Vulnerability assessment of ecosystem services for climate change impacts and adaptation (Vaccia)

***ACTION 9*: Assessment of impacts and adaptation measures for forest production; Case study at Northern Häme and Lapland** *(Short name: Forest Production)*

Report on the Stakeholder seminars 2

VACCIA

Vulnerability assessment of ecosystem services for climate change impacts and adaptation (Vaccia)

ACTION 9: Assessment of impacts and adaptation measures for forest production; Case study at Northern Häme and Lapland (Short name: Forest Production)

Report on the Stakeholder seminars 2

Table of Contents

Report on the Stakeholder seminars 2

1. Introduction

The decisions of forest management that are made currently according to the present best knowledge on productive forestry may be less optimal if assessed over the whole rotation in the changing environment. In countries like Finland, who still have considerably large sector of economy based on forest productivity, these changes are crucial.

EU Life+ funded project "Vulnerability assessment of ecosystem services for climate change impacts and adaptation (Vaccia)" started in early 2009. One part of the project is Action 9 "Assessment of impacts and adaptation measures for forest production; Case study at Northern Häme and Lapland". The action attempts to clarify how climate change will influence the forest production and production conditions and how that will influence the productivity of alternative silvicultural schemes. The work concentrates on case studies in two areas in South Finland and Lapland. The predictions will be communicated in common seminars with practical forestry organisations and local communities where the case studies are made. In the discussions the decision making of adopting different adaptive measures under uncertain future are clarified. Based on these meetings different projections on probable outcome are made.

In this report the second stakeholder seminars in both case study areas are presented

2. Objectives of the stakeholder seminar 2

The specific objectives of the second set of stakeholder seminar was to introduce how climate change will impact forest productivity and how these changes are reflected on silviculture and its economic viability. The idea of the seminars was to highlight what concerns the expected change rouse in the forestry practitioners at the level of adaptation of silviculture to climate change and discuss these points against the existing scientific information including the uncertainties involved. The intention was to collect existing concerns considering the prevailing information and use that in guiding the collection and interpretation of the scientific information for the reminder of the period to be addressed in the final stakeholder seminars.

3. The operative area of the action 9

The Action 9 is conducted as a case study in Northern Häme representing the conditions in South Finland and in eastern Lapland representing the northern conditions. Both case study areas belong to the FinLTSER-network and University of Helsinki has long lasting forestry studies going on there.

4. Stakeholder seminar 2 at the forestry field station of the University of Helsinki in Hyytiälä

The second official stakeholder seminar in the Northern Häme region was organised at the University of Helsinki field station in Hyytiälä in the 25th of March 2011. In spring 2010 another

additional stakeholder seminar was held in Tampere. The university field station is centrally situated in the region and it is easily accessed from the region.

The seminar was organised on the basis of invitations. The local staff members of the field station invited representatives of the main local actors involved in forestry and individual forest owners. The invited participants included 28 students and 23 teachers from Tampere College as well as a representative from the local forestry centre and three individual forest owners. Also representatives of locally operating forestry companies were invited but they informed that they were not able to participate.

The program of the seminar is presented in annex 1. It consisted of the presentation of climate change related studies in Hyytiälä, what is expected to happen to forest growth (annex 2) and forest economy with climate change (annex 3). During all the presentations free discussion was encouraged.

5. Stakeholder seminar 2 in the Kemijärvi City hall.

The second stakeholder seminar in eastern Lapland was organised in the Kemijärvi City hall on 8th of April 2011. In addition to the direct invitations to local forestry organisations and forest owners also an advertisement of the seminar was published in the local newspaper Koilis-Lappi on the 7th of May 2009 at their page for announcements at page 29. The 11 participants included representatives from local forestry organisations (Forest and park service, forestry centre, forest owners association) and forest owners.

The program of the seminar is presented in annex 4. Similarly to meeting in Hyytiälä, It consisted of the presentation of the climate change, what is expected to happen to forestry with climate change (annex 5) and economic considerations of future uncertainties (annex 6). During all the presentations free discussion was encouraged and about half of the seminar time was reserved to open discussion.

6. The main results of the seminar

The practical forestry organisations communicated that for them it is very important to receive information about climate change in terms that are understandable to them. In that sense concrete information that would be relevant to them in terms of forest management is still lacking. A lot of information concerning climate change is available from media and from internet but they remain either terminologically or thematically in such a level that is unusable when planning forest management practises. For that reason, the participants were very happy about the presentations given in the seminar and to the possibility for thorough discussion concerning the issues. In general the local forest owners' associations were seen as the critical link in adopting new practises required by the climate change and in informing the forest owners. Many forest owners and professionals dealing with practical forestry work also seem to trust more in experimental observation on climate change effects rather than theoretical considerations. This makes dissemination of scientific climate change predictions challenging.

As the predominant concerns about the adaptation of forestry to climate change following points rose during the seminar in Hyytiälä: how the ground frost will vary and what impacts that should have on the forestry operations, how will the relative success of natural and artificial regeneration methods change and is it foreseeable that in the future regeneration involves more work and possibly changes in the soil treatment methods, will the genetic material from natural forest be enough to accommodate the changes in the climate or should testing with alternative proveniences

be started already now and should there be changes in the regeneration species. In particular the question of spruce was discussed a lot as it is the species that has been predicted to suffer most with climate change but is currently most used species in forest regeneration. There was general agreement that forestry practises should be altered from monocultures towards more diverse species composition. This would also allow more flexible response to possible damage caused by climatic change. At present pricing of wood and also at increasing renewal costs, economical rotation times will be shortened in the future. Fortunately, the increased forest growth is able to shorten the rotation period so much that silviculture can accomodate increasing regeneration costs. The predictions suggest, however, that the net benefit of climate change to silviculture as practised today, might not increase much. During the transition period of warming climate there is temporarily improved situation as the climate will enhance the growth of established forests that did not suffer from increased competition from ground vegetation.

In the Kemijärvi meeting also the tree species and the genetic diversity of the material was considered as an important concern in the future. The quality of wood and how that will change rouse concern and also if the forest guidelines presently used in South Finland can be used in the future in Lapland. Another important concern was linked with the uncertainty if demand for wood continues in the future and what will be the role of energy wood vs. wood for other purposes and how will international treaties concerning carbon bounding in vegetation influence the situation.

Discussions at Kemijärvi brought in the difference in southern Finnish and northern Finnish conditions. In the Häme region of South Finland there was quite a lot of concern that climate change may have negative impact to forestry practises and possibly decrease the profitability of the sector. In Lapland, on the contrary, there was not much doubt that the growing of trees will become easier. However, even if the climate warms up to present southern Finnish level, forest productivity will increase more slowly as the soil nutrient pools are smaller. Growth may be further enhanced when tree growth in northern forests is shifted from temperature-limited to nutrient-limited by climatic warming; in this case fertilizing the forests becomes profitable. Tree species composition is not likely to change radically from the present one. In the north the abiotic and biotic threats to trees are also less dramatic if we consider present southern Finnish conditions.

Socio-economic impacts, however, can become more important in the north. Due to the presently low forest productivity and correspondingly the low income from forestry in Lapland, utilisation of other ecosystem services such as reindeer herding or forest conservation for tourism compete and cause conflicts with forestry. These conflicts may escalate along with increasing profitability of forestry in the future. The ongoing change in forest industry further complicates the adaptation of forestry practises to climate change. The concern was mainly if the demand for wood still remains high or will the structural changes in forest industry and in response to climate change reflect also on the type of wood that is actually bought. From the point of view of the objectives of the Action, 9 it is interesting to see if these changes reflect in the attitudes of forest owners in their response to the profitability changes that climate change will bring and that are calculated in this action.

