



**UNITE**  
FOREST-HUMAN-MACHINE INTERPLAY

# Metsätalouden ja -operaatioiden digitalisaatio – Teknologiasta sovellukseen

*Kalle Kärhä, Itä-Suomen yliopisto*

UNITE Studia Generalia "Digitalisoitua ja automatisoituva metsätalous" -webinaari



FOREST-HUMAN-MACHINE INTERPLAY

# Sisältö

- 1) Mistä on tehokas työ tehty?
- 2) Automaation tasot
- 3) Kuljettajaa avustavat/opastavat järjestelmät



*Kuva: Timo Melkas, Metsäteho Oy.*

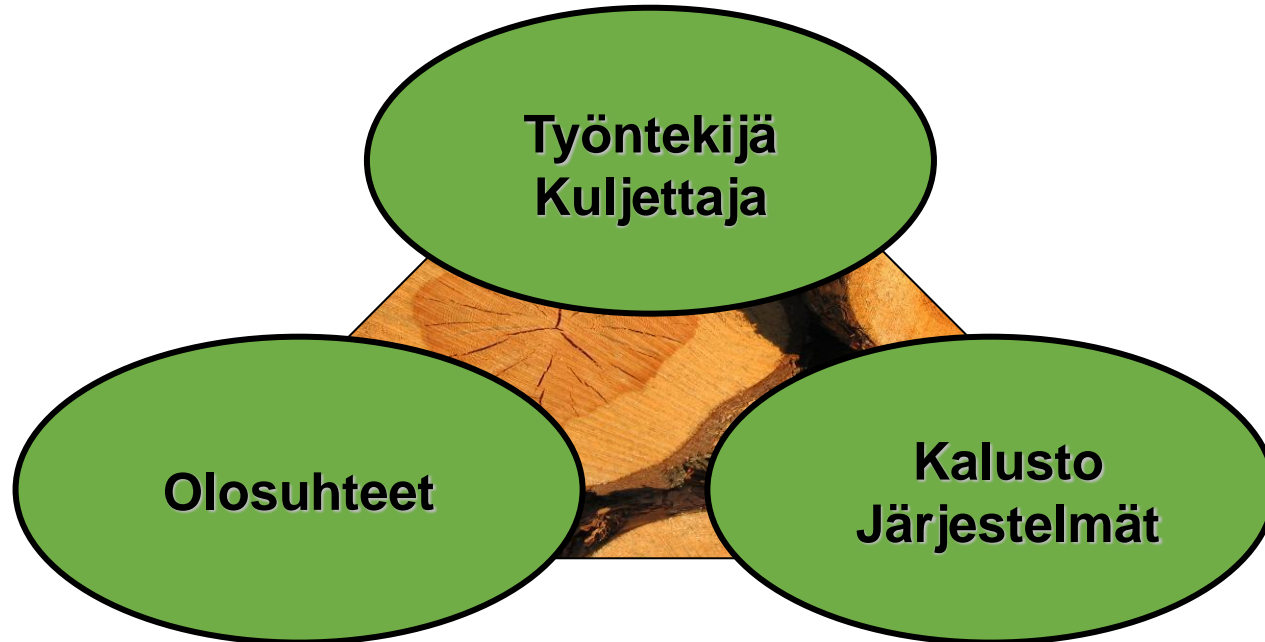


# 1) Mistä on tehokas työ tehty?

# Mistä on tehokas työ metsätalou- dessa ja -operaatioissa tehty?



# Mistä on tehokas työ metsätaloudessa ja -operaatioissa tehty?





## 2) Automaation tasot

# Tulevaisuuden puunkorjuutyö -visio



Piirros: Gösta Lindwall, Skogforsk.

