

arbonaut

Biomassatulkinta LiDARilta

Jarno Hämäläinen (MMM)

Kestävän kehityksen metsävarapalveluiden yksikkö

(REDD and Sustainable Forestry Services)

Sisältö

- Referenssit
- Johdanto
- Mikä laserkeilaus?
- LiDAR metsäbiomassan tulkinnessa
- Intergroidut menetelmät
- Lähtöaineistot
- Mallien kalibrointi
- LiDARin edut biomassan tulkinnessa
- Päätelmät

Referenssit

- Gautam, B.R., Tokola, T., Hamalainen, J., Gunia, M., Peuhkurinen, J., Parviainen, H., Leppanen, V., Kauranne, T., Havia, J., Norjamäki, I. and Sah, B.P. Integration of airborne LiDAR, satellite imagery, and field measurements using a two-phase sampling method for forest biomass estimation in tropical forests. *Presented at International Symposium on "Benefiting from Earth Observation" 4 - 6 October 2010, Kathmandu, Nepal.*
- Peuhkurinen, J; Gonzalez, AS; Ketola, J (2010) Using aerial photographs and VHR satellite data as an auxiliary information in airborne LiDAR-based estimation of species-specific forest characteristics. Paper presented at Forestsat 2010, Spain.
- Kansallinen metsävarojen arviointi Nepalissa (FRA) 2010-2014, 1 miljoonan hehtaarin LiDAR-pilotti, Marraskuu 2010 –



Indufor

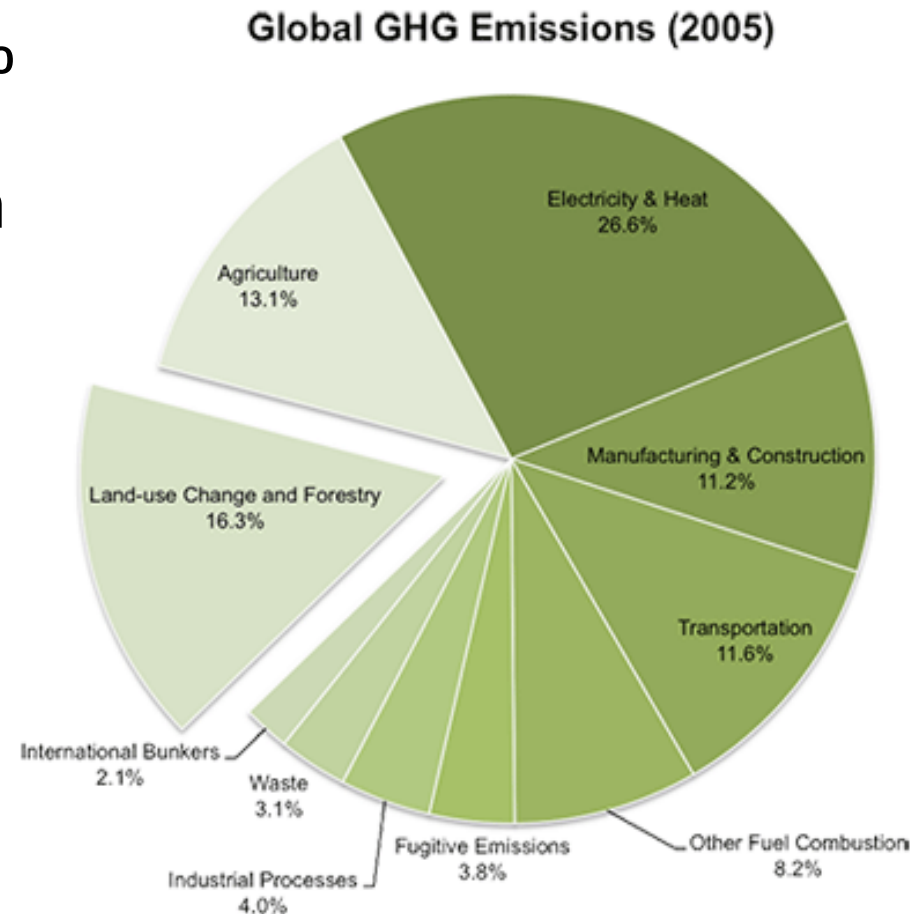
METLA

arbonaut



Johdanto

- Vuositasolla noin 15 % maailmanlaajuisista hiilidioksidipäästöistä on arvioitu sitoutuvan metsiin
- Metsien häviäminen ja rakenteellinen muutos aiheuttaa jopa 20 % maapallon hiilidioksidipäästöistä



Johdanto

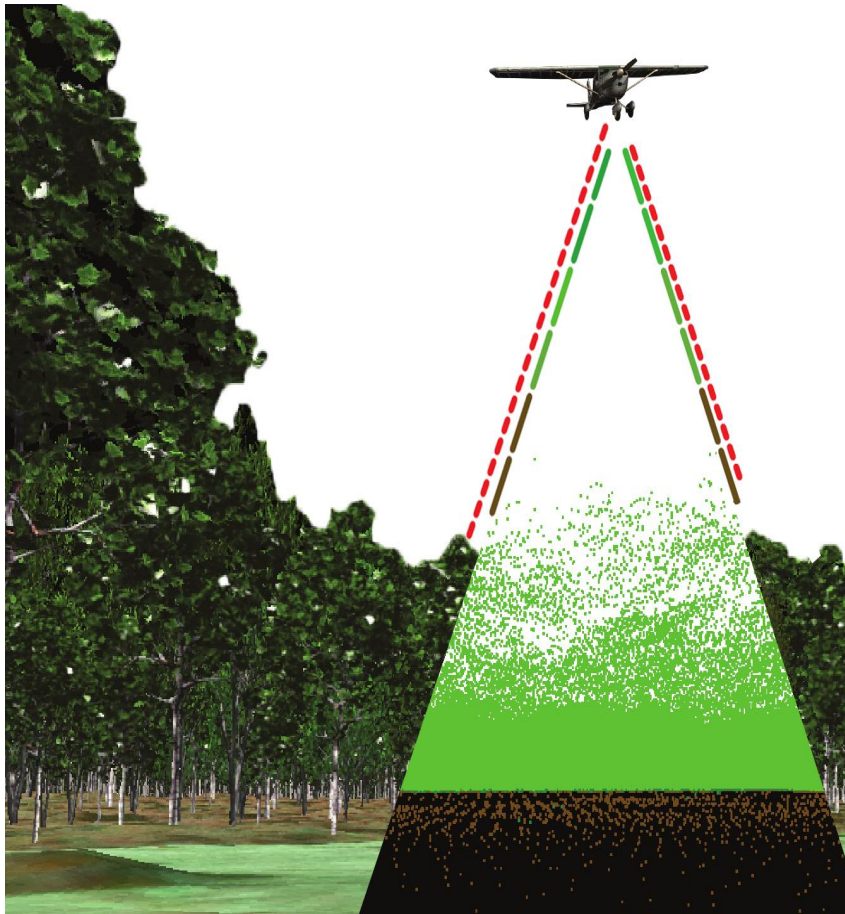
- REDD¹-mekanismi pyrkii luomaan osana kansainvälistä ilmastopimusta markkinakannusteita hiilinieluja lisäävälle maankäytölle ja metsänhoidolle
- Tarkkaa, luotettavaa ja ajantasaista tietoa tarvitaan biomassan jakaumasta sekä kehityksestä
→ LiDAR-biomassainventoinnit (AGB)

Forest Carbon Pools

- 1) Aboveground biomass
- 2) Belowground biomass
- 3) Litter
- 4) Deadwood
- 5) Soil

¹REDD = Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries

Mikä laserkeilaus (LiDAR)?

