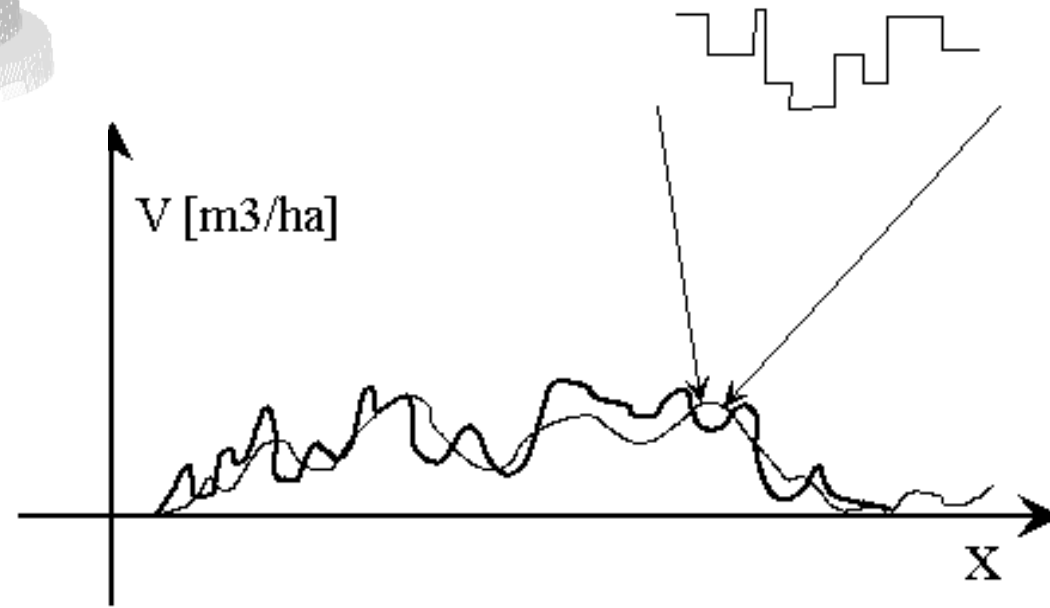
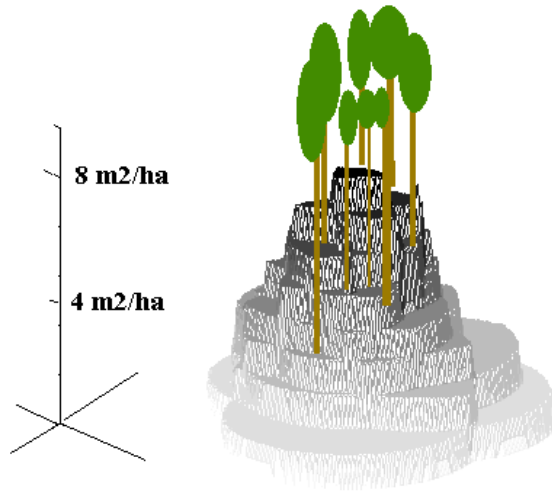
Mitataan edelleen osuus  $P$  opinta-alasta ympyräkoealoilla. Ei kuitenkaan mitata kuin otoksesta koepuita  $d_6$  ja  $h$ . Ennustetaan puulajeittain ja puujaksoittain  $h = f(d_{13})$ ,  $d_6 = f(d_{13})$ . Käytetään ennusteita mittausten sijaan, muuten laskenta kuten edellä.

### KEVYT MITTAUS, ARVIOITA ja LUJA USKO MALLEIHIN

Mitataan relaskoopilla  $G$  puulajeittain joistakin pisteistä. Otetaan  $G$ :n keskiarvo. Arvioidaan  $H$  puulajeittain. Relaskoopitaulukosta  $V = f(FGH)$ . Tukkiosuus malleilla  $D$ :n funktiona. Kokonaisarvo € tukkien keskihinnalla.



