



# Metsäteho

---

Uuden mittausmenetelmän kokeilu  
metsäkonetutkimuksessa

Esko Rytönen  
Työterveyslaitos

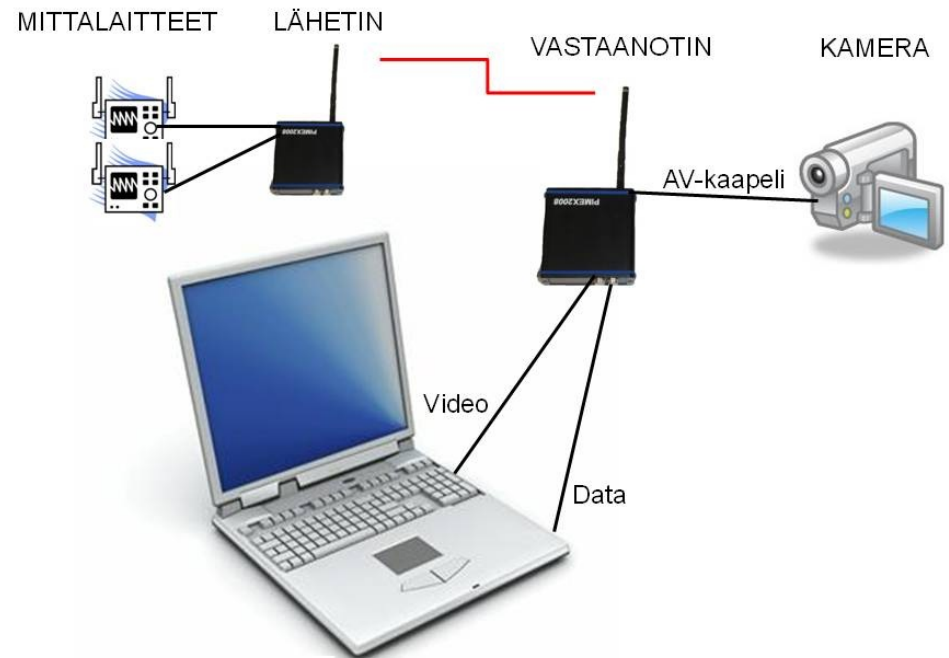
Metsätehon tulokalvosarja 12/2011

# Taustaa

- Liikkuvien kohteiden mittaustulosten yhdistäminen liikkeiden eri vaiheisiin on perinteisillä mittausmenetelmillä vaikeaa.
- Mittaustulosten havainnollistaminen visualisoinnilla helpottaa tulosten tulkintaa.
- PIMEX (Picture Mixed Exposure) mittaussysteemissä tallennetaan mittaustulokset reaaliajassa yhdessä mitattavan kohteen videokuvan kanssa ja näin saadaan erittäin havainnollinen visualisointi.
- PIMEX-menetelmää ovat kehittäneet professorit Gunnar Rosén ja Ing-Marie Andersson Ruotsissa vuodesta 1985.
- Menetelmää on sovellettu menestyksellä muun muassa ilman epäpuhtauksien mittauksissa, esimerkki:  
<http://www.youtube.com/watch?v=YT3JGvJAKrc>

