

# PUUTAVARA-AUTOJEN POLTTOAINEEN KULUTUS

- **Projektiryhmä**
  - Jouni Väkevä, Olavi Pennanen ja Jouko Örn
- **Rahoittajat**
  - Metsähallitus, Metsäteollisuus ry, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy, Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y. ja Liikenne- ja viestintäministeriö
- **Kumppanit**
  - Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Tekniikka ja liikenne: logistiikan lehtori *Mikko Keskinen*; insinööriopiskelijat: *Pasi Sauna-aho, Erno Lehtinen, Janne Herukka, Timo Nisula ja Henri Vuolle*
  - EC-Tools Oy: *Matti Liedes*
  - Tiehallinto: *Olavi Koskinen*
  - Vemosim Oy: *Jussi Sauna-aho ja Pasi Sauna-aho*

# Projektin tavoitteet ja raportit

- **Tavoitteet**

- **Selvittää polttoaineen kulutuksen tasoa ja siihen vaikuttavia tekijöitä.**
- **Kokeilla ja kehittää polttoaineenkulutuksen mittausmenetelmiä.**
- **Kokeilla simuloinnin käyttökelpoisuutta polttoaineen kulutuksen ja päästöjen määrittämisessä.**

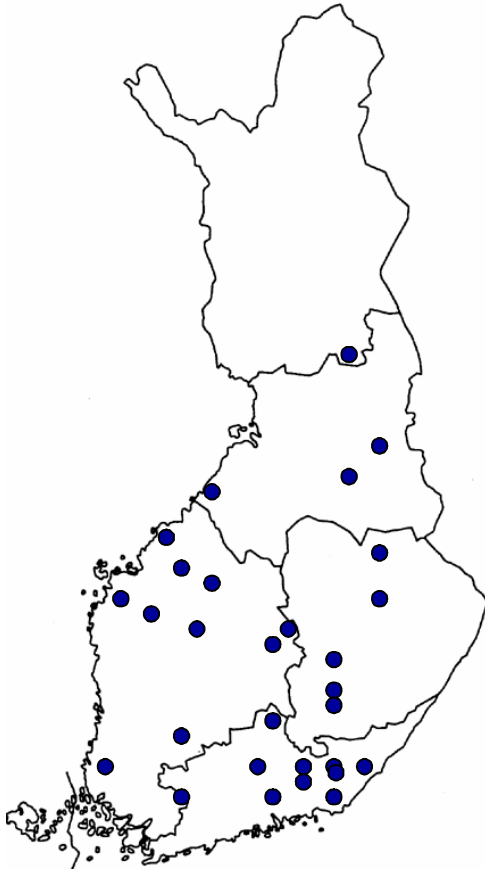
**Tavoitteisiin pyrittiin kolmella osatutkimuksella:**

**A. Kyselytutkimus, B. Kulutusmittaukset, ja C. Simuloinnit.**

- **Raportit**

- **Puutavara-autojen polttoaineen kulutus**  
Metsätehon raportti nro 166, 9.1.2004
- **Puunkuljetuksen kulutusseuranta,**  
loppuraportti, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 6.8.2003
- **Raakapuukuljetusten energiakulutuksen ja päästöjen määrittäminen ajoneuvosimulaattori Vemosimilla,**  
opinnäytetyö, Pasi Sauna-aho, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, toukokuu 2003

