

## Metsän optimaalinen rotaatioaika kasvavalla hiilen hinnoittelulla

Metsätieteen päivä, 12.11.2014  
Tommi Ekholm, erikoistutkija, VTT  
[tommi.ekholm@vtt.fi](mailto:tommi.ekholm@vtt.fi)



### Metsät ja hiilen hinnoittelu

- Metsän hiili osana hiilen kiertokulkua:  
kasvu sitoo hiiltä, poltto tai luonnollinen hajoaminen vapauttaa
- Aiempia tutkimuksia metsän hiilen hinnoittelusta ja vaikutuksista:
- Metsänomistajan ongelma, mm.
  - van Kooten ym., 1995
  - Hoen ja Solberg, 1997
  - Pohjola ja Valsta, 2007
- Osana kansantaloutta, mm.
  - Tahvonen, 1995
  - Sohngen ja Mendelsohn, 2003
  - Lintunen ja Uusivuori, 2014

Hiilen hinta vakio  $P_c$

## Tehokas ilmastonmuutoksen hillintä

- Numeerisissa hillintäskenaarioissa hiilen hinta kasvaa, usein eksponentiaalisesti
- Ekholm, 2014: hinnan kehitys kustannustehokkaalle hillinnälle

$$c'_t(r_t) = \beta E_t \left[ \underbrace{c'_{t+1,s}(r_{t+1,s})}_{\text{Diskonttoteikijä}} \frac{\sum_{\tau=t+1}^{\infty} (I_s(t, \tau) \beta^{\tau-t-1} \lambda_{\tau,s})}{\sum_{\tau=t+2}^{\infty} (I_s(t+1, \tau) \beta^{\tau-t-1} \lambda_{\tau,s})} \right]$$

Nykyinen marginaali-kustannus
Tuleva marginaali-kustannus
Päästöjen vaikutus 2°C-tavoitteeseen

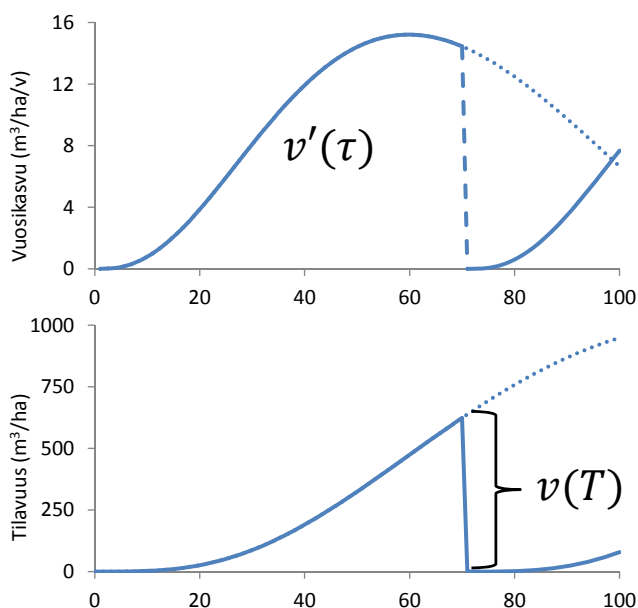
(Climatic Change 127, ss. 153-167, [dx.doi.org/10.1007/s10584-014-1243-8](http://dx.doi.org/10.1007/s10584-014-1243-8))

17.11.2014

3

## Nykyarvon maksimointi, kun hiilen hinta kasvaa

Diskonttokorko  $r$ , hiilen hinta  $P_c$ , hinnan nousu  $\rho$ , puun hinta  $P_f$ , kasvukäyrä  $v(t)$ ,



Tulot metsän kasvun aikana:

$$\int_0^T \alpha P_c e^{\tau(\rho-r)} v'(\tau) d\tau$$

Hiilimäärä kuutiossa puuta

Tulot metsän hakkuusta:

$$e^{-rT} [(P_f - \alpha(1 - \beta)e^{\rho T} P_c) v(T) - C]$$

Osuus hiilestä, joka siirtyy pysyvään varastoon

17.11.2014

4

# Nettonykyarvon maksimoinnin ratkaisu

- Hiilen hinta muuttuu ajan myötä → ongelma ei stationaarinen  
→ optimirotaatiot  $T_1, T_2, T_3, \dots$  ovat eri pituisia

