

Optimaalinen metsänkierto hiilen hinnoittelun ja metsätuhoriskin vallitessa

Velma Pohjonen

17.04.2023

Ohjaaja: Tommi Ekholm

Valvoja: Ahti Salo

Työn saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla. Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Työn tavoite

- Tutkia, miten hiilen hinnoittelu ja metsän iästä riippuvai metsätuhoriski vaikuttavat optimaaliseen metsänhakkuuikään
 - Maksimoidaan metsänomistajan tuloja

Taustaa

- Paljaan maan arvo: metsänkasvatuksen tulot ja menot diskontattuna nykyhetkeen
- Faustmannin kaava 1849: voidaan käyttää paljaan maan arvon laskemiseen
- Laskennassa mukana
 - Metsän kasvua kuvaava funktio
 - Puun hinta
 - Korko
 - Istutuskustannukset

Taustaa

- Van Kooten et al. (1995): Faustmannin kaavaa täydennetty hiilen hinnoittelulla
 - Tukia hiilen sidonnasta, veroja hiilen vapauttamisesta
- Reed (1984): Faustmannin kaavaa täydennetty metsätuhoriskillä
 - Sekä metsän iästä riippumaton että sen iästä riippuvainen malli esitelty
 - Jos metsätuhoa ei tapahdu, metsä kaadetaan ajanhetkellä T
 - Jos metsätuho tapahtuu, tuloja menetetään, ja kasvatus aloitetaan alusta

Taustaa

- Ekholm (2020): yhdistää Van Kootenin ja Reedin mallit ottaen huomioon sekä hiilen hinnoittelun että metsätuhot
 - Metsätuhoon riski esitetty iästä riippumattomana

Taustaa

- Metsätuhoon päättyvän yksittäisen kierron nettotulot diskontattuna nykyhetkeen:

$$D(t) = \alpha P_c \int_0^t e^{-r\tau} \nu'(\tau) d\tau - e^{-rt}((1 - \gamma)\alpha P_c \nu(t) + R)$$

- Hakkuuseen päättyvän yksittäisen kierron nettotulot diskontattuna nykyhetkeen:

$$H(T) = \alpha P_c \int_0^T e^{-r\tau} \nu'(\tau) d\tau + e^{-rT}((P_f(T) - (1 - \beta)\alpha P_c)\nu(T) - R)$$

Tunnus	Merkitys	Yksikkö
α	Hiilipitoisuus puun tilavuutta kohden	t_{CO2}/m^3
β	Hiilen osuus, joka jää varastoon hakkuun jälkeen	%
γ	Hiilen osuus, joka jää varastoon metsätuhon jälkeen	%
T	Kiertoaika	vuosia
r	Diskonttokorko	%
R	Istutuskustannukset	€/ha
P_c	Hiilen hinta	€/t _{CO2}
$P_f(T)$	Puun hinta	€/m ³
$\nu(t)$	Puun tilavuus iässä t	m ³ /ha

Tässä työssä

- Pohjana Ekholmin malli

- Riski noudattaa homogeenistä Poisson-prosessia

$$p(t) = \lambda e^{-\lambda t},$$

missä λ on vuodessa keskimäärin tapahtuvat vahingot

- Malli, jossa riskitaso riippuu metsän iästä

- Riski noudattaa epähomogeenistä Poisson-prosessia (Reed 1984)