# Koealoista....



# PUUSTON MÄÄRÄ JA ARVO KAUKOKARTOITUKSELLA

- + Otantavirhe minimoituu
- + Kustannukset
- Malleja ja epäsuoraa mittausta
- Havaintoja vain ylhäältä, kaikkea ei havaita

## \* YKSINPUIN TULKINTA

Yritetään paikantaa ja mitata jokainen puu

## \* ALUEPOHJAINEN TULKINTA

Tulkitaan kuva-ikkunaa, koealan tai kuvion LiDAR-pisteitä tms.

Maastomittaukset ja kaukokartoitusmenetelmät täydentävät toisiaan. Maastodataa opetukseen.



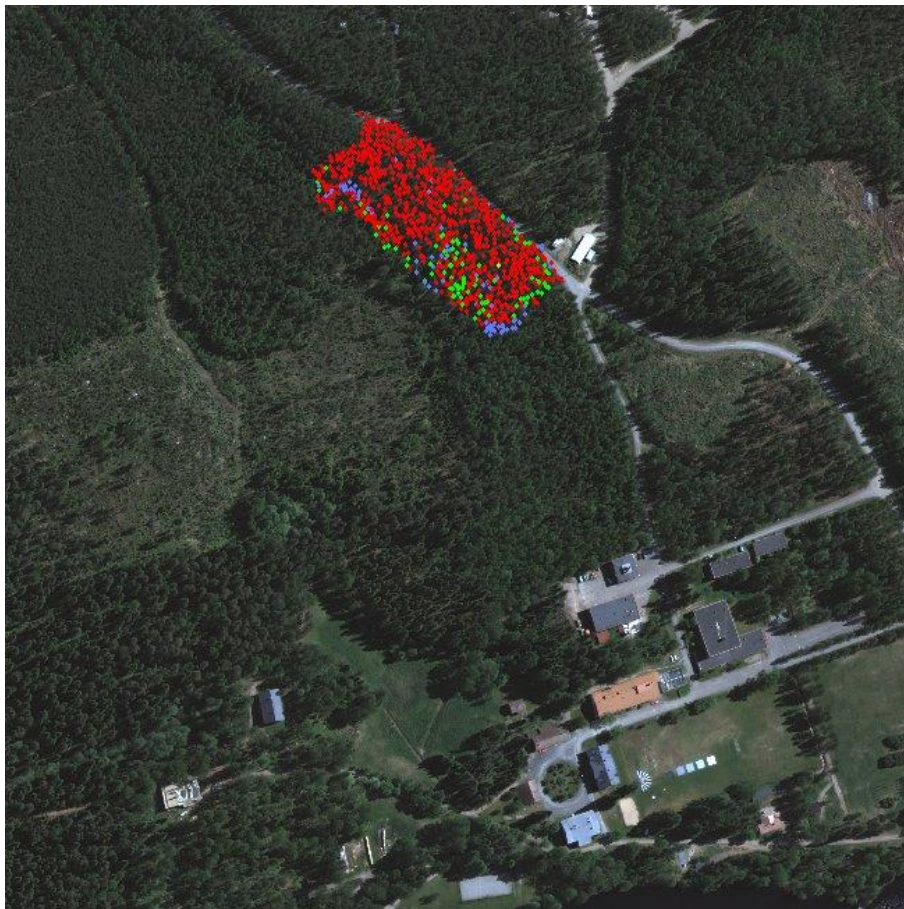
3-5 € per tarkasti mitattu puu, 10-12 €/ha metsäsuunnittelumittaukset



# ...KAUKOKARTOITUKSELLA – MARV1 Metsikkökoealat

½-automaattinen menetelmä yksinpuinmittauksiin:

[http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1\\_2011/](http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2011/)

