



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Mobiilien LiDAR-pistepilvien hyödyntäminen harvennushakkuiden laadun seurannassa

Johannes Pohjala, Itä-Suomen Yliopisto

IlmoStar -hankkeen loppuwebinaari, 18. marraskuuta 2025



**Euroopan unionin
rahoittama**

NextGenerationEU

UEF// University of Eastern Finland



**Nappaa
hiilestä
kiinni**

MAANKÄYTTÖSEKTORIN
ILMASTORATKAISUT



Valmistuneita (2025) IlmoStar-väitöskirjoja

Dissertationes Forestales 370

Well-being and productivity of forest machine operators
– ergonomic support measures

Heli Kymäläinen

School of Forest Sciences
Faculty of Science, Forestry and Technology
University of Eastern Finland

Academic dissertation

To be presented, with the permission of the Faculty of Science, Forestry and Technology of the University of Eastern Finland, for public criticism in the auditorium C2 of the University of Eastern Finland, Yliopistokatu 4, Joensuu, on 8th of August 2025, at 12 o'clock noon.

Dissertationes Forestales 376

Improving and validating forest inventory information
using operational harvester data

Ville Vähä-Konka

School of Forest Sciences
Faculty of Science, Forestry and Technology
University of Eastern Finland

Academic dissertation

To be presented, with the permission of the Faculty of Science, Forestry and Technology of the University of Eastern Finland, for public criticism in the auditorium C2 of the University of Eastern Finland, Yliopistokatu 4, Joensuu, on 19 of September 2025, at 12 o'clock noon.



Tulevia (2026) IlmoStar-väitöskirjoja

- **Johannes Pohjala:**

- I. Pohjala, J., Vahtila, M., Ovaskainen, H., Kankare, V., Hyyppä, J. & Kärhä, K. 2024. Effect of **Prior Tree Marking** on Cutting Productivity and Harvesting Quality. Croatian Journal of Forest Engineering 45(1): 25–42.
<https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2213>
- II. Pohjala, J., Kankare, V., Hyyppä, J. & Kärhä, K. 2025. Effects of a Mobile LiDAR-Based **Thinning Density Assistant (TDA) System** on Harvester Operator Performance. European Journal of Forest Research,
<https://doi.org/10.1007/s10342-025-01808-y>
- III. Sagar, A., Pohjala, J., Muhojoki, J., Dhital, A., Kaartinen, H., Kärhä, K., Järvelin, K., Ghabcheloo, R., Hyyppä, J. & Kankare, V. 2025. Utilising Mobile Laser Scanning Point Clouds to Assess **Harvesting Quality in Thinning Stands**. Lähetetty sarjaan Science of Remote Sensing.

- **Binod Kafle:**

- I. Kafle, B., Kankare, V., Kaartinen, H., Väätäinen, K., Hyyti, H., Faitli, T., Hyyppä, J., Kukko, A. & Kärhä, K. 2025. Assessing the consistency of **low vegetation** characteristics estimated using harvester, handheld, and drone light detection and ranging (LiDAR) systems. Silva Fennica 59(2), 25013.
<https://doi.org/10.14214/sf.25013>
- II. Kafle, B., Kankare, V., Kaartinen, H., Väätäinen, K., Hyyti, H., Faitli, T., Koivumäki, N., Hyyppä, J., Kukko, A. & Kärhä, K. 2025. Assessment of boreal **forest structural diversity** using harvester, handheld, and drone light detection and ranging (LiDAR) systems. Lähetetty sarjaan Silva Fennica.
- III. Kafle, B., Kankare, V., Kaartinen, H., Väätäinen, K., Hyyti, H., Faitli, T., Koivumäki, N., Hyyppä, J., Kukko, A. & Kärhä, K. Comparing harvester, handheld, and drone-based LiDAR systems for measuring individual tree attributes using an **individual tree detection method**. Vaihe: analysointi ja kirjoittaminen.