$$p(t) = \lambda(t) e^{\int_0^t -\lambda(s) ds},$$

missä $\lambda(t)$ on vuodessa keskimäärin tapahtuvat vahingot

Metsätuhoriski

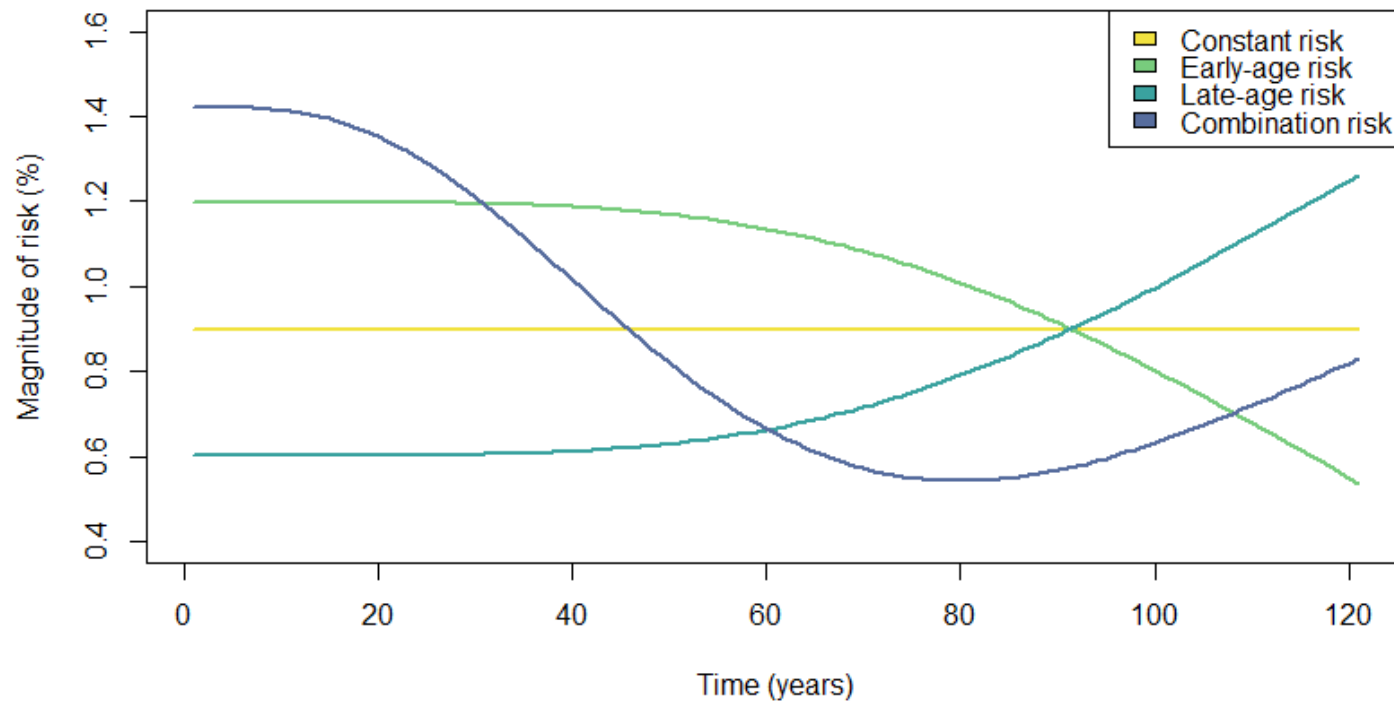
Metsätuhoja on erilaisia, ja niiden ikäriippuvaisuudet eroavat toisistaan

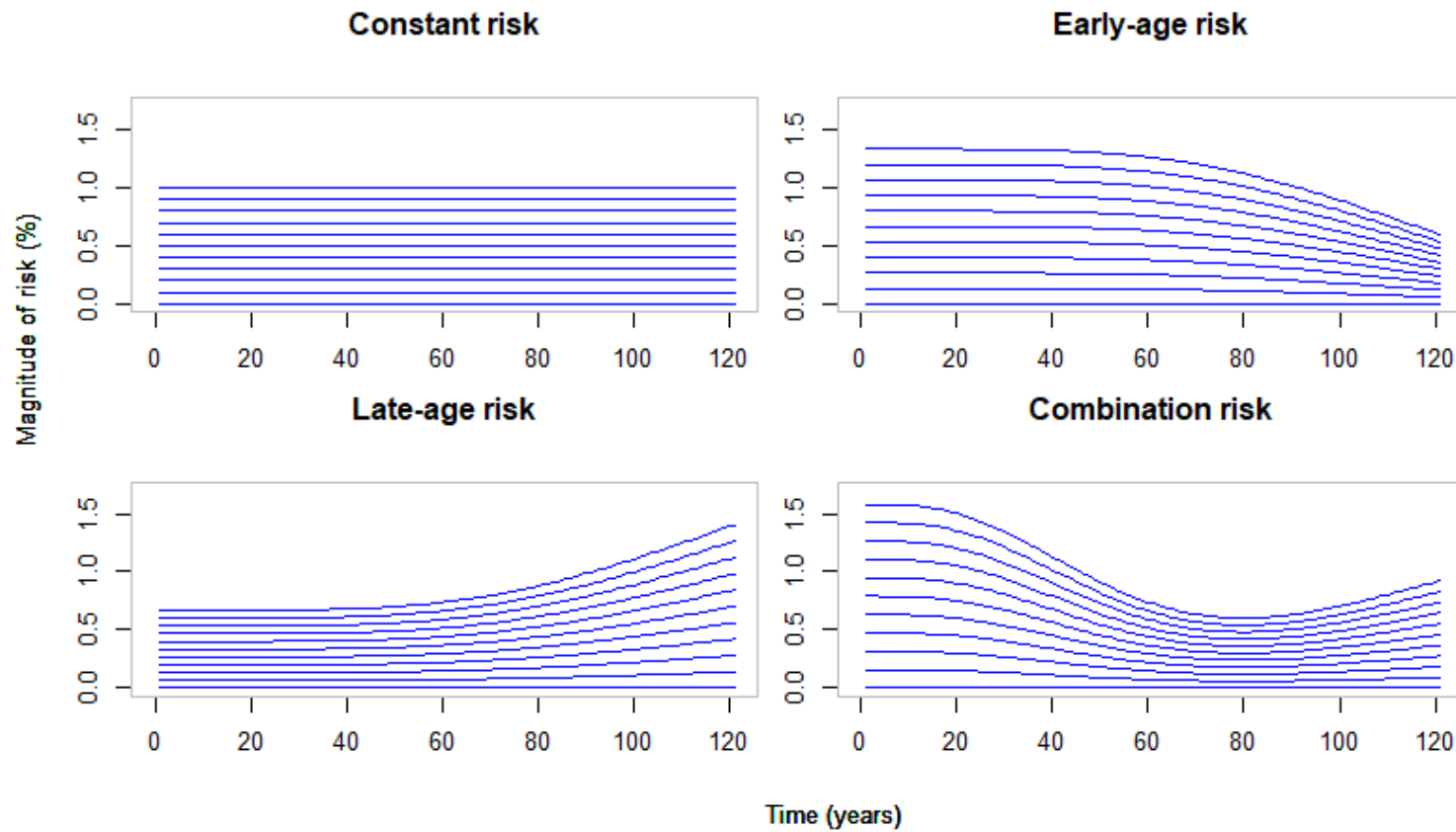
Riskiä mallinnetaan **neljän eri riskiprofiilin** avulla