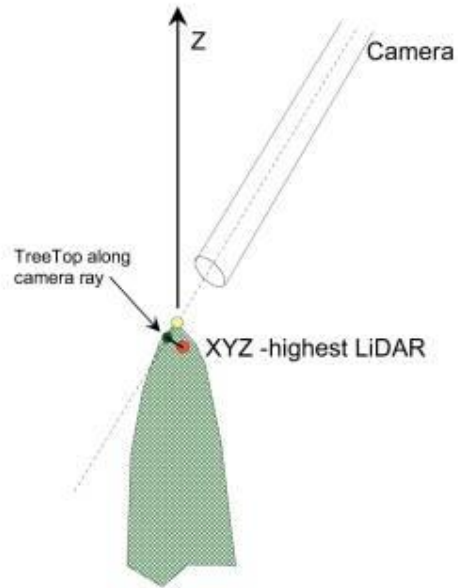


Puukartta:

- XYZ latva
- Z tyvi
- Puulaji
- h
- $d_{13}$
- $d_{\text{crm}}$

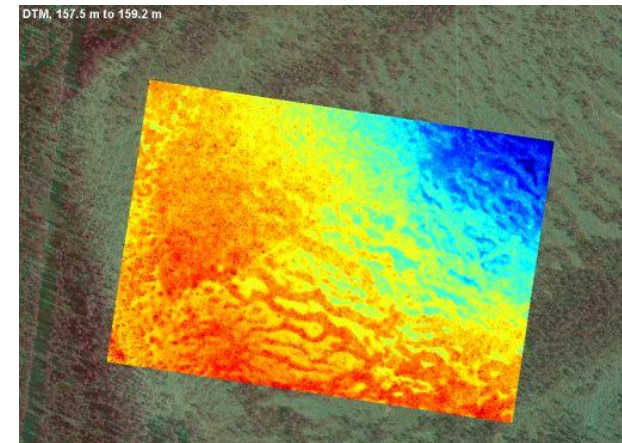
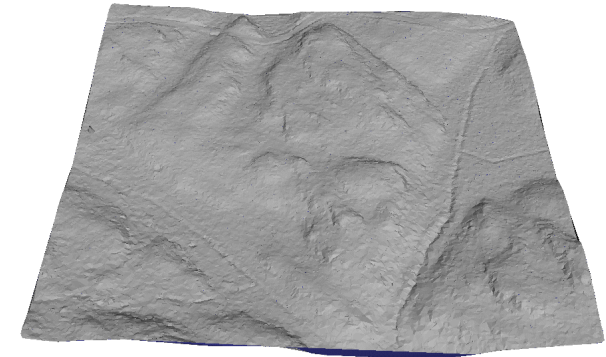
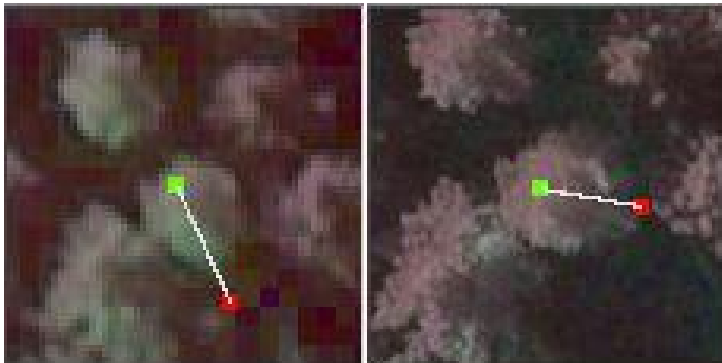
Datana ilmakuvia  
ja laserkeilaus-  
havaintoja

# ...KAUKOKARTOITUKSELLA – MARV1 Metsikkökoealat



Latvat paikannetaan Monoplotting -periaatteella

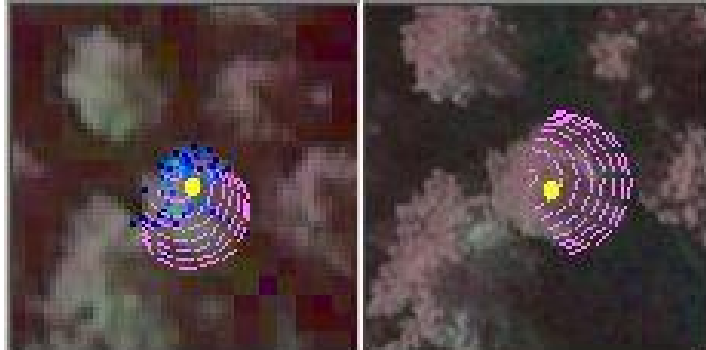
Puun pituus latvan ja maanpinnan Z-erotuksena



