

Optimal Harvesting of Forest Stands

(Presentation of the Complete Work)

Juha Nuutinen

11 April 2011

Instructor: Janne Kettunen

Supervisor: Ahti Salo

Tausta

- Ass. Prof. Janne Kettunen käsittelee osana väitöskirjatyötään stokastisen ohjelmoinnin soveltamista puunhakkuun optimointiin
- Työn tarkoituksena on jatkaa Janne Kettusen aikaisempaa työtä metsänhakkuun optimoinnista
 - Laajennetaan tarkastelu koskemaan korreloivia lognormaaleja hintaprosesseja
 - Oletetaan hintaprosessit keskiarvohakuisiksi
 - Lisätään malliin paljaan maan arvo

Mallin rakentaminen: Metsädata

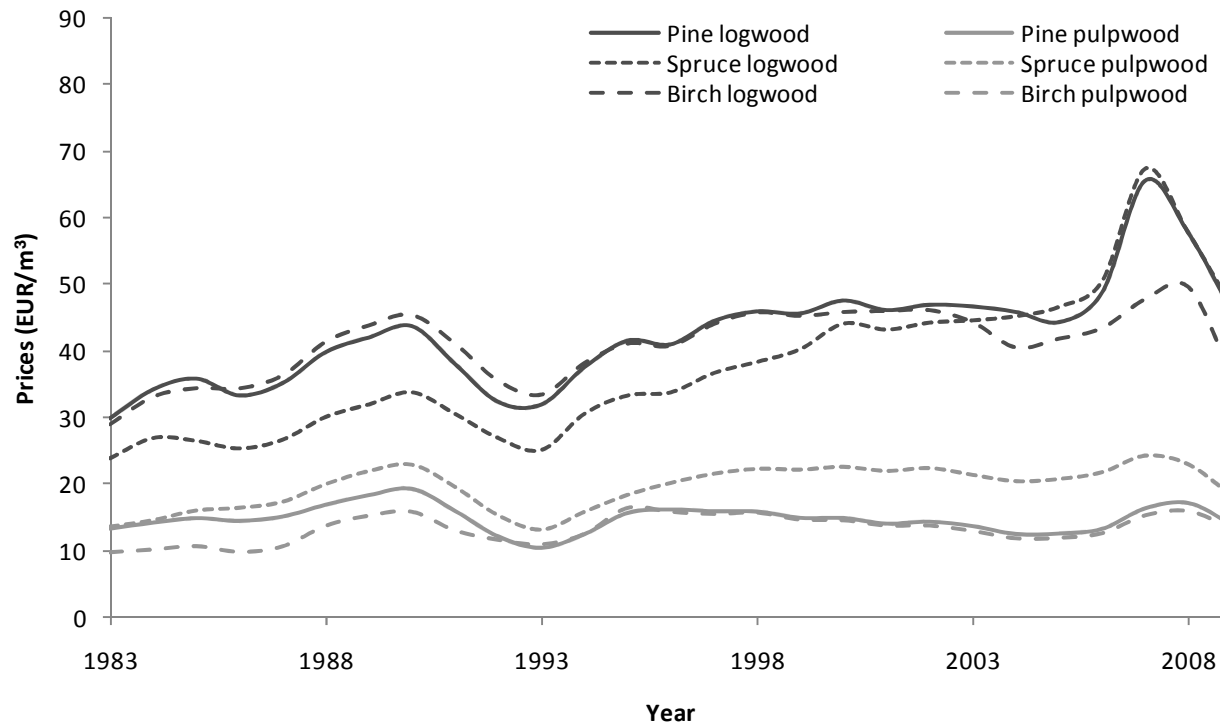
- ❑ Käytössä realistista metsädataa Metlalta Suomen metsistä
 - Metsikön pinta-ala, ravinteisuus, ikä, käsittely, pääpuulaji, puulajien tilavuudet ja hakkuukertymät kahdeksan vuoden ajalta, runkoluku, keskiläpimitta, lämpösumma
- ❑ Valitaan metsiköiden joukosta 12 metsikköä, joihin suunniteltu päätehakkuu
 - Nämä metsiköt kuvastavat metsänomistajan portfolioa