Annex 1

Seminar program, Hyytiälä Forestry Field Station

2nd stakeholder meeting of action 9: Assessment of impacts and adaptation measures for forest production; Case study at Northern Häme and Lapland (Short name: Forest Production).

Hosts:
Head of the station, PhD. Antti Uotila, HY/Hyytiälän metsäasema (University of Helsinki, Forestry field station)
Prof. Pertti Hari, HY/metsätieteiden laitos (University of Helsinki, Dept. For. Sciences)
PhD Pasi Kolari, HY/metsätieteiden laitos (University of Helsinki, Dept. For. Sciences)
Prof. Lauri Valsta, HY/metsätieteiden laitos (University of Helsinki, Dept. For. Sciences)

Hyytiälä Forestry Field Station, lecture hall 25.3.2011

10.00	Welcome (Antti Uotila)
10.10	Climate change studies at Hyytiälä Forestry Field Station (Pertti Hari)
10.40	Impacts of climate change on forest growth (Pasi Kolari)
11:40	Economic aspects of climate change (Lauri Valsta)
	Final discussion
13:00	Lunch

Presentation on expected climate change impacts on forest growth

Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset metsien kasvuun

Pasi Kolari
Metsatieteiden laitos
Helsingin yliopisto

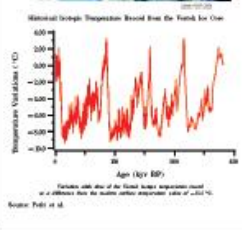
Sisältö

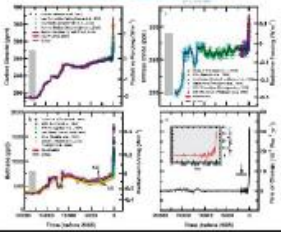
- Ilmastonmuutos
- Metsien ilmastovaikutukset
- Ilmastonmuutoksen vaikutus metsiin

Maapallon lämpötilaan vaikuttavat

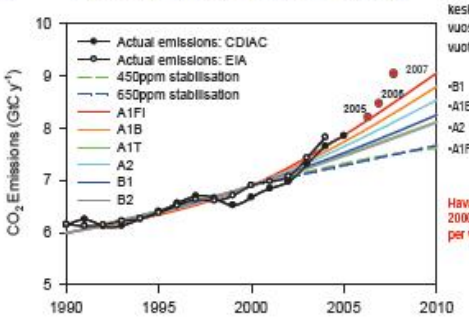
Ulkoiset tekijät

Sisäiset tekijät





Ennustetut ja havaitut hiilidioksidipäästöt



ennustettu keskimääräinen vuosikasvu vuoteen 2050

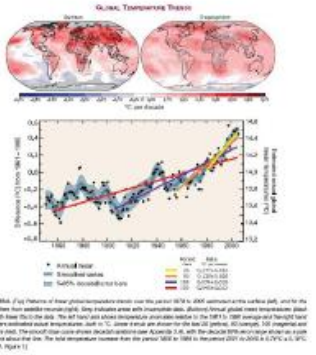
- B1 1.1%,
- A1B 1.7%,
- A2 1.8%
- A1FI 2.4%

Havaittu kasvu 2000-2006 3.3% per vuosi!

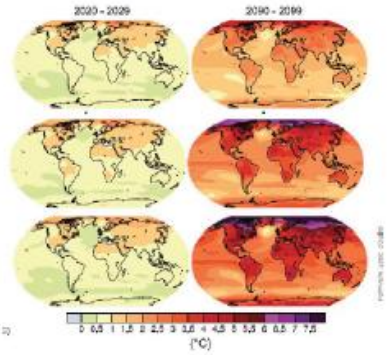
•Raupach et al. 2007, PNAS

Havaittu lämpötilakehitys

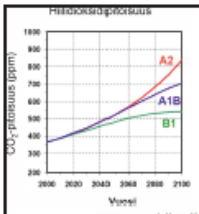
Tämäkin talvi on maailman mittakaavassa yksi kaikkien aikojen lämpimimmistä!



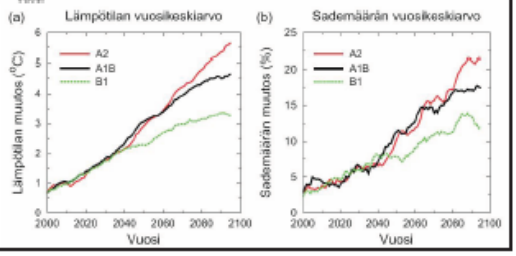
Pintalämpötilojen muutosennusteet



Ennusteita ilmaston muuttumisesta Suomessa



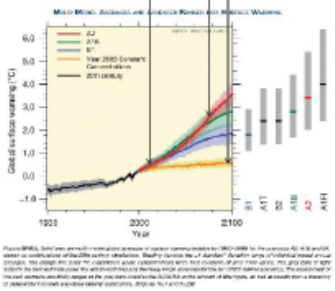
- 1 asteen lämpeneminen = 200 km etelään
- heinäkuu 2010 olisi tavallista kuumempi myös vuonna 2100



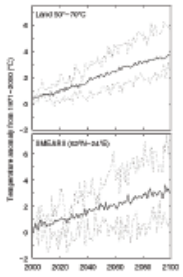
Metsätalouden mittakaavassa ennustetut muutokset ovat suunnitteluhorisontin tätä päivää!

Metsikön perustaminen

Sadonkorjuu



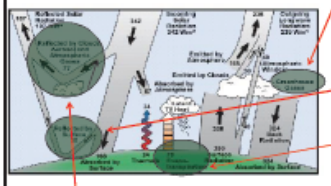
Arvioitu muutos Pohjois-Hämeessä



- Hiilidioksidipitoisuus nousee
  - esiteollinen taso 280 ppm, nyt 385ppm, nousu vuodessa 2ppm
- Keskilämpötila nousee 2-6°C 80 vuodessa
  - enemmän talvella(?)
  - alkaisempi kevät, myöhäisempi syksy
  - kesän keskilämpötilat nousevat vähemmän
- Sadanta kasvaa (8-40%)
  - erityisesti syksyllä ja talvella
  - kesäsadannan jakauma muuttuu epätasaisemmaksi, tulvia ja kuivuusjaksoja
- Kuivuus
  - lämpötilan nousu aiheuttaa haihdunnan nousua
  - pidempiä sateettomia jaksoja
  - pidemmästä kasvukaudesta seuraa kasvien suurempi riippuvuus kesäsateista, kuivuustodennäköisyys kasvaa
- Myrskyt
  - ei ennustettu suuria muutoksia Suomessa, kuitenkin globaalisti lisääntyvät

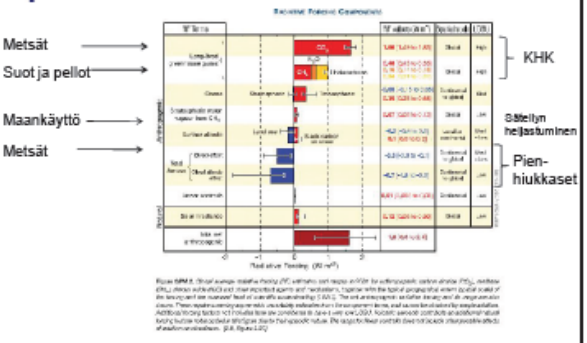
Metsätalouden ilmastovaikutukset

Metsien vaikutukset ilmastoon



- Metsät sitovat huomattavia määriä hiiltä puustoon ja maaperään (vähentää kasvihuonekaasuja ilmakehästä, viilentää ilmakehää)
- Metsät sitovat avomaata (esim. peltoa) enemmän säteilyä (lämmittää ilmakehää)
- Metsät haihduttavat avomaata enemmän vettä (viilentää ilmakehää)
- Metsät vaikuttavat ilmakehän pienhiukkasten syntyyn (viilentää ilmakehää, mutta suuruusluokka epävarma)