Tavoitteena kuvata eri riskityyppejä, ja tutkia, miten niiden vaikutukset optimaaliseen metsänkasvatusikään eroavat toisistaan

Riskiprofiilit **eivät perustu oikeaan dataan**

Metsätuhoriski





- Riskiprofiilin muodon lisäksi myös riskin voimakkuutta vaihdellaan

Malli kokonaisuudessaan

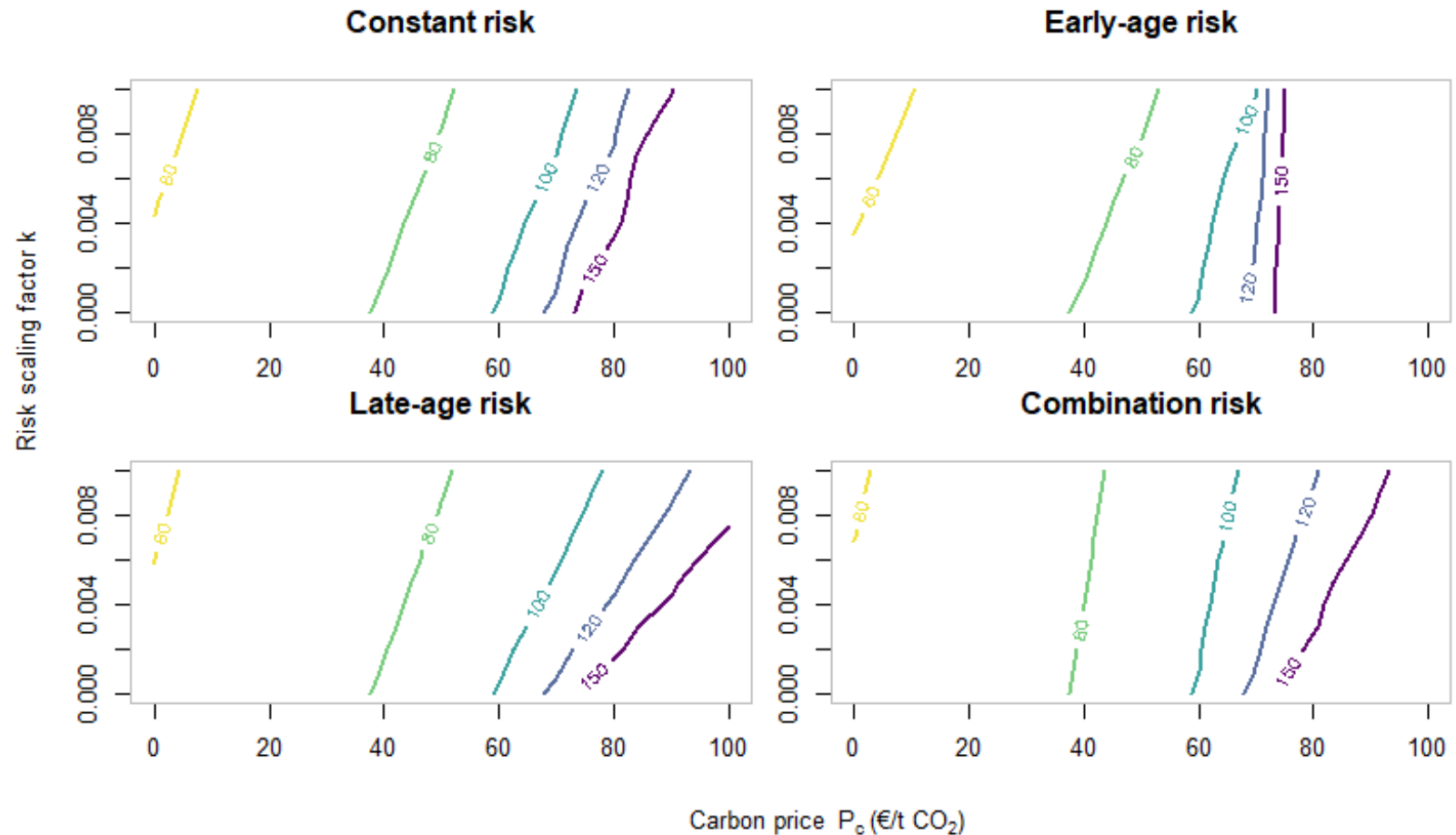
- Malli, jolla lasketaan metsästä odotettavaa tuottoa
- Kun metsä kasvaa ja varastoi hiiltä, metsänomistaja saa tukia
- Jos metsä hakataan tai tapahtuu metsätuho, metsänomistaja joutuu maksamaan veroa
- Jos metsätuhoa ei tapahdu, tuloja saadaan puutavaran myynnistä
- Kun metsä kaadetaan tai se tuhoutuu, kasvatusta aloitetaan alusta
 - Ei siis optimoida yksittäisen kierron tuottoja, vaan äärettömän peräkkäisen kierron tuottoja

