



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för skogens  
biomaterial och teknologi

# Effects of harvested tree size and density of undergrowth on the operational efficiency of a bundle-harvester system in early fuel wood thinnings

Dan Bergström (SLU), Fulvio Di Fulvio (IIASA), Yrjö Nuutinen (Luke)

Department of Forest Biomaterials and  
Technology, SLU

[dan.bergstrom@slu.se](mailto:dan.bergstrom@slu.se)



**Energimyndigheten**



**inFRes**



## ***Demand for biomasses for biorefining will rise....***

**-Use of bundle-harvesting systems for young dense thinnings could significantly reduce supply costs for small diameter trees (Bergström & Di Fulvio 2014, SJFR)....**

**-A 3<sup>rd</sup> version of the Fixteri bundle-harvester has shown increases in efficiency of 90-160%. Bundles increases forwarders' and trucks' payloads by ca 50% (Björheden & Nuutinen 2014, Skogforsk report...).**

**-System's productivity has not been extensively studied in stands < 30 dm<sup>3</sup>, in which there may be significant proportions of disturbing under-growth trees (cf. Kärhä 2006 For. Stud.).**

# Objectives

- The objective of the study presented here was to evaluate effects of:
  - a) harvested tree size***
  - b) and density of undergrowth***

on the operational efficiency of the third prototype of the bundle-harvester in early fuel wood thinnings.

# Study design

- Scots pine dominated stands (by volume)
- 26 harvesting units where inventoried
- Time studies
- Measures of:
  - bundle mass
  - MC
  - Thinning quality etc...
- Analysis of time consumption, productivity....

# Stand characteristics

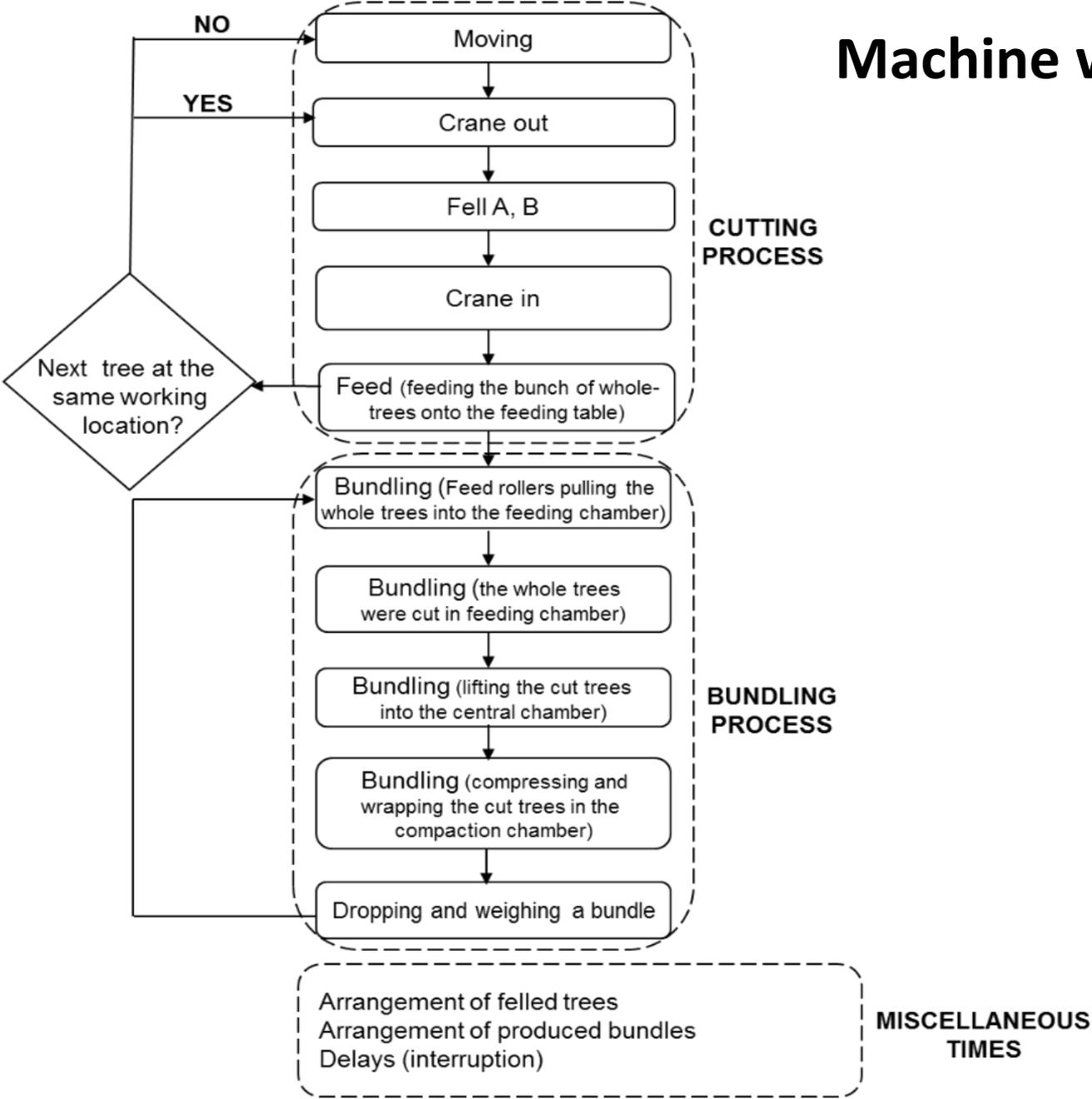
	DBH basal	Stem volume	Density	Height	Tot volume	Density trees <2.5 cm
<i>Stats</i>	(cm)	(dm <sup>3</sup> )	(trees/ha)	(m)	(m <sup>3</sup> /ha)	(n/ha)
Mean	8.0	26.5	5406	8.2	189.2	4523
Min	<b>6.3</b>	<b>15.0</b>	<b>2765</b>	<b>7.0</b>	<b>124.0</b>	<b>134</b>
Max	<b>9.9</b>	<b>43.0</b>	<b>9302</b>	<b>9.7</b>	<b>302.0</b>	<b>11951</b>
Median	8.0	24.5	5200	8.1	173.5	3648
SD	1.0	8.1	1583	0.7	48.7	3509