Eri tekijöiden lämmittävä vaikutus



IPCC 2007

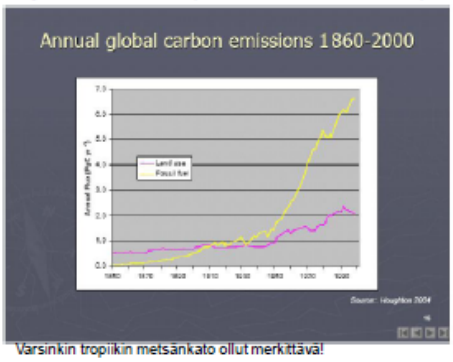
Kasvillisuus sitoo kasvihuonekaasuja

Fossiiliset CO_2-päästöt n. 8 Gt C vuodessa

- puolet jää ilmakehään pitoisuus nousee n. 2ppm/v, Tällä hetkellä ~390 ppm
- neljännes sitoutuu maanpäällisiin ekosysteemeihin
- neljännes sitoutuu valtameriin

Canadell et al. 2007

KHK-päästöistä metsien kadon osuus on ollut ja on merkittävä (n. 15-20% tällä hetkellä)



Varsinkin tropiikin metsänkato ollut merkittävä!

Boreaalisilla alueilla metsäpeitto on lisääntynyt

- Metsäpeitto on lisääntynyt
  - Hiilivarasto on kasvanut (viilentävä vaikutus)
  - Varsinkin keväällä enemmän säteilyä sitoutuu puustoon (hiilinieluun verrattavissa oleva, mutta lämmittävä vaikutus)
  - Haihdunta on hieman lisääntynyt (viilentävä vaikutus)
  - Puusto vaikuttaa pienhiukkasten muodostumiseen (epävarmaa onko puuston lisääntyminen lisännyt vai vähentänyt)
- Boreaalisten alueilla puuston lisääntymisen nettovaikutus ei ole yksiselitteinen, on voinut olla ilmakehää lämmittävä (riippuu pienhiukkasten vaikutuksesta)

Trooppisilla alueilla metsänpeitto on pienentynyt

- Hiilivarasto on pienentynyt (suuri lämmittävä vaikutus)
- Suurempi osa auringon säteilystä heijastuu ja vähemmän säteilyä sitoutuu puustoon (pieni viilentävä vaikutus)
- Haihdunta on pienentynyt (suuri lämmittävä vaikutus)
- Puusto vaikuttaa pienhiukkasten muodostumiseen (epävarmaa onko puuston lisääntyminen lisännyt vai vähentänyt)
- Trooppisilla alueilla metsänkadon nettovaikutus on ollut ilmakehää lämmittävä

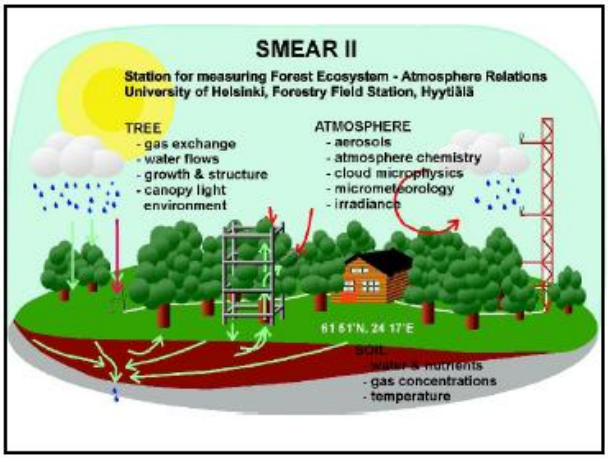
Ilmaston lämpenemistä hillitsevä metsäpolitiikka?

- Boreaalisilla alueilla:
  - Kasvatetaan järeitä havumetsiä
    - Suuri metsien hiilivarasto, pitkäikäisiä puutuotteita
  - Suositaan järeitä lehti- ja sekametsiä
    - Kevään lämmittävä vaikutus pieni, hiilivarasto keskimääräinen, suuri potentiaali fossilisten polttoaineiden korvaamiseen (nopeakasvuiset lajit)
- Trooppisilla alueilla
  - Tuetaan metsänkatoa hillitseviä hankkeita
  - Perustetaan viljelymetsiä
  - Kylämetsätalous+ ruokahuolto+ luonnonvarojen kestävä käyttö

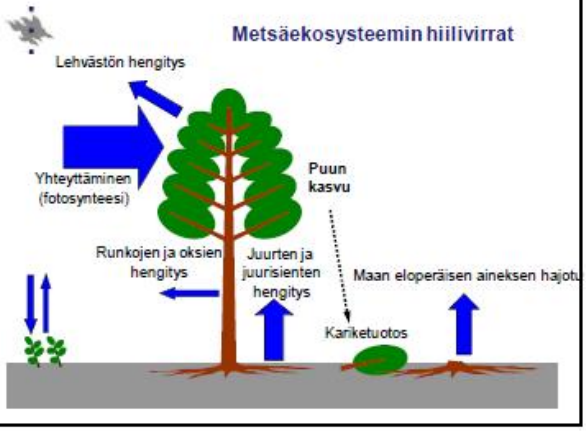
Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

Kuinka metsän tuotosta ja sen suhdetta ilmastoon tutkitaan?

- Kaasunvaihtomittaukset (CO_2)
  - Hiilitaseen ositteet ja niiden hetkelliset vasteet
  - "Bruttokasvuun" allokoidaan vuositasolla vajaa puolet yhteytystuotoksesta, loput ylläpitoon
  - "Nettokasvu" suuruusluokkaa neljännes
  - Vuotuinen tuotos koostuu hetkellisistä tuotoksista, jotka voidaan laskea mitatusta CO_2-vaihdosta
- Biomassamittaukset → vuotuinen kasvu
- Matemaattiset mallit: tuotoksen yhteys ympäristöön



Metsäekosysteemin hiilivirrat



Puiden yhteytyksen mittaaminen kammioilla

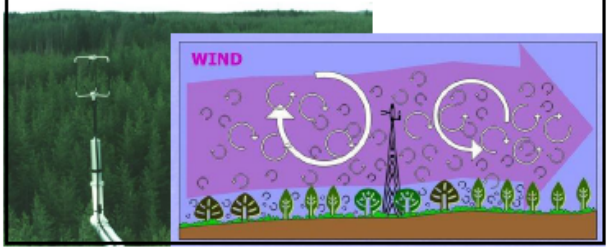
- Epäsuora mittausmenetelmä
  - Mitataan kasvin ympäristössään aiheuttama muutos
- Lehden tai verson yhteytys ja hengitys muuttavat hiilidioksidipitoisuutta kammion sisällä

Puiden CO_2-vaihdon mittaaminen Hyytiälässä

- Jatkuva kaasunvaihdon seuranta (CO_2, H_2O, O_3, NO_x)
- 60-120 mittausta päivässä

Eddy covariance (suora vuonmittaus)

- Maaekosysteemin ja ilmakehän välisen CO_2-vaihdon suora mittaus
- Perustuu ilman pyörteilyn ylös ja alas kuljettaman hiilidioksidin mittaamiseen