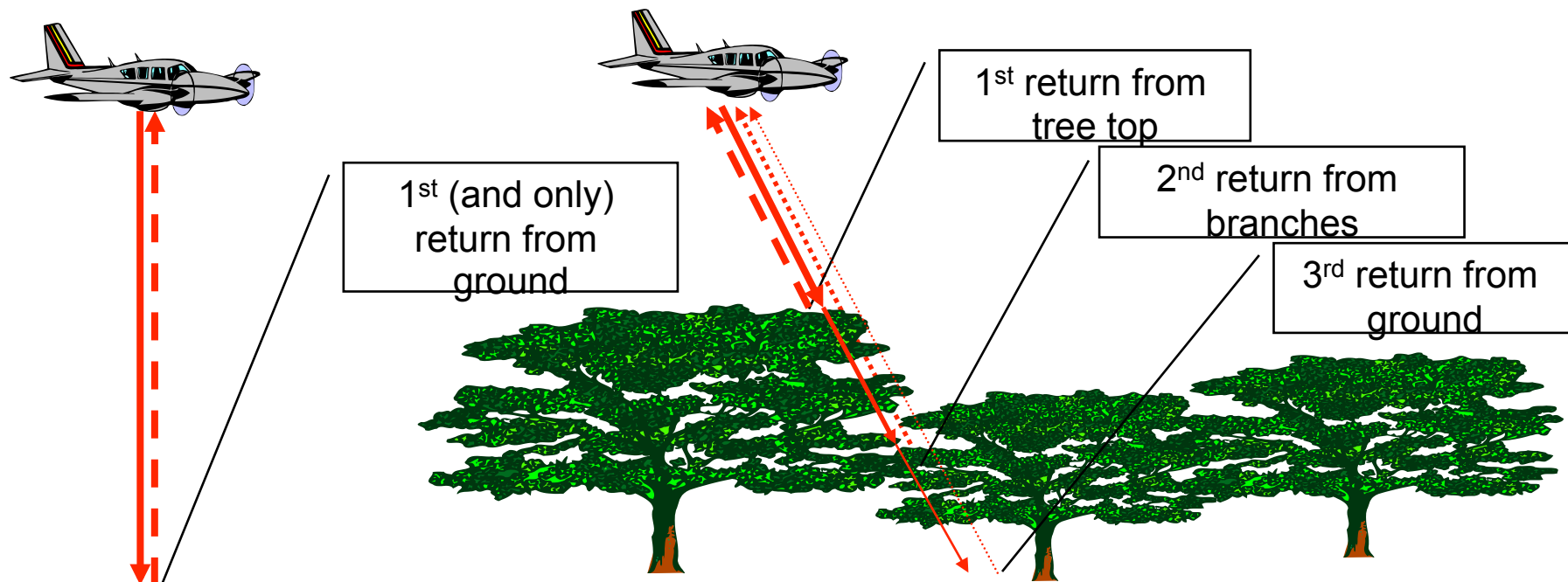


- **L**ight **D**etection **A**nd **R**anging
- LiDAR-laitteiston kolme mittauskomponenttia
 1. Etäisyysmittaus
 2. Inertiamittaus
 3. GNSS-sijainti
- Tuloksena pistepilvi, jonka jokaisella havainnolla 3D-koordinaatit (x,y,x)



Mikä laserkeilaus (LiDAR)?

- osa lasersäteistä läpäisee latvuserrokset ja siroaa takaisin ainakin alle 50 metriä korkeissa puustoissa
- keilauslennot voidaan toteuttaa myös jopa pilvisellä säällä tai yöllä

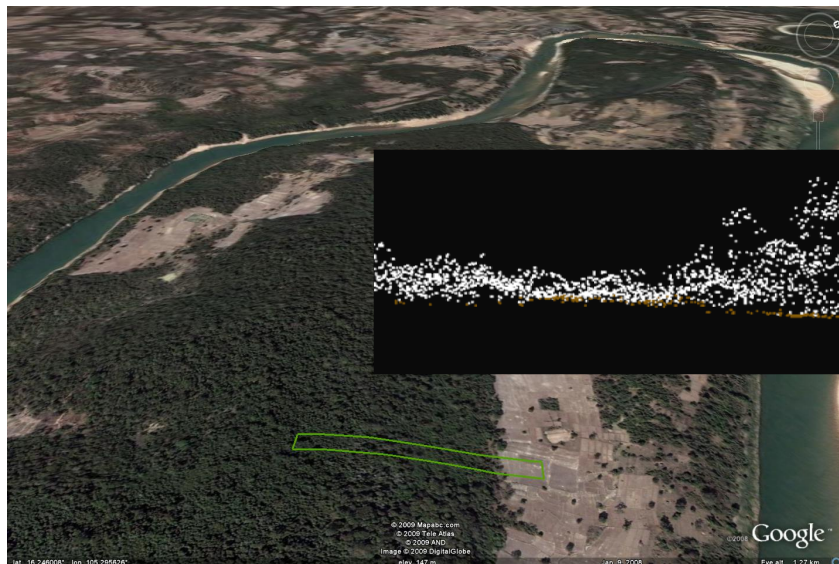


LiDAR metsäbiomassan tulkinnessa

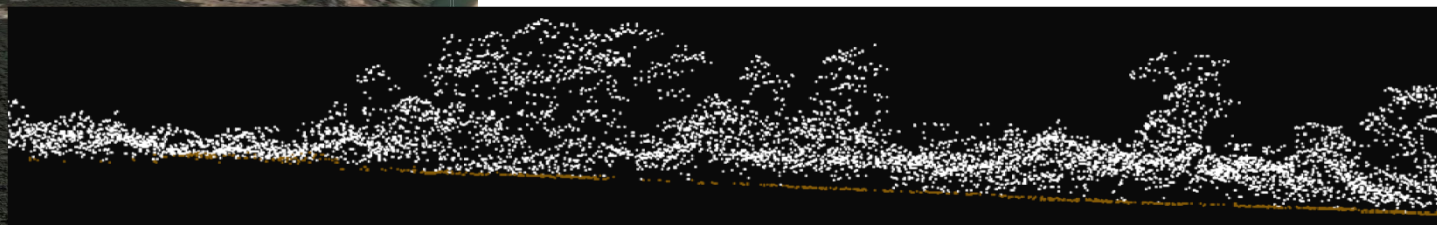
LiDAR-aineiston ominaisuudet kuvaavat metsän rakennetta, erityisesti

- puuston pituutta
- kasvillisuuden tiheyttä
- biomassan jakautumista latvuserroksiin

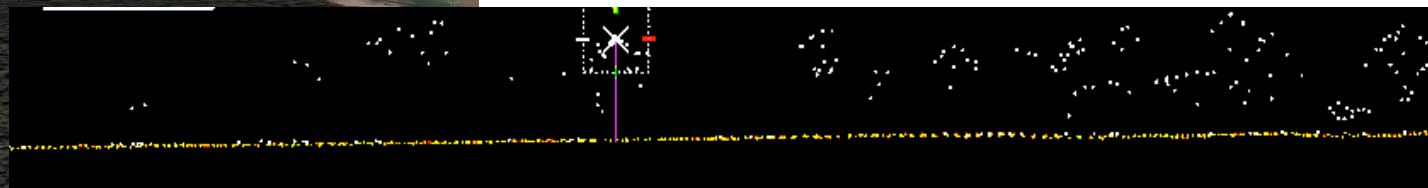
LiDAR ja metsän rakenne



Luonnontilainen metsä



Merkittävästi pienentynyt latvuspeitto



Integroidut menetelmät

Kaukokartoitus ja maastokoealat

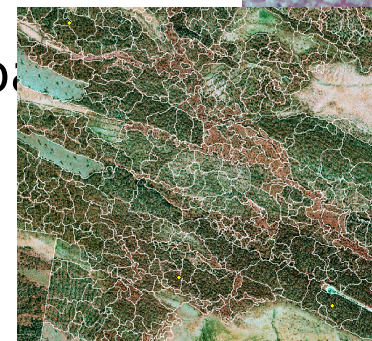
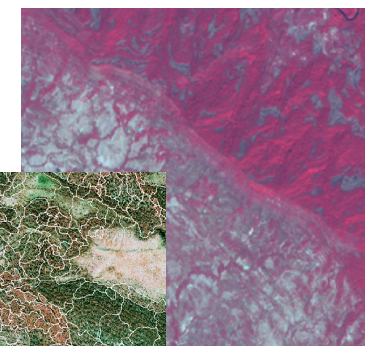
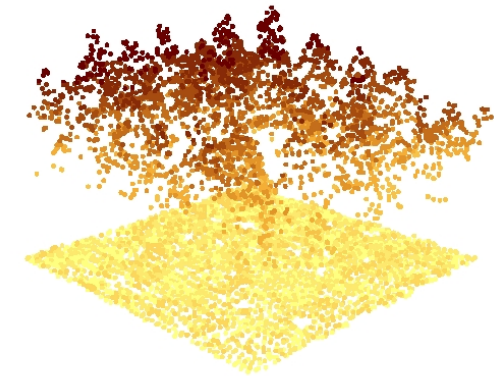
LiDAR-pohjaisessa biomassan
tulkinnessa yhdistetään joko