# A. Kyselytutkimus: menetelmät ja aineisto

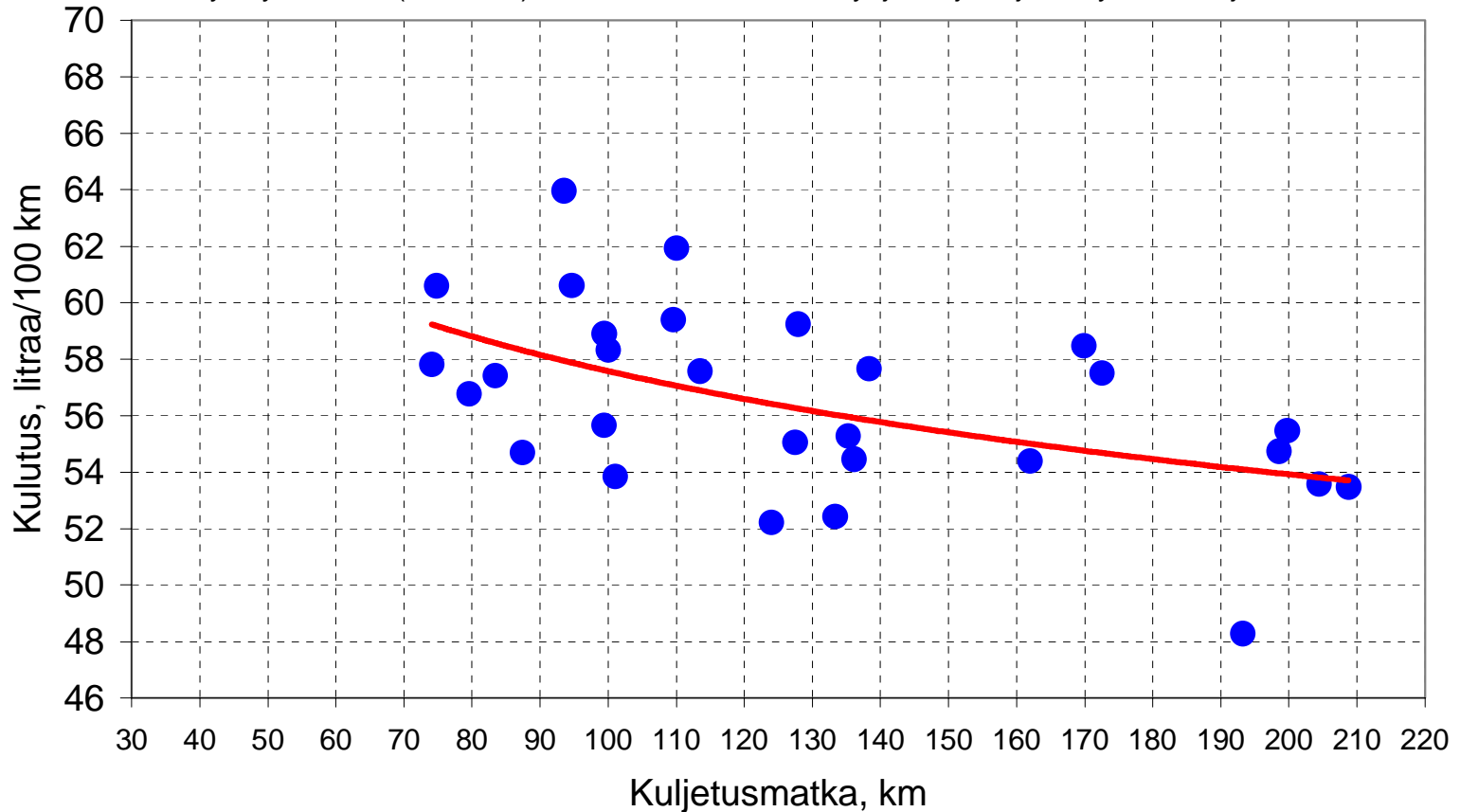


- **Aineiston tunnuslukuja**
  - Vastauksia 31 autosta eri puolilta Suomea (kts. kartta).
  - Kulutustietoja yhteensä 249 kk ajalta, jolloin ajettiin 3,4 milj.km ja polttoainetta kului 2,0 milj. litraa.
  - Kuormia 16 500, keskimatka 129 km, tyhjänäajoa keskimäärin 38 %.
  
- **Aineiston korjaukset**
  - Kulutukset muunnettiin 50 %:n tyhjänäajolle.
  - Alle 12 kk jaksolta kertyneeseen kulutukseen tehtiin kausikorjaus.