## ***The bundle-harvester system***



- **8-wheeled Logman 811FC harwarder (Logman, Oy)**
- **Logfit FT100 crane (Logfit AB), rotating cabin with endless turning.**
- **Nisula 280E+ (Nisula Forest Oy) accumulating felling, cutting diam. 28 cm.**
- **Fixteri FX15a bundleing unit (mass ca. 6,500 kg, width 240 cm, length 410 cm, height 280 cm; [www.fixteri.fi](http://www.fixteri.fi)).**

# Machine work sequence



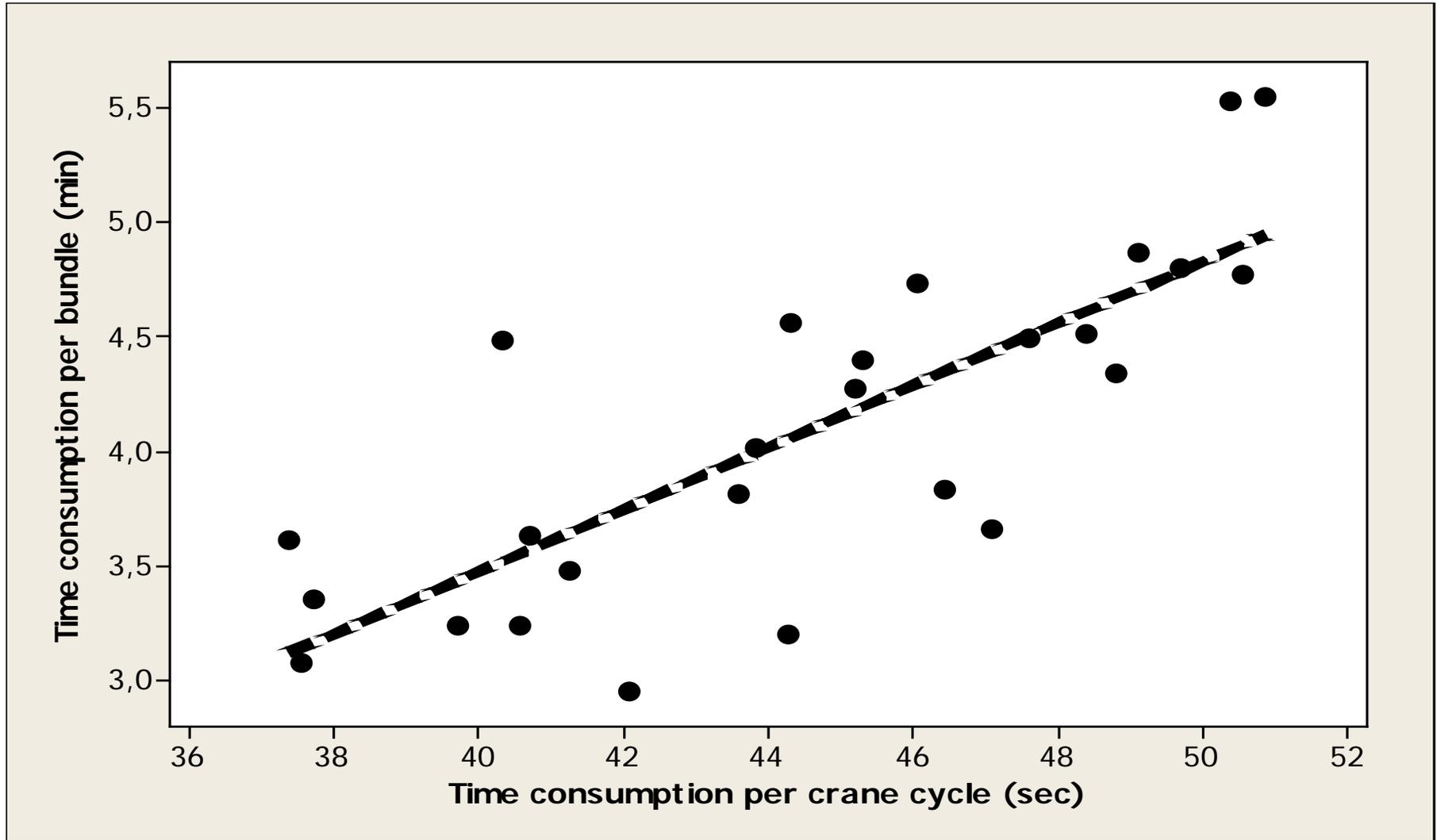
**A bundle**  
**2.6m length**  
**60-70 cm diam.**  
**0.45-0.5 m<sup>3</sup>**