Metsiköiden paljaan maan arvonmääritys

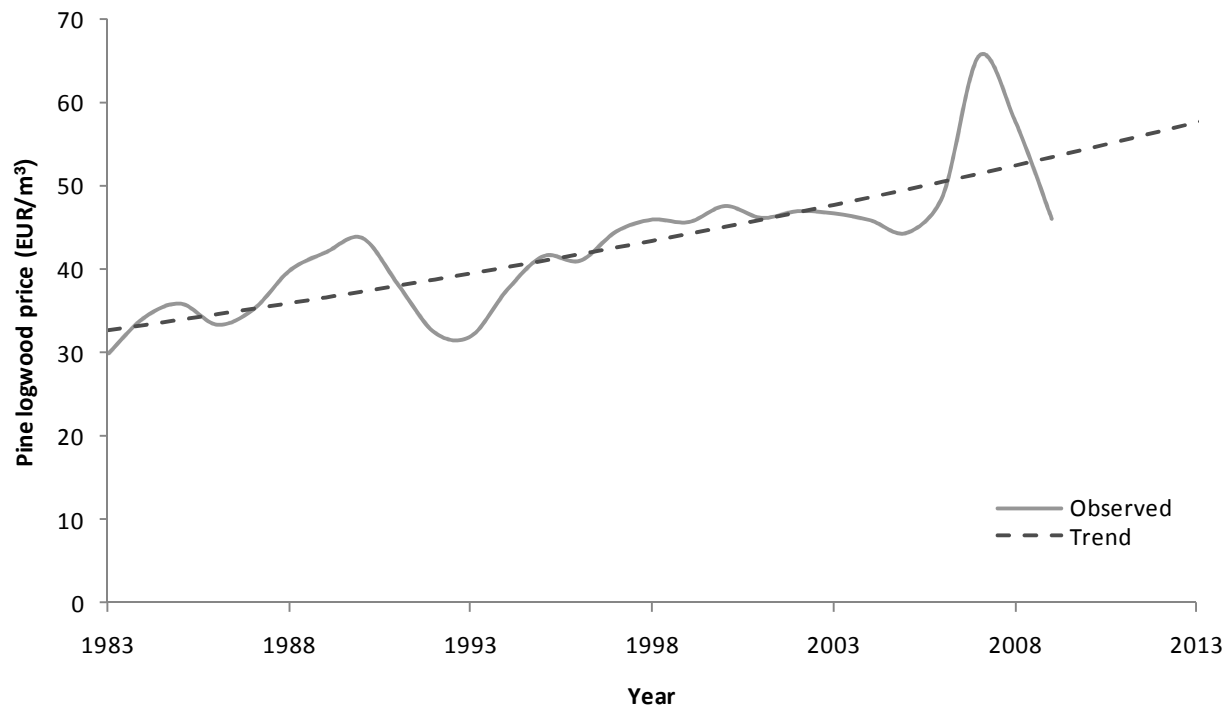
- Pukkala on luonut regressiomallin, joka parhaiten selittää metsikön paljaan maan arvoa
 - Selitettävä paljaan maan arvo, taulukossa selittäjien regressiokertoimet pääpuulajin mukaan jaoteltuina

	Pine	Spruce	Birch
Constant	-6.802	-71.947	-18.881
Heat sum (d.d.)	0.043	0.105	0.039
Interest rate (%)	18.333	29.405	16.681
ln(Interest rate)	-71.989	-97.095	-65.995
Logwood price (euro/m ³)	0.592	1.069	0.547
Pulpwood price (euro/m ³)	1.384	1.058	1.738
Logwood price*Interest rate	-0.14	-0.241	-0.129
Pulpwood price*Interest rate	-0.143	-0.156	-0.166
MT (tuore kangas)	-10.057	-18.946	-12.06
VT (kuivahko kangas)	-18.036	-32.78	0
CT (kuiva kangas)	-26.655	0	0

Puutavaran hintakehitys 1983-2009



Mäntytukin hintaprosessi



- Hintaprosessit lognormaaleja ja keskiarvohakuisia
 - Hintojen vaihtelu suhteessa vallitseviin hintoihin
 - Hinnat pyrkivät palautumaan kohti pitkän ajan trendiä

Tukki- ja kuitupuun hintojen välillä voimakas sisäinen korrelaatio

	Pine logwood	Spruce logwood	Birch logwood	Pine pulpwood	Spruce pulpwood	Birch pulpwood
Pine logwood	1.000					
Spruce logwood	0.961	1.000				
Birch logwood	0.842	0.732	1.000			
Pine pulpwood	0.355	0.126	0.508	1.000		
Spruce pulpwood	0.849	0.750	0.956	0.567	1.000	
Birch pulpwood	0.655	0.485	0.812	0.658	0.763	1.000

- ❑ Perusteet mallintaa tukkipuun ja kuitupuun hintakehitystä erillisinä korreloivina hintaprosesseina

Hintojen mallintaminen

- Mallinnetaan tukkipuun ja kuitupuun hintakehitystä korreloivina hintaprosesseina
 - Valitaan mallinnettaviksi mäntytukki ja mäntykuitu, muiden puulajien hinnat saadaan näistä tasokorjauksilla
 - Määritetään korrelaatiokerroin hintaprosesseille mäntytukin ja mäntykuidun hintaprosesseille

Tasokorjaus-kertojat

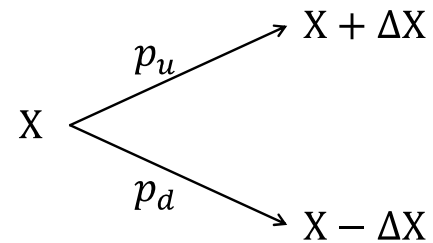
	Logwood	Pulpwood
Birch	0.97	0.91
Spruce	0.86	1.34