Malli kokonaisuudessaan

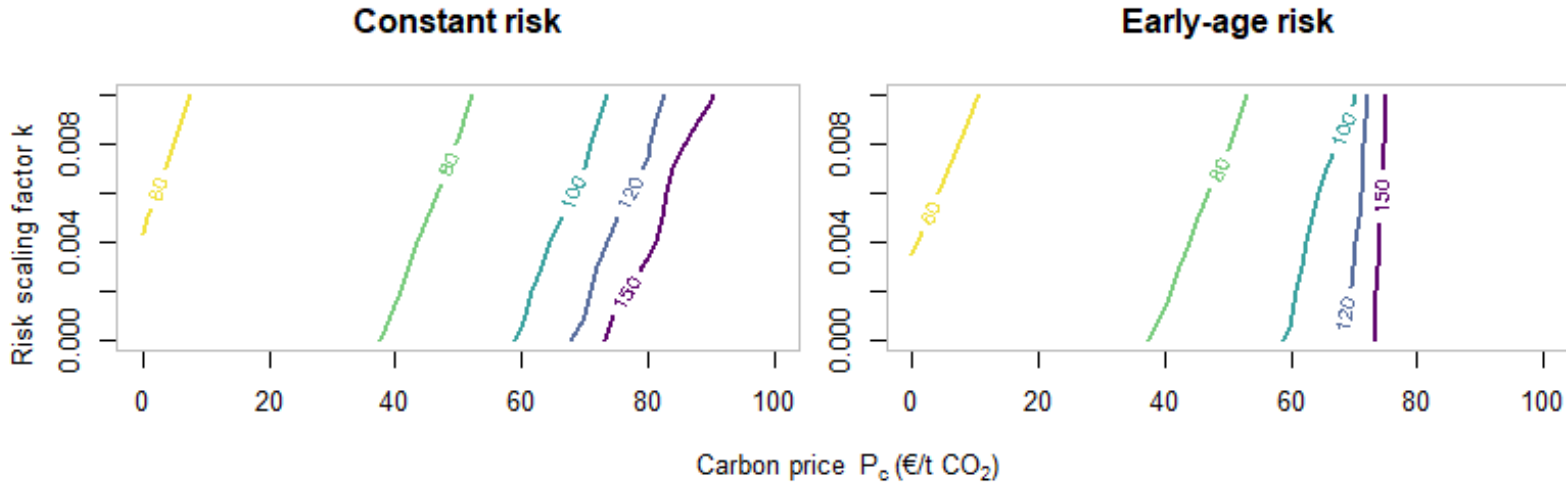
- Metsätuhoriski riippuu metsän iästä
- 4 riskiprofiilia
- Riskitasoa vaihdellaan
- Hiilen hintaa vaihdellaan