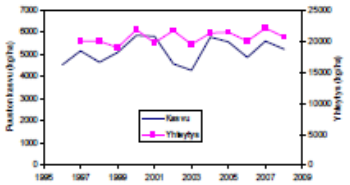


Suorat biomassamittaukset

- Lasketaan puuston tilavuus ja biomassa näytepuiden pituudesta, rinnankorkeusläpimitasta ym. sekä metsikön tiheydestä
- Kasvuhistoria lustoista ja oksakiehkuroista
- Tuloksena puuston vuotuinen nettokasvu, jonka pitäisi olla sama kuin metsän nettohiilidioksidinvaihto jos maaperässä ei tapahdu muutoksia

Hyytiälän metsäaseman tutkimusmännikön biomassatuotos nykyilmastossa

- Metsikön tuotoksen ja kasvun havaittu vaihtelu 1996-2008
  - Kasvun vaihtelu vuodesta toiseen n. 20% haarukassa

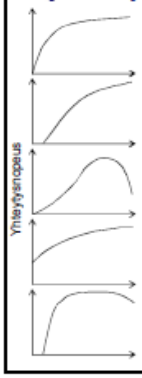


- Fotosynteesituotoksen ja kasvun vaihtelu samansuuntaista
  → kasvua voidaan arvioida laskemalla fotosynteesituotos

Tuotos ja ympäristötekijät

- Vuoden keskilämpö ja kasvukauden pituus selittävät metsän fotosynteesituotoksen ja kasvun *maantieteellistä* vaihtelua mutta eivät juuri vaihtelua vuodesta toiseen samalla paikalla
- Kasvit reagoivat lähinnä vallitseviin olosuhteisiin, eivät aisti kasvukauden pituutta tai vuoden keskilämpöä
  → Vuotuinen tuotos koostuu hetkellisistä tuotoksista
- Tuotos riippuu monesta tekijästä, yksittäiset ympäristötekijät eivät selitä tuotoksen muuttumista vuodesta toiseen
- Tutkitaan tuotoksen muuttumista muuttuvassa ilmastossa, oletetaan hetkellisten vasteiden ympäristöön pysyvän samana

Hetkellisen tuotoksen riippuvuus ympäristötekijöistä



- Valo --- yhteyttämisessä tarvittava energia saadaan auringosta
- Ilmakehän hiilidioksidi --- puuaineksen kasvun raaka-aine
  - kulkeutuminen lehteen nopeutuu kun pitoisuus nousee
- Lämpö --- biologiset prosessit lämpötilasta riippuvia
- Ilman kosteus --- kuiva ilma kiihdyttää haihduntaa
  - lehtien ilmaraot sulkeutuvat
- Maan kosteus --- veden virtaus puussa tarvitaan solujen elintoimintojen ylläpitämiseksi ja yhteyttämistuotteiden kuljettamiseksi

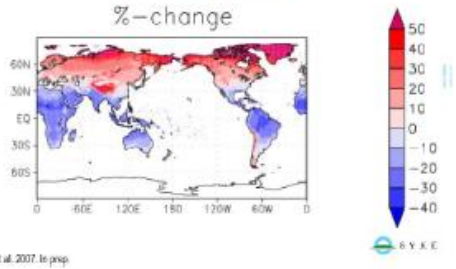
Lämpötilan nousu ja tuotos, malliennusteet

- Ennustettu lämmön ja CO_2-pitoisuuden nousu kasvattaa männyn vuotuista yhteytystuotosta per neulanen Pohjois-Hämeessä vuosisadan loppuun mennessä noin 30%
  - Tuotoksen kasvu enimmäkseen CO_2-lannoituksen ja kasvukauden pitenemisen ansiota (kasvukausi käytännössä: vuorokauden keskilämpö >5°C)
  - Syksyjen lämpenemisellä ei merkitystä tuotokselle, koska pimeää
- Lämmönnousu talvella enemmän kuin kesällä ei juuri muuta ennustettua tulosta, koska kasvukausi ei pitene

Lämpötilan nousu vapauttaa kiihtyvästi hiiltä metsämaasta

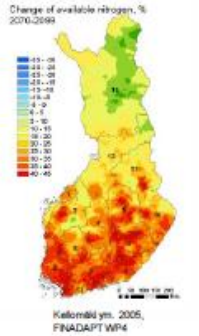
Lämpötilan nousu lisää maaperän eloperäisen aineksen hajotusnopeutta, samanaikaisesti lisääntyy myös typen vapautuminen

A2 scenario, 2070-2100



Tuomi et al. 2007. In prep.

Maaperän ravinnekierron muutos kiihdyttää kasvua

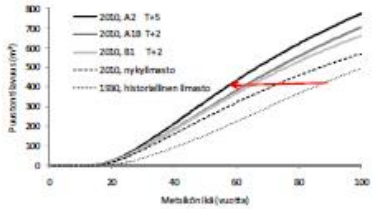


Kellomäki ym. 2005, FINADAPT WP4

- Typpi oleellinen ainesosa fotosynteesikoneiston entsyymeissä ja kaikissa elävissä soluissa
- Lämpeneminen tehostaa hajotusta maassa, typpeä vapautuu, puiden kasvu kiihtyy
- Kasvupaikkojen yleinen viljavuuden lisääntyminen

Yhteytyksestä kasvuun

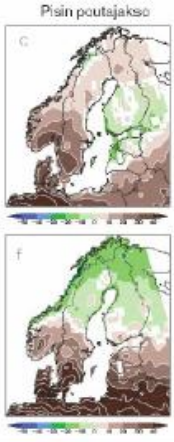
- Kasvu kiihtyy jopa enemmän kuin yhteytystuotos per neulanen kasvaa
  - enemmän typpeä → enemmän neulasia, vähemmän juuria
  - vähän typpeä sisältävän runkopuun osuus kasvaa



Kuivuuden vaikutus kasvuun

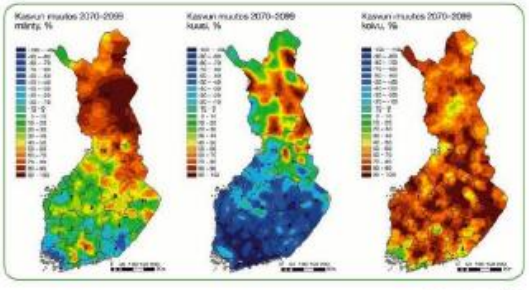
- Nykyilmastossa kuivien vuosien vaikutus tuotokseen pieni
  - Kuivuusjaksot myöhään, merkittävää kuivuutta ei yleensä ennen elokuuta
    → vaikutus saman vuoden kasvuun pieni
- Kuivuus voi vaikuttaa seuraavan vuoden kasvuun (silmuihin), Hyytiälässä ei kuitenkaan ole varmuudella havaittu
  - Vuoden 2003 kasvu oli alhainen, syksyn 2002 kuivuus ja syvä routa talvella 2002-2003 voi selittää

Kuivuus kasvua rajoittavana tekijänä tulevaisuudessa



- Vuotuisen sadannan arvioitu kasvu 10-20%
- 3-4°C lämmönnousun myötä vuotuinen potentiaalinen haihdunta kasvaa myös 10-20%
- CO_2-pitoisuuden nousun ansiosta puiden haihdunta voi pienentyä (vedenkäytön tehokkuus kasvaa)
- Kuivuusriski riippuu sateiden vuodenaikaisesta ajoittumisesta, ennusteet poutajaksojen pituudesta tulevaisuudessa ristiriitaisia

Metsän kasvu ja ilmastonmuutos, eräs ennuste



Kellomäki ym. 2005, FINADAPT WP4

Ruotsalaisten ennusteita...