Korrelaatiokerroin

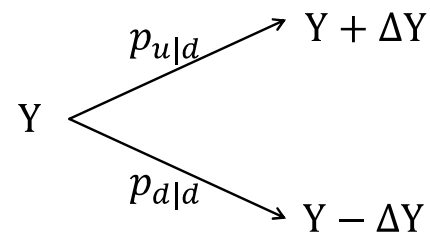
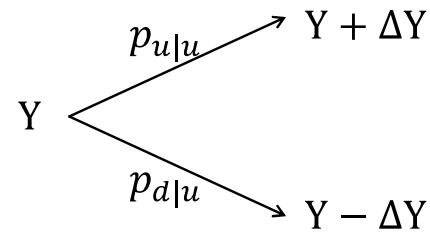
$$\rho_{XY} = 0.35$$

Skenaariopuun rakentaminen

Mäntytukki
Commodity X

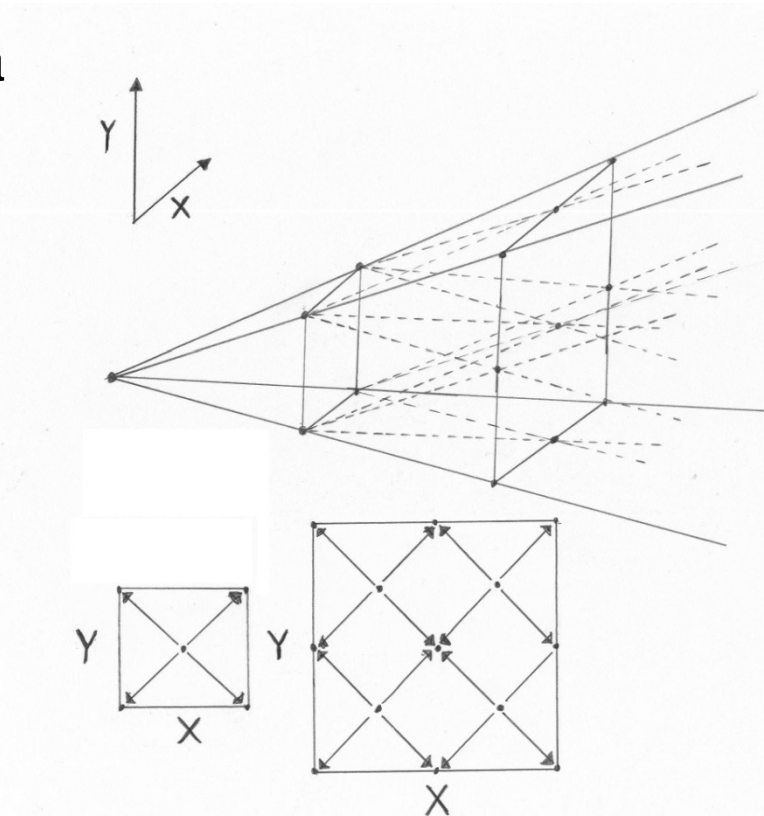


Mäntykuitu
Commodity Y

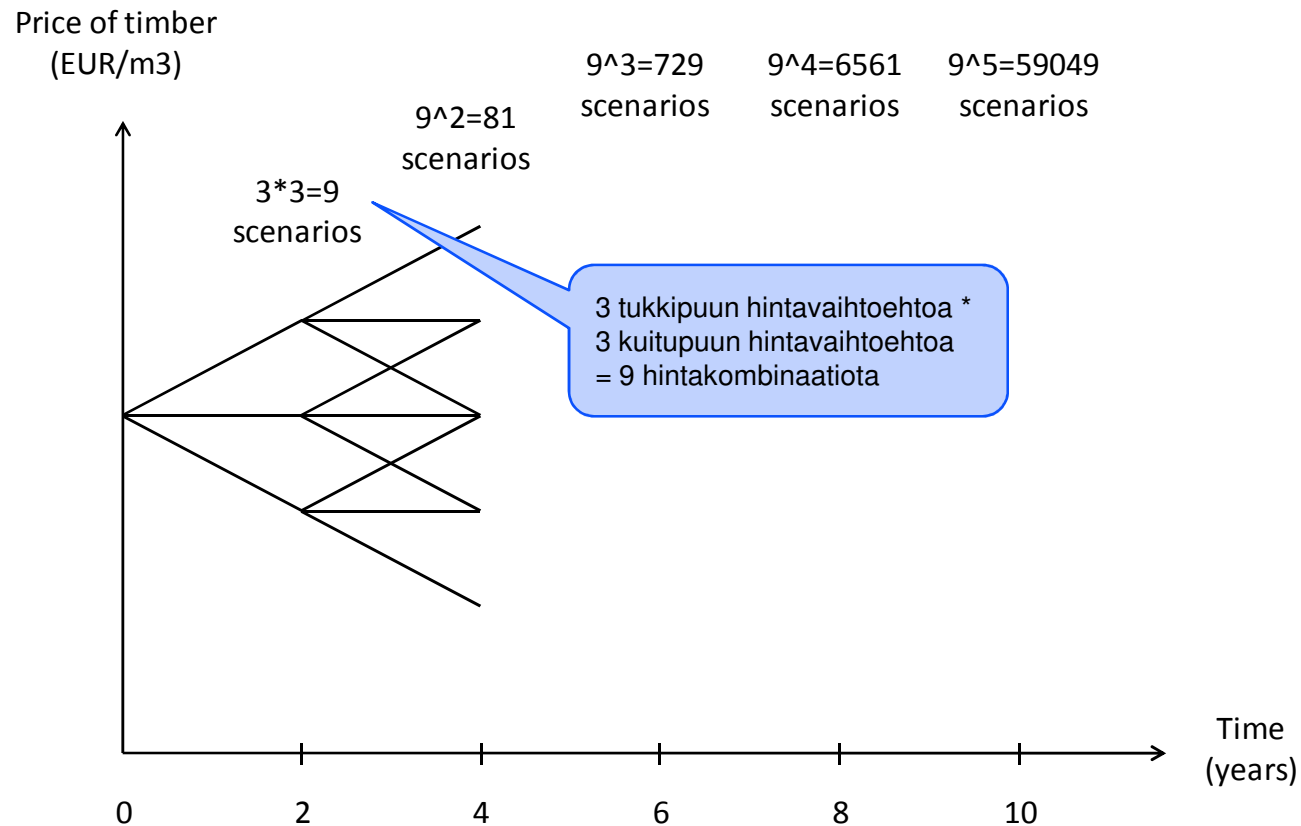