A. wall-to-wall LiDAR-data
referenssikoealat
ilmakuvat (optio)

TAI

B. LiDAR-kaistaotannat (1-10%)
referenssikoealoja
wall-to-wall satelliittikuva-aineisto

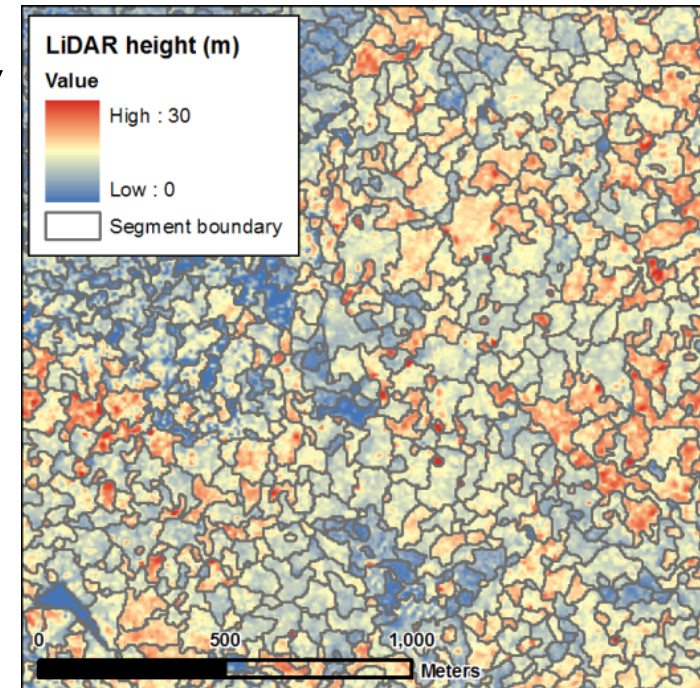
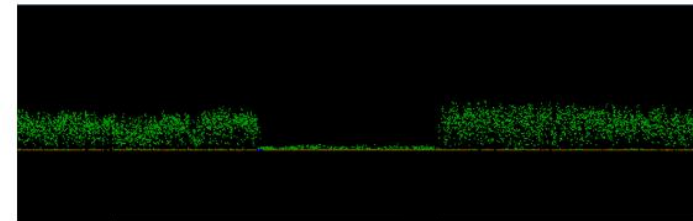
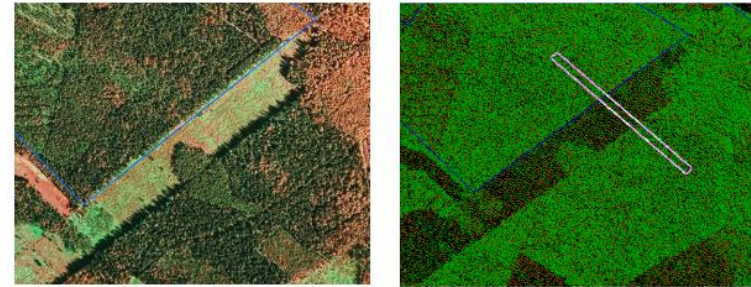
KAKSIVAIHEINEN OTANTA