Optimointiongelman: etsitään metsän hakkuuaika, joka maksimoi metsän tuoton nettonykyarvon

Tulokset

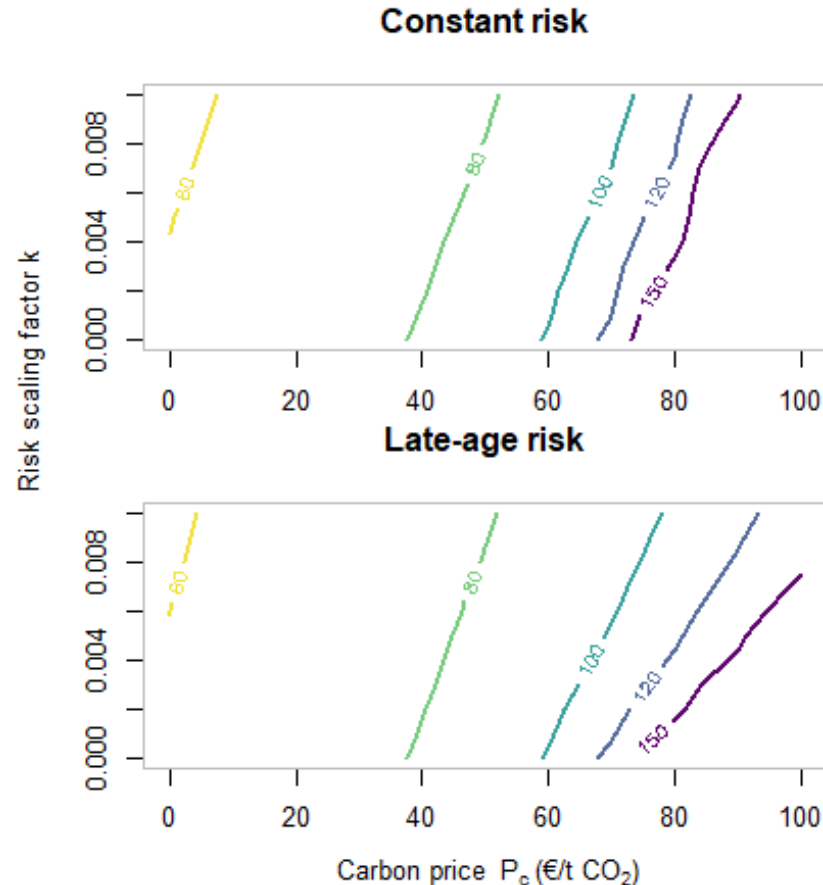


Tulokset: nuoren iän riski



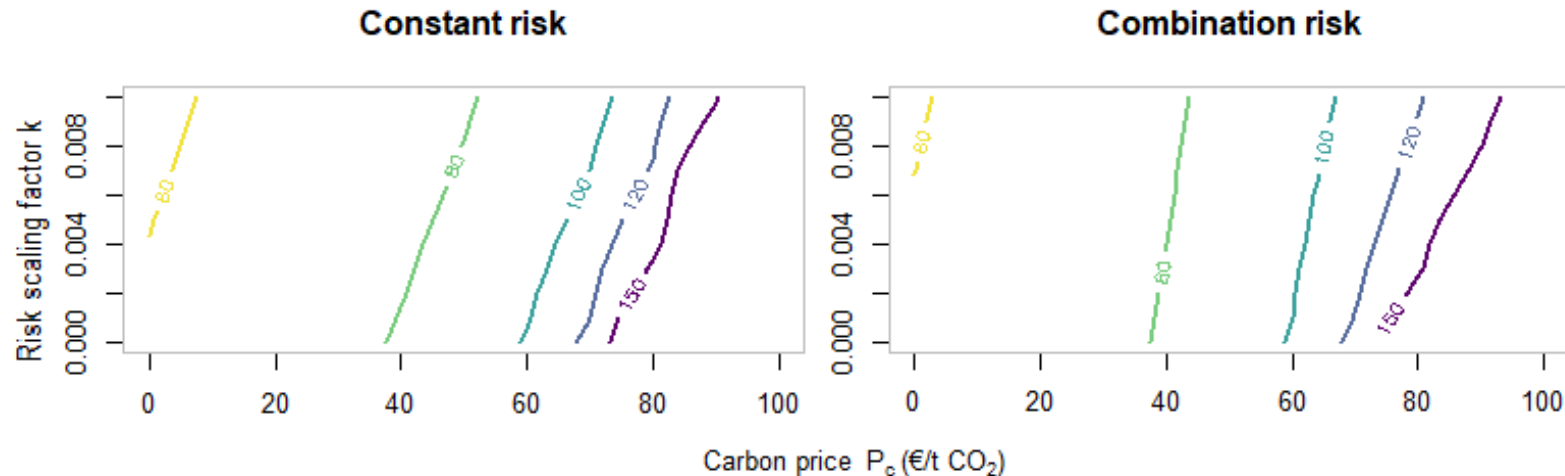
- Pitkät kasvatusajat saavutetaan pienellä hiilen hinnalla
- Hiilen hinta on tarpeeksi suuri → riskitason kasvulla ei suurta merkitystä
- 60v-käyrä: hyvin samanlainen kuin vakioriskin tapauksessa