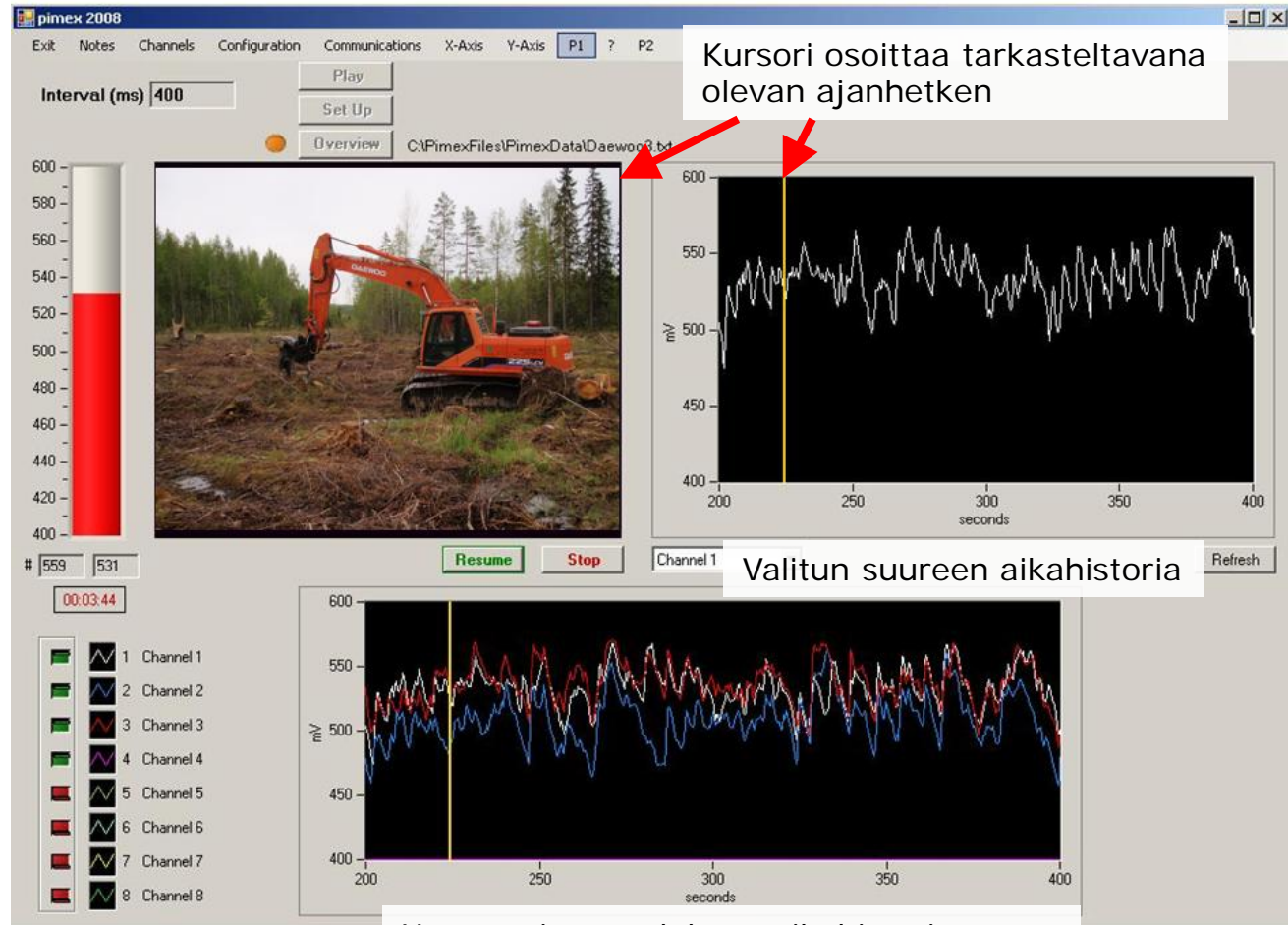
# PIMEX-järjestelmän periaate

- 8-kanavainen langaton järjestelmä mahdollistaa useiden suureiden samanaikaisen rekisteröinnin.
- Mittaussignaalin tulee olla tasajännite välillä 0–5 V.
- Mittaustulokset tallennetaan yhdessä videokuvan kanssa tietokoneen muistiin 400 ms välein.
- Tuloksista voidaan tarvittaessa tehdä jälkikäteen lisäanalyyskejä.



# Mittaustulosten esitys videokuvan rinnalla

Valitun suureen hetkellinen arvo pylväänä



Kursori osoittaa tarkasteltavana olevan ajanhetken

Valitun suureen aikahistoria

Usean mittauksen aikahistoria

# Kokeilun tavoite: PIMEX-menetelmän soveltuvuus metsäenergian korjuun olosuhdemittauksiin

- Työterveyslaitoksen Kuopion alueyksikössä kokeiltiin kaupallisen Pimex-järjestelmän soveltuvuutta metsäkoneiden tärinä- ja melututkimuksiin toukokuussa 2011.
- Kohteina oli kaksi hakkuria ja kaksi kannonnostokonetta.