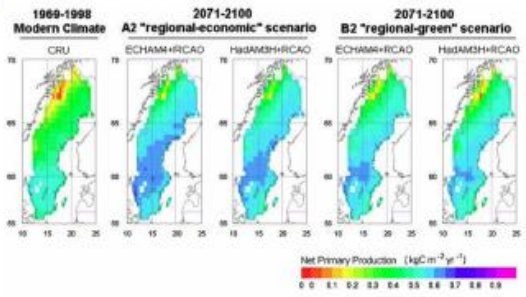


Figure 2. Distribution of net primary production (NPP) by potential natural vegetation in Sweden according to simulations with LPJ-GUESS under the modern climate (1969–1998) and the four regional climate scenarios (2071–2100).

Yhteenveto: Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

- Ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan puiden elintoimintoihin ja kiihdyttää kasvua, lisäksi kasvukauden piteneminen
  - Lämmön ja hiilidioksidin vaikutukset kasvuun pystytään ennustamaan nykyisten ympäristötekijävasteiden avulla
- Kasvu pitkällä aikavälillä typpirajoitteista, lämmönnousun ansiosta myös typen kierto maassa kiihtyy
  - kasvupaikkojen viljavuuden lisääntyminen
  - kasvun voimistuminen, suurempi lehvästö, enemmän runkopuuta, myös kukinta ja siementuotos kiihtyy

Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

- Kuivuusriski voi kasvaa, koska kasvukausi pitenee mutta kesäsadanta ei kasva paljoa
  - tieto puiden vedenkäytön kehittymisestä puutteellista
  - Pohjois-Suomessa kuivuusriski pienempi kuin etelässä
- Muuttuneet kasvuolosuhteet muuttavat eri kasvilajien ja kasvillisuustyyppien kilpailusuhteita
  - nopeakasvuiset lehtipuut hyötyvät viljavilla mailla
  - kuusi voi kärsiä
  - männystä entistä selvemmin kuivien kasvupaikkojen laji
  - Pohjois-Suomessa metsänraja katoaa, kuusi yleistyy

Epävarmuuksia

- Ilmaston ja puiden kasvun muutosennusteet itsessään epävarmoja mm. Suomen sijainnin vuoksi
- Erilaisten tuholaisten ja taudinaiheuttajien leviäminen

Vaikutukset metsänkasvatukseen ja hoitoon

- Kasvatus- ja kasvupaikkasuositukset tulevat muuttumaan
  - lehtipuiden suosiminen, kuusen kasvatusta harkittava tarkkaan
  - uudet tuhot ja taudinaiheuttajat huomioitava kasvatusmenetelmissä
- Pintakasvillisuuden kilpailu kiihtyy
  - maanpinnan käsittelyn ja taimikonhoidon merkitys ja menetelmät korostuvat
  - epäonnistuneen viljelyn todennäköisyys nousee, voi vaikuttaa viljely- ja uudistusmenetelmien kannattavuuteen
  - meneekö kasvuetu nouseviin uudistuskustannuksiin?
  - vesametsätalous Etelä-Suomessa?

Vaikutukset metsänkasvatukseen ja hoitoon

- Metsänhoidon ja korjuun logistiikka muuttuu
  - routakausi lyhentynee
  - tiestön ylläpidosta tulee tärkeämpää
- Laatukasvatus
  - tiheyden kontrollilla entistä suurempi merkitys (oksaisuus, luston leveys, tasapaksuisuus)
  - laatuharvennuksen merkitys kasvaa

Vaikutukset metsätalouteen

- Metsätalouden tavoitteet muuttuvat
  - Hiilensidonta ja kasvihuoneilmiötä heikentävien toimien tärkeys kasvaa
    - hiilivaraston maksimointi
    - säteilytaseen optimointi (lehtipuut keväällä)
  - Energiapuu
- Kasvatettavien puulajien tämän päivän edullisuus ei välttämättä pysy samana tulevaisuudessa

Lopuksi

- Varmaa ilmastonmuutoksessa on muutos, muutoksen suuruus ja sen vaikutukset epävarmoja
- Ovatko nykyiset, varsin suppeat vaihtoehdot tarjoavat kasvatussuositukset enää optimaalisia? Metsäpolitiikka suosii havupuuston kasvattamista, kasvatuksen kannattavuuslaskelmat perustuvat nykyhetken ilmastoon
- Pörssimeklarin ohje sijoittajalle epävarmassa maailmassa: Hajauta salkku
- **Olisiko aika ruveta kokeilemaan monipuolisempaa metsänkasvatusta?**

Toimintaehdotuksia

- Viljaville paikoille koivu-kuusi sekametsää
  - Kuusen uudistaminen verhopuuston alle (jos kuuselle tulee ongelmia, koivusato saadaan korjattua ja voidaan tehdä puulajin vaihto)
  - Koivun ohella myös haapaa ja leppää
- Viljavilla paikoilla myös tervalepän laatukasvatusta
- Myös haapa hyötyy ilmastonmuutoksesta, mahdollisuus myös nopeakasvuiseen energiapuuviljelyyn, vesametsätalouteen
- Viljavilla paikoilla Etelä-Hämeessä myös tammea voisi istuttaa sekapuustoksi (alkukehityksen varmistaminen tosin vaatii työtä, sopii metsänhoidon harrastajille), myös lehmusta voisi kokeilla kuusen sekapuuksi (ryhminä)
- Tuoreillakin kankailla mäntyä nykyistä enemmän (ainakin karkeahkoilla maapohjilla)
- Eteläisempää alkuperää olevia taimia

Presentation on the economic aspects of climate change in forestry

Ilmastonmuutos ja metsänkasvatuksen talous

Lauri Valsta

25.3.2011

Sisältö

- Epävarmuus ja taloudellinen päätöksenteko
- Ilmastonmuutoksen aiheuttama epävarmuus
- Epävarmuuden vaikutus metsänkäsittelyyn
- Kasvun lisääntymisen vaikutus metsänkäsittelyyn
- Hiilen arvon vaikutus metsätalouteen

Epävarmuus ja riski

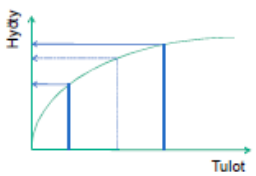
- Epävarmuus: todennäköisyyksiä sisältävä ilmiö, jolle ei ole käytettävissä todennäköisyystietoja
- Riski: tapahtumien todennäköisyysjakauma voidaan ainakin hahmottaa
- Jatkossa ei erotella näitä lajeja

Odotusarvo ja riskiin suhtautuminen

- Odotusarvo = todennäköisyyksillä painotettu keskiarvo
- Tulojen odotusarvo vaikuttaisi hyvältä päätöksenteon kriteeriltä
- Ihmisillä on kuitenkin asenne riskiin
  - Riskineutraali
  - Riskinkarttaja
  - Riskinottaja
- Riskin karttaminen on yleisintä

Tulot ja hyöty

- Ihmisille pätee tulojen tai varallisuuden aleneva rajahyöty



→ Hyödyn odotusarvoa maksimoiva henkilö on riskin karttaja

Suhtautuminen ilmastonmuutokseen

- Riskien karttaminen on rationaalista myös metsätaloudessa
- Ilmastonmuutos kannattaa ottaa huomioon, vaikka ei pitäisi sitä todennäköisimpänä vaihtoehtona
- Tieteen tunteman ilmakehäfysiikan perusteella on todennäköisempää, että kasvihuonekaasut aiheuttavat lämpenemistä

