

A photograph of a sunset or sunrise over a forest. The sky is filled with wispy, white clouds that catch the low light of the sun, creating a soft, golden glow. The sun is partially obscured by the clouds near the horizon. The foreground shows the dark silhouettes of trees against the bright sky.

Metsätalouden optimoinnista ilmastonmuutoksen olosuhteissa  
Olli Tahvonen  
HY Metsätieteiden laitos, Ympäristö- ja luonnonvaraekonomia

# Intro

-huomattava osa *Metsät ja ilmastonmuutos* -tutkimusta on perustunut käsitteisiin "hiilivelka" ja "takaisinmaksuaika"

-tähän tutkimukseen nojaa vahvasti myös Suomen ilmastopaneelin selvitys "*Metsien hyödyntämisen ilmastovaikutukset ja hiilinielujen kehittyminen*"  
selvitys OK, mutta...

- "hiilivelka" -tutkimuslinja taloustieteilijälle häkellyttävää luettavaa: sisältää paljon taloudellisia oletuksia, joista ei olla tietoisia, metsävarojen käytön dynamiikka usein sekaisin  
-ei aitoa monitieteistä tutkimusta  
-on vaikeaa nähdä mihin arvioita "takaisinmaksuajasta" tarvitaan  
-eturyhmäorientaation sävyttämää "kädenvääntöä"

Vaihtoehto:

-ilmastopolitiikassa on aina jokin tavoite ( $<1.5C^{\circ}$ ) ja kustannuksia aiheuttavia keinoja  
-jos tavoitteet halutaan saavuttaa mahdollisimman hyvin, niin keinojen käyttö tavoitteiden saavuttamiseksi on optimoitava => monitieteinen/taloudellinen analyysi,  
puuttuu ilmastopaneelin metsäselvityksestä ja hiilivelkatutkimuksesta

# Metsien käytön ”hiilineutraalisuus”

*Määritelmä (esim.):*

”metsän käyttö on hiilineutraalia, jos käyttö ei annetulla ajanjaksolla aiheuta nettopäästöjä”

*Yleisiä väitteitä:*

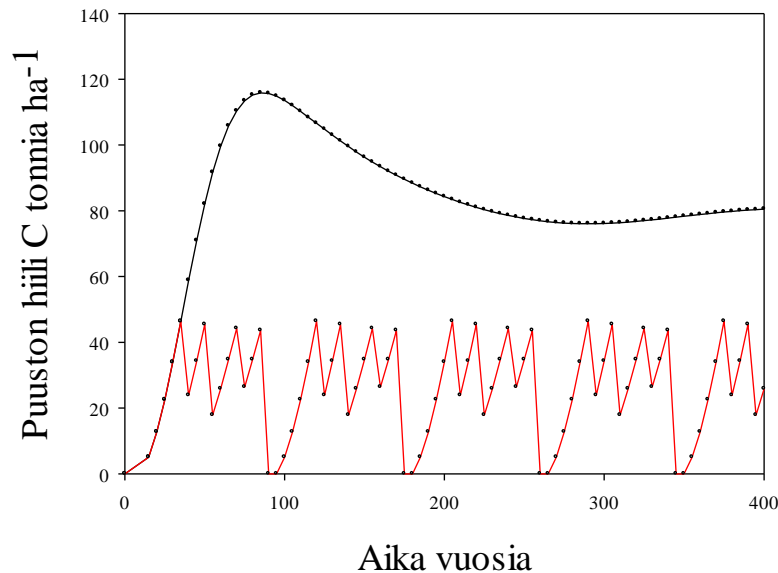
”Metsien käyttö on hiilineutraalia, koska uudestaan kasvavat puut sitovat puun käytöstä aiheutuneet päästöt”

”Metsien käyttö on hiilineutraalia, koska käyttö vain vapauttaa puiden aikaisemmin sitoman hiilen ilmakehään”

Hiilineutraalisuus => puun käyttöä energiaksi tai muuta metsien käyttöä ei ilmastosyistä veroteta eikä puuperäisiä päästöjä ole sisällytetty päästökauppaan

Hiilineutraalisuuspolitiikka on tuottanut kannustimia metsien korvaamiseen nopeakiertoisilla bioenergiaviljelmillä => aiheutettu suuria hiilipäästöjä (Wise et al. 2009)

