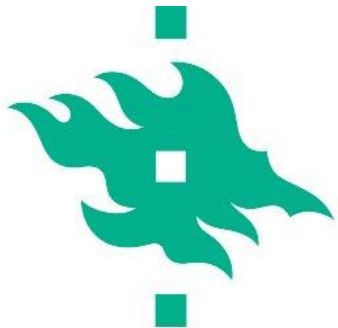


Metsien hoito jatkuvapuiteisena: taloudellien optimointi ja kannattavuus

Vesa-Pekka Parkatti, Helsingin yliopisto, Metsätieteiden osasto



UNIVERSITY OF HELSINKI

FACULTY OF AGRICULTURE AND FORESTRY

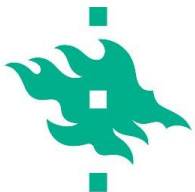
Taloudellis-ekologinen optimointi -tutkimusryhmä

Aino Assmuth, Antti-Juhani Pekkarinen, Vesa-Pekka Parkatti ja prof. Olli Tahvonen

Dynaaminen puustotason optimointimalli

Tahvonen 2009, 2011, 2015, 2016, Tahvonen ym. 2010, Tahvonen ja Rämö 2016, Assmuth et al 2017, Sinha ym. 2017, Assmuth ja Tahvonen 2017, Rämö 2017, Parkatti 2017

- monitieteellinen lähestymistapa jossa yhdistyvät ekologia ja taloustiede
- Mallin ominaisuuksia:
 - tilastollis-empiirinen kokoluokkarakenteinen kuvaus metsikködynamiikasta (Bollandsås 2008, Pukkala 2011, 2013)
 - optimointi jatkuvapuiteisen ja päätehakkuisiin perustuvien ratkaisujen välillä
 - yksityiskohtainen kuvaus korjuukustannuksista
 - hakkuuajankohtien optimointi ilman rajoituksia
 - mallia helppo laajenta (sekametsä, hiilensidonta, monimuotoisuuspreferenssit)



Optimointimalli yhdelle tai usealle puulajille:

Uudistamiskustannukset nettotulot harvennuksista nettotulot päätehakkuusta

$$\max_{\{\mathbf{h}_t, \delta_t, i=1, \dots, l, T \in [t_0, \infty)\}} \frac{-W + \sum_{t=t_0}^{T-1} \{R(\mathbf{h}_t) - C_{th}(\mathbf{h}_t) - \delta_t C^f\} b^{\Delta(t+1)} + \{R(\mathbf{h}_T) - C_{cl}(\mathbf{h}_T) - \delta_T C^f\} b^{\Delta(T+1)}}{1 - b^{\Delta(T+1)}} \quad (1)$$

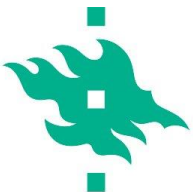
subject to

$$x_{j1,t+1} = \phi_j(\mathbf{x}_t) + [1 - \alpha_{j1}(\mathbf{x}_t) - \mu_{j1}(\mathbf{x}_t)] x_{j1t} - h_{j1t}, \quad j = 1, \dots, l, \quad t = t_0, \dots, T, \quad (2)$$

$$x_{j,s+1,t+1} = \alpha_{js}(\mathbf{x}_t) x_{jst} + [1 - \alpha_{j,s+1}(\mathbf{x}_t) - \mu_{j,s+1}(\mathbf{x}_t)] x_{j,s+1,t} - h_{j,s+1,t}, \quad j = 1, \dots, l, \quad s = 1, \dots, n-1, \quad t = t_0, \dots, T, \quad (3)$$

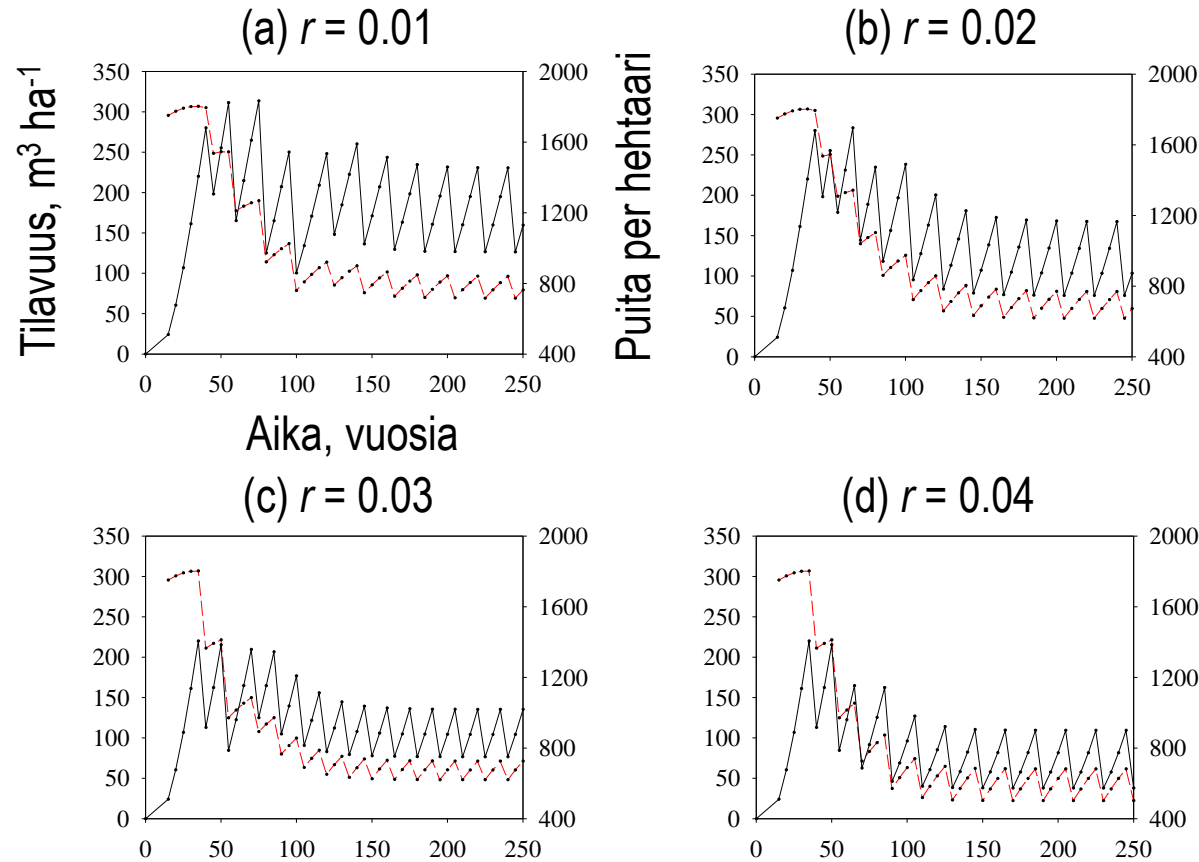
$$x_{jst_0} \text{ given}, \quad j = 1, \dots, l, \quad s = 1, \dots, n. \quad (4)$$

$$h_{jst} = \delta_t h_{jst}, \quad j = 1, \dots, l, \quad s = 1, \dots, n, \quad t = t_1, \dots, T, \quad \delta_t: Z \in [0, 1], \quad t = t_0, t_0 + 1, \dots \quad (5)$$