Tulokset: vanhan iän riski



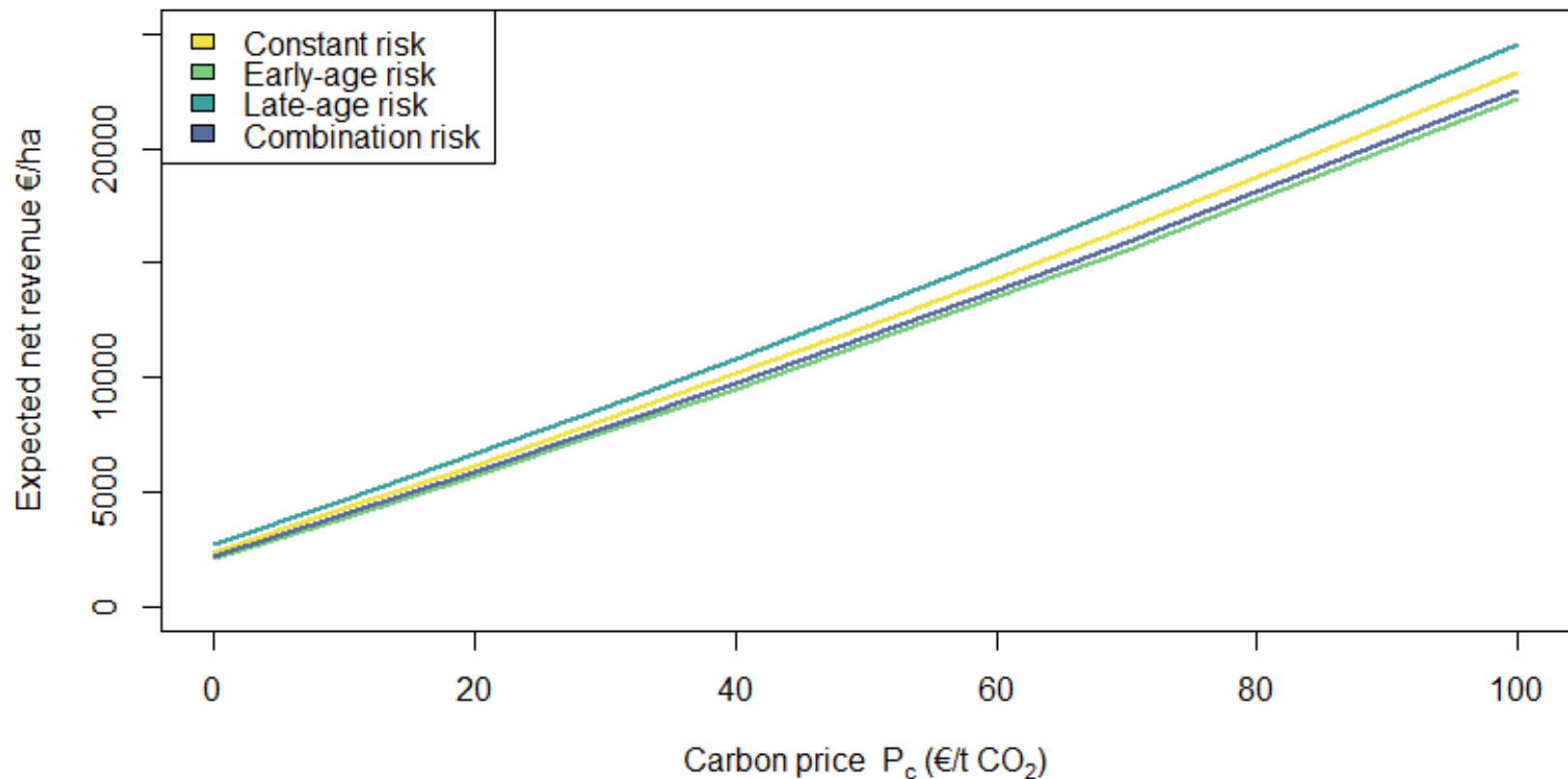
- 60v kasvatusaikaan päästään pienemmällä hiilen hinnalla
- Mitä pidempi kasvatusaika, sitä kaltevampi käyrä
 - Tarvitaan suuria korvauksia hiilensidonnasta, jotta pitkät kasvatusajat olisivat kannattavia