**Hakkurit**  
JENZ HEM 560  
Volvo FH 12  
ensiharvennuspuu



**Kannonnostajat**  
Volvo EC 210 CL  
Kareliatech X-TEHO  
kuusenkantoja



Heinola TT-1310  
Sisu 18 E 630  
ensiharvennuspuu



Daewoo 225  
STEELPA koura  
kuusenkantoja  
tuulituhoalueella

# Mittauslaitteet

## Ohjaamossa



Melumittari, värinäanturi,  
värinämittari ja datalähetin

## Ohjaamon ulkopuolella



Videokamera, datavastaanotin  
ja kannettava tietokone,  
jossa ohjelmisto

# Mittaukset kentällä



Mittalaitteet ja lähetin ohjaamossa

Vastaanotin ja tietokone  
kantolaitteessa

Videokamera jalustalla

# Istuimen värinän mittaustulokset

Kone ja mittausaika	Värinän painotettu kiihtyvyyden [m/s <sup>2</sup> ] eri suunnissa Vaihteluväli ja suluissa keskiarvo		
	pitkittäissuunta	poikittäissuunta	pystysuunta
Hakkuri 1 44 min	0,03–0,25 (0,15)	0,03–0,12 (0,11)	0,07–0,23 (0,12)
Hakkuri 2 15 min	0,05–1,0 (0,45)	0,05–0,23 (0,13)	0,06–0,6 (0,32)
Kannonnostaja 1 54 min	0,07–0,6 (0,25)	0,07–0,5 (0,19)	0,07–0,4 (0,18)
Kannonnostaja 2 52 min	0,07–0,9 (0,37)	0,05–0,5 (0,23)	0,07–0,8 (0,31)

Vaihteluväli on analysoitu videoilta.

Keskiarvo saatiin mittaamalla videoinnin aikana kuljettajan istuimen värinä standardin ISO 2631-1 mukaisesti värinämittarilla.

Aineiston pienuuden vuoksi tulokset ovat vain suuntaa antavia.

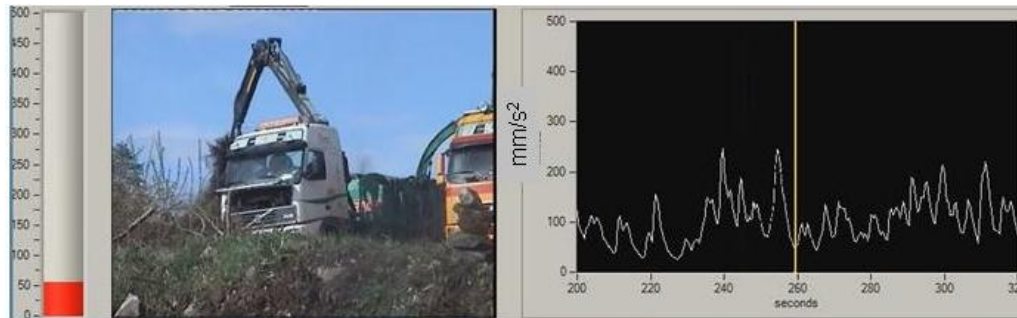
# Ohjaamomelun mittaustulokset

Kone	Melutaso [dB(A)]	Aikavakio
Hakkuri 1	65-70	Fast
Hakkuri 2	71-76	Fast
Kannonnostaja 1	70-90	Fast
Kannonnostaja 2	72-78	Slow

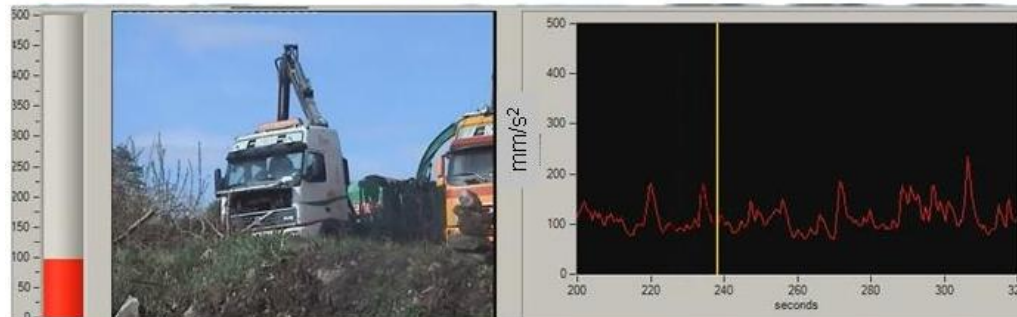
Aineiston pienuuden vuoksi tulokset ovat vain suuntaa antavia.