Kolmiulotteinen skenaariopuu

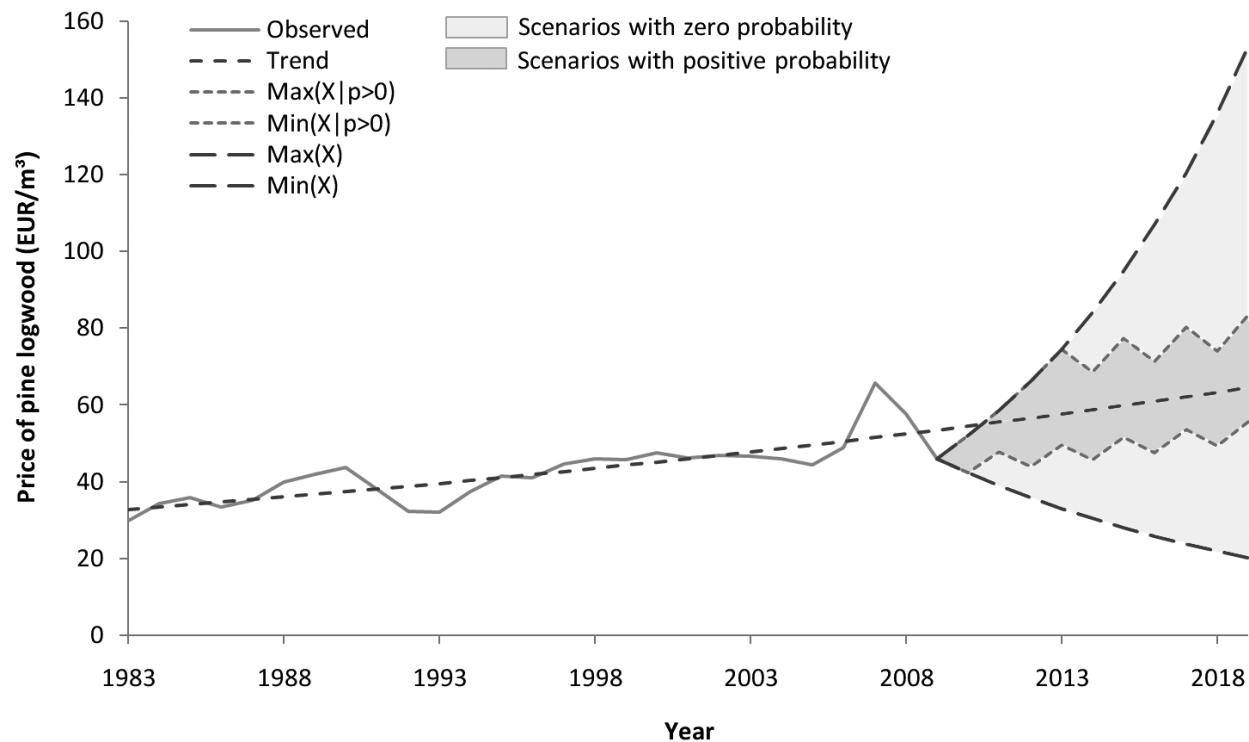
- ❑ Päätökset metsiköiden korjuusta kahden vuoden välein
 - Skenaarioiden rekombinoituvuus 16 -> 9
- ❑ Kahden vuoden jälkeen 9 mahdollista hintayhdistelmää, joihin voidaan yhdistää todennäköisyys