# “Autonominen” hakkuukone (TFP) & “itseajava” metsäkone (XT28)



Kuva: <https://www.forestry.com/editorial/autonomous-machine-concept/>



Kuva: <https://www.kth.se/mmk/nyheter/de-sjalvkorande-skogsmaskinerna-ar-har-1.1035801>



# Ajamisen automaation tasoluokitus



Taso	Nimi	Määritelmä	Ohjaus, kiihdyttäminen & jarrutus	Ympäristön monitorointi	Dynaamisen ajamisen varasuorittaja
<b>Ihminen monitoroi ajoympäristöä</b>					
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaan varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	Ihminen	Ihminen	Ihminen
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Ihminen ja järjestelmä	Ihminen	Ihminen
2	Osittain automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamiseen ajotehtävän osa-alueista.	Järjestelmä	Ihminen	Ihminen
<b>Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä</b>					
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen hallinnon. Ihmisen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Järjestelmä	Järjestelmä	Ihminen
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaattiajojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä
5	Täysi automaatio	Kaikien kattava automaattiajojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa	Järjestelmä	Järjestelmä	Järjestelmä

Lähteet: Innamaa ym. 2015, SEA 2021.

# Volvon etäohjattava puukurottaja



Kuva: <https://www.autonomousvehicleinternational.com/news/testing/volvo-trials-remote-operation-of-forestry-equipment.html>

# Stora Enson AutoWood-hakerekka



*Kuva: Ahti Ullgren, Stora Enso.*



### 3) Kuljettajaa avustavat/opastavat järjestelmät

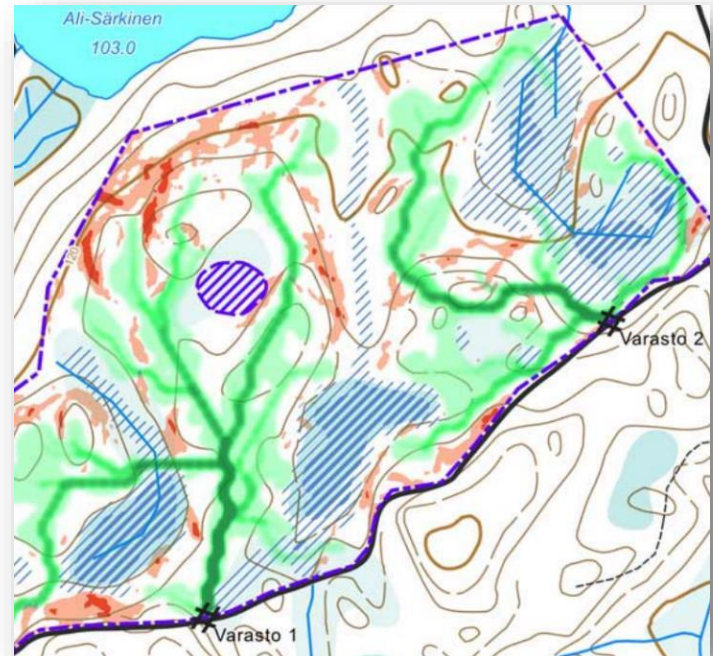




# Hakkuukoneen kuljettajan avustaminen



- Ajouraverkoston sijoittaminen
- Hakattavien / jäävien puiden valinta
- Harvennusvoimakkuuden hallinta