Tässä esityksessä

- Mobiililaserkeilauksen hyödyntäminen
 - Yksittäisten puiden vikojen tunnistamisessa (mutkat ja lengot)?
 - Korjuun jäljen seurannassa
 - Kuljettajan opastuksessa: Case Ponssen Thinning Density Assistant

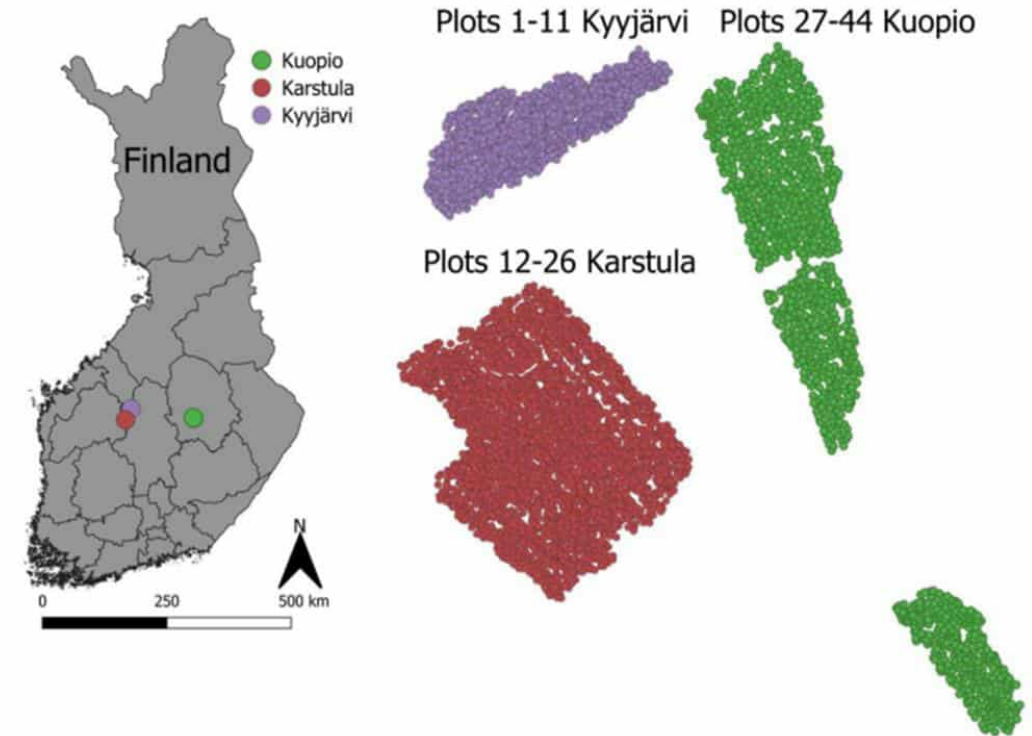
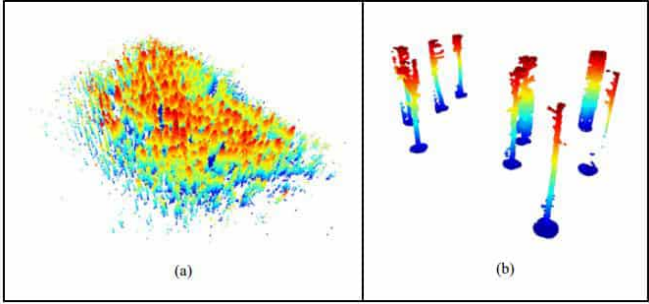
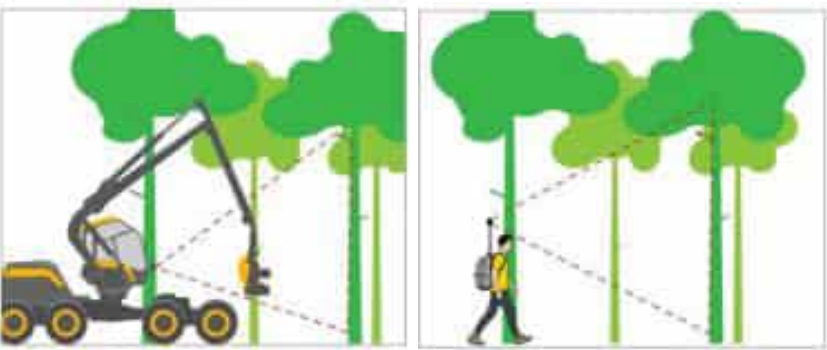
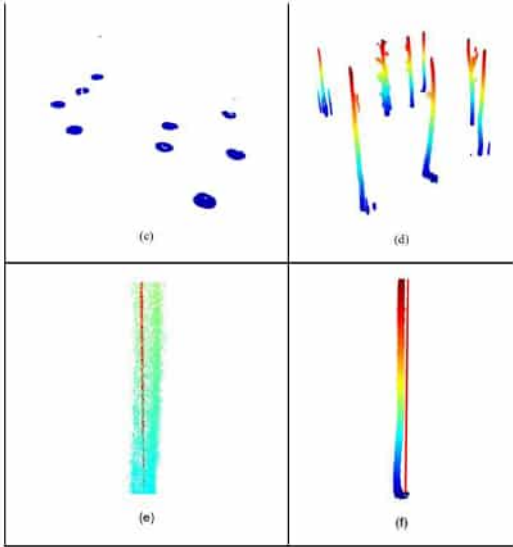