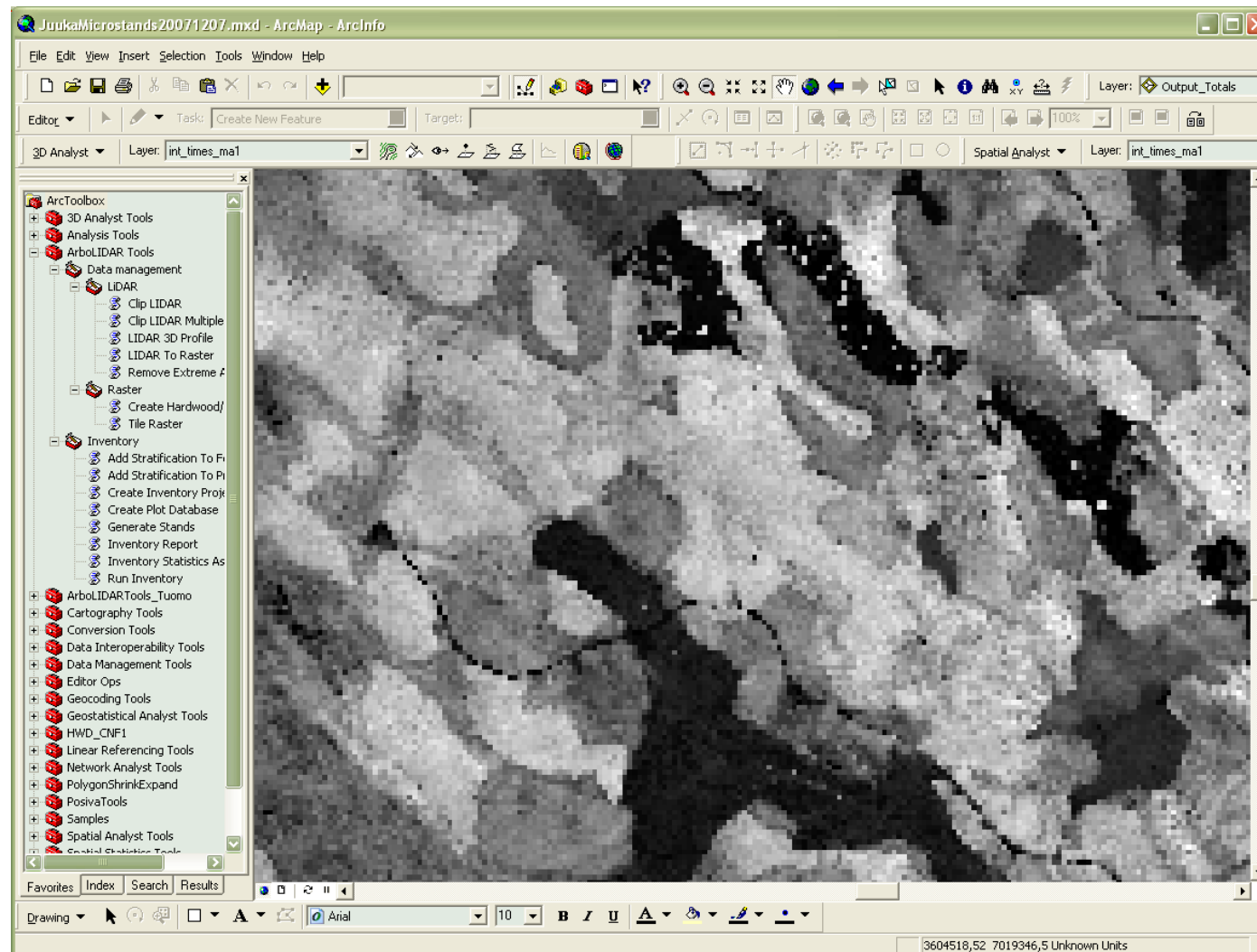
Lähtöaineisto

LiDAR

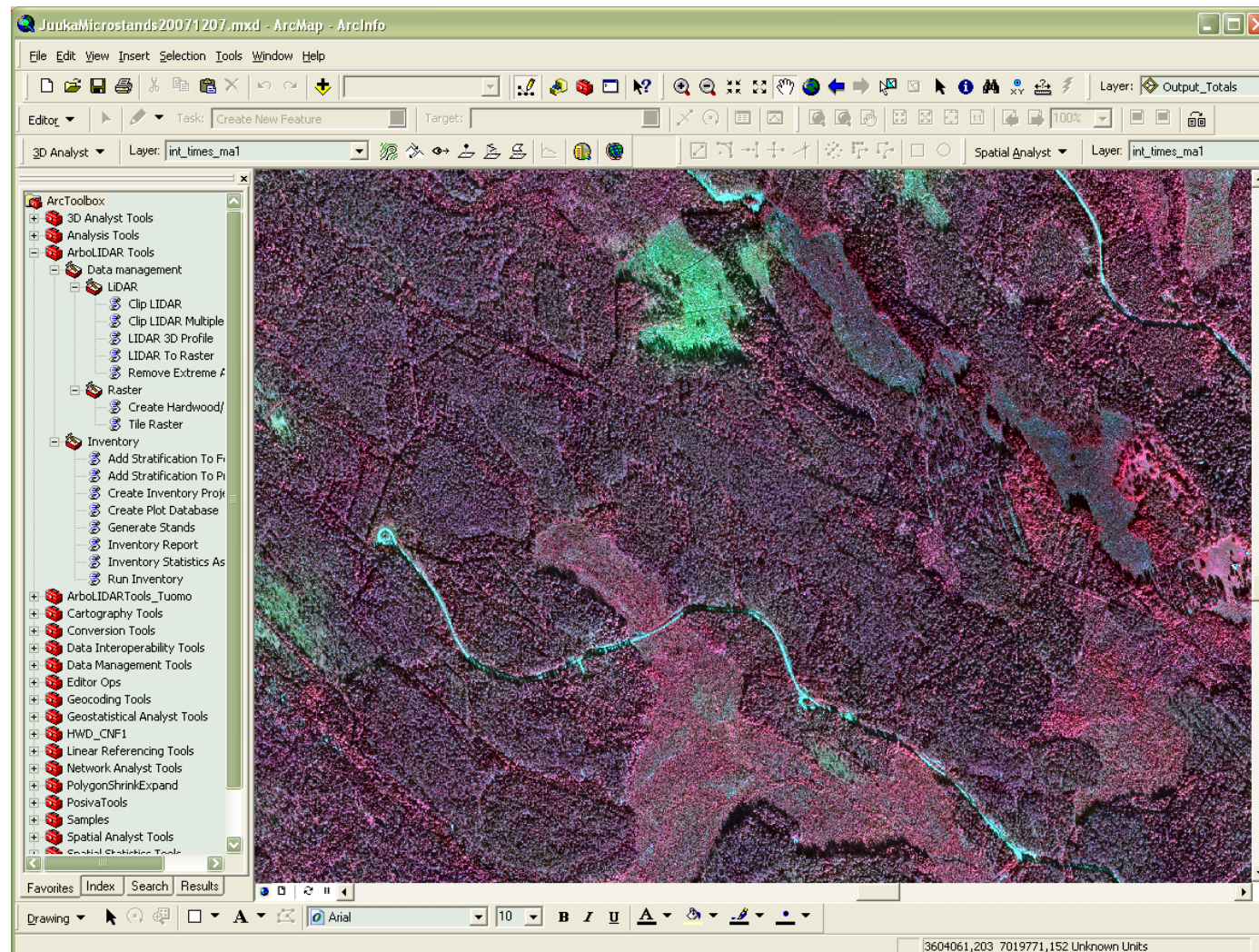
- tavoiteltu tiheys **aluepohjaisessa** biomassatulkinnessa 0.5-2.0 pulssia/m²
- LiDARilta laskettuja korkeus-, tiheys-, puulaji- ym. ominaisuuksien vaihtelun perusteella metsä voidaan jakaa rakenteeltaan homogeenisiksi kuvioiksi
- automaattinen kuviointi