LiDAR prosessoitu korkeusmalliksi  $Z = \text{DEM}(X, Y)$



## ...KAUKOKARTOITUKSELLE – MARV1 Metsikkökoealat

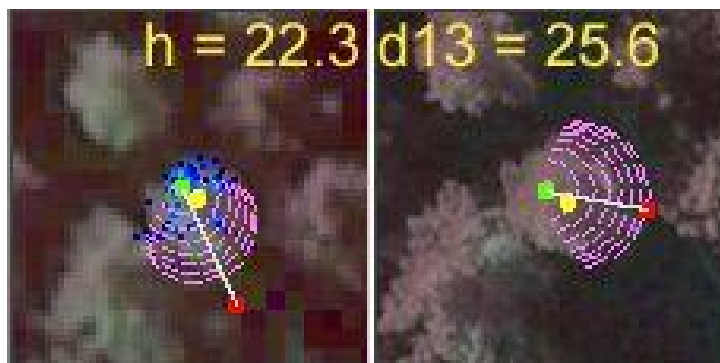


LiDAR pistepilveen sovitetaan latvuspintamalli – saadaan latvuksen leveys,  $d_{\text{crm}}$ .

Ilmakuvilta otetaan sävyarvonäyteitä latvumallin pinnalta, valon ja vastavalonpuolelta latvusta.

Latvuksen LiDAR-osumien intensiteetit tallennetaan ja niistä lasketaan piirteitä.

Puulaji =  $f$  (ilmakuvan sävyarvot, LiDAR intensiteetit) + opetusaineisto



Rungon läpimitta,  $d_{13}$  ennustetaan allometrisilla yhtälöillä.

## ...KAUKOKARTOITUKSELLA – MARV1 Metsikkökoealat

Hyöty kaukokartoituspuista?

- Koealan kartoitus – runkopisteverkko valmiina
- Maanpinnan kartoitus – saadaan valmiina
- Opitaan tuntemaan kaukokartoituksen mahdollisuuksia, yksi vaihtoehto lisää

Hyöty MARV1-mittauksista?

- Paikannettu puu + perustunnukset maksaa 3-4 € / kpl
- Harjoitukseen satsattu valmistelutyönä n. 5k€

Aineiston arvo harjoituksen jälkeen joko –8k€ + (– 10k€) tai +15k€. Opetukseen, Graduntekijöille, Tutkijoille ja Metsäasemalle.