Riskien alentaminen metsätaloudessa

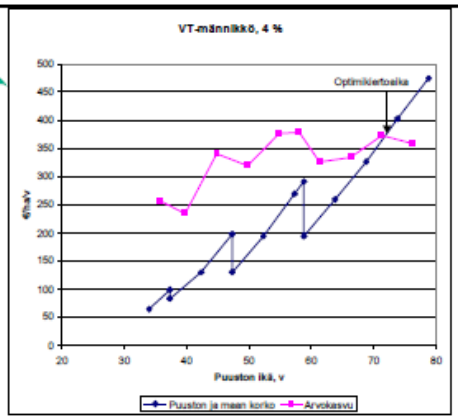
- Samanaikaisesti on riskejä liittyen metsäteollisuuden ja yhteiskunnan kehitykseen, joiden aikajänne on ilmastonmuutosta lyhyempi
- Ilmastonmuutoksen mahdollisuus lisää riskien huomioonottamisen hyödyllisyyttä
- Puulajivalinta ja geneettinen materiaali
- Kasvatustapa

Puulajivalinta ja geneettinen materiaali

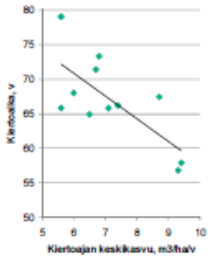
- SILMU-tutkimusohjelma 1990-luvulla
  - Kellomäki ym.: Koivu valtaa alaa männyltä ja kuuselta
  - Valsta ja Linkosalo: Sekapuuston lisääminen kannattaisi aloittaa jo nyt alkanutta vuosisataa ajatellen
  - Useampi puulaji mahdollistaa riskien hajauttamisen ja hyödyn odotusarvon suurenemisen
- Geeniperimän monimuotoisuus tukee myös riskien alentamista

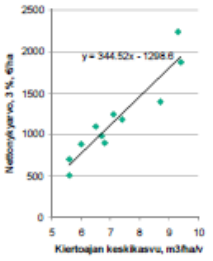
Kasvatustapa

- Ilmaston lämpeneminen lisää yleisesti puuntuotosta
- Kasvupaikasta johtuvan lisääntyneen puuntuotoksen vaikutukset taloudellisesti edullisimpaan kasvatukseen ovat:
  - Kiertoaika lyhenee (miksi?)
  - Kannattavuus paranee
  - Harvennusten lukumäärään ei yksikäsitteistä vaikutusta
  - Uudistamisinvestointi kasvaa



Puuntuoksen vaikutus männikön kiertoaikaan ja kannattavuuteen





Ilmastonmuutos ja metsätalouden kustannukset

- Pintakasvillisuuden kehitys voimistuu puuston kasvun lisäksi
  - Luontaisen uudistamisen käyttö?
  - Uudistamisinvestointien kasvu?
  - Epäonnistuneen uudistamisen todennäköisyys?
- Roudan väheneminen
  - Korjuun rajoitukset, kausivaihtelun lisääntyminen
  - Turvemaiden korjuu
- Teiden ylläpito ja optimaalisen tietiheyden nousu

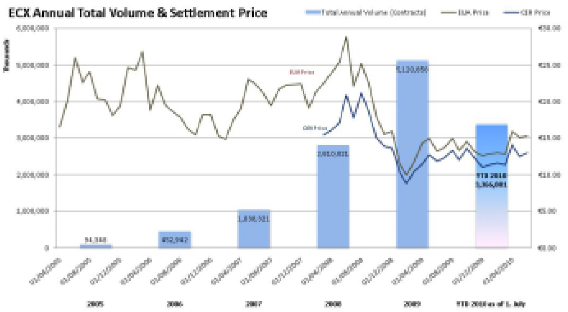
Hiilivaraston arvottamisen vaikutukset

- Hiilen sitoutuessa metsään syntyy positiivista arvoa
- Hiilen vapautuessa syntyy menetys
  - Hakkuut
  - Kuolleisuus
  - Tuhot
- Tarkemmassa analyysissä otetaan huomioon puutuotteiden varastot
- Puun käyttö materiaaliksi ja energiaksi lisäkysymys

Puuntuotannon ja hiilivaraston yhteistalous

- Lasketaan nettotulojen nykyarvo
- Tuloina puunmyyntitulot, hiilen varastointikorvaukset
- Vuotuinen hiilivarastoinnin arvo
  = korkokanta * päästöoikeuden arvo
  Esim. 0,03 * 20 €/ton CO_2 * 75 ton CO_2/ha = 45 €/ha
- Menoina puunkasvatusmenot

Hiilen hinta Euroopan päästökaupassa



Hiilen hinta ja raakapuun hinnat

- Puun kantohinnat

Pirkanmaa

Alla olevassa puunhintataulukossa esitetyt Pirkanmaan metsänhoitoyhdistysten valtakirjakaupoista lasketut keskimääräiset hinnat perustuvat 1.12.2010 - 11.2.2011 hintatietoihin.

	Kantohinta			Hankintahinta
	Päätehakkuut	Harvennus	Ensiharvennus	
Mäntytukki	57,38	47,80	40,18	57,58
Kuusitukki	56,78	47,20	31,98	68,29
Koivutukki	37,38	33,80	33,78	--,--
Mäntykuitu	18,38	18,80	13,78	29,28
Kuusikuitu	22,78	17,30	14,68	38,48
Koivukuitu	16,98	14,10	14,18	28,98

Markkinatiedot päivitetty: 11.2.2011

- Tehdashinnat n. 15-20 € korkeammat

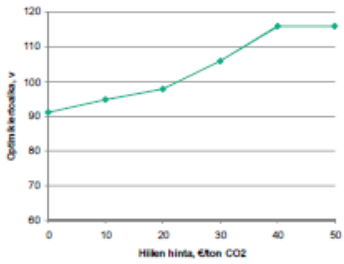
Vertailu hiilen hintaan

- Puussa kuiva-ainetta 400 kg/m^3
- Kuiva-aineessa hiiltä 50 %
- Hiiltä 200 kg/m^3
- Hiilidioksidi painaa 3,67 enemmän kuin hiili
- Hiilidioksidia n. 700 kg/m^3
- Huom: Koko puun biomassa kaksinkertainen
- Jos päästökaupan hiilidioksidin hinta on 20 €/ton, se vastaa kantohintana 14 €/m^3
- Raskaan polttoöljyn hinta hiilidioksina 200 €/ton CO_2

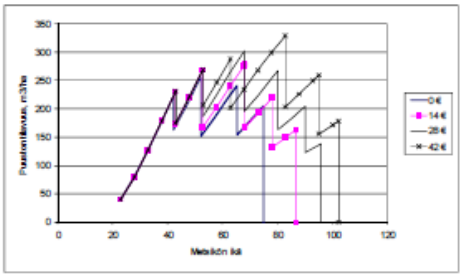
Hiilivaraston taloudellinen arvo metsänkasvatuksessa

	Hiilen hinta, €/ton CO_2		
	0	10	20
Diskontatut nettotulot puuntuotannosta, €/ha	1156	1064	869
Diskontatut nettotulot hiilivarastosta, €/ha	0	998	2246
Nettonykyarvo yhteensä, €/ha	1156	2061	3115
Muutos puuntuotannon tuloissa, %		-8.0	-24.6
Muutos kokonaistuloissa, %		78.3	169.5