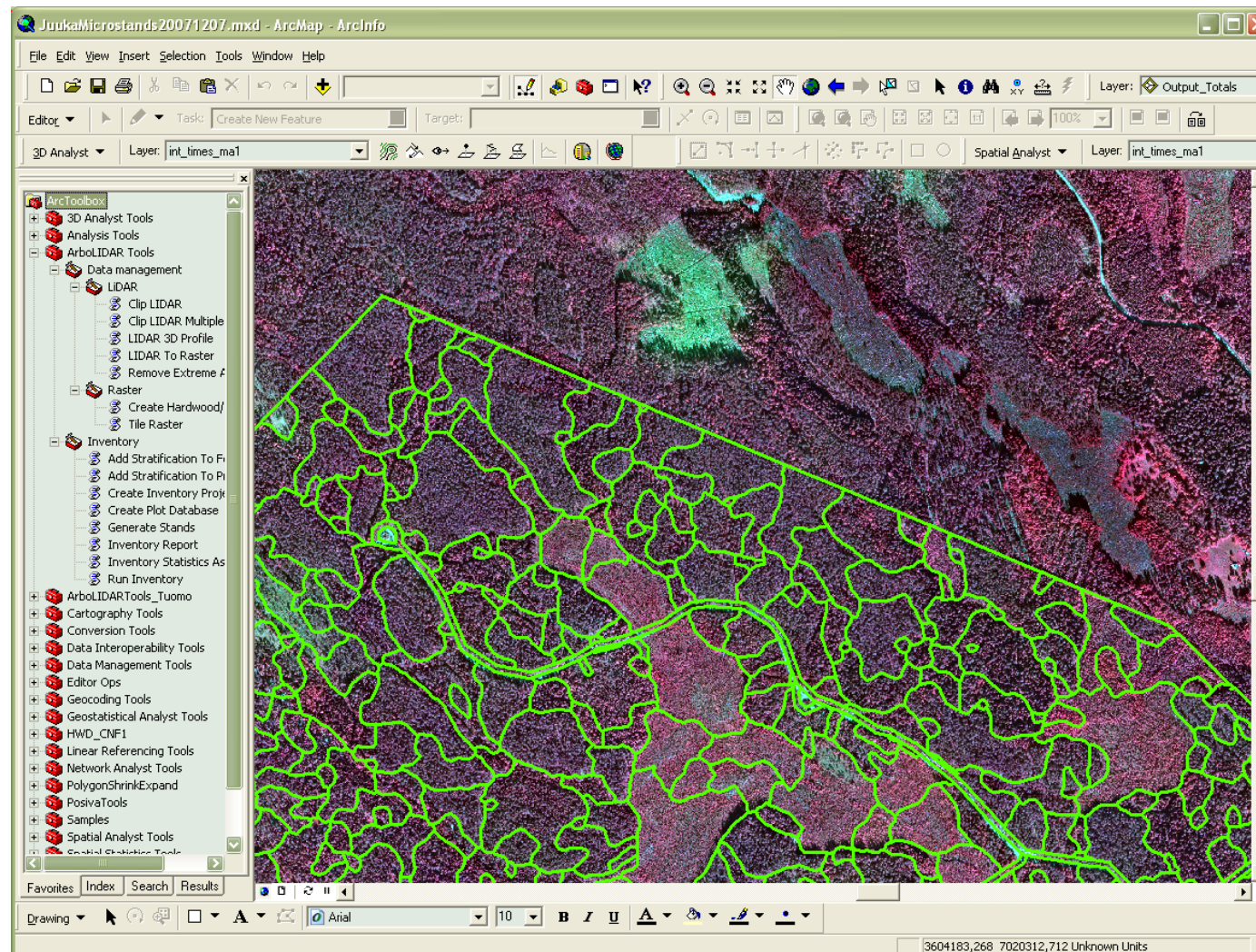
LiDAR –korkeusrasteri



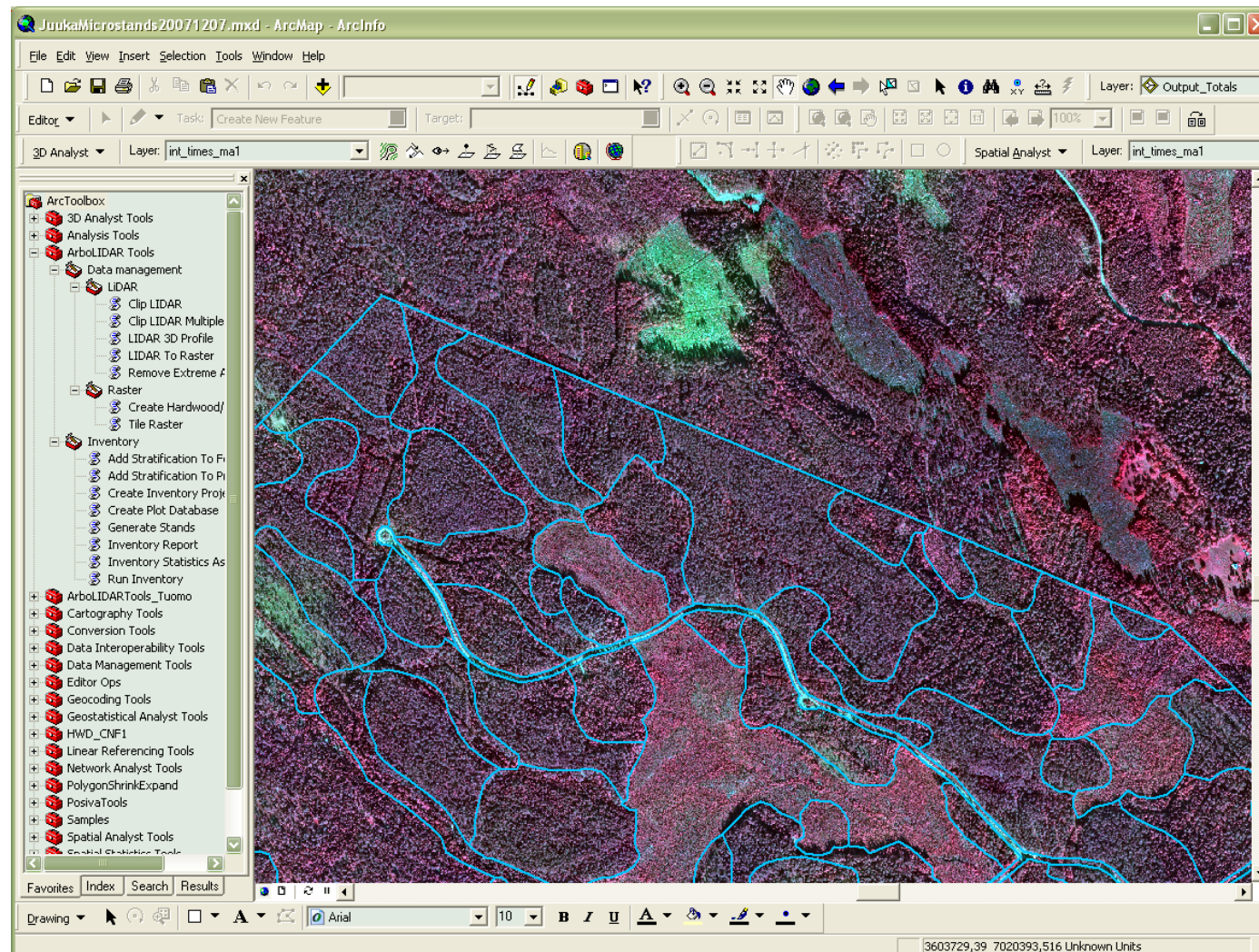
CIR kuva



Automaattinen kuviointi



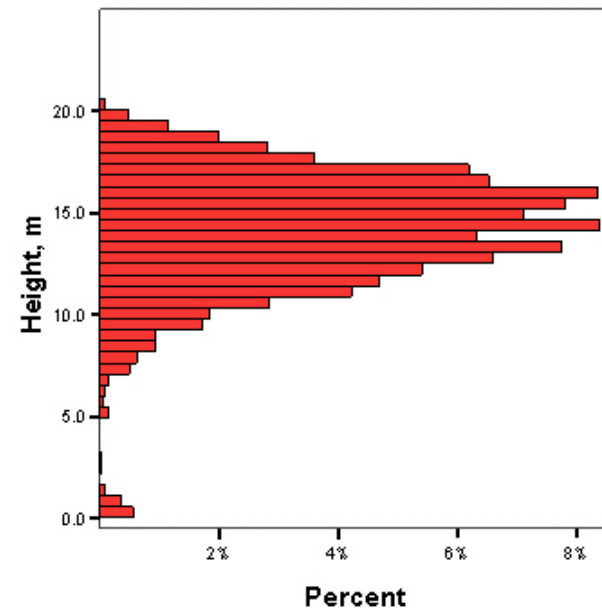
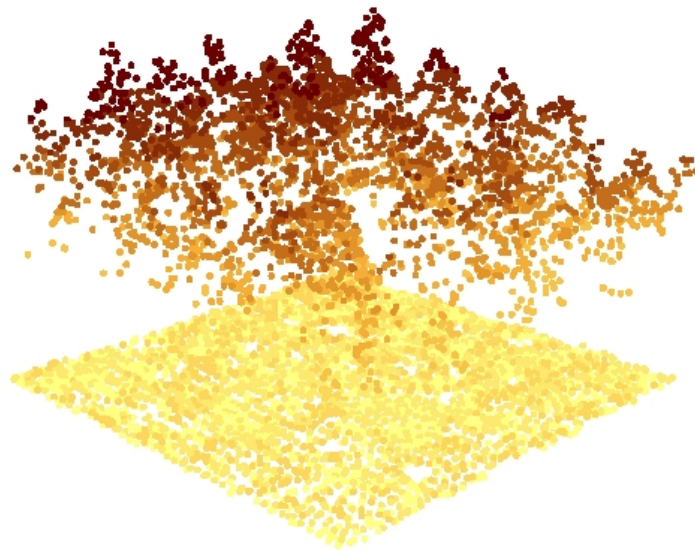
Manuaalinen kuviointi



Lähtöaineisto

LiDAR, muuttujien laskenta

- aineiston pulssit luokitellaan maanpinta- ja kasvillisuushavaintoihin
- selittävinä muuttujina käytetään kertymäprosenttia vastaavia korkeuksia (persentiilit) sekä maanpinta- ja kasvillisuuspulssien suhteita



Lähtöaineisto

Maastokoealat, mittaus

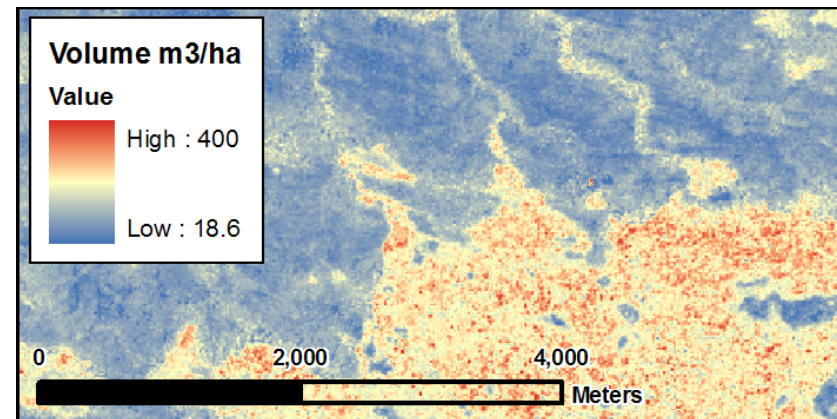
- vaihtelevat koealojen koot ja muodot mahdollisia, yleensä 250-1250 m²
- koealat paikannetaan noin metrin tarkkuudella
- mitattavat tunnuksat biomassamallien (puulaji, dbh/ppa, pituus jne.)



Lähtöaineisto

Maastokoealat, laskenta

- ABG/BGB tulokinnan virhelähteenä usein koealapaikannuksen epätarkkuus ja biomassamallien sekä kertoimien harhaisuus
- koealoittainen puubiomassa allometristen mallien tai tiheys-, BEF- sekä root/shoot-kertoimien avulla



Stem Biomass (dry mass)

- $\text{Stem_Biomass} = \text{Total_Stem_Volume} \times \text{mean_wood_density}$
- $\text{mean_wood_density} = 0.6 \text{ metric tons / cubic meter}$. (FAO Working Paper 82, Rome 2004: Dipterocarpaceae mean density = 0.56-0.62 metric tons / cubic meter)

Biomass above_ground (dry mass)

- $\text{Biomass_above_ground} = \text{Stem_Biomass} \times \text{BEF}$
- $\text{BEF} = 2$ (FAO Working Paper 82, Rome 2004)

Biomass below ground

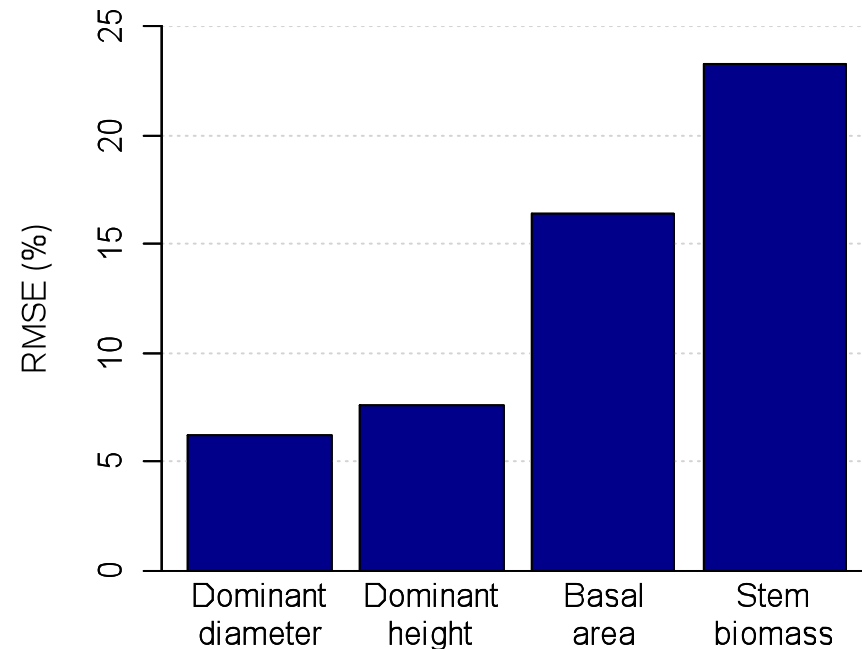
- Root/shoot ratio of 0.3 was used (FAO Working Paper 82, Rome 2004: Tropical/subtropical forests: 0.24-0.42)