Tulokset: yhdistelmäriski



- Muistuttaa enemmän vakioriskin ja vanhan iän riskin tuloksia kuin nuoren iän riskin tuloksia
 - Vuosina 60-150 yhdistelmäriskin profiili myös näitä lähempänä
- 60v kasvatusaika saavutetaan kaikista pienimmällä hiilen hinnalla
- 60v, 80v ja 100v käyrät tällä profiililla pystysuorempia kuin muilla
 - Vuosina 60-110 yhdistelmäriskillä on kaikista profiileista pienimmät arvot

Tulokset: metsästä saatavat tulot

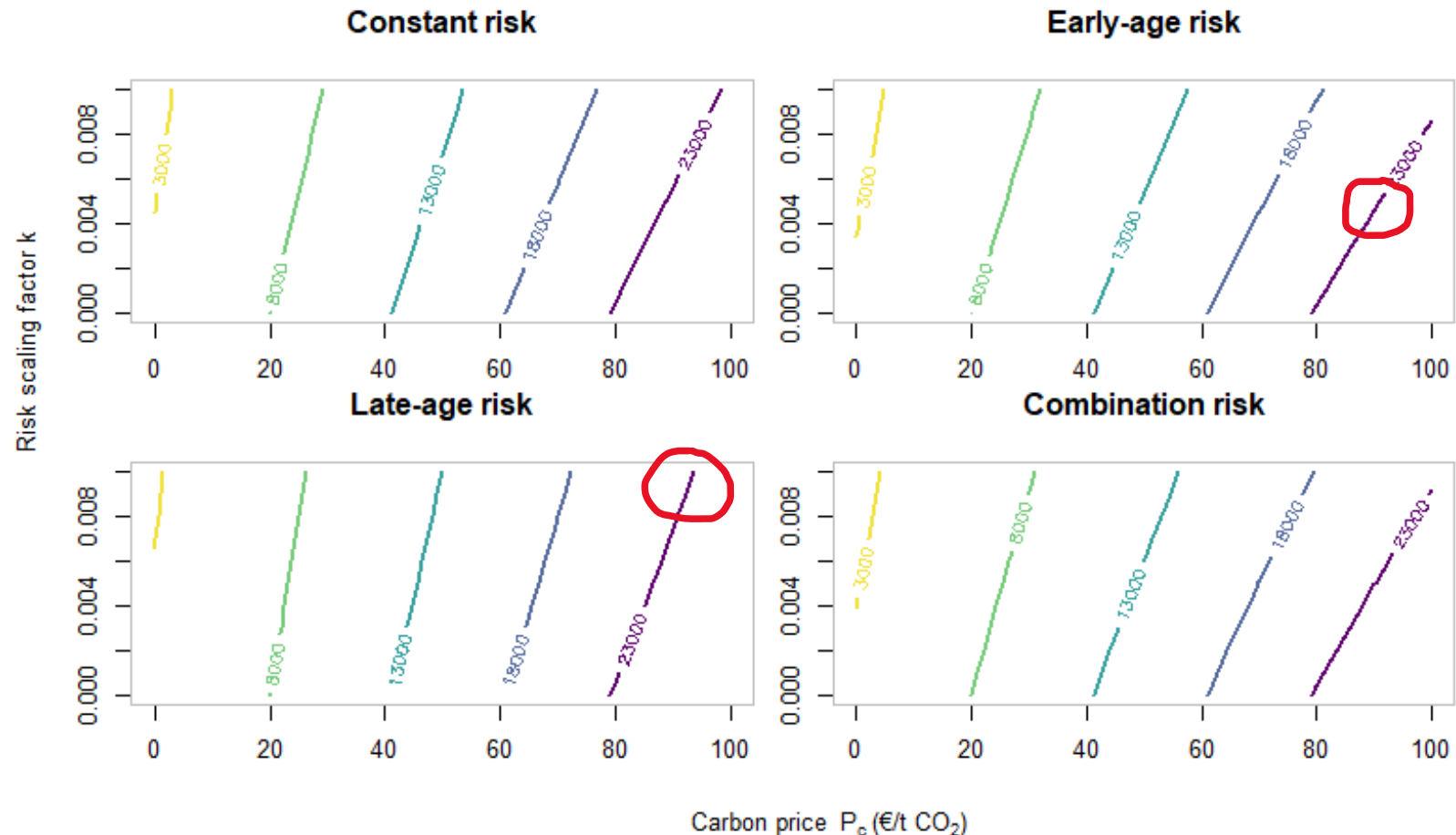


Maan odotettu arvo hiilidioksidin hinnan suhteen, riskin voimakkuus vakio

Tulokset: metsästä saatavat tulot

- Pienimmät tulot kun riskiprofiilina nuoren iän riski, toiseksi pienimmät yhdistelmäriskillä
- Suurimmat tulot kun profiilina vanhan iän riski