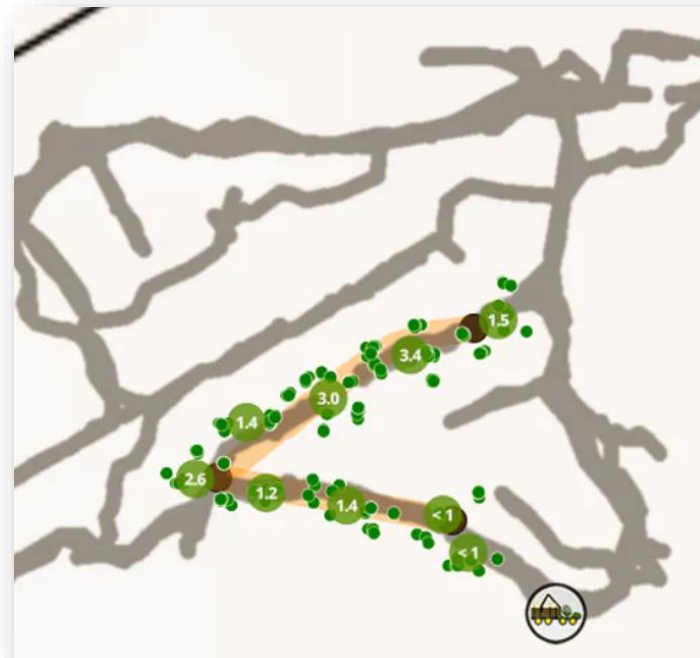


Kuva: Heikki Ovaskainen, Metsäteho Oy.

# Kuormatraktorin kuljettajan avustaminen



- Kasojen sijainti ajouranvarsilla korjuutyömaalla
- Heikosti kantavien maaston kohtien välttäminen
- Kuorman reitityksen optimointi



Kuva: John Deere Forestry Oy, Timbermatic Kartat.



# *Mikä hyöty, kun kuljettajalle annetaan ehdotus poistettavista puista?*



Ennakkoleimattu



Ennakkoleimaamaton

# *“Ennakkoleimaus” nosti hakkuun tuottavuutta 2,5 % ja harvennusvoimakkuus oli suositusten mukainen*



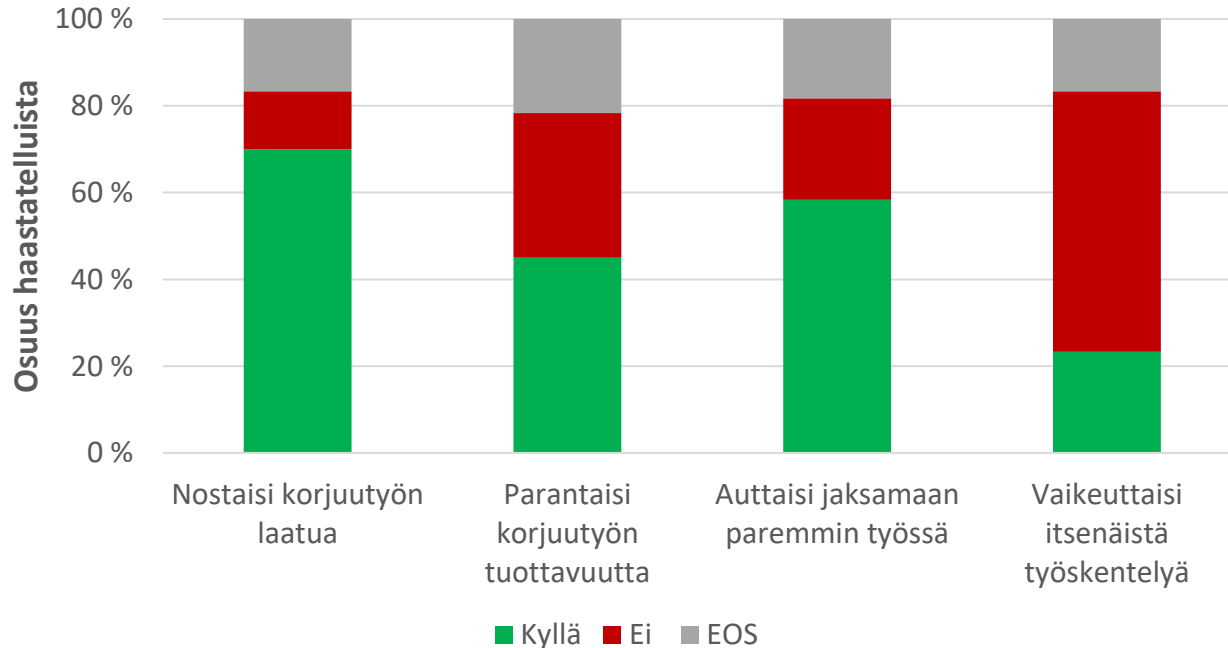
*“Ennakkoleimattu”*



*“Ennakkoleimaamaton”*

Lähde: Vahtila 2019.