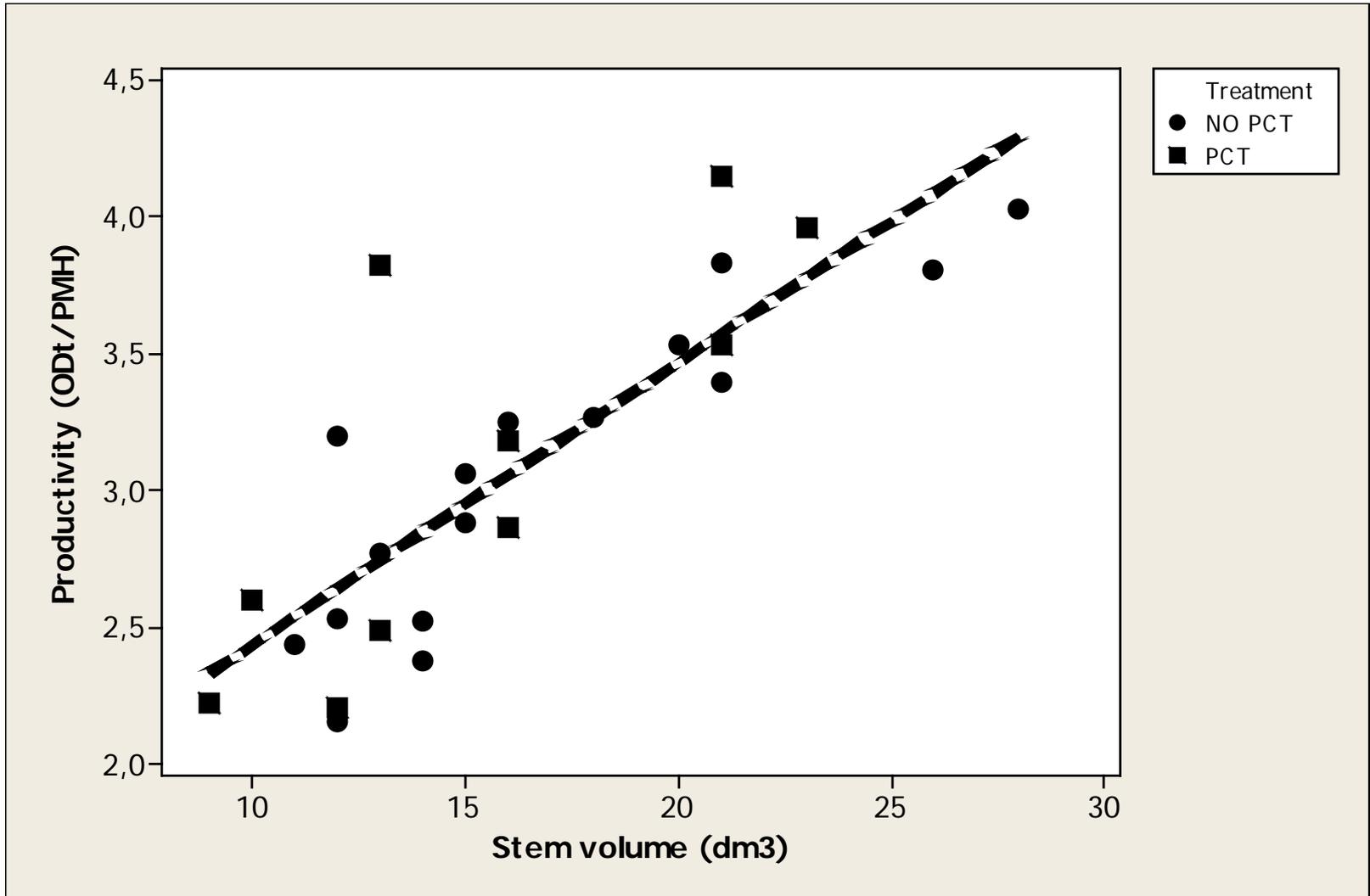
# Results: Work-efficiency >> no differences between treatments!