Figure 1. Location of the test area and forest stand. Geographical map of Finland showing the locations of the three study sites: Kyyjärvi, Karstula, and Kuopio. The experimental plots are numbered as follows: 1–11 in Kyyjärvi, 12–26 in Karstula, and 27–44 in Kuopio.

Menetelmät



Sagar et al. 2024



Aineiston keräys



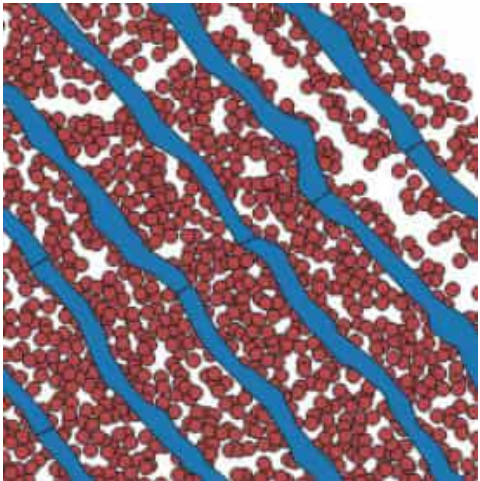
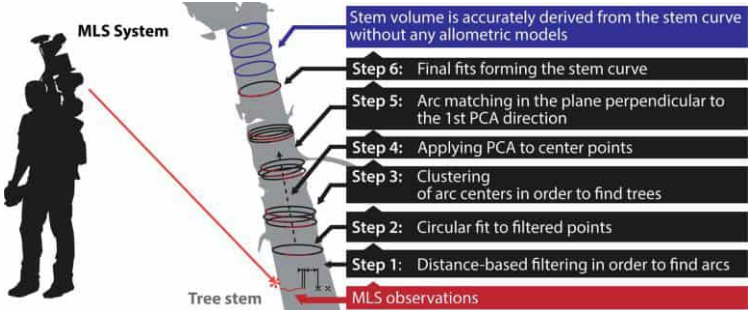
Puiden
automaattinen
tunnistus & raja'us



Puukartat
Puutunnukset
Visualisoinnit



Hyyppä et al. 2020





Korjuujäljen seuranta

Missä määrin MLS pystyy tuottamaan johdonmukaisia ja luotettavia mittauksia hakkuun laadun ominaisuuksista verrattuna perinteisiin arviointimenetelmiin?