## **Mitä tutkimuskuvio tuo lisää?**

**Taustalla metsikkökoealahaarjoitus ja sen tavoitteet.**

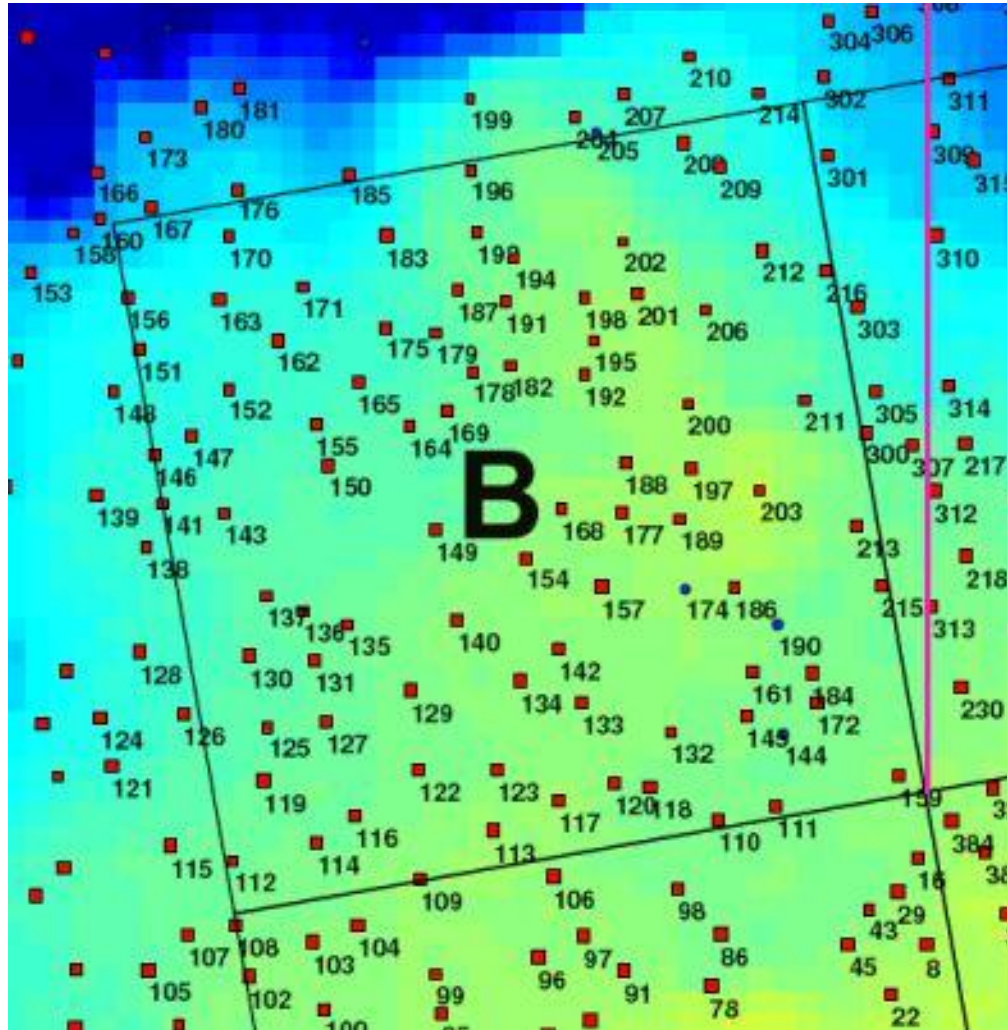
**Huolellinen työskentely on ainoa lisävaatimus.**

**Osin sisäänrakennettu kontrolli, pääosin ei.**

### **KULKU**

- 1) Harjoitellaan perusasioita**
- 2) Identifioidaan ja kartoitetaan oman koealan kaikki puut (kontrolloitu)**
- 3) Mitataan kaikista puista perustunnukset**
- 4) Mitataan koepuista lisätunnukset**
- 5) Luovutetaan aineisto. Jatketaan harjoitusta "ilman paineita".**

## ENNEN toimia koealalla - Harjoitellaan perusjuttuja



Jokaiselle ryhmälle oma ruutu  
= Metsikkökoeala

Ilmakuvamittaukset prosessoitu  
kartaksi, numerolapuiksi, ja  
esitäyt. maastolomakkeiksi.

Ilmakuvapuiden avulla  
kartoitetaan pienet puut, jotka  
puuttuvat kartalta  
(runkoverkko) – kolmioimalla ja  
trilateroimalla.

Puista mitataan tunnuksia ja  
niistä tehdään havaintoja.

Tätä harjoitellaan ennen  
tositoimia, Muistokuusikossa ja  
ATK-luokassa.



sn:o 109 Plot: 1B Dist: 29.7 m Azim: 257.8 degr

# 112

\* 124/311°-126/335° \* 125/8°-127/28° \* 129/40°  
\* 0/290° \* 121/302° \* 119/15° \* 122/58°  
\* 0/262° \* 115/278° \* 116/64° \* 114/71°  
\* 109/172° \* 104/112°  
\* 107/205° \* 103/130°  
\* 0/229° \* 105/212° \* 102/166°  
\* 0/217° \* 101/192° \* 100/142°