# Esimerkkejä videoista 1 (4)

## Hakkuri 1, istuimen värinä ja ohjaamomelu



Pitkittäissuuntainen värinä

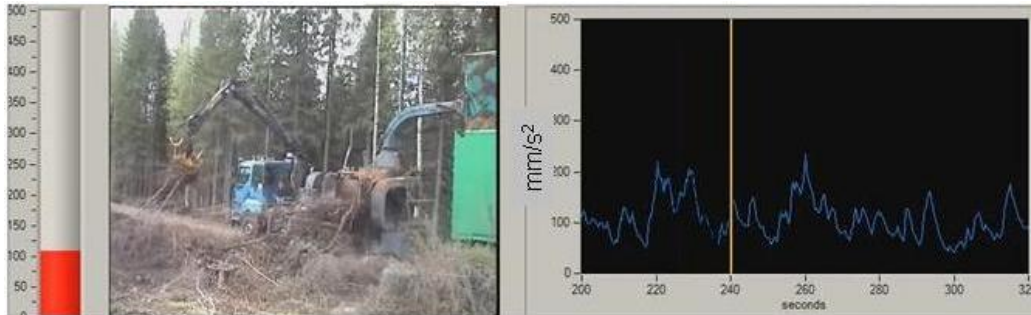


Pystysuuntainen värinä

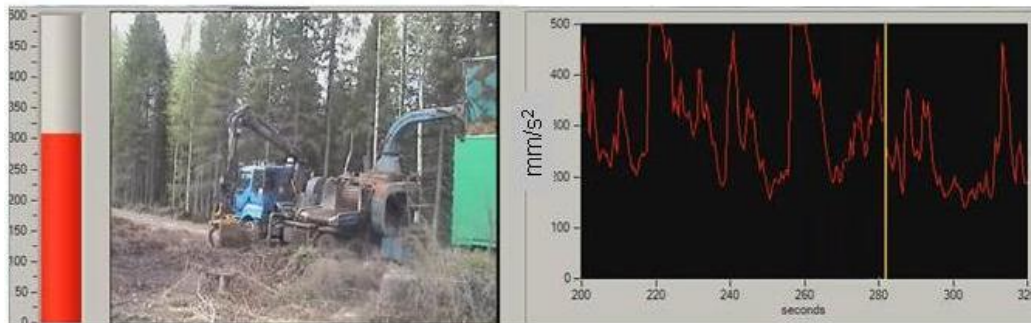


Melu, fast-aikavakio

## Esimerkkejä videoista 2(4) Hakkuri 2, istuimen värinä ja ohjaamomelu



Poikittaissuuntainen värinä



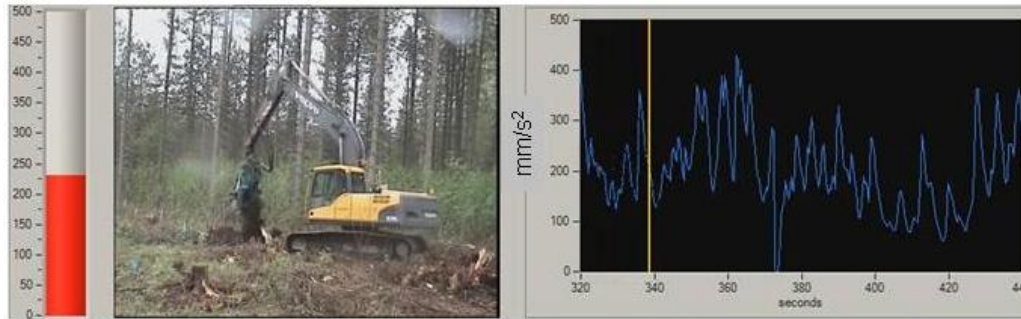
Pystysuuntainen värinä



Melu, fast-aikavakio

# Esimerkkejä videoista 3(4)

## Kannonnostaja 1, istuimen värinä ja ohjaamomelu



Poikittaissuuntainen värinä

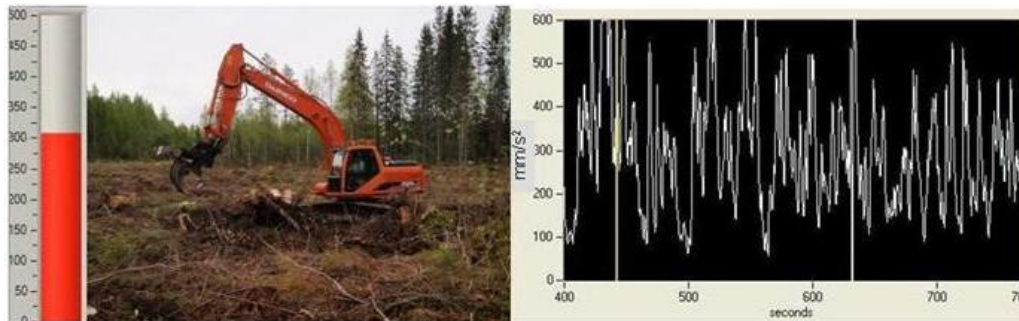


Pystysuuntainen värinä

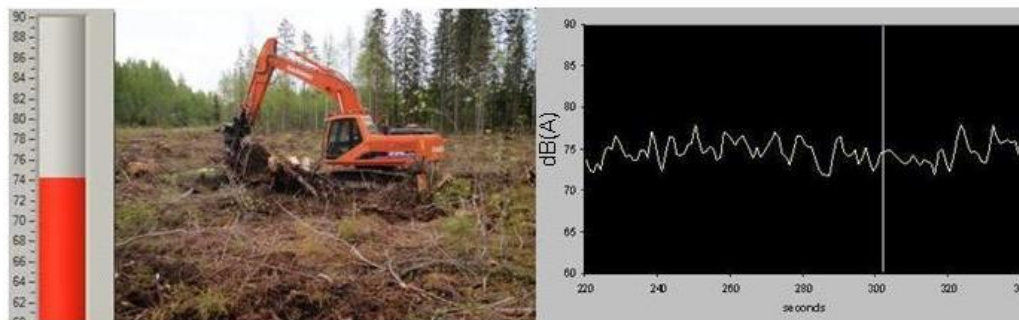


Melu, fast-aikavakio

## Esimerkkejä videoista 4(4) Kannonnostaja 2, istuimen värinä ja ohjaamomelu



Pitkittäissuuntainen värinä



Melu, slow-aikavakio

## Tulosten arviointia

- PIMEX-menetelmällä oli helppo määrittää työvaiheet, joissa esiintyi tärinä- tai meluhuippuja, esimerkiksi kannonnostajassa 1 (yksiotekantoharvesteri) puomin liikuttelu aiheutti enemmän istuimen tärinää kuin ravistustoiminto.
- Istuimen tärinän vaihtelu oli eri suunnissa erilaista; esimerkiksi pitkittäissuunnan tärinähuiput esiintyvät eri aikana kuin pystysuunnan huiput.