# A. Kyselytutkimus: tulokset

## KULUTUS KESKIMATKAN MUKAAN

Kyselytutkimus (29 autoa), tulokset oikaistu 50 % tyhjänäajolle ja tehty kausikorjaus



● = auton keskipolttokulutus ja -kuljetusmatka

— = keskimääräinen kulutus koko aineistossa

## B. Kulutusmittaukset: menetelmät ja aineisto

- **Menetelmät**

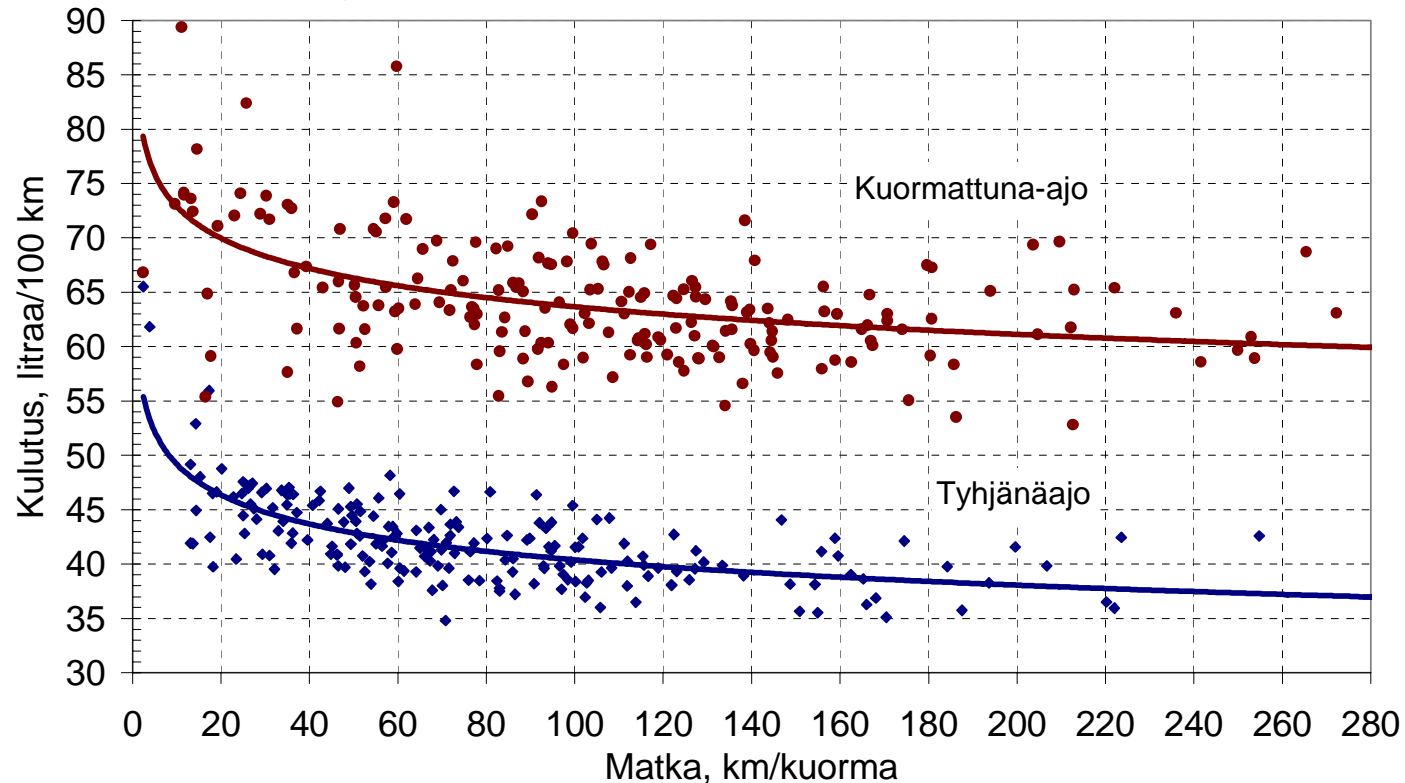
- Tiedonkeruu SkalNet –laitteistolla Keski-Suomen alueelta 23.8.2002 – 30.6.2003.
- Tutkimusauto: Sisu E14M-530, vm. 1999, moottori 14 litran Cummins (euro2).
- Autosta kerätyt tiedot yhdistettiin kuormatietoihin ja laskettiin ns. ”päivän keskikuormalle” keskikulutus ja keskimääräinen ajomatka kuormattuna ja tyhjänä.