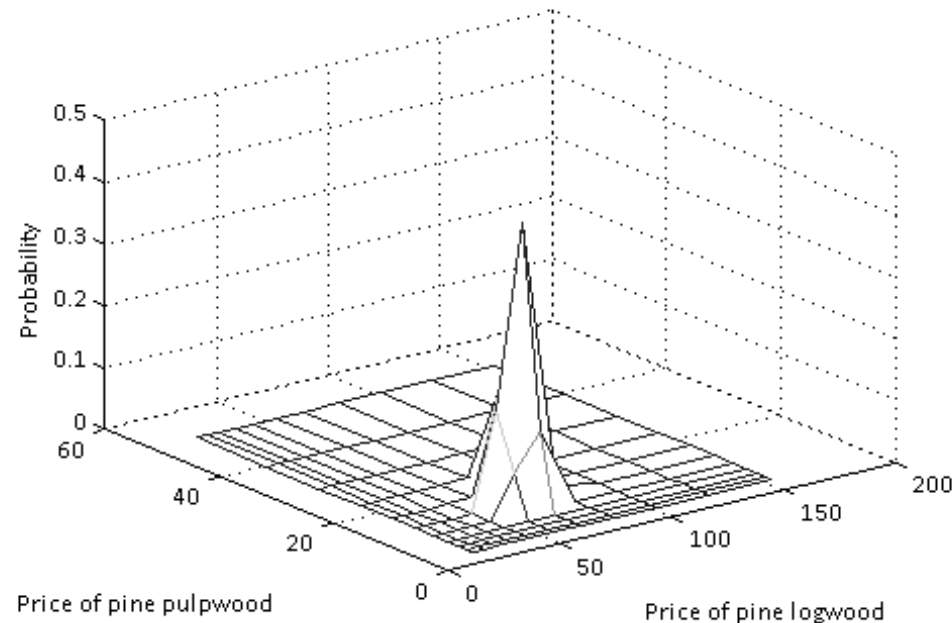
Skenaarioiden määrä kasvaa eksponentiaalisesti ajassa



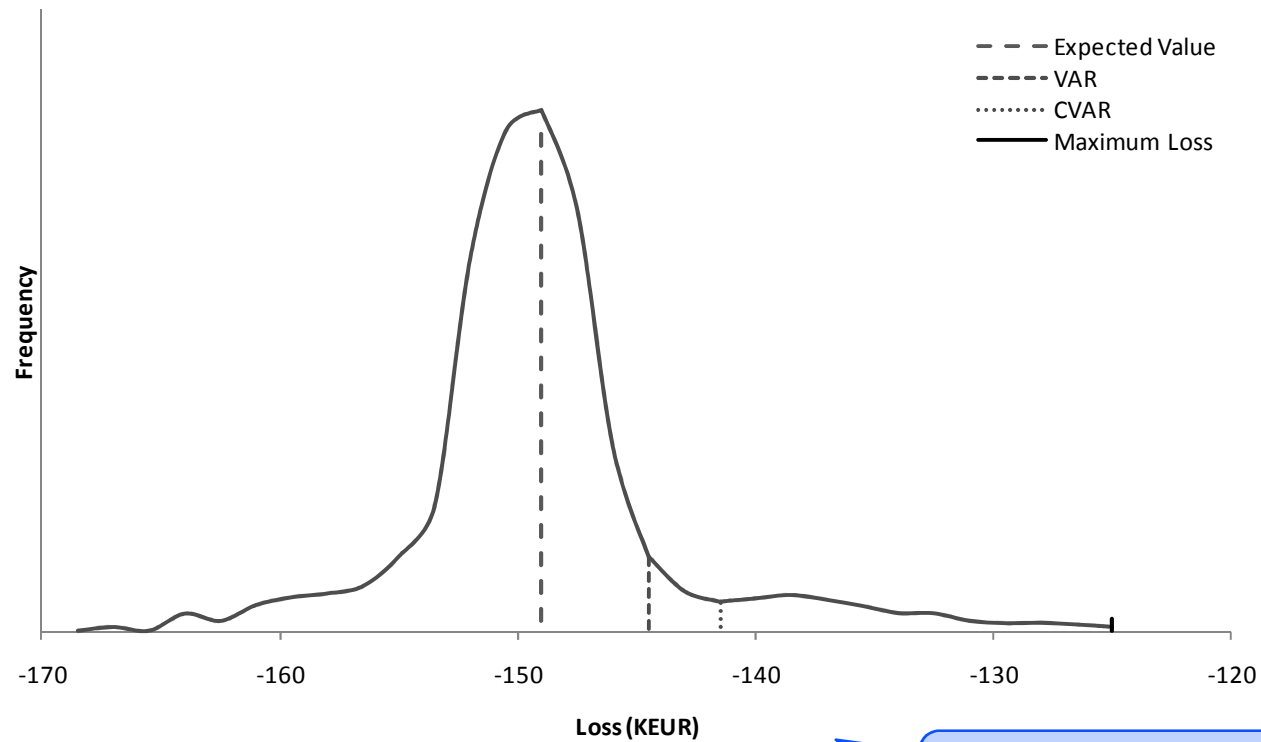
Vain 7.6%:lla skenaarioista positiivinen todennäköisyys