- Ohjaamon melu oli hakkureissa tasaisempaa kuin kannonnostajissa.
- Kannonnostajien melun mitattu vaihteluväli oli erilainen (20 dB ja 6 dB), mikä aiheutui todennäköisesti aikavakioiden erilaisuudesta (fast ja slow).

# Yhteenvedo

- PIMEX-menetelmä sopii hyvin metsäkoneiden tutkimiseen
  - täydentää muita menetelmiä
  - visualisointi antaa havainnollista tietoa vaihtelevista mittaussuureista.
- Mitattavia kohteita voivat olla esimerkiksi:
  - kuljettajan kuormittuminen (esim. syke, lihaskuormitus)
  - ohjaamon olosuhteet (esim. melu, pöly, värinä, lämpöolot)
  - koneen toimintaa kuvaavat suureet (esim. kierrosnopeus, ajonopeus, polttoaineen kulutus).
- Menetelmän hyödyntämismahdollisuuksia on lukuisia
  - tutkimuksessa, tuotekehityksessä
  - koulutuksessa, työnopastuksessa.
- Jatkokehittämissä huomioitava muun muassa
  - akkujen kapasiteetti
  - mitattavien signaalien muokkaus järjestelmään sopivaksi
  - kenttäkelpoisten mittalaitteiden ja anturien löytäminen.

# Kiitokset

**Högskolan Dalarna:**

Ann Hedlund

Gunnar Rosen

Ing-Marie Andersson

**Koneyrittäjät ja kuljettajat:**

Pohjois-Savon Koneyrittäjät/Matti Hartikainen

Teemu Rissanen

Markku Väisänen

Jouko Pirinen

Markku Kukkonen

Jari Sauvula

Henri Karhu

Seppo Solonen