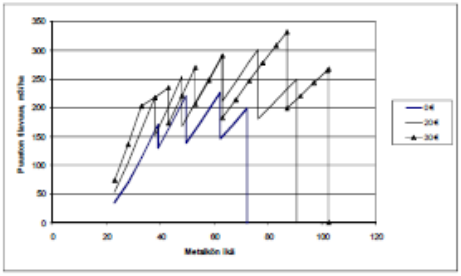
Hiilen hinnan vaikutus kiertoaikaan, kun hiilivaraston arvo sisällytetään



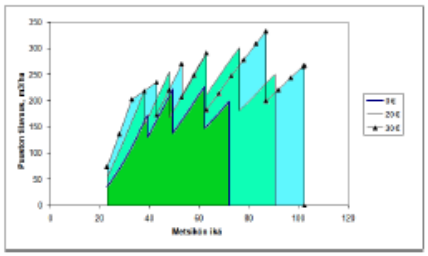
Hiilen hinnan vaikutus harvennusohjelmaan



Hiilen hinnan vaikutus alkutiheyteen ja harvennuksiin



Hiilivarasto eri hiilen arvoilla



Yhteenveto

- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen
  - Puuston kehityksen muutokset
  - Metsäluonnon muutokset
  - Puun korjuu ja maan kantavuus
  - Tuhojen muuttuminen
    - Tuuli, lumi, kuivuus, tuholaiset
- Ilmastonmuutoksen torjunta (= ilmakehän kasvihuonekaasujen määrien alentaminen)
  - Puun käyttö energiaksi
  - Puun arvo materiaalina
  - Hiilivarastojen kasvattaminen
  - Kivennäis- ja turvemaiden hiilivarat

Annex 4

Seminar program, Kemijärvi City Hall

2nd stakeholder meeting of action 9: Assessment of impacts and adaptation measures for forest production; Case study at Northern Häme and Lapland (Short name: Forest Production)

Kemijärvi City Hall, 8.4.2011.

Hosts:
PhD Pasi Kolari, HY/metsätieteiden laitos (University of Helsinki, Dept. For. Sciences)
Prof. Lauri Valsta, HY/metsätieteiden laitos (University of Helsinki, Dept. For. Sciences)

12.00	Climate change and its impacts on forest growth (Pasi Kolari)
	Discussion on climate change and forestry
13.30	Economic aspects of climate change (Lauri Valsta)
	Discussion on socio-economic issues
15.00	End

Ilmastonmuutos ja sen vaikutukset metsien kasvuun

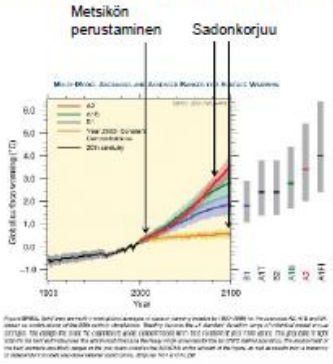
8.4.2011

Pasi Kolari
Metsätieteiden laitos
Helsingin yliopisto

VACCIA työpaketti 9

Metsätalouden sopeutuminen ilmastonmuutoksen vaikutuksiin: Pohjois-Hämeen ja Itä-Lapin tapaustutkimukset

Metsätalouden mittakaavassa ennustetut muutokset ovat suunnitteluhorisontin tätä päivää!



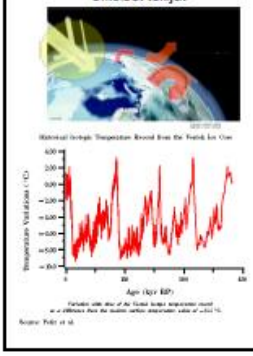
Sisältö

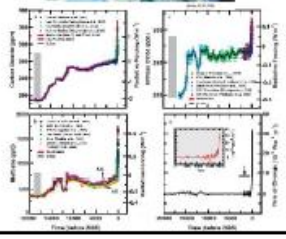
- Ilmastonmuutos
- Metsien ilmastovaikutukset
- Ilmastonmuutoksen vaikutus metsien kasvuun
- Ilmastonmuutos ja metsätalous

Maapallon lämpötilaan vaikuttavat

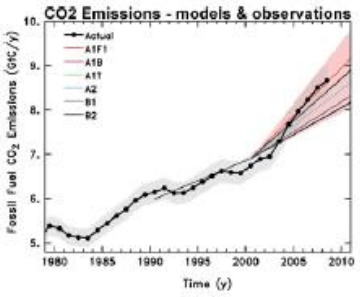
Ulkoiset tekijät

Sisäiset tekijät





Ennustetut ja havaitut hiilidioksidipäästöt



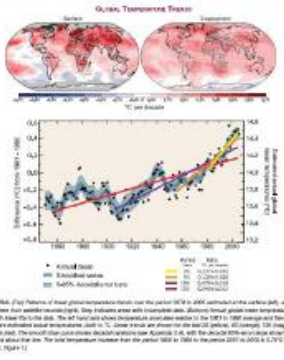
ennustettu keskimääräinen vuosikasvu vuoteen 2050

- B1 1.1%,
- A1B 1.7%,
- A2 1.8%
- A1FI 2.4%

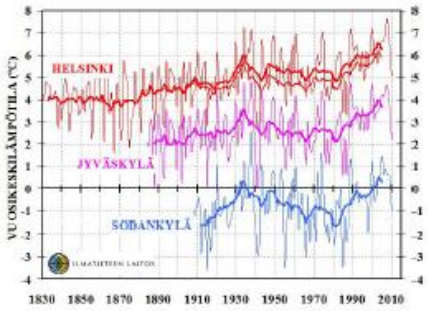
Havaittu kasvu 2000-2006 3.3% per vuosi!

Havaittu lämpötilakehitys maailmanlaajuisesti

Tämäkin talvi on maailman mittakaavassa yksi kaikkien aikojen lämpimimmistä!

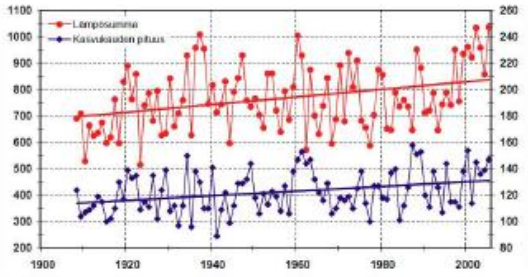


Havaittu vuosikeskilämmön kehitys Suomessa

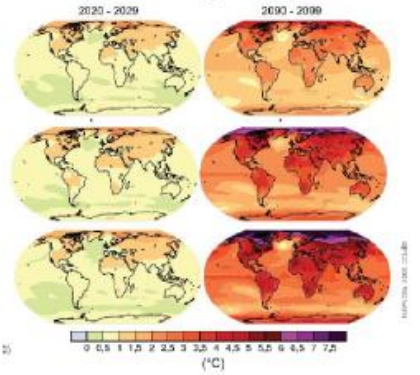


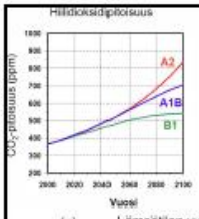
Havaittu ilmastonmuutos Lapissa

Sodankylän lämpösumma (keskilämpö yli 5°C)



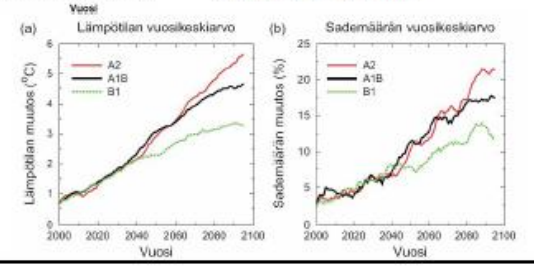
Maailman pintalämpötilojen muutosennusteet