Optimaalisuusehto  $T_1$  ja  $T_2$  välille:

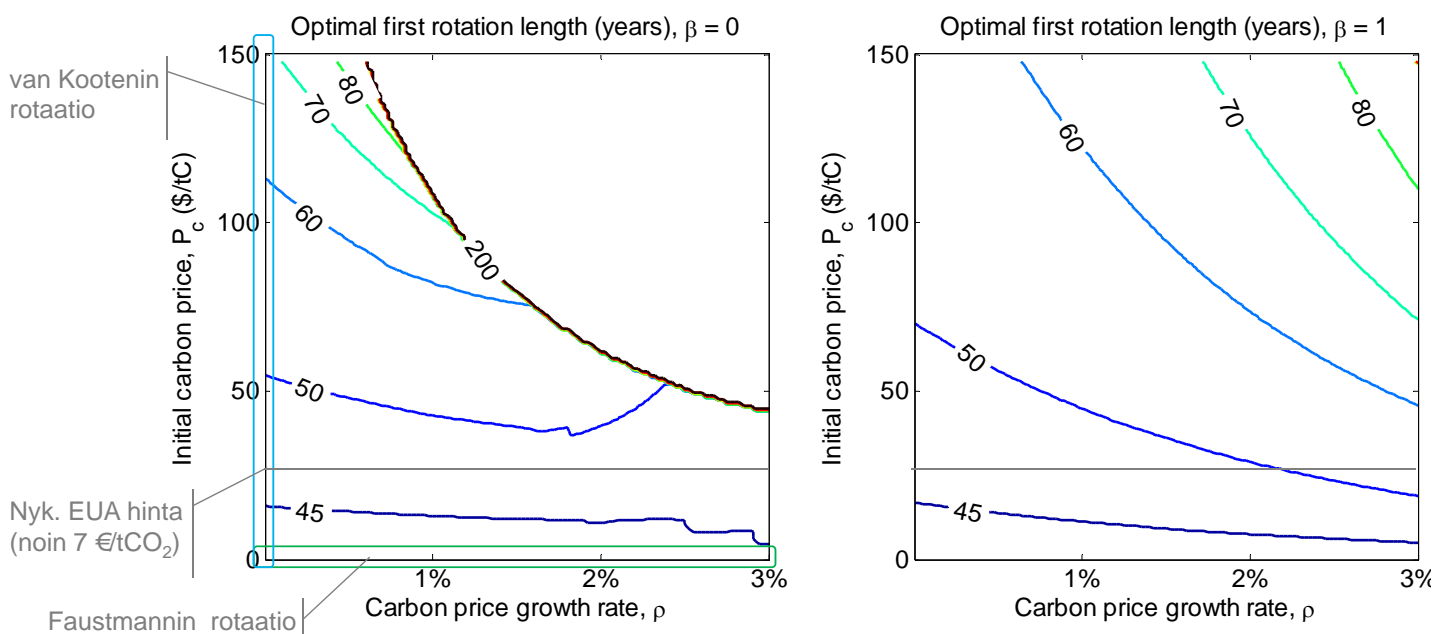
$$\begin{aligned}
 & rR + (e^{\rho T_1} \alpha (1 - \beta) (r - \rho) P_c - r P_f) v(T_1) \\
 & + (e^{\rho T_1} \alpha \beta P_c + P_f) v'(T_1) \\
 & - e^{-r T_2} (e^{\rho (T_1 + T_2)} \alpha \beta P_c + P_f) v'(T_2) \\
 & + e^{\rho T_1} P_c \alpha (\rho - r) \left( \int_0^{T_2} e^{(-r + \rho) \tau} v'(\tau) d\tau \right) = 0
 \end{aligned}$$

...ja samoin

$T_2$  ja  $T_3$ ,  
 $T_3$  ja  $T_4$ ,  
 $T_4$  ja  $T_5$ ,  
 $\dots$   
 välille