Carbon above ground and Carbon below ground

- $\text{Carbon_mass} = \text{Dry_biomass} \times 0.5$

LiDAR-mallien kalibrointi

- LiDAR-aineiston jakaumatunnuksia käytetään selittäjinä
- koealoittain lasketut biomassatunnukset selitettävänä muuttujina
- sovelletaan parametrisia tai **ei-parametrisia** regressiomenetelmiä
- mallien validointi (keskineliövirhe, harha)

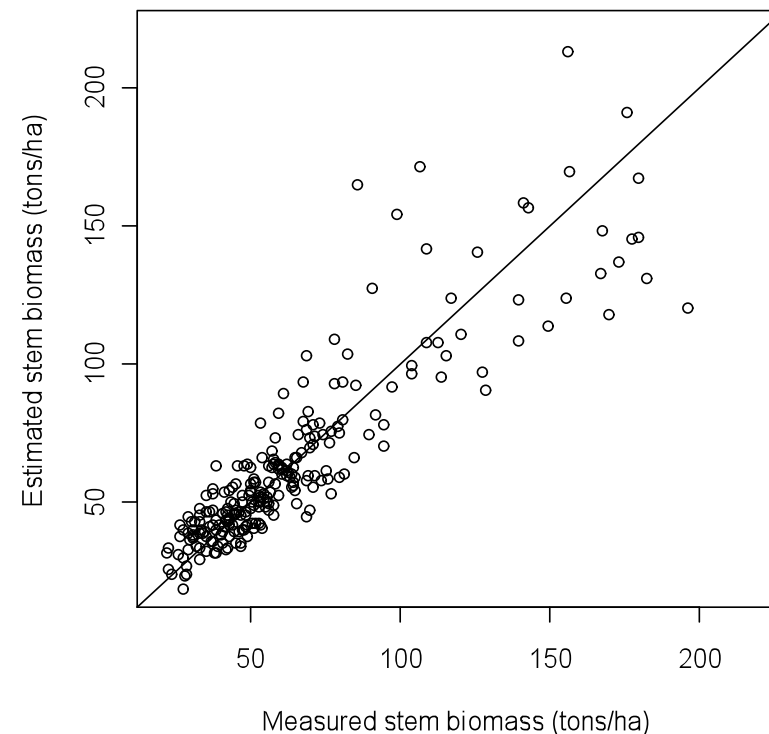


$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$
$$bias = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)}{n}$$

Satelliittikuvamallien kalibrointi

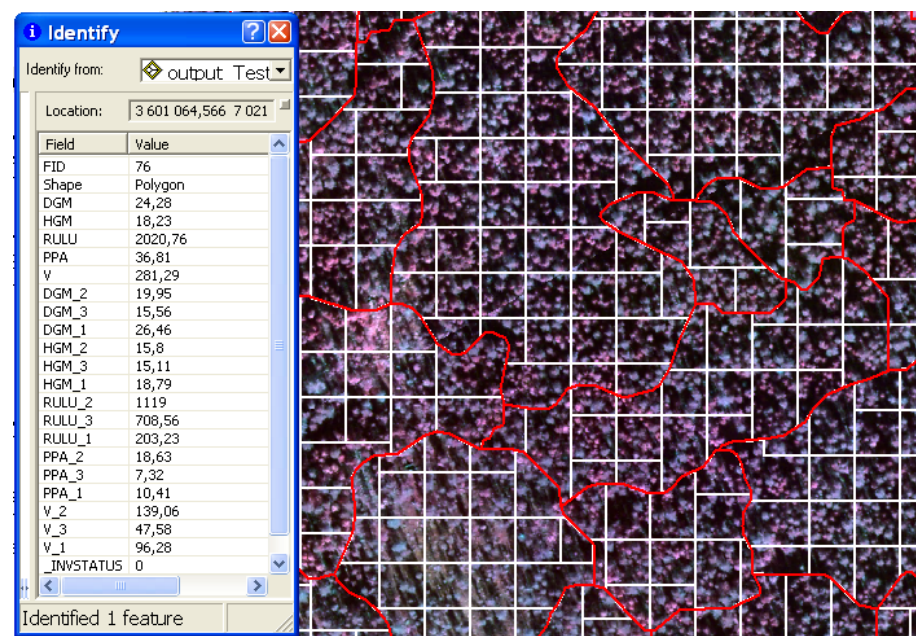
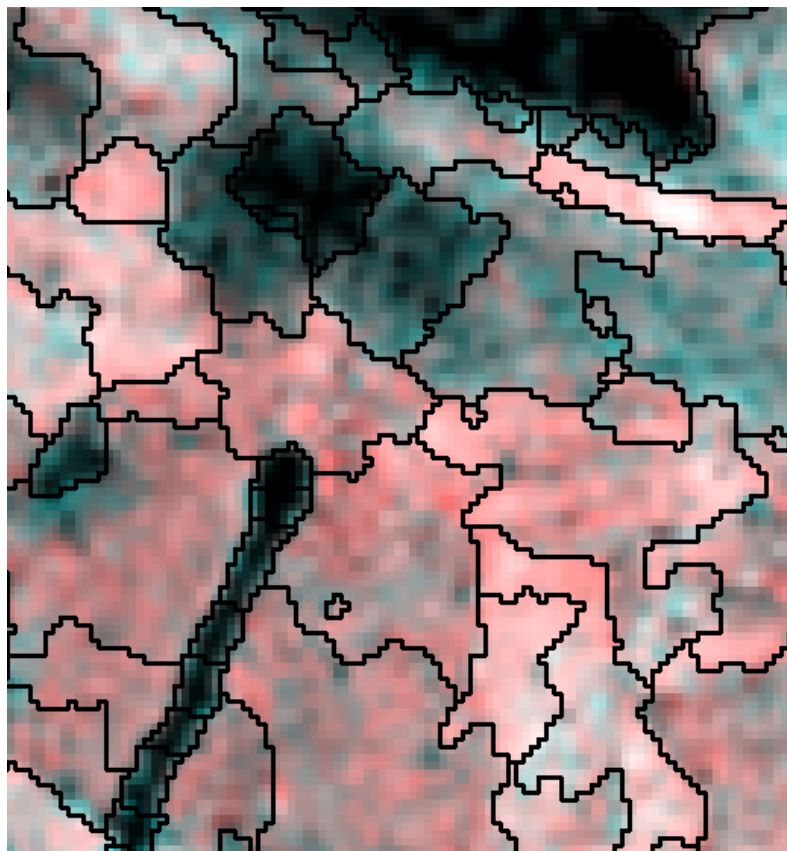
Kaksivaiheinen otanta

- radiometria- ja tekstuuritunnukset selittäjinä
- LiDAR-malleilla lasketut biomassatunnukset selitettävänä muuttujina
- parametrinen vs. **ei-parametrinen regressio**
- mallien validointi