# *Puuvalintaa opastavalla järjestelmällä positiivisia vaikutuksia harvennustyöhön*

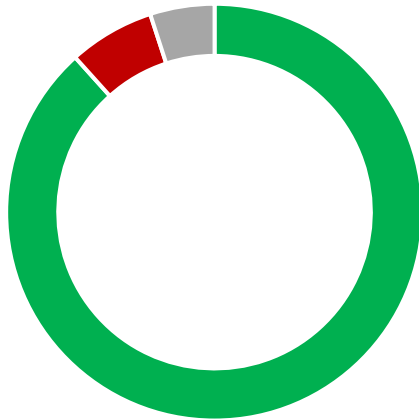


Lähteet: Ovaskainen ym. 2020, Kärhä ym. 2021.

# Hakkuukoneen kuljettajat odottavat avustavia järjestelmiä harvennuksille

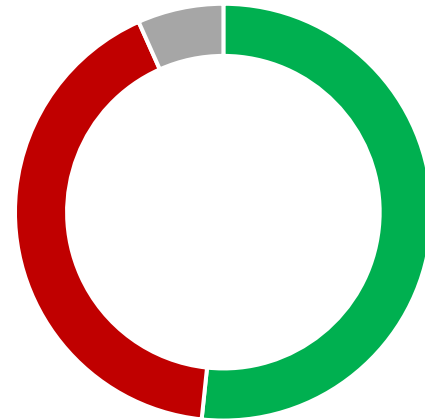


**1) Käyttäisitkö sovellusta, jolla voisi seurata harvennusvoimakkuutta?**



■ Kyllä ■ En ■ EOS

**2) Kokisitko puuvalinnan opastuksen hyödylliseksi?**



■ Kyllä ■ En ■ EOS

Lähteet: Ovaskainen ym. 2020, Kärhä ym. 2021.

# Korjuujälki



- Korjuujäljen **kattava todentaminen automaattisesti**:
  - Jäävän puuston määrä
  - Puustovauriot
  - Maastovauriot
  - Ajouran leveys
  - Ajouraväli ja ajouran määrä korjuutyömaalla
- Korjuujäljen **laaturaportti**



# Metsäluonnon monimuotoisuuden huomioiminen



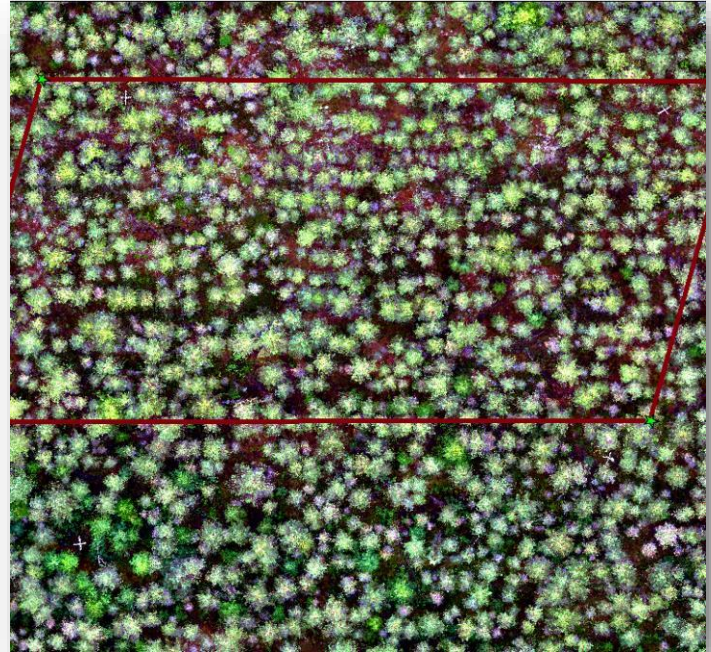
- Luonnon monimuotoisuuden huomioonin **kattava todentaminen automaattisesti:**
  - Metsälain 10 §:n erityisen tärkeät elinympäristöt
  - Vesistöjen ja pienvesien suojakaistavyöhykkeet
  - Tekopökkelöt
  - Säästöpuuryhmät
  - Pysty- ja maalahopuu
  - Riistatiheiköt
- Puunkorjuun **loppuraportti** (korjuujälki & metsäluonnon monimuotoisuuden huomioiminen)