	Stats			
Work element	Mean (sec/tree)	SD	(%)	P-value
Move	0.8	0.2	7.4	<b>0.661</b>
Fell	5.8	0.5	51.6	<b>0.229</b>
Crut	1.5	0.4	13.2	<b>0.902</b>
Crin	2.1	0.6	18.6	<b>0.792</b>
Artr	0.1	0.1	1.1	<b>0.901</b>
Arbu	<0.1	0.1	0.2	<b>0.240</b>
Bundle	0.5	0.3	4.5	<b>0.848</b>
Drop	0.3	0.1	2.9	<b>0.660</b>
Other	0.1	0.1	0.4	<b>0.658</b>
Total	11.2	2.0	100	<b>0.864</b>

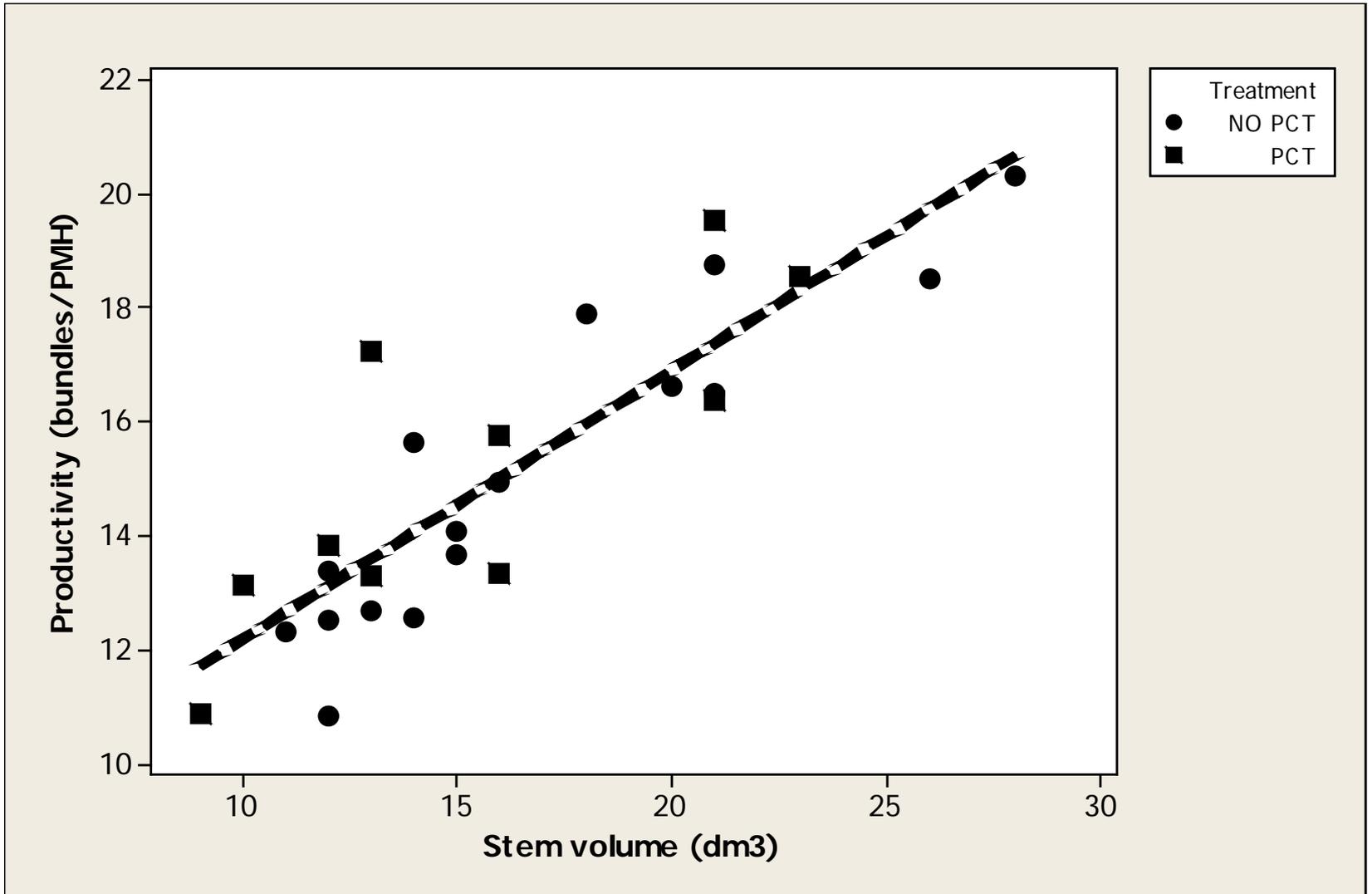
# Correlation between cutting and bundling work



# Productivity, mass



# Productivity, bundles



## **During 98.5 PM<sub>15</sub>H:**

- 15.87 MWh of diesel fuel were consumed
  - 1392.36 MWh of biofuel were produced
- >>> average energy efficiency of 172 MJ/OD t (187 MJ/OD t in PM<sub>15</sub> time) and an EROEI of 80.6 (87.7 in PM<sub>15</sub> time).