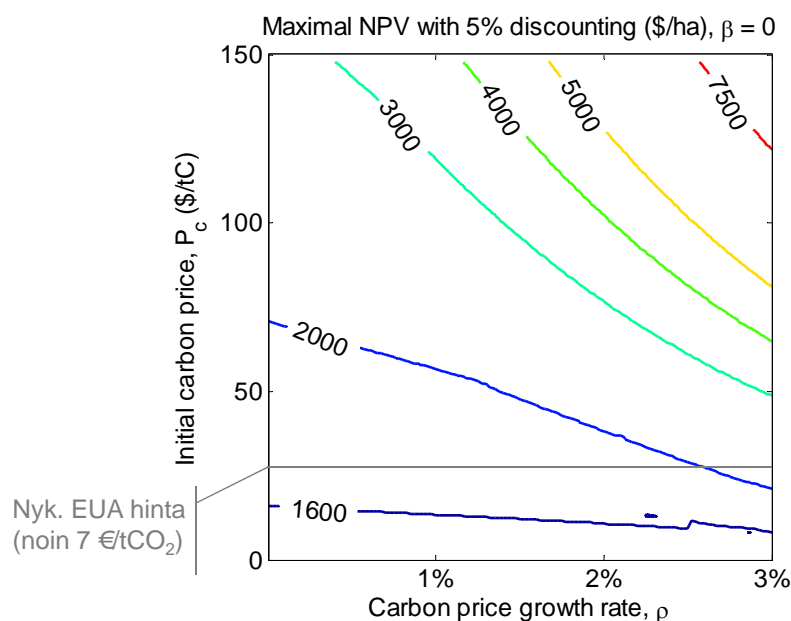
## Optimaalinen rotaatioaika 1. rotaatiolle

Diskonttokorko: 5%, puun hinta = 50 \$/m<sup>3</sup>, kasvukäyrä: van Kooten ym. (1995)

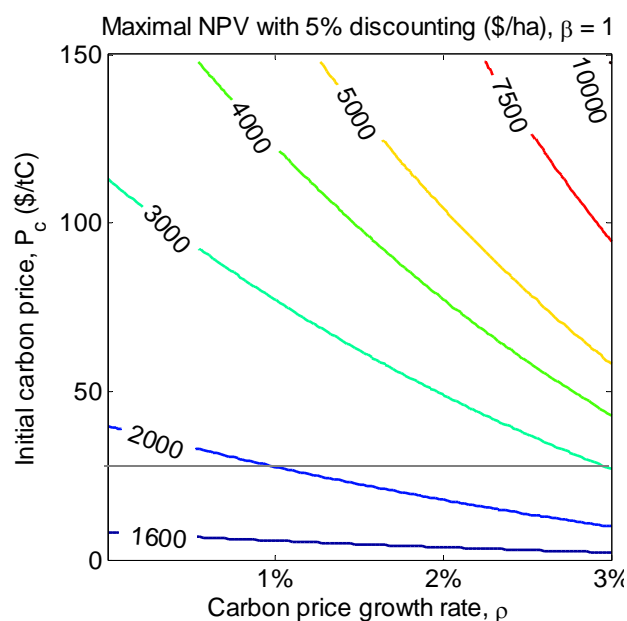


## Paljaan maan arvo

Diskonttokorko: 5%, puun hinta = 50 \$/m<sup>3</sup>, kasvukäyrä: van Kooten ym. (1995)



17.11.2014



7

## Loppuhuomioita

- $P_c$  ja  $\rho$  kasvattavat rotaation pituutta ja paljaan maan arvoa
- Hiilen polton/vapauttamisen tapauksessa ( $\beta = 0$ ) rotaatio voi venyä käytännössä "äärettömäksi"
- Tässä ei kuitenkaan huomioitu mm.
  - Kasvavaa puun hintaa
  - Puun iästä riippuvaa hintaa (esim. kuitupuu/tukkipuu)
  - Harvennuksia tai muita hoitotoimenpiteitä
  - Epävarmuutta, etenkin hiilen hinnoittelulle

17.11.2014

8