# Puukartta



- Puukartan muodostaminen jäävästä puustosta
- Puiden **tarkat sijainnit**
- Puiden **ominaisuudet** (mm. puulaji, rinnankorkeusläpimitta, pituus, oksaisuus, kasvunopeus, elinvoimaisuus/terveys)
- Puukohtaiset hiililaskennat
- Tulevien hakkuiden ajoituksen optimointi



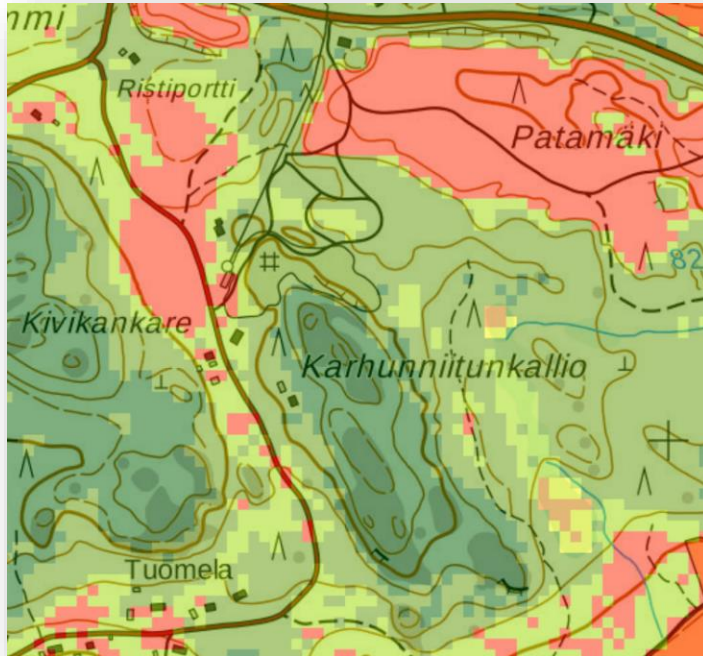
# Katkonnan ohjauksen tehostaminen



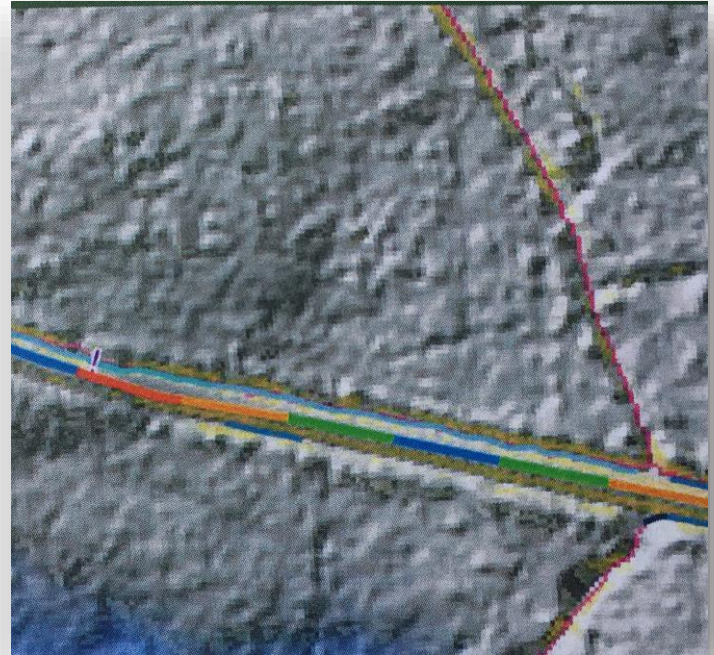
Kuvat: Petri Pyötsiä.