Foto-sp: Pine  
Foto-height: 12.5 m  
Foto-d13: 13.4 cm

## Harjoitus Muistokuusikossa eli koealalla n:o 8

Ryhmässä jakautuneena 4 porukkaan, Rastikoulutus (4+1)

Harjoitellaan metsikkökoeharjoituksen eri vaiheita

### RASTIT

- 1) Alkumittaukset ja valmistelut
- 2) Ilmakuvapuiden ja omissiopuiden paikantaminen
- 3) Puidenluku
- 4) Koepuumittaukset
- 5) Harjoitellaan RESECTION ohjelman käyttöä



## Harjoitus Muistokuusikossa eli koealalla n:o 7

### **Henkilökohtainen varustus:**

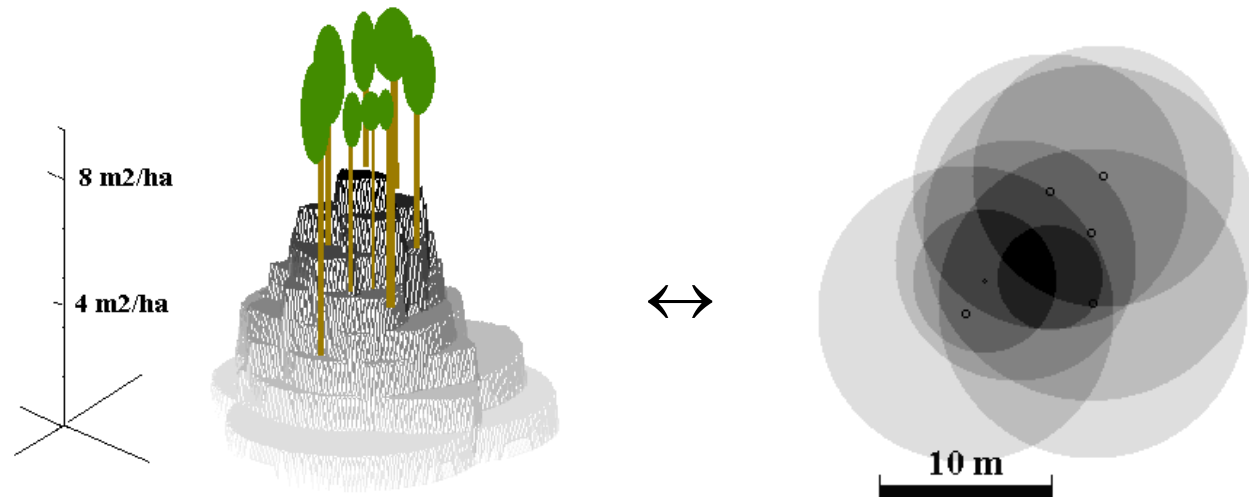
- Hikihelmi+ Lisäpruju + muistiinpanovälineet