- **Aineiston tunnuslukuja**

- Ajomatka yhteensä 97 000 km ja polttoaineen kulutus kuormattuna- ja tyhjänäajossa yhteensä 52 150 litraa → *keskikulutus 53,8 litraa/100 km.*
- Kuormia yhteensä 527 kpl, joiden kuormaukseen, purkamiseen ja muihin pysähdyksiin kului polttoainetta 4 111 litraa → *keskimäärin 7,8 litraa/kuorma.*

## B. Kulutusmittaukset: tulokset

### 1. Kuormattuna- ja tyhjänäajolle laadittiin seuraavat kulutusfunktiot:



### 2. Lisäksi kuormaukseen, purkamiseen ja muihin pysähdyksiin kului polttoainetta keskimäärin 7,8 litraa/kuorma

## C. Simulointi: tutkimusmenetelmät

- **Mittausten ja simuloinnin vertailu**
  - **Mittaukset: SkalNet –laitteisto**
  - **Simuloinnit: VEMOSIM**
  - **Auto: Sisu E14M-530, vm. 1999, Cummins moottori (euro2)**
  - **Testiajo kuormattuna: VT 9 Jämsä – Jyväskylä, 56 km (26.9.2002)**
  - **Tien pystygeometria määritettiin Tiehallinnon tierekisteritietojen avulla.**
- **Muut kulutus- ja päästösimuloinnit:**
  - **Simuloimalla lasketut päästölajit: NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, PM ja HC**
  - **Vaikuttavien tekijöiden tarkastelu mm: tavoitenopeus, ajoneuvon massa, vetopyörästön välitysuhde ja vaihteiden vaihtostrategia.**
  - **Simulointeja metsätiellä ajosta tehtiin Kekomäki – Uimaharju tietiedoilla.**

## C. Simulointi: tulokset 1/2

	Keski-Suomi Jämsä– Jyväskylä	Itä-Suomi Kekomäki - Uimaharju	
	Päätie	Metsä- autotie	Metsäautotie + päätie
Ajomatka, km	56,3	1,0	98,8
Keskinopeus, km/h	75,7	20,5	64,2
Polttoaineen kulutus, l/100km	58,9	116,3	61,3
CO <sub>2</sub> , g/km	1 789	3 400	1 800
NO <sub>x</sub> , g/km	22,3	50,5	25,0