Positiivisen todennäköisyyden skenaariot sijoittuvat pitkän aikavälin trendihintojen lähelle



Riskimittojen esittely



Metsänomistajalle tappio (loss) tarkoittaa alhaisempia voittoja, eli tappio negatiivinen (silti "voittoa")

Mallin matemaattinen formulointi

Metsänomistaja maksimoi todennäköisyyksillä painotettua loppuhetken kassapositiona

$$\max_{x^T} \left[\sum_{s^T \in S^T} prob_{s^T} c_{s^T} \right]$$

noudattaen kassapositionarajoitetta

$$c_{s^T} = \begin{cases} \sum_{i=1}^F x_{st}^i \left(puk^i + \sum_{j=1}^P a^{ji} p_{st}^j \right) & t = 0 \\ c_{b(s^t)}(1+r) + \sum_{i=1}^F x_{st}^i \left(puk^i + \sum_{j=1}^P a^{ji} p_{st}^j \prod_{n=1}^t (1+g_n^{ji}) \right) & 0 < t \leq T \end{cases}$$

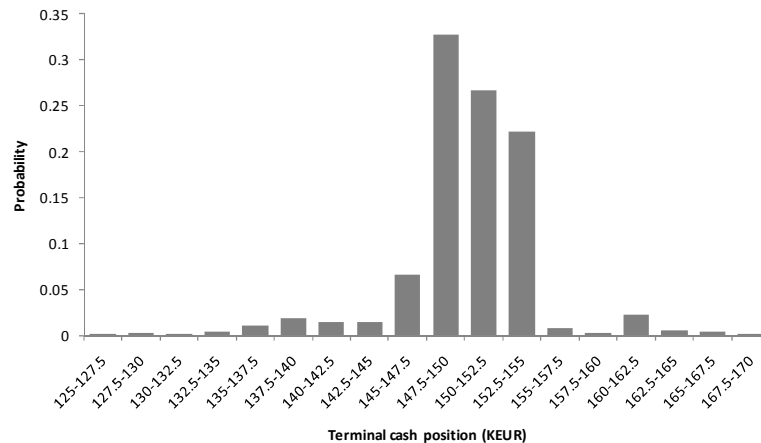
sekä metsänhakkuurajoitetta

$$\sum_{n=1}^T x_{b^n(s^T)}^i \leq 1$$

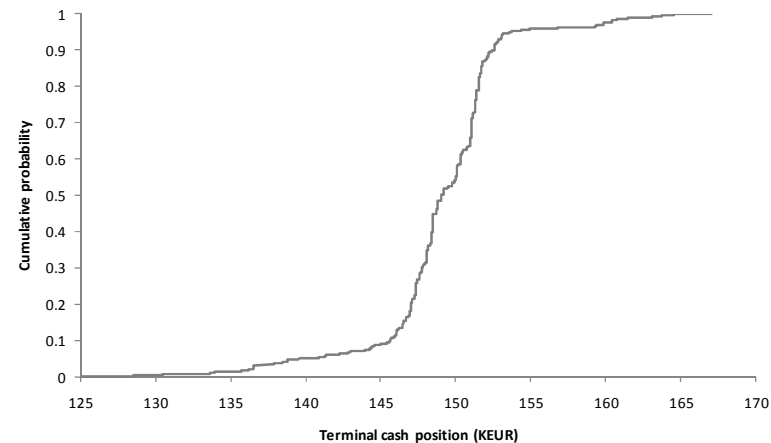
jossa c_{s^T} loppuhetken kassapositiona, c_{s^t} nykyhetken kassapositiona, $c_{b(s^t)}$ edellisen hetken kassapositiona, x^i metsikön i hakkuupäätös (1 hakataan, 0 ei hakata), puk^i metsikön i paljaan maan arvo, a^{ji} puutyypin j määrä metsikössä i , p^j puutyypin j hinta, g^{ji} puulajin j kasvunopeus metsikössä i

Tulokset: Riskineutraalin metsänomistajan loppuhetken kassaposition jakauma ja kertymäfunktio