(fuel consumption averaged 15.1 l/PM<sub>0</sub>H (16.4 l/PM<sub>15</sub>H))

Average a bundle mass: 454 kg, fresh = 0.96 MWh

## **Additional test:**

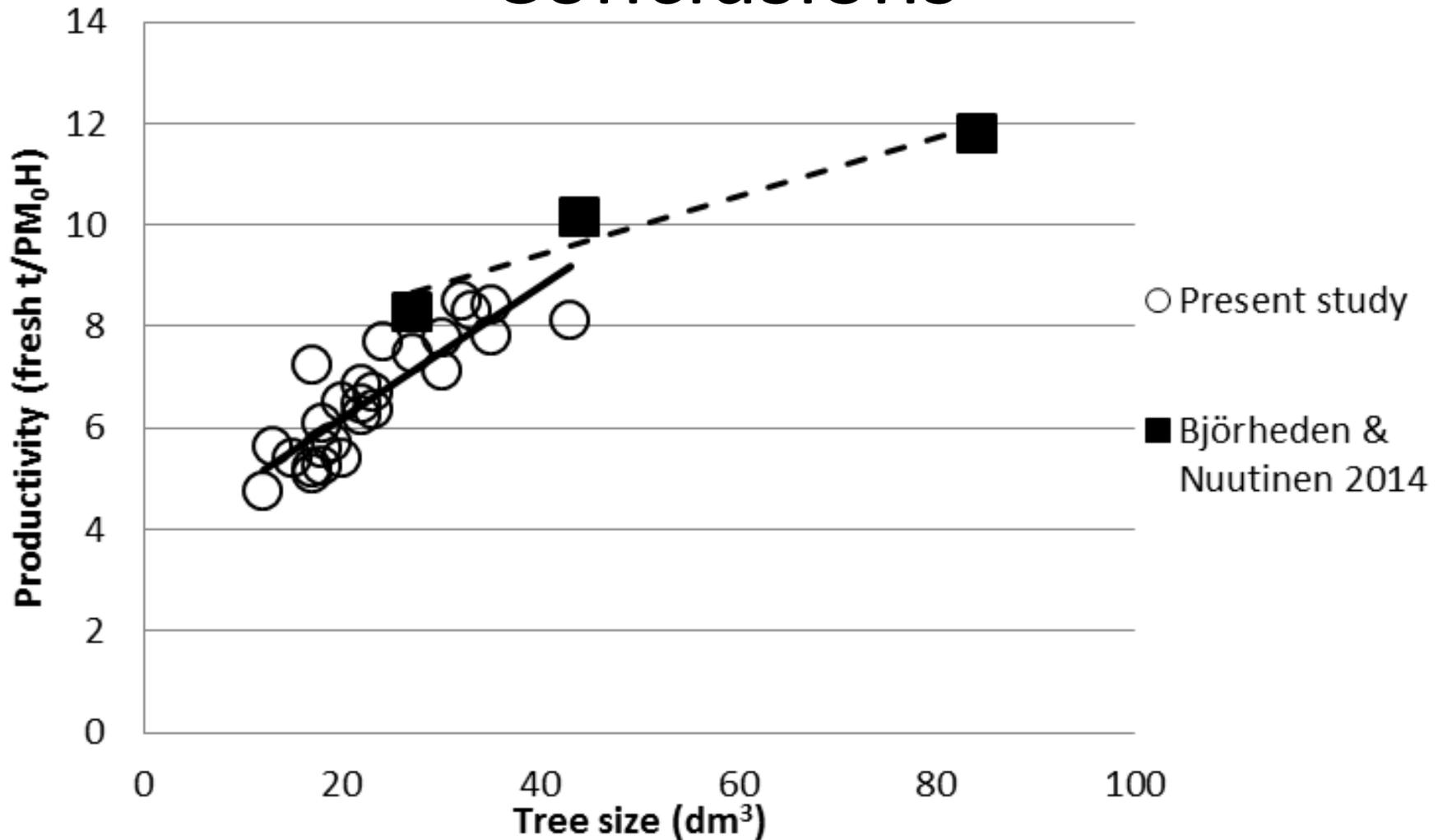
Tree sections lost 37 kg (SD 29) mass during the bundling process  
= 7.1% of mass!

By visual inspection this mass consisted mainly of fine branches and needles.

# Conclusions

- **Unexpectedly, the density of undergrowth trees did not significantly affect the efficiency of the cutting work, as found in previous studies (e.g. Kärhä 2006, Jonsson 2015 MSc at SLU).**
- **Accordingly, Jonsson (2015) found that defoliated undergrowth reduces visibility much less than fully leafed trees.**
  - *The undergrowth did not affect the quality of the thinning work either, which is consistent with the hypothesis that the undergrowth did not significantly impair visibility for the operator....*
- **Few of the harvested units in our study had dense spruce undergrowth,**
  - *which may be significant as spruce has greater branchiness than pine and birch (Kärhä (2006), and thus may have stronger effects....*