### **Ryhmäkohtainen varustus:**

- 2 x bussoli

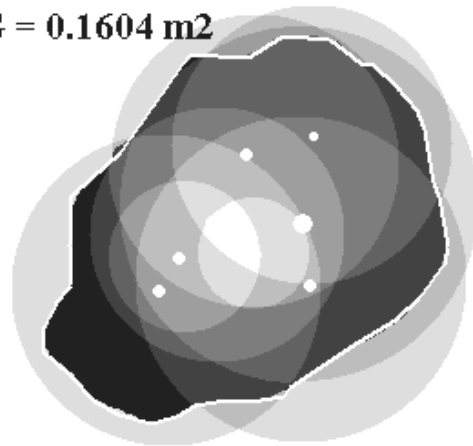


# ”Koealat ovat alueintegraaleja” – ”Mitä?”

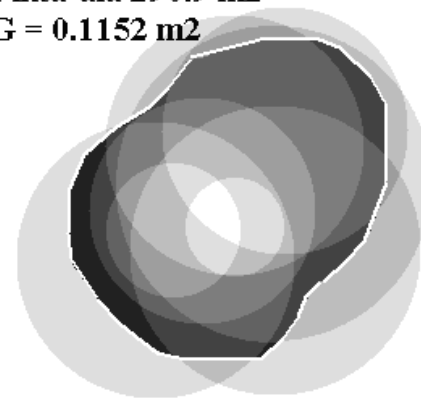


Metsikkö on a) joukko puita b) äärellinen pinta-ala

Pinta-ala 321.2 m<sup>2</sup>  
G = 0.1604 m<sup>2</sup>



Pinta-ala 290.9 m<sup>2</sup>  
G = 0.1152 m<sup>2</sup>





# Metsätalouden Metsikkömuuttujat

Kasvupaikkamuuttujat (~tunnukset)  
Puustomuuttujat (~tunnukset)  
Toimenpidemuuttujat

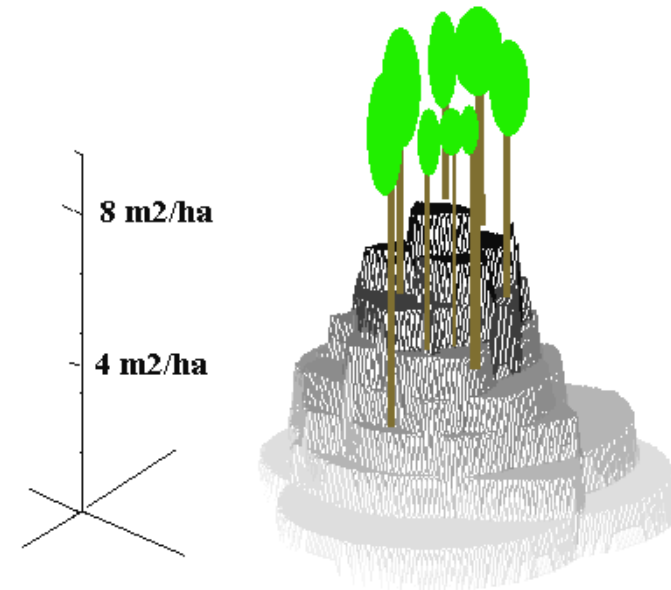
Vaihtelu metsikön sisällä;  
silti usein yksi (~keski) arvo.

Puut ovat pisteprosesseja.