**Metsätiellä kulutus ja päästöt noin kaksinkertaisia verrattuna päätiehen.**



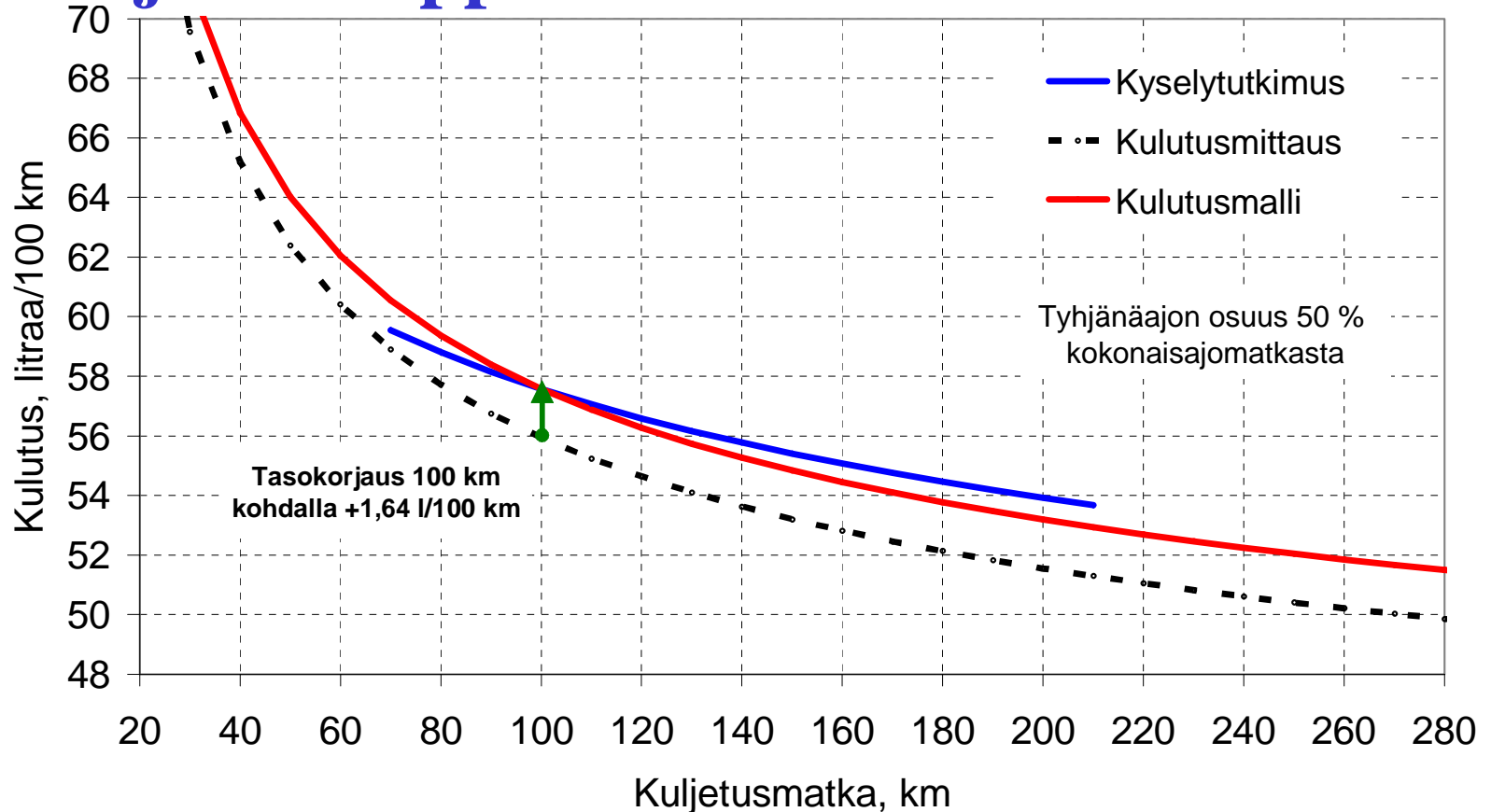
## C. Simulointi: tulokset 2/2

- **Simuloinnin käyttökelpoisuus kulutuksen ja päästöjen määrittämisessä:**
  - **Mittauksilla ja simuloinnilla päädyttiin samaan ajonopeuteen ja kulutukseen testiajoreitillä.**
  - **Toistaiseksi kustannustehokkain menetelmä laskea päästöt.**
  - **Hyvä työkalu kulutukseen ja päästöihin vaikuttavien tekijöiden tarkasteluun.**
  - **Jatkossa tarvitaan uusia menetelmiä tien pystygeometrian määrittämiseen.**
  - **Uudesta autokalustosta tarvitaan moottorikarttoja.**

# Keskikulutukseen vaikuttavia tekijöitä

- **Kuormattuna- ja tyhjänäajon suhde:** tyhjänäajon vähentäminen nostaa keskikulutusta ( $l/100\text{ km}$ ), mutta pienentää kokonaiskulutusta ja yksikkökulutusta ( $l/m^3$ ).
- **Keskimatka:** lyhyellä matkalla keskikulusta nostaa terminaalivaiheiden kulutuksen (*litraa/kuorma*) suhteellisen osuuden nousu kokonaiskulutuksesta.
- **Kuorman koko:** yksi lisätonni nostaa keskikulutusta 0,6 litraa/100 km, mutta pienentää yksikkökulutusta ( $l/m^3$ ).
- **Kuljetusten suunnittelu:** kulutusta nostavat mm. nosturin kuljettaminen, pienten erien keräily, purkaminen omalla nosturilla ja pysähdykset ajon aikana.
- **Tietyyppi:** kulutus nousee alempiasteisilla, huonolaatuisilla ja –kuntoisilla ja mäkisillä teillä (*metsätiellä kulutus ja päästöt olivat noin kaksinkertaiset päätiellä ajoon verrattuna*).
- **Vuodenaika:** talven huippukulutus oli 12 % korkeampi verrattuna kesään.
- **Kaluston mitoitus:** moottorin ja voimansiirtolinjan valinta ja kaluston keveys.
- **Taloudellinen ajotapa:** tavoitenopeuden valinnalla ja vaihteiden vaihtostrategialla merkittävä vaikutus.
- **Muita tekijöitä:** kaluston huolto, kesä- ja talvilaadun oikea-aikainen käyttö, korkealuokkaiset voiteluaineet.