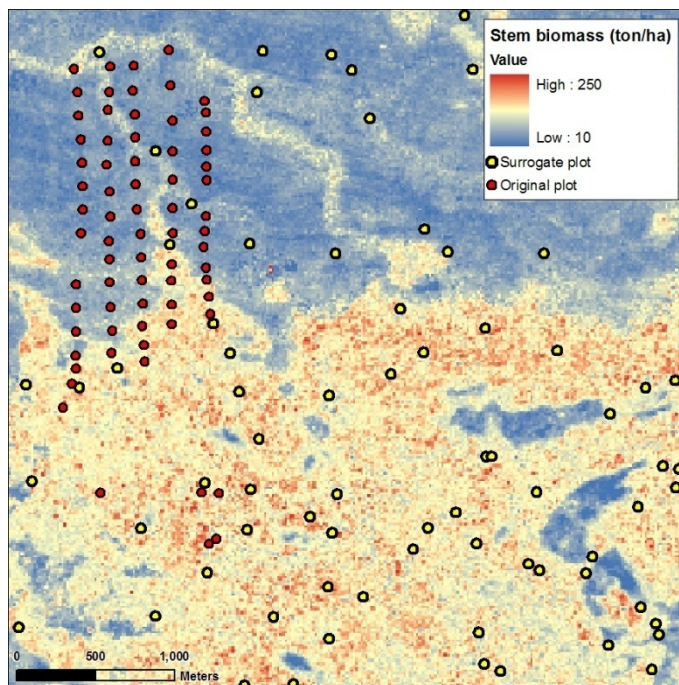
Tulokset

Automaattikuviointi ja tulosten yleistys

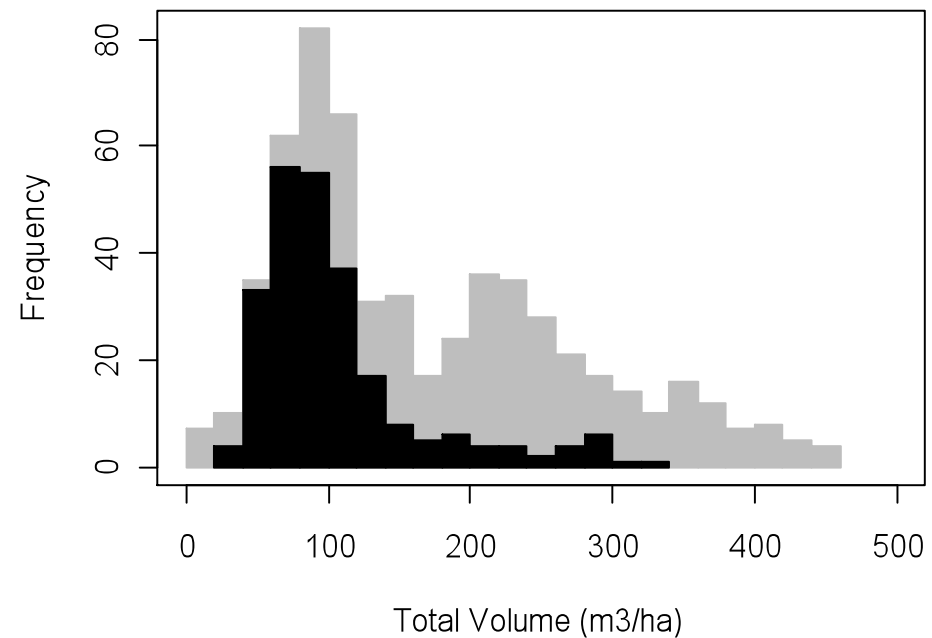


LiDARin edut biomassan tulkinnessa

- 1) Koealaotannan edustavuutta voidaan parantaa LiDAR-lisäkoealoilla (surrogate sample plots)



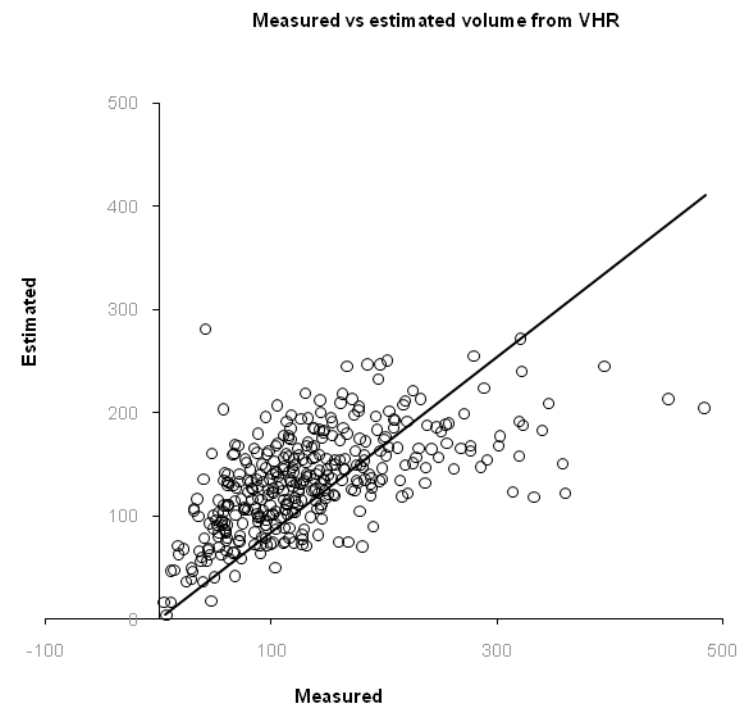
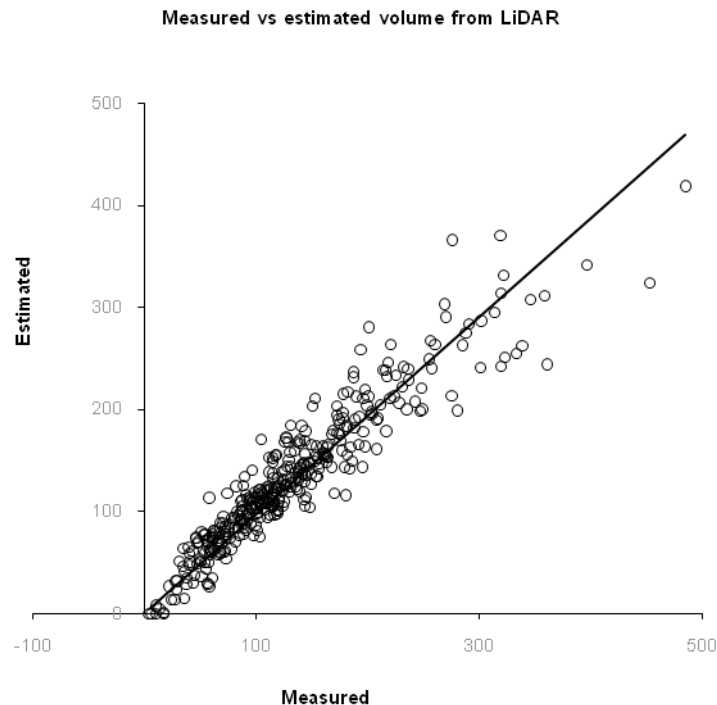
Distribution of original and surrogate sample plots.



Total volume histograms of original sample plots (black bars) and the surrogate sample (gray bars).

LiDARin edut biomassan tulkinnessa

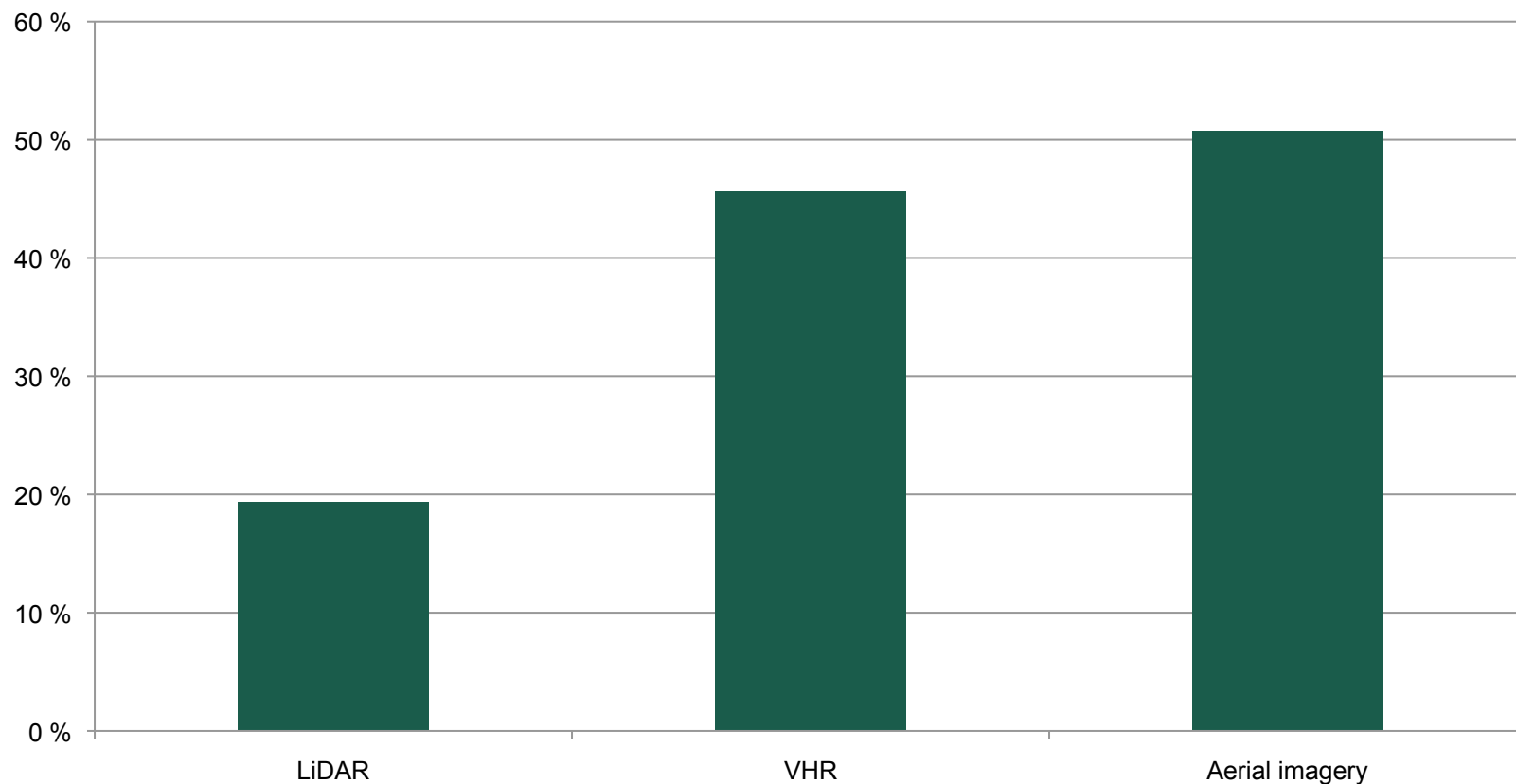
2) Laserkeilaukseen perustuva tulkinta ei kärsi ns. saturoitumisesta