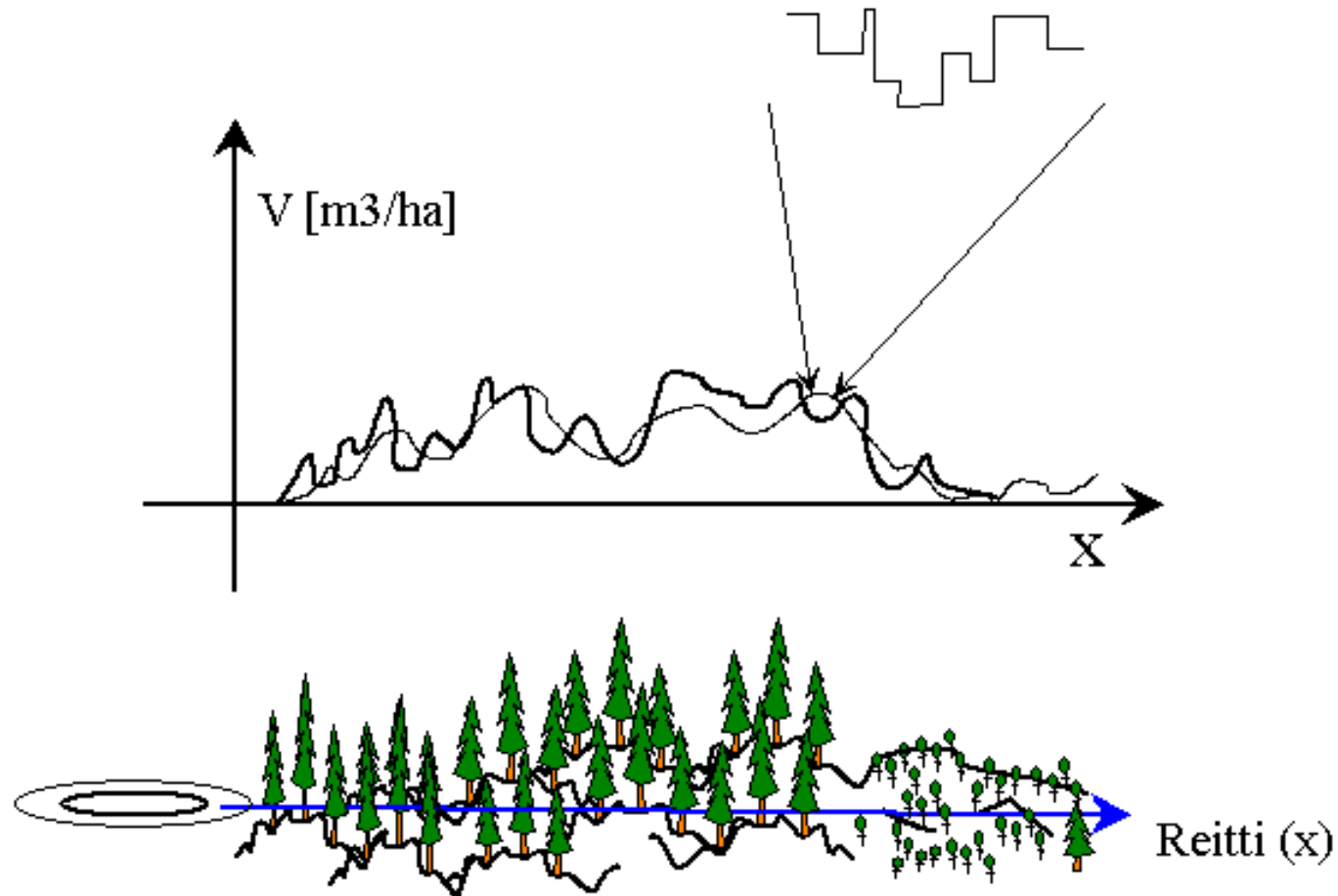
Koealat ovat Alue(tilavuus)integraaleja.

Arvo esitetään pisteelle, usein ”vuotunnuksena”, esim.

$V = 100 \text{ m}^3/\text{ha}$ .



# ”Koealat ovat alueintegraaleja” – ”Mitä?”



## Puuston määrän ja arvon muutos?

Puulla on tilavuuskasvua vain kasvukauden aikana

Puulla arvokasvua periaatteessa milloin vain (hinnat/kust. muuttuvat)

Puuston määrän muutokset

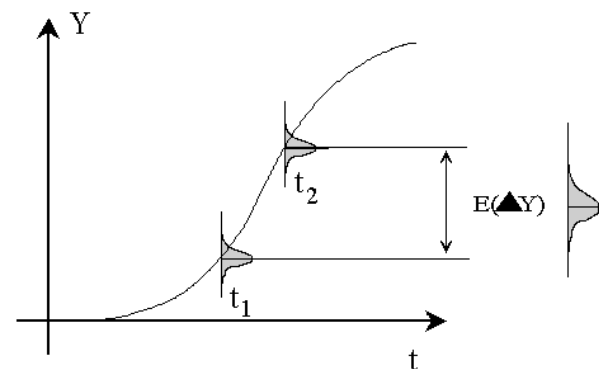
Kasvu, Syntyminen (kynnyskasvu), Luonnonpoistuma,  
Hakkuupoistuma

Puuston arvon muutokset

Puulaji, Tilavuus, Runkomuoto, Viat, Hinnat  
(Puutavaralajivaatimukset, Kysyntä)

Muutosten mittaaminen

Pysyvät koealat ja erotusmenetelmä  
Kertakoealat, kasvumittaukset ja mallit





[http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1\\_2011/](http://www.helsinki.fi/~korpela/MARV1_2011/)