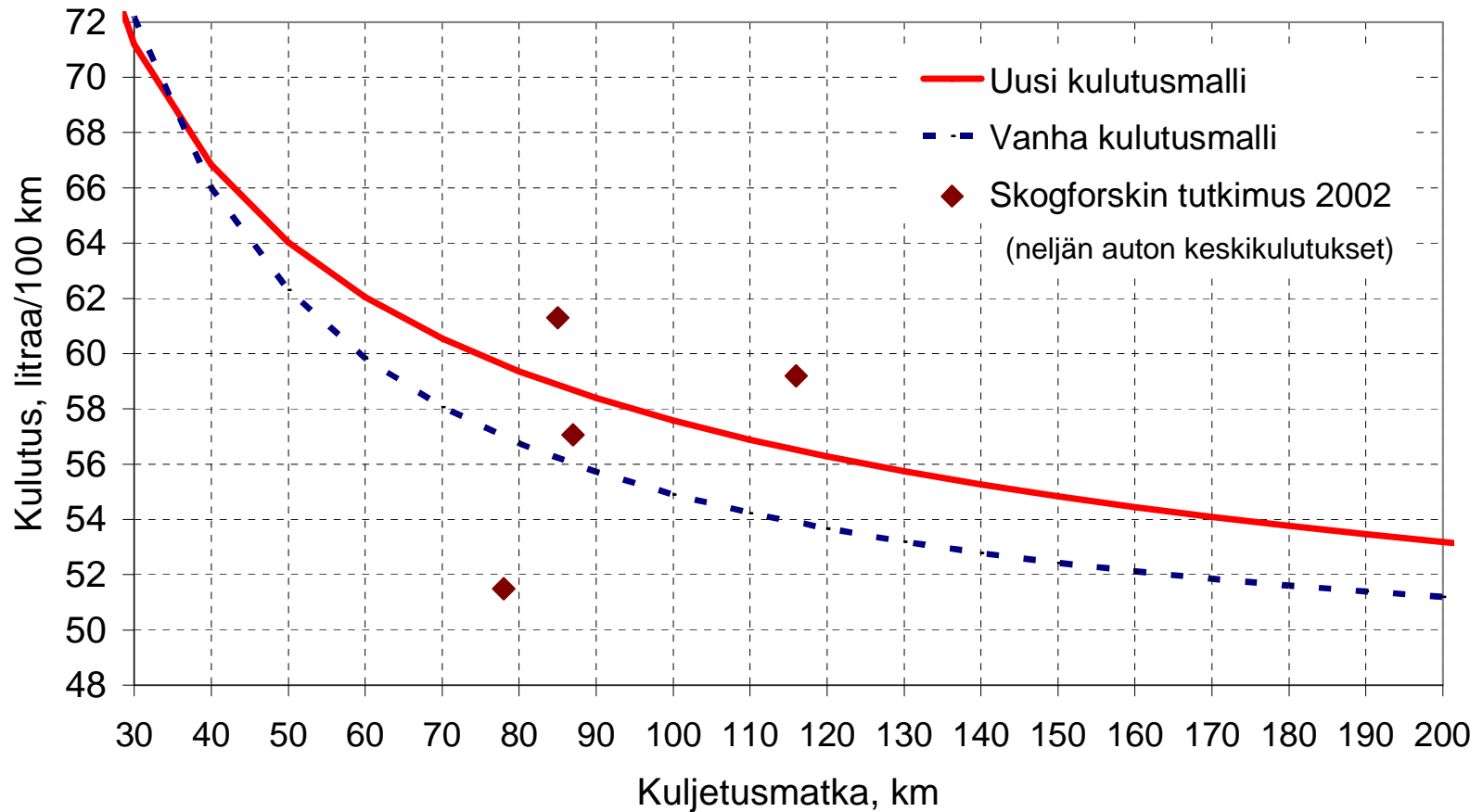
# Projektin lopputuloksena uusi kulutusmalli