- Pienet tulot yhteydessä riskiin nuorella iällä
 - Kaikkien metsien on käytävä läpi nuoruusvuodet, eli riskiä ei voida välttää hakkaamalla metsä aikaisin
 - Jos tuho tapahtuu nuorena, metsä ei ole ehtinyt sitoa vielä kovin paljon hiiltä, mistä saisi tuottoja
 - Metsänistutuskustannukset voivat kasvaa suuriksi

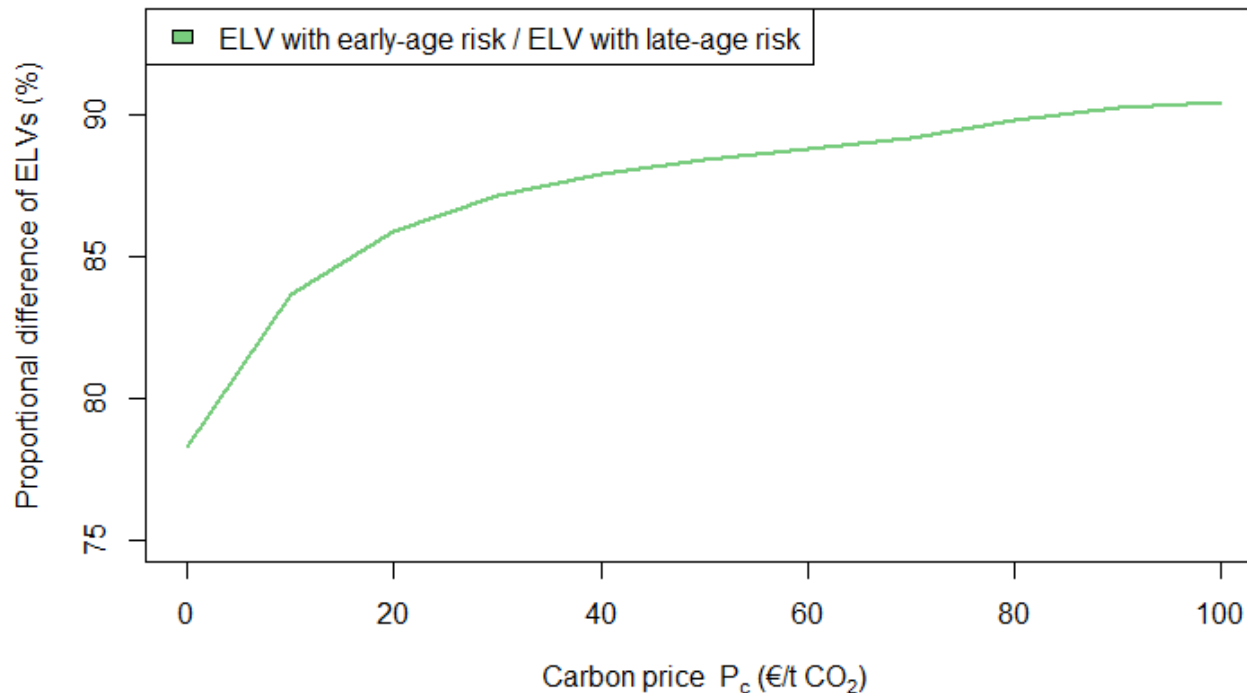
Tulokset: metsästä saatavat tulot



Tulokset: metsästä saatavat tulot

- Tulot moninkertaistuvat kun hiilen hinta kasvaa
- Tuloerot eri tapausten välillä kasvavat, kun hiilen hinta kasvaa
- Toisaalta suhteellinen ero niiden välillä pienenee

Tulokset: metsästä saatavat tulot



Maan odotetun arvon (ELV) suhteellinen ero varhaisen ja myöhäisen iän riskiprofiileilla, riskin voimakkuus vakio