# Hiilineutraalisuus; metsään sitoutunut hiilimäärä:



Kuusi, kasvupaikka  $H_{100}=24$

Kasvumalli: Bollandsås et al. 2008

—•— Kehitys ilman hakkuita  
—•— Taloudellisesti optimaalinen korjuu,  
korko 4%

Lähde: Tahvonen ja Rämö 2015

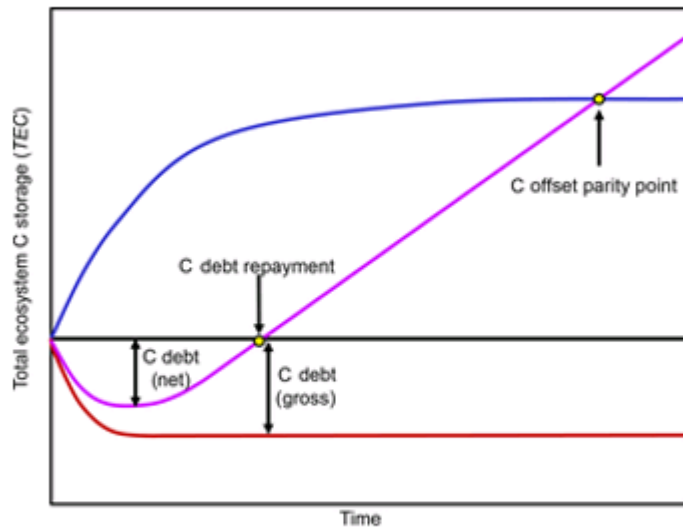
Hiilineutraalisuus: puun käyttö =>vain väliaikainen alennus metsän hiilimäärässä

Vasta-argumentti (Ter-Mikaelian et al 2015): palautumisessa on viive => ”hiilivelkaa” , ilmastonmuutos etenee ja aiheuttaa ongelmia

Talousargumentti: viiveiden lisäksi huomioitava metsään sidottu hiilen määrä verrattuna siihen, että metsää ei käytetä (”referenssiskenaario”)

=>”hiilivelka” on mustan ja punaisen käyrän erotus

# Hiilineutraalisuus; huomioidaan kaadettujen puiden käyttö



Substituution kumulatiivinen vaikutus  
C päästöihin

— Unharvested Forest C Storage  
— Bioenergy Production C Storage + C Offsets  
— Bioenergy Production C Storage  
— Initial C Storage

Lähde: Mitchell et al 2012

-jos hiili sitoutuu korjattuun puuhun tai puun energiakäyttö tai muu käyttö eliminoi hiilipäästöjä aiheuttavaa toimintaa (fossiilisten poltto, sementti), niin hiilivelka tulee maksetuksi nopeammin

-**"takaisinmaksuhetkellä"** kumulatiiviset nettopäästöt ovat nolla suhteessa tilanteeseen ennen hakkuita ja **"pariteettihetkellä"** suhteessa siihen, että metsää ei olisi lainkaan käytetty -boreaalisisissa metsissä pariteettihetken saavuttamiseen voi mennä 190-340 vuotta (Holtsmark 2012, 2015)

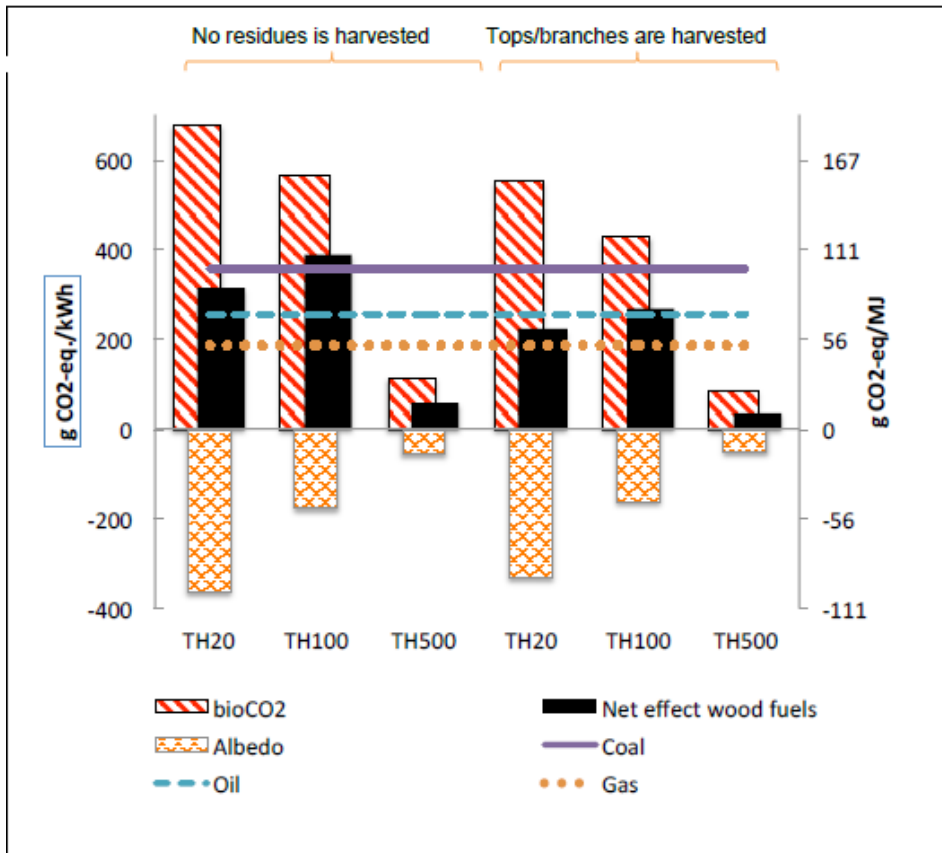
=>hiilineutraalisuus toteutuu vain hyvin pitkällä ajanjaksolla