- Kulutusmallin *rakenne* perustuu kulutusmittauksiin ja *taso* kyselytutkimukseen.
- Malli koostuu kuormattuna- ja tyhjääajon ja terminaalivaiheiden kuluksesta.

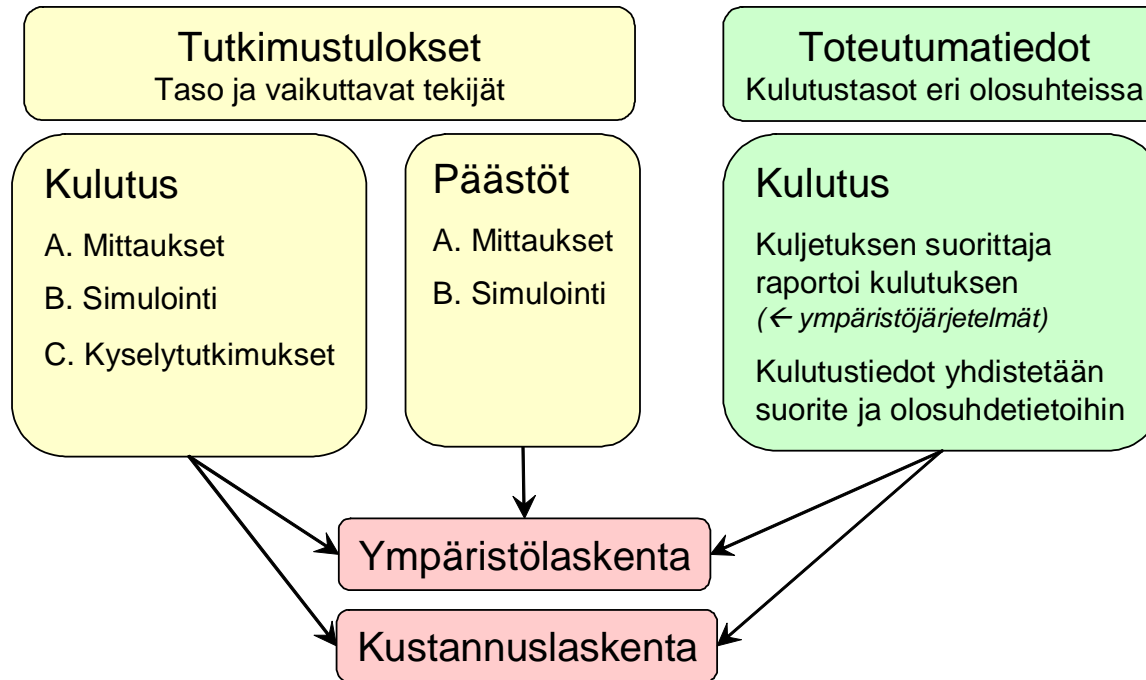
# Vertailu muihin tuloksiin

Tyhjääajon osuus vertailussa on 50 % kokonaisajomatkasta



Uuden ja vanhan kulutusmallin ero esim. 100 km matkalla +4,9 %

# Jatkotutkimukset



- Tutkimustietoa kulutuksesta tarvitaan kustannustehokkuuden parantamiseksi (polttoaineen säästäminen) ja ympäristölaskennan tarpeisiin (kulutus ja päästöt).
- Uudet mittaustekniikat mahdollistavat laajempien ja tarkempien aineistojen keruun.
- Kulutustietoja tarvitaan kuljetusten suorittajilta, jos ympäristöraportointia edellytetään kaikilta puunhankintaketjun toimijoilta.