# Conclusions

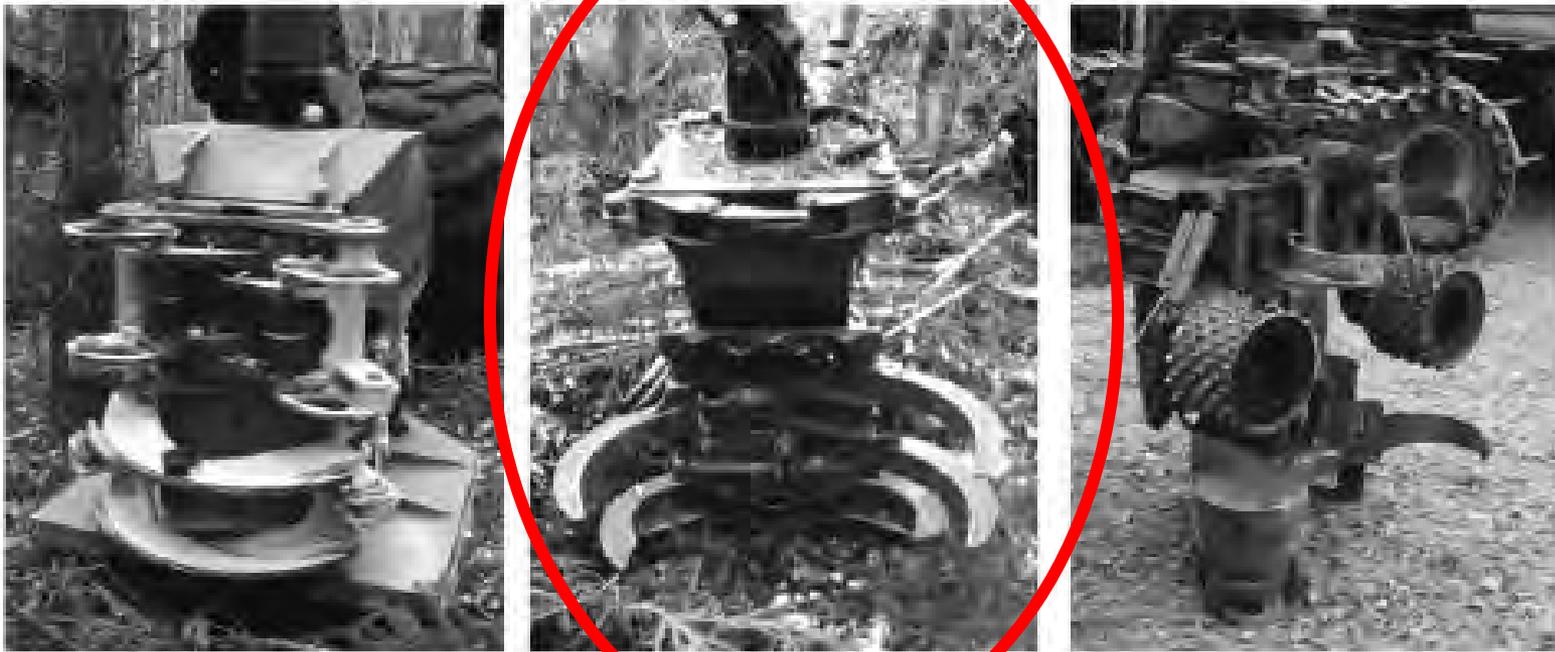


***The study provides information about the system's performance that complements earlier findings, especially when handling relatively small trees!***

## **...additional explanation:**

- *the cutting work in the present study was performed with an accumulating felling head equipped with shearing knives that is less sensitive to disturbing undergrowth during cutting than the accumulating harvester heads used in the cited studies.*

**-Simple, robust och unsensitive for undergrowth, stones...!  
(but rel. slow!)**



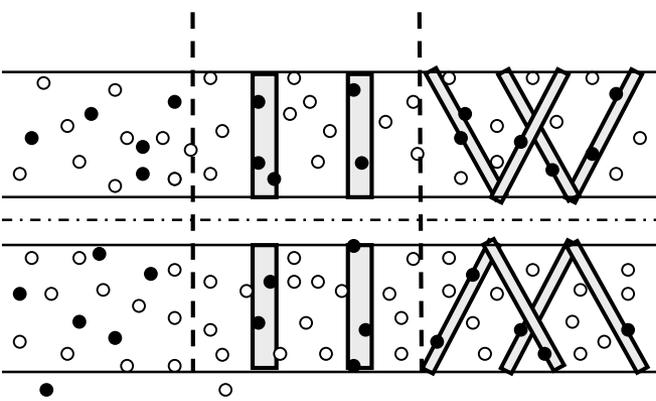
*Figure 6. Felling and harvester heads used in the study. From the left the Bracke C16, a disc saw head, the Log Max 4000B harvester head and the Naarva-Grip 1500-40E guillotine head.*

*Photo: Helmer Belbo*

**(Belbo, H. 2011. Efficiency of accumulating felling heads and harvesting heads in Mechanized thinning of small diameter trees. Doctoral Thesis. Linnaeus Universitetet.)**