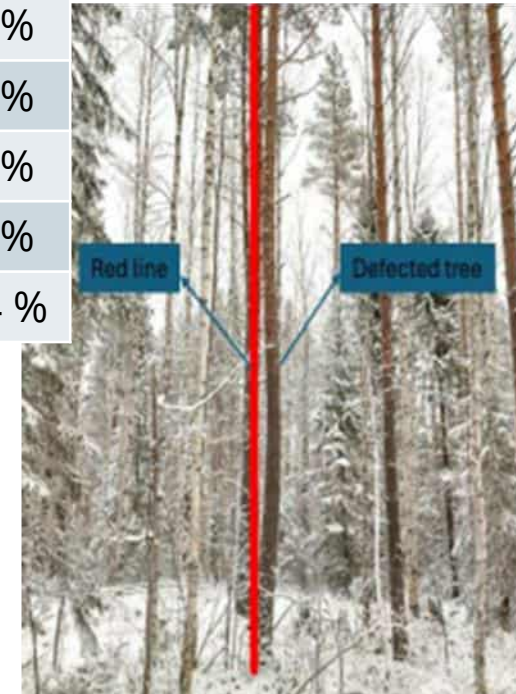
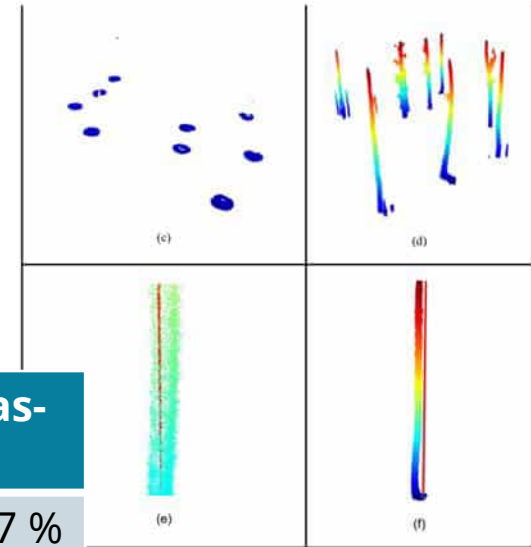




Korjuujäljen seuranta

- MLS menetelmänä riittävän tarkka
- RuLu-, ppa- ja lpm-estimaattien tarkkuus heikkeni rakenteeltaan vaihtelevissa metsissä ja nuorissa metsissä, joissa kuusia kasvoi välipuina.
- Menetelmien kehitystyö pistepilvipuukartta-aineistosta
- Mutkaisten ja lenkojen puiden tunnistus → 82 % tunnistusaste

Tunnus	RMSE-%	Bias-%
Runkoluku	19,9 %	-1,7 %
Pohjan pinta-ala	19,3 %	9,7 %
Valtapituus	5,5 %	0,5 %
Keskiläpimitta	13,9 %	8,9 %
Ajouran leveys	8,5 %	0,1 %
Ajouraväli	6,9 %	-3,4 %





Kuljettajan opastus

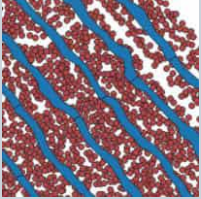
- Vaikuttaako Ponssen Thinning Density Assistantin (TDA) käyttö korjuujäljen laatuun?



Kuljettajan opastus: Case Ponssen Thinning Density Assistant



Edistynyt TDA-järjestelmä kerää ja visualisoi harvennustiheyden sekä ajouravälien tietoja metsätöiden aikana.



Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja korjuujäljessä

Muutamia poikkeuksia lukuunottamatta, sekä TDA että verrokkikoealat olivat hyvän metsanhoidon suositusten mukaisia (Leivo et al. 2023; Metsäkeskus 2023).

Vaurioprocentti oli alle 5 %



Harvennusintesiteetti oli hieman matalampi TDA koealoilla (45%) verrattuna verrokkikoealoihin (50%), kuten ennakkoleimaustutkimuksessa (Pohjala et al. 2024).



Johtopäätökset

- Mobiililaserkeilauksen avulla voidaan
 - mitata monimuotoisuusindikaattoreita, tunnistaa mutkaisia runkoja, estimoida korjuujäljen laadun tunnuksia (pl. korjuuvauriot). → Haasteena ovat pieniläpimittaiset kuusivaltaiset kuviot
 - Korjuujäljen ja puiden vikaisuuden tunnistus ovat tärkeä osa kuljettajan opastusjärjestelmiä
 - Korjuujälkitietoa voidaan kerätä moninkertaisesti kustannusten pienentyessä
 - Harvesterissa antureiden kestävyys ja ajouralta tapahtuva skannaus haasteena.



Kiitos!



Maa- ja metsätalousministeriö

uef.fi