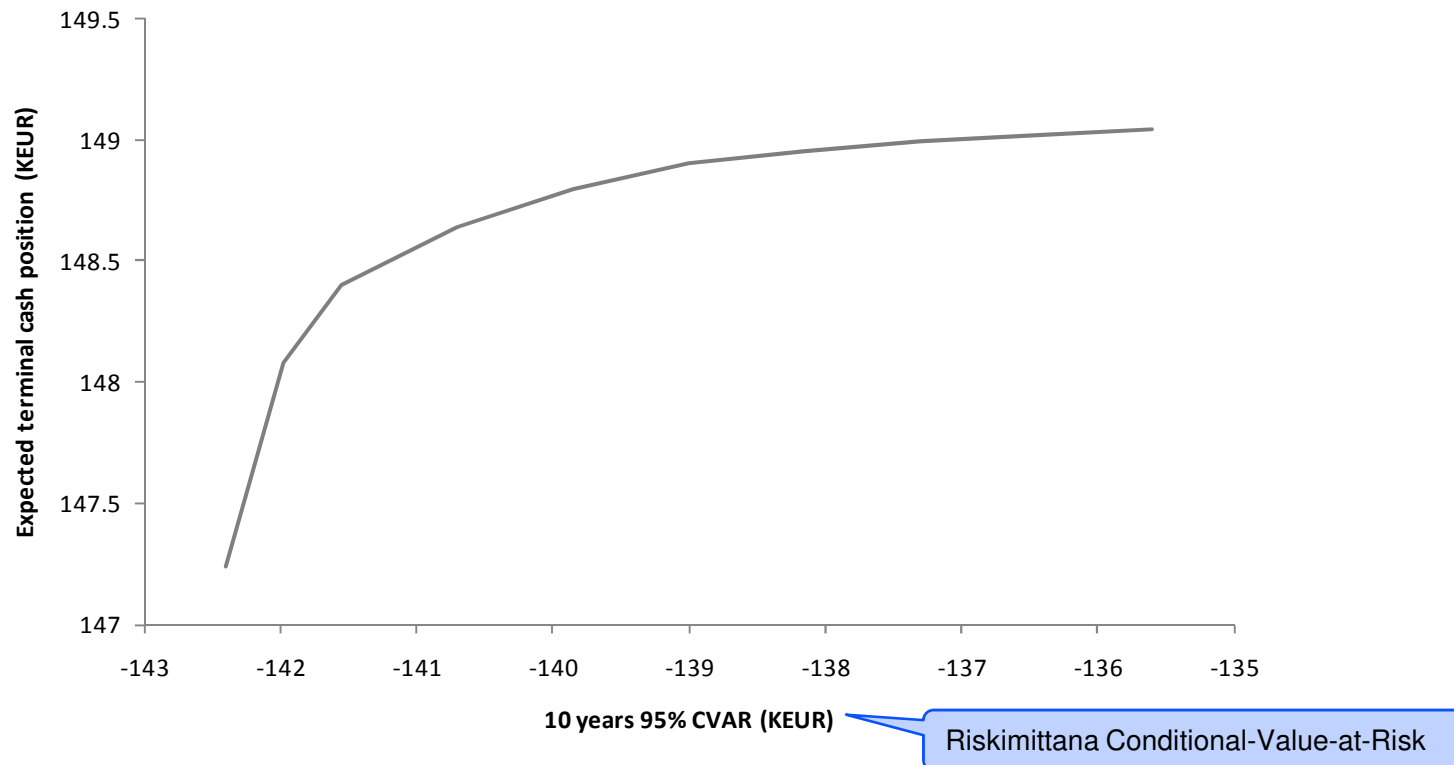
Jakauma



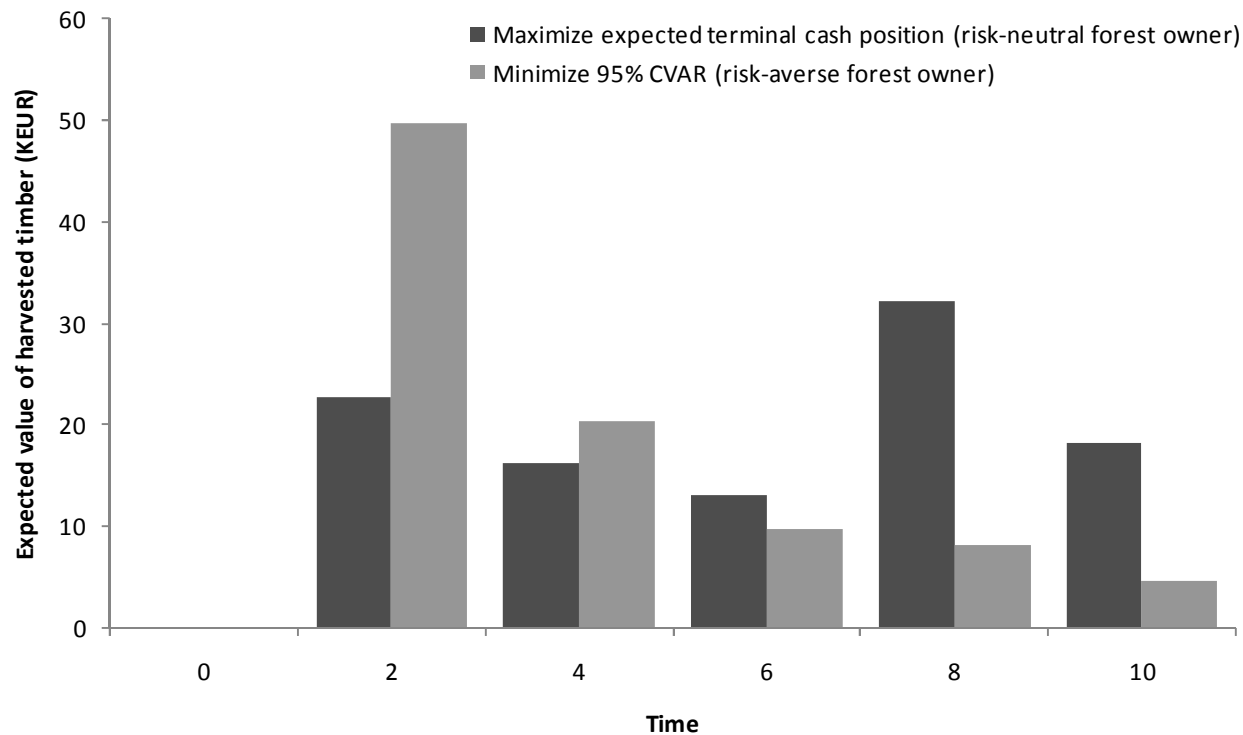
Kertymäfunktio



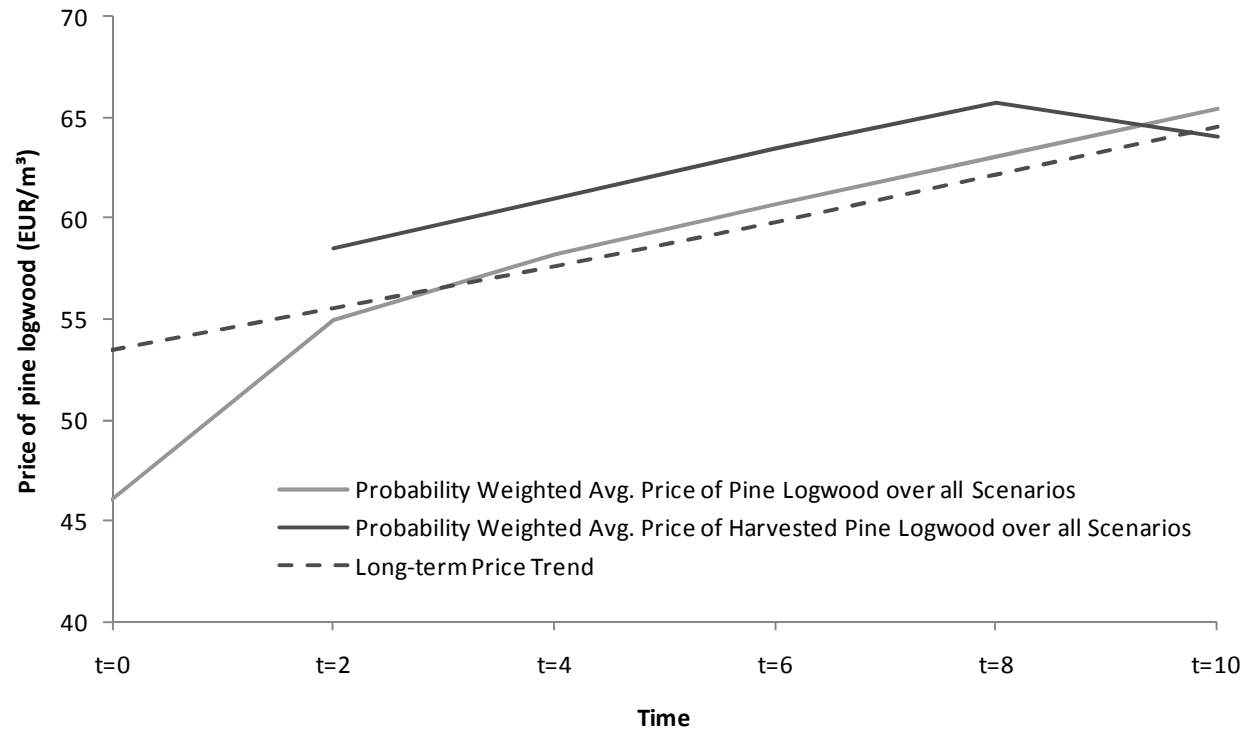
Riskiä voidaan vähentää vain pienellä vaikutuksella loppuhetken odotusarvoiseen kassaposition



Riskiä karttavat metsänomistajat korjaavat metsiköt aikaisemmin kuin riskineutraalit metsänomistajat



Metsänomistajat pyrkivät korjaamaan metsiköt korkeiden hintojen vallitessa



Kiitos mielenkiinnosta!

Systeemianalyysin

Laboratorio

Teknillinen korkeakoulu

Juha Nuutinen

Systemitieteiden kandidaattiseminaari – Kevät 2011