# Korjuu- ja kuljetuskelpoisuuden ennustaminen ja tiestön kunnostustarve



Kuva: Suomen metsäkeskus, Korjuukelpoisuuskartat.



Kuva: Arbonaut Oy.



# *Kiitos!*

kalle.karha@uef.fi



# Viitekirjallisuutta (1/2)



Hyyppä, J., Kelle, O., Lehikoinen, M. & Inkinen, M. 2001. A segmentation-based method to retrieve stem volume estimates from 3-D tree height models produced by laser scanners. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* 39(5): 969–975.

Inget, S. 2020. Hakkuukoneen kuljettajaa opastavien järjestelmien mahdollisuudet harvennushakkuilla. Bachelor's Thesis, Lapland University of Applied Sciences.

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. & Virtanen, A. 2015. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. *Trafin tutkimuksia* 1/2015.

Kasper, J. 2019. Kuljettajan puuvalintaa opastavan järjestelmän hyötypotentiaali harvennushakkuilla. Bachelor's Thesis, Karelia University of Applied Sciences.

Kärhä, K., Ovaskainen, H. & Palander, T. 2021. Decision-Making Among Harvester Operators in Tree Selection and Need for Advanced Harvester Operator Assistant Systems (AHOASs) on Thinning Sites. In: *Proceedings of COFE-FORMEC 2021 – Forest Engineering Family: Growing Forward Together, Joint Virtual Meeting (Corvallis, Oregon, USA), September 27-30, 2021*. 11 p.

Liang, X., Litkey, P., Hyyppä, J., Kaartinen, H., Vastaranta, M. & Holopainen, M. 2011. Automatic stem mapping using single-scan terrestrial laser scanning. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 50(2): 661–670.

Ovaskainen, H., Kärhä, K., Kasper, J., Inget, S. & Palander, T. 2020. Hakkuukoneen kuljettajien päätöksenteko ja kuljettaja-avustuksen tarve harvennuksilla. *Metsätehon tulosalvosarja* 7/2020.

# Viitekirjallisuutta (2/2)



SAE. 2021. Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Society of Automotive Engineers, Standard J3016\_202104.

Seppälä, P. 2020. Tavaralajimenetelmän metsäkoneiden automaation kehitysnäkymät. Metsätehon raportti 259.

Vahtila, M. 2019. Poistettavien puiden etukäteisvalinnan vaikutus hakkuun tuottavuuteen ja laatuun koneellisessa harvennushakkuussa. Master's Thesis, University of Helsinki.

Vahtila, M., Kärhä, K., Ovaskainen, H., Kankare, V., Melkas, T., Poikela, A., Kivinen, V.-P., Holopainen, M., Hyypä, J. & Hämäläinen, J. 2019. Estimating the potential of a tree-selection tutorial system for harvester operator in thinnings, In: Czupy, I. (Ed.) Exceeding the Vision: Forest Mechanization of the Future, Proceedings of the 52<sup>nd</sup> International Symposium on Forestry Mechanization, October 6–9, 2019, Sopron, Hungary/Forchtenstein, Austria, 197.

Vahtila, M., Kärhä, K., Ovaskainen, H. & Kankare, V. 2019. Poistettavien puiden ennakkoleimauksen vaikutus hakkuun tuottavuuteen ja laatuun koneellisessa harvennushakkuussa. Metsätehon tulosalvosarja 6/2019.

Ylimäki, R., Väätäinen, K., Lamminen, S., Sirén, M., Ala-Ilomäki, J., Ovaskainen, H. & Asikainen, A. 2012. Kuljettajaa opastavien järjestelmien tarve ja hyötypotentiaali koneellisessa puunkorjuussa. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 224.