# Muita hiilivelka -tutkimusten näkökohtia

-avohakkuun aiheuttaman albedon kasvu =>hiilivelka alenee

-puun energiakäyttö tuottaa vähemmän energiaa per C tonni kuin fossiiliset=>hiilivelka kasvaa

-hiilineutraalisuus  $\neq$  ilmastoneutraalisuus; otetaan huomioon hiilen kierto ilmakehässä,  $GWP_{bio}$



-puun energiakäytön ilmastovaikutukset voivat 100 vuoden aikavälillä olla samaa luokkaa kuin fossiilisilla polttoaineilla  
-korjuutähteiden käytöllä voivat ilmastovaikutukset olla alhaisemmat

# Hiilivelkatutkimuksen arviointia taloustieteen näkökulmasta

- metsän käytön skenaariot mielivaltaisia; kiertoaika voi olla 100 vuotta vaikka käytetyn mallin mukaan 28 vuotta, ei harvennuksia, ...
- ymmärrys "metsikkö" ja "metsälö" tason eroista hukassa
- tarkasteluissa ei hiilen lisäksi usein muita taloudellisia tekijöitä
- vrt. ajattelutapa, jossa metsätaloutta suunnitellaan/tutkitaan kuutiopohjalta
- käsite "sunk cost" tuntematon
- eri ajanhetkien hiilipäästöt samanarvoisia: korkokanta nolla ja ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden varjohinta vakio
- energiatekniikan kehitys=>varjohinta voi alentua =>päästöjen vähentäminen heti saa suuremman merkityksen kuin päästöjen vähentäminen 100 vuoden päästä (tai päinvastoin)

## Hiilivelkatutkimuksen arviointia, jatk.

- sivuuttaako metsäenergia fossiilisten energialähteiden käyttöä?
- hiilivelkaa lasketaan olettaen, että korvataan fossiilisia polttoaineita satoja vuosia; substituutio satojen vuosien ajan ei välttämättä toteudu, energiatekniikan kehitys =>luovutaan fossiilisista
- So what*: hiilivelkatutkimukset eivät kerro juurikaan miten ilmastopolitiikka muuttaa yhteiskunnan kannalta parasta tapaa hoitaa metsiä



# Hiilivelkatutkimuksen arviointia, jatk.

Taloudellinen/monitieteinen näkökulma:

1. Metsän käytön taloudellisekologisiin malleihin lisätään hiilen vapautuminen ja sidonta, bioenergian tuotanto ja optimoidaan metsän käyttö  
=>puun tarjonta eri käyttötarkoituksiin ja tätä voidaan verrata vaihtoehtoisten materiaalien ja energialähteiden vastaavaan tarjontaan ja päätellä mikä on kansantaloudellisesti kannattavinta metsänhoitoa ja puun käyttöä ilmastovaikutukset huomioiden
2. Mitä ohjauskeinoja tarvitaan talouden toimijoiden ja markkinoiden ohjaamiseksi toimimaan kansantalouden/yhteiskunnan tavoitteiden mukaisesti?

# Taloudellisen tutkimuksen tarkastelutasoja

1. Globaali hiilen kierto ja optimaalinen metsien käyttö
2. *Kansantalouden taso*
3. Markkinoiden taso
4. *Puustotaso*

Hiilineutraalisuustulkinta: jos hiilen kierron lisääminen malliin ei vaikuta taloudellisesti optimaaliseen metsänhoitoon, niin toteutuu ”taloudellinen hiilineutraalisuus”  
⇒ ei voi toteutua kuin äärimmäisenä erikoistapauksena

Sama pätee MSY –politiikkaan: erikoistapaus, korko nolla, uudistamiskustannukset nolla, hiilen varjohinta vakio,...