Peuhkurinen, J; Gonzalez, AS; Ketola, J (2010) Using aerial photographs and VHR satellite data as an auxiliary information in airborne LiDAR-based estimation of species-specific forest characteristics. Paper presented at Forestsat 2010: Operational tools in forestry using remote sensing techniques. September 7-10, Lugo and Santiago de Compostela, Spain.

LiDARin edut biomassan tulkinnessa

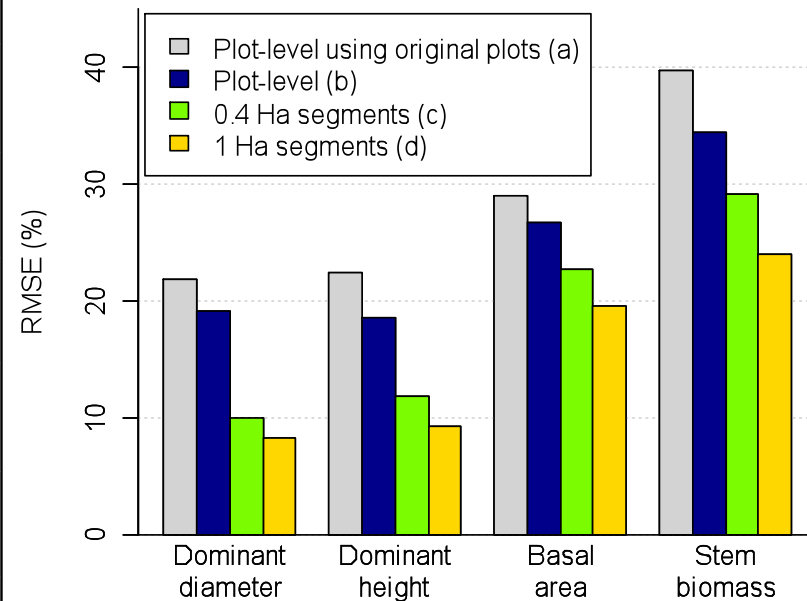
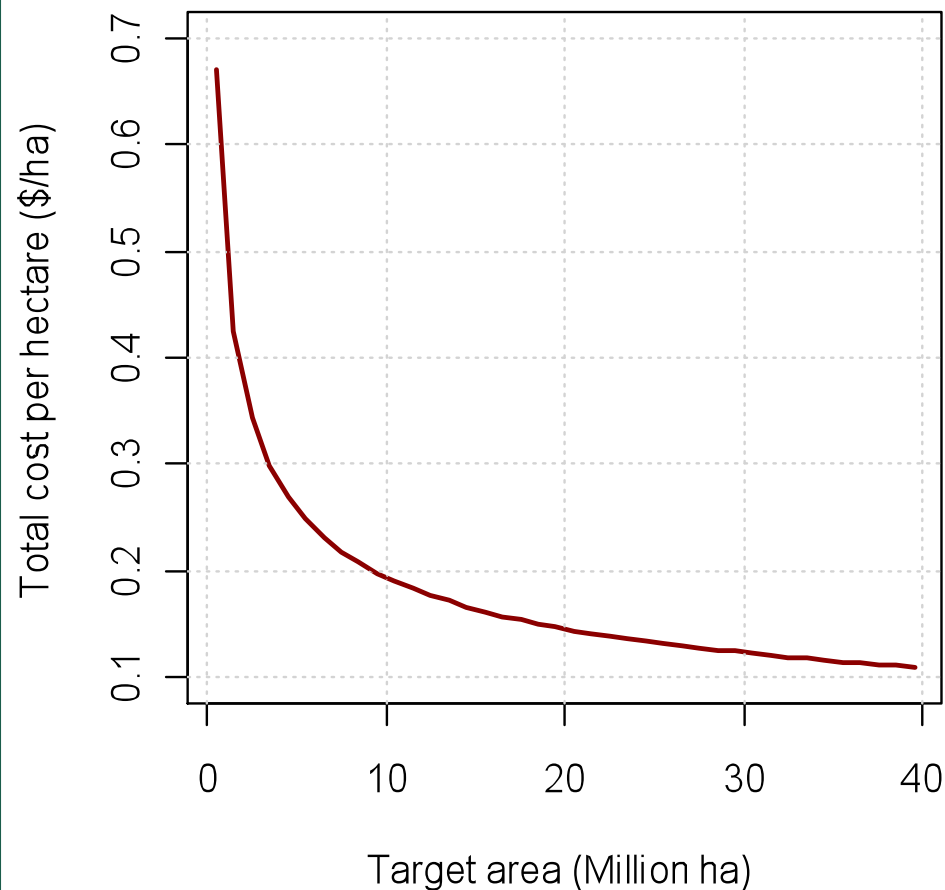
3) Biomassaestimaattien tarkkuus ja harhattomuus (koealatasen suhteellinen RMSE)



Peuhkurinen, J; Gonzalez, AS; Ketola, J (2010) Using aerial photographs and VHR satellite data as an auxiliary information in airborne LiDAR-based estimation of species-specific forest characteristics. Paper presented at Forestsat 2010: Operational tools in forestry using remote sensing techniques. September 7-10, Lugo and Santiago de Compostela, Spain.

LiDARin edut biomassan tulkinnessa

3) Kaksivaiheinen otanta ja parantaa biomassainventointien kustannustehokkuutta



Päätelmät

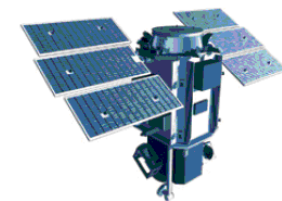
- LiDAR-, koeala- ja satelliittiaineistojen yhetykskäyttö luo edellytykset tarkalle, robustille ja kustannustehokkaalle puustobiomassan seurannalle (monitoroinnille).
- Erityisesti edut korostuvat topografialtaan, kasvillisuudeltaan ja maanomistussuhteiltaan haastavissa olosuhteissa.



LiDAR+(CIR)



Field measurements



Satellite data



arbonaut

Accurate Robust Benefit-sharing Optimal

arbolidar is an inventory process that integrates airborne laser scanning (LiDAR), field measurements, and satellite imagery with full geographical coverage for highly accurate estimates of forest resource attributes. Estimates with high spatial resolution guide operational forest management for effective maintenance and enhancement of above- and belowground carbon stocks.

**REDD-Plus Monitoring,
Reporting and Verification**

Kiitokset!

Jarno Hämäläinen, MMM, Manager
REDD and Sustainable Forestry Services

www.arbonaut.com

November 3, 2010