**The bundling unit's maximum efficiency was not reached during the trial, but estimates indicate that it could be significantly (perhaps up to 100%) higher.**

*- However, to reach such efficiency the system would have to be equipped with a felling and bunching head that can cut and accumulate trees during continuous boom movements.*



+



+



Boom-corridor  
thinning methods

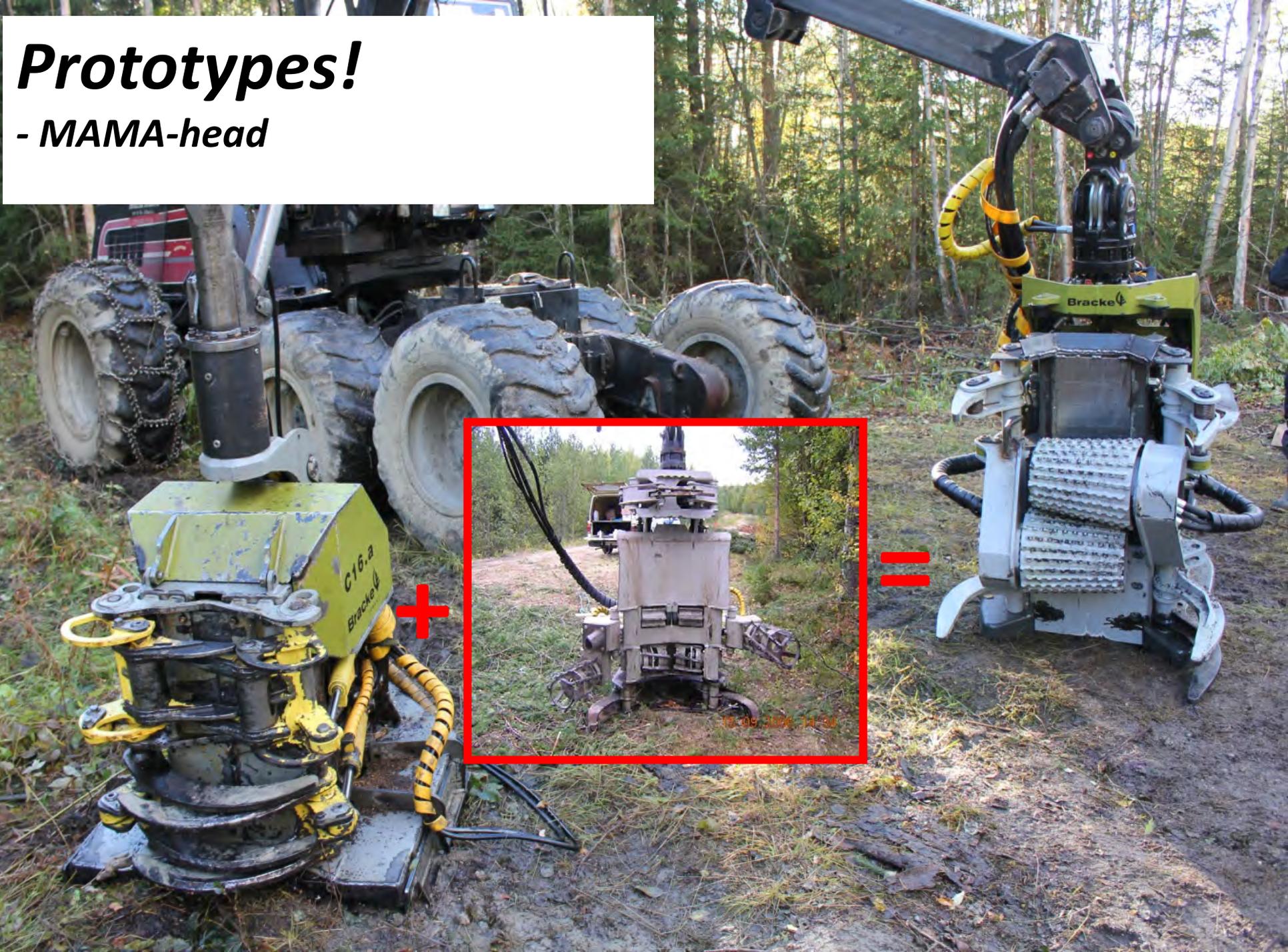
New cutting  
technology

Integrated  
bundling

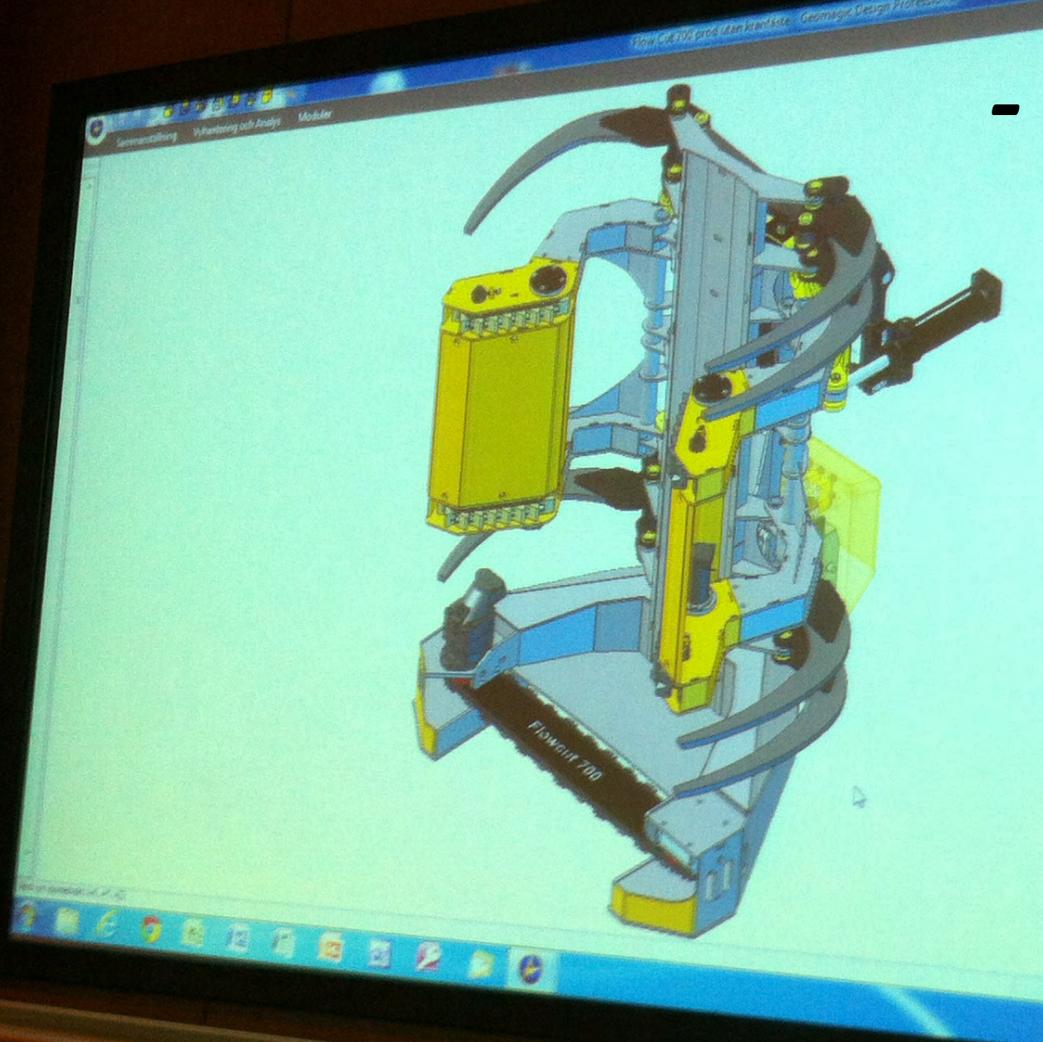
*Next step(s)....*

# Prototypes!

- MAMA-head



# - "Flowcut"!



**TEKNIK SÄKERHET**

**Stiftet i bygg.** När tillräggen fallit och botten förändrats ska man utgå från förutsättningarna för SIA 101. Detta innebär att man ska utgå från SIA 101 och inte SIA 102. Detta innebär att man ska utgå från SIA 101 och inte SIA 102. Detta innebär att man ska utgå från SIA 101 och inte SIA 102.

**Mellanaktörer.** Korvarens Korvarens är en av de största aktörerna i korvindustrin. De har en lång historia och är kända för sina korvar. De har en lång historia och är kända för sina korvar.

## Skogsjättar intresserade av nya energiskördarna

En par nya idéer för att energiskörda skogarna i kontinenter på ett effektivt sätt är på väg att bli verklighet. Flowcut 700 är den senaste som tilltalat investerar och ska bli prototyp.

Såsom ägget till Flowcut 700 ska den utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

Flora till en har konstruerats i ett datorprogram i AutoCAD. Detta innebär att man kan utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

Skott intresset. Detta innebär att man ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

Skott intresset. Detta innebär att man ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

Skott intresset. Detta innebär att man ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.



Vill investera ska det utvecklas en prototyp av Flowcut 700 efter den här ritningen.



Skissen visar ägget till Flowcut 700 uppträffad accelererade utveckling.



MÅNGA SKOGSÄRARE. Trots att energi skogarna inte är jättelikt på marknaden så finns det ett stort intresse för att utveckla teknik för effektiv skörd, visade ett seminarium i Umeå med 70-fåtal deltagare förra veckan.



Skott intresset. Detta innebär att man ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

Skott intresset. Detta innebär att man ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas. Läraren läraren ska utvecklas.

***[Forest Engineers Raul Fernandez Lacruz and Mikael Öhman are acknowledged for helping out with the field work.]***

- ***Thanks, Dan, Fulvio and Yrjö!***
- **[dan.bergstrom@slu.se](mailto:dan.bergstrom@slu.se)**