## 2. Kansantalouden taso :

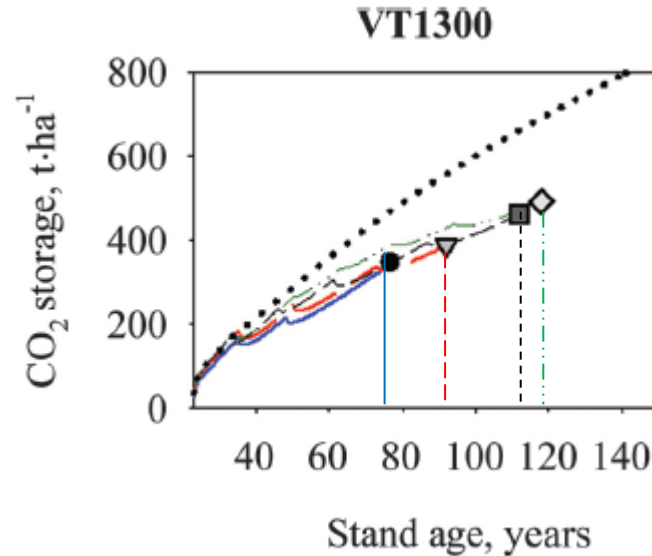
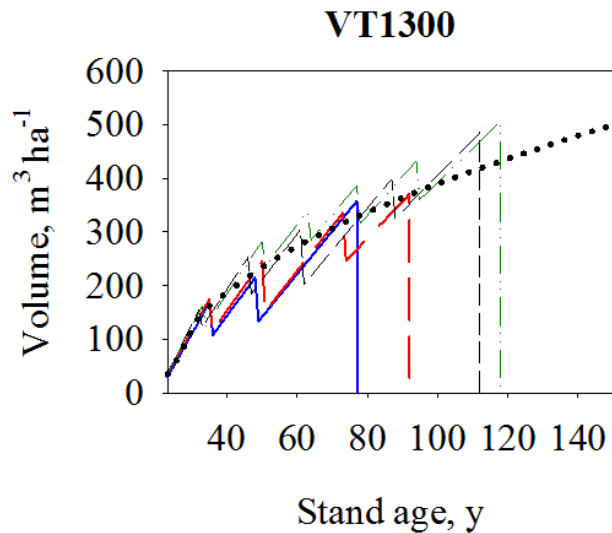
-sisällytetään metsävarat ja hiilen nettopäästöt kansantalouden kokonaistasapainomalliin ja tutkitaan miten rajoite nettopäästöille muuttaa metsien käyttöä ja millä instituutioilla (markkinoiden ohjauksella) tavoite toteutuu optimaalisesti (Tahvonen 1995)

=>metsän hiilivarasto kasvaa ja hiilineutraalisuus voi toteutua vain erikoistapauksena

=>ohjauskeinot: maksetaan tukea hiilen sidonnalle ja verotetaan kaikkia hiilipäästöjä mahdollisimman tarkasti niiden syntykohteissa

=>tuottaa kannustimet muuttaa metsänhoitoa hiilen sidonnan kasvattamiseksi ja puun käyttämiseksi siten, että hiili sitoutuu puuhun mahdollisimman pitkään (vrt. puun "kaskadikäyttö")

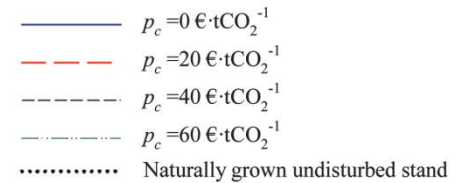
## 4. Puustotason tarkastelu: metsän kasvun ekologinen prosessimalli & optimointi



Mänty, korko 3%

Lähde: Pihlainen, Tahvonen,

Niinimäki 2014 CJFR



- optimoitu hiilen sidonta kasvattaa (istutus)tiheyttä, kiertoaikaa ja puun tarjontaa ja lieventää harvennuksia, tukki/kuitu suhde kasvaa
- optimoitu hiilen sidonta vaikuttaa toimenpiteisiin voimakkaammin heikoilla kasvupaikoilla
- hiilen sidonta lisää kuolleen puun määrää metsässä => positiivinen biodiversiteettivaikutus?
- optimoidun hiilen sidonnan & puuntuotannon “hiilivelka” täysin eri kuin pelkän puuntuotannon