Jatkuvapeitteinen metsänhoito kuusikossa

Kasvumallina Bollandsås ym. 2008

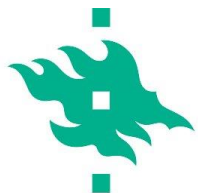
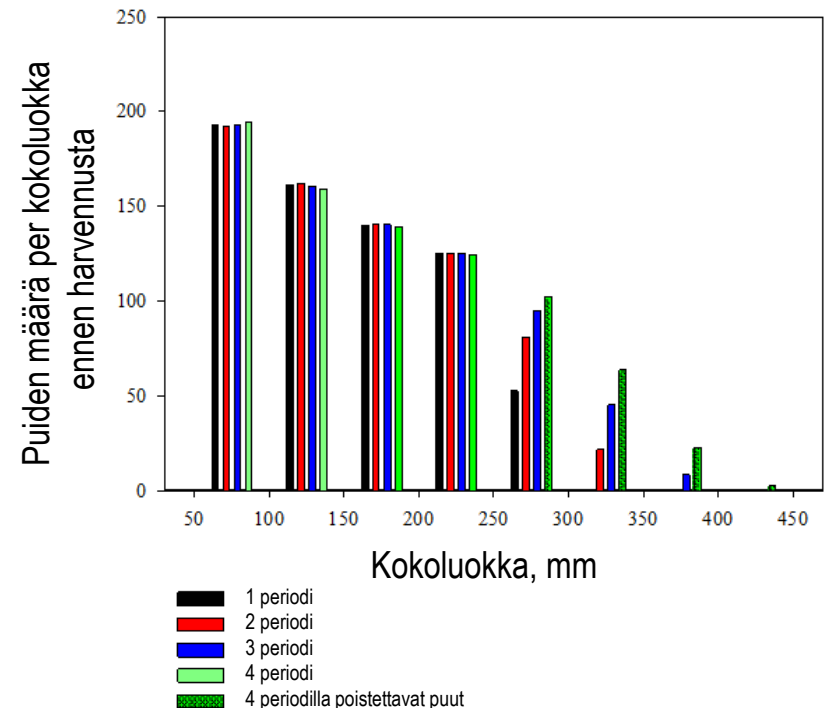


--- Puiden lukumäärä per hehtaari
 — Tilavuus, $m^3 ha^{-1}$

Huomioita:

- optimaalinen harvennusväli vaihtelee aluksi
- steady statessa hakkuuväli 10-25 vuotta
- koron kasvattaminen laskee tilavuutta
- optimaaliset harvennukset yläharvennuksia

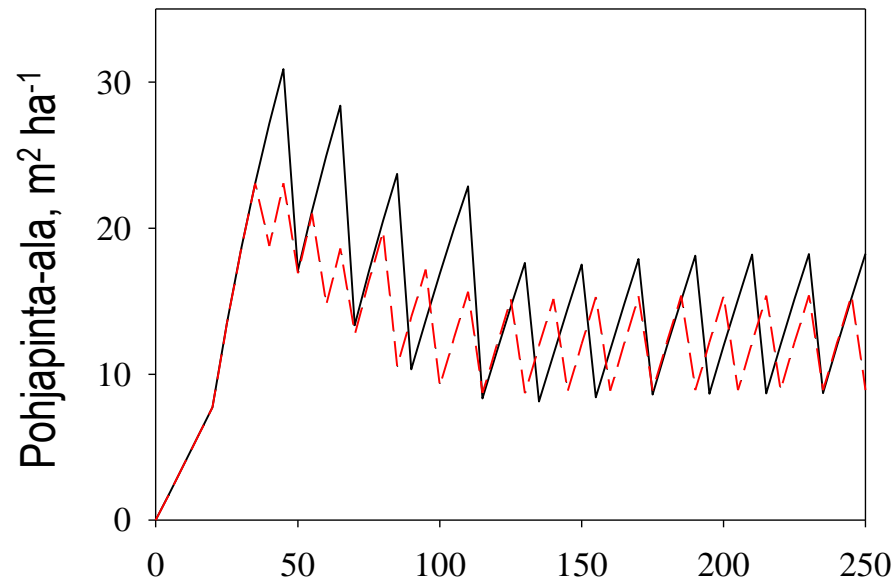
Runkolukujakauman kehitys, $r = 0.02$



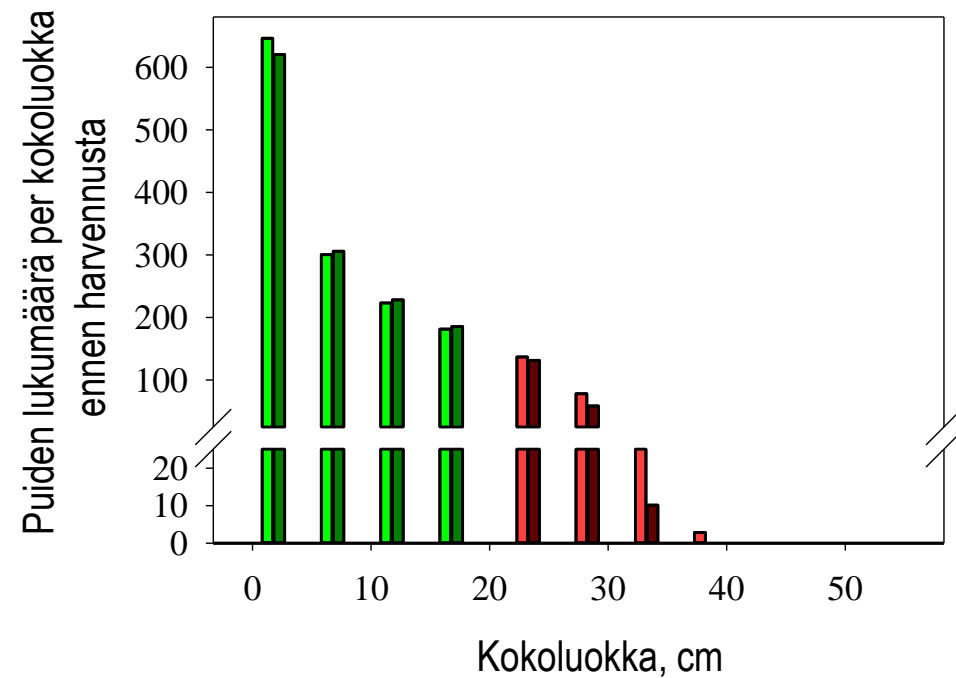
Jatkuvapeitteinen metsänhoito kuusikossa

Kasvumallina Pukkala ym. 2013

(a) Pohjapinta-ala

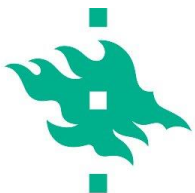


(b) Runkolukujakauma



- Jätettävät puut, $r = 0.03$
- Poistettavat puut, $r = 0.03$
- Jätettävät puut, $r = 0.01$
- Poistettavat puut, $r = 0.01$

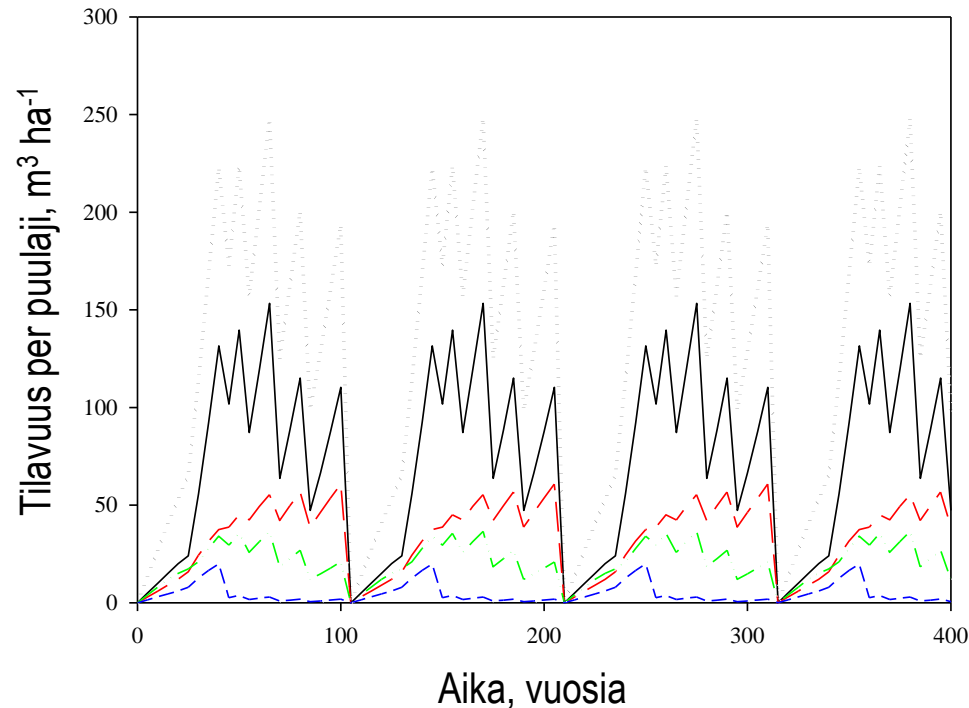
*reagointi talousparametreihin
riippumatonta käytävästä kasvumallista



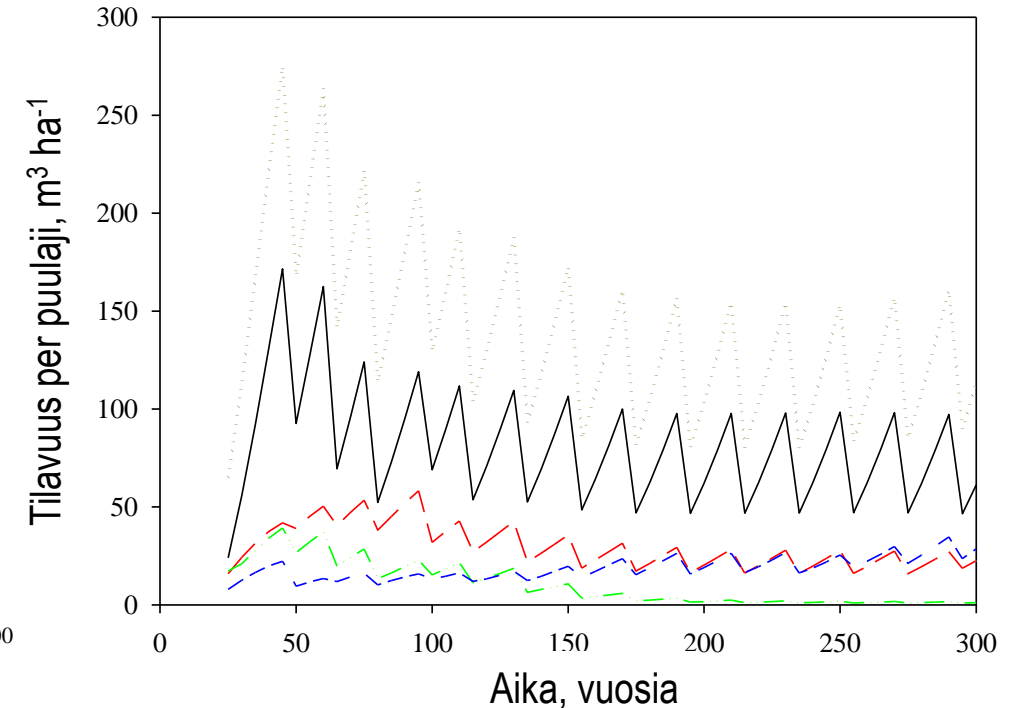
Sekametsän optimointi, esimerkki

kasvumallina Bollandsås ym. 2008

(a) Alhainen korko ja uudistamiskustannus

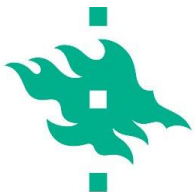


(b) Keskinertainen/korkea korko ja uudistamiskustannus + monimuotoisuuspreferenssejä (Simpson indeksi)



Huomota:

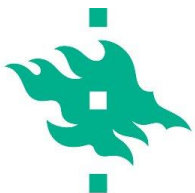
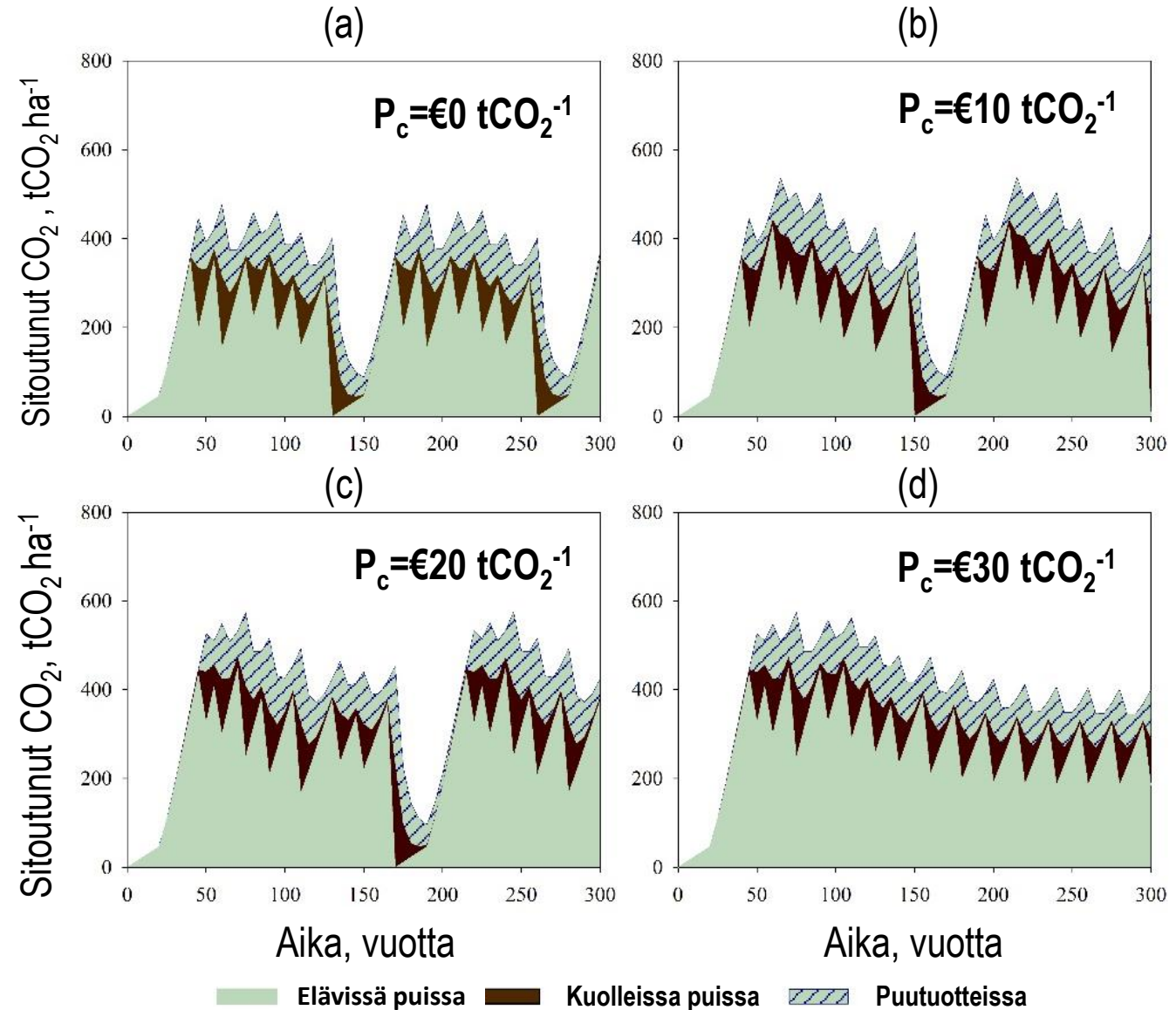
- maksimoitaessa kuutioiden tuotosta optimiratkaisu saavutetaan päätehakkaamalla
- monimuotoisuuspreferenssien huomioon ottaminen suosii jatkuvapeitteistä metsänhoitoa



Hiilensidonnan huomiointi, esimerkki

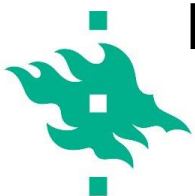
Kasvumallina Bollandsås ym. 2008

- maksimoidaan yhteenlaskettuja diskontattuja nettohyötyjä puuntuotannosta ja hiilensidonnasta
- huomioidaan hiili elävässä ja kuolleessa puussa, sekä puutuotteissa
- hiilen hinnan kasvattaminen
 - lykkää harvennuksia
 - kohdistaa harvennukset suurimpiin puihin sekä kasvattaa tukkipuun osuutta puuntuotoksesta
 - pidentää kiertoaika, ja suosii jatkuvapeitteistä metsänhoitoa



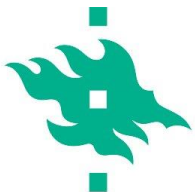
Yhteenveto

- optimaaliset harvennukset yläharvennuksia riippumatta siitä päätehakataanko vai ei
- jatkuvapeitteisen metsänhoidon taloudellista kannattavuutta suosii
 - korkea korko ¹
 - korkeat keinollisen uudistamisen kustannukset ¹
 - heikko kasvupaikka ¹
 - varjoa sietävä ja hyvin luontaisesti uudistuva puulaji (kuusi) ²
 - hiilensidonnän arvottaminen ³
 - Monimuotoisuuspreferenssien huomiointi ⁴



Lisäksi: mallin kehitystä jatketaan (mm. hiilensidonta ja sekametsä)

Kiitos.



Lähteet

- Assmuth, A., Rämö, J., and Tahvonen, O. 2017. Economics of size-structured forestry with carbon storage. *Canadian Journal of Forest Research* 48(1): 11–22.
- Assmuth, A., Tahvonen, O. 2018. Optimal carbon storage in even- and uneven-aged forestry. *Forest Policy and Economics* 87: 93–100.
- Bollandsås, O.M., Buongiorno, J., and Gobakken, T. 2008. Predicting the growth of stands of trees of mixed species and size: A matrix model for Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23(2): 167–178.
- Parkatti, V. 2017. Economics of boreal conifer species in continuous cover and clearcut forestry. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Pukkala, T., Lähde, E., and Laiho, O. 2011. Using optimization for fitting individual-tree growth models for uneven-aged stands. *European Journal of Forest Research* 130(5): 829–839.
- Pukkala, T., Lähde, E., and Laiho, O. 2013. Species interactions in the dynamics of even- and uneven-aged boreal forestry. *Journal of sustainable forestry* 32(4): 371–403.
- Rämö, J. 2017. On the economics of continuous cover forestry. Väitöskirja. Helsingin yliopisto.
- Sinha, A., Rämö, J., Malo, P., Kallio, M., and Tahvonen, O. 2017. Optimal management of naturally regenerating uneven-aged forests. *European Journal of Operational Research* 256(3): 886–900.
- Tahvonen, O. 2009. Optimal choice between even- and uneven-aged forestry. *Natural Resource Modeling* 22(2): 125–133.
- Tahvonen, O., Pukkala, T., Laiho, O., Lähde, E., and Niinimäki, S. 2010. Optimal management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 260(1): 106–115.
- Tahvonen, O. 2011. Optimal structure and development of uneven-aged Norway spruce forests. *Canadian Journal of Forest Research* 41(12): 2389–2402.
- Tahvonen, O. 2015. Economics of naturally regenerating, heterogeneous forests. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economics* 2(2): 309–337.
- Tahvonen, O. 2016. Economics of rotation and thinning revisited: the optimality of clearcuts versus continuous cover forestry. *Forest Policy and Economics* 62: 88–94.
- Tahvonen, O., and Rämö, J. 2016. Optimality of continuous cover vs. clearcut regimes in managing forest resources. *Canadian Journal of Forest Research* 46 (7), 891–901.
- Tahvonen, O., Rämö, J., and Mönkkönen, M. 2018. Economics of mixed species forestry with ecosystem services. Manuscript.