Ennusteita ilmaston muuttumisesta Suomessa

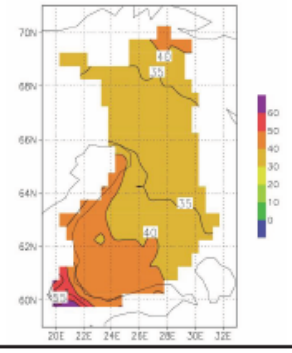
- 1 asteen lämpeneminen = 200 km etelään tai kasvukauden piteneminen 10 päivää
- Etelä-Suomen heinäkuu 2010 olisi tavallista kuumempi myös vuonna 2100



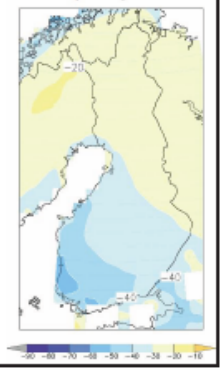
Yleisiä muutoksia

- Keskilämpötila nousee 2-6°C vuosisadan lopulle
  - vähemmän kesällä, enemmän talvella (?)
  - aikaisempi kevät, myöhäisempi syksy
- Sademäärä kasvaa (10-30%)
  - erityisesti syksyllä ja talvella
  - kesäsadannan jakauma muuttuu epätasaisemmaksi, tulvia ja kuivuusjaksoja
- Kuivuus
  - lämpötilan nousu aiheuttaa haihdunnan nousua
  - pidempiä sateettomia jaksoja
- Myrskyt
  - ei ennustettu suuria muutoksia Suomessa, kuitenkin globaalisti lisääntyvät

Kasvukauden piteneminen kun vuoden keskilämpö nousee 3-4 astetta

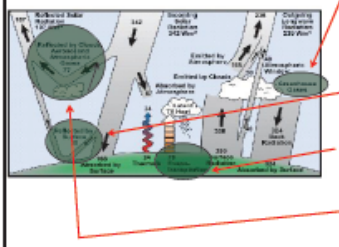


Lumipeitepäivät



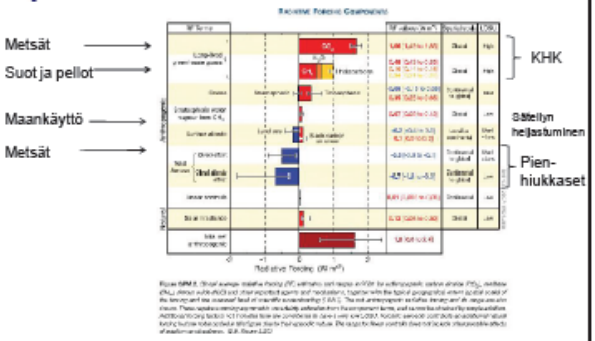
Metsätalouden ilmastovaikutukset

Metsien vaikutukset ilmastoon



- Metsät sitovat huomattavia määriä hiiltä puustoon ja maaperään (vähentää kasvihuonekaasuja ilmakehästä, viilentää ilmakehää)
- Metsät sitovat avomaata (esim. peltoa) enemmän säteilyä (lämmittää ilmakehää)
- Metsät haihduttavat avomaata enemmän vettä (viilentää ilmakehää)
- Metsät vaikuttavat ilmakehän pienhiukkasten syntyyn (viilentää ilmakehää, mutta suuruusluokka epävarma)

Eri tekijöiden lämmittävä vaikutus



IPCC 2007

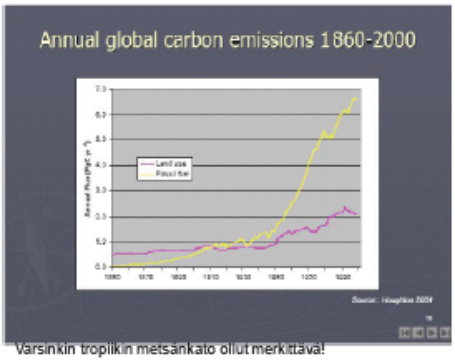
Kasvillisuus sitoo kasvihuonekaasuja

Fossiiliset CO_2-päästöt n. 8 Gt C vuodessa

- puolet jää ilmakehään pitoisuus nousee n. 2 ppm/v, Tällä hetkellä ~390 ppm
- neljännes sitoutuu maanpäällisiin ekosysteemeihin
- neljännes sitoutuu valtameriin

Canadell et al. 2007

KHK-päästöistä metsien kadon osuus on ollut ja on merkittävä (n. 20% tällä hetkellä)



Varsinkin tropiikin metsänkato ollut merkittävä!

Boreaalisilla alueilla metsäpeitto on lisääntynyt

- Hiilivarasto on kasvanut (viilentävä vaikutus)
- Haihdunta on hieman lisääntynyt (viilentävä vaikutus)
- Varsinkin keväällä enemmän säteilyä sitoutuu puustoon (hiilinieluun verrattavissa oleva, mutta lämmittävä vaikutus)
- Puusto vaikuttaa pienhiukkasten muodostumiseen (epävarmaa onko puuston lisääntyminen lisännyt vai vähentänyt)
- Pohjoisilla alueilla puuston lisääntymisen nettovaikutus ei ole yksiselitteinen, on voinut olla ilmakehää **lämmittävä** (riippuu pienhiukkasten vaikutuksesta)

Trooppisilla alueilla metsänpeitto on pienentynyt

- Hiilivarasto on pienentynyt (suuri lämmittävä vaikutus)
- Haihdunta on pienentynyt (suuri lämmittävä vaikutus)
- Suurempi osa auringon säteilystä heijastuu ja vähemmän säteilyä sitoutuu puustoon (pieni viilentävä vaikutus)
- Puusto vaikuttaa pienhiukkasten muodostumiseen (epävarmaa onko puuston lisääntyminen lisännyt vai vähentänyt)
- Trooppisilla alueilla metsänkadon nettovaikutus on ollut ilmakehää **lämmittävä**

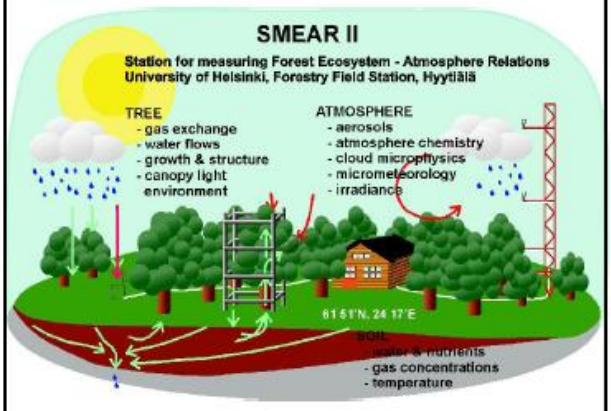
Ilmaston lämpenemistä hillitsevä metsäpolitiikka?

- Boreaalisilla alueilla:
  - Kasvatetaan järeitä havumetsiä
    - Suuri metsien hiilivarasto, pitkäikäisiä puutuotteita
  - Suositaan järeitä lehti- ja sekametsiä
    - Kevään lämmittävä vaikutus pieni, hiilivarasto keskimääräinen, suuri potentiaali fossiilisten polttoaineiden korvaamiseen (nopeakasvuiset lajit)
    - Energiapuun tuotanto: suuri tuotos, pieni hiilivarasto
- Trooppisilla alueilla
  - Tuetaan metsänkatoa hillitseviä hankkeita
  - Perustetaan viljelymetsiä
  - Kylämetsätalous + ruokahuolto + luonnonvarojen kestävä käyttö