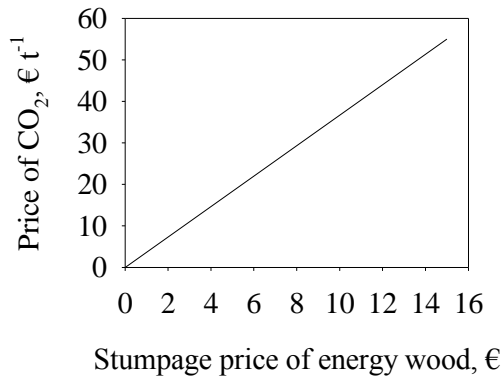
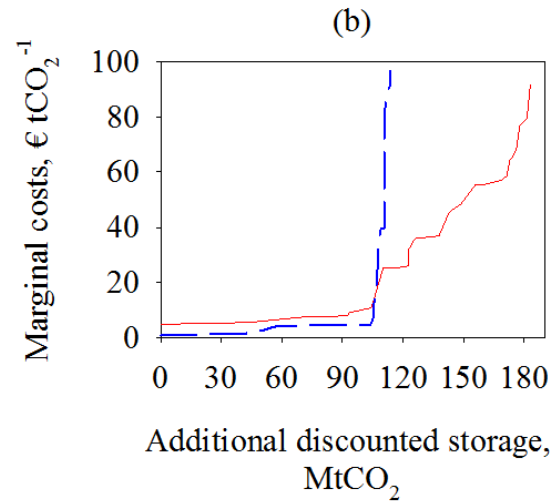


Figure 1. Break-even curve for bioenergy harvest.  
Net subsidy system, site VT1300, interest rate 3%.

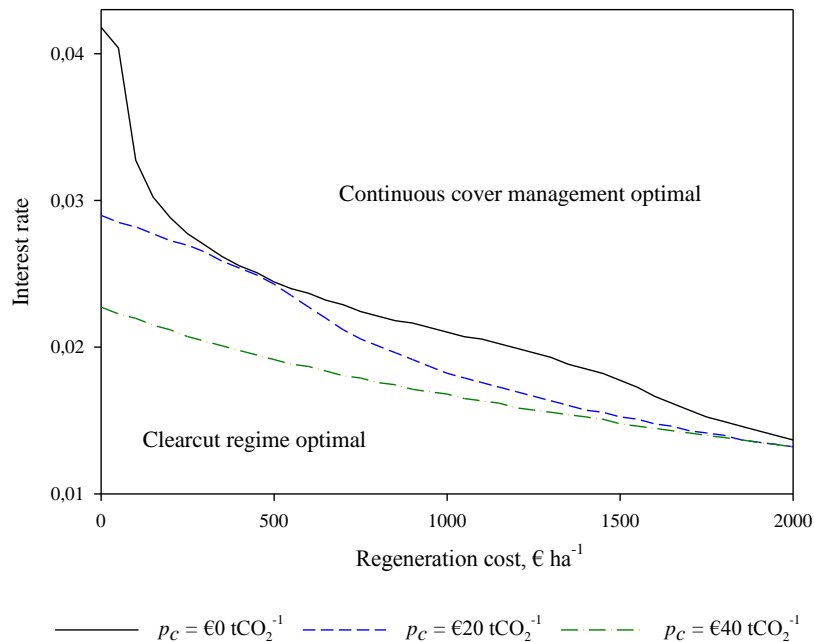


Mänty, korko 3%  
Lähde: Pihlainen, Tahvonen,  
Niinimäki 2014 CJFR

- bioenergian tuotanto korjuujätteestä optimaalista, jos hiilen hinta  $< 3.7 \times$  energiapuun hinta per m<sup>3</sup>
- nettopäästöjen vähentäminen sitomalla hiiltä metsään ja puumateriaaliin näyttäisi olevan halvempaa kuin päästöjen vähentäminen muilla talouden sektoreilla

# Metsänhoidon malli ja ilmastomuutoksen riskit

- usean puulajin* metsät saattavat kestää paremmin kuivuutta ja muita ongelmia ilmastomuutoksen edetessä (Cauthier, Kuuluvainen, et al. 2015, Neuer et al 2015)
- metsikön *ikäluokkarakenteella* voi olla merkitystä hiilen sidonnalle (Thornley and Cannell 2000, Assmuth 2015, Lundmark et al. 2015)
- hiilen sidontatavoite näyttää lisäävän CCF:n kannattavuutta verrattuna avohakkuisiin
- boreaalisten metsien kasvuolosuhteet voivat muuttua oleellisesti*
- =>*tutkittava usean puulajin heterogeenisiä metsiä ennakkoluulottomasti*



Lähde: Assmuth ja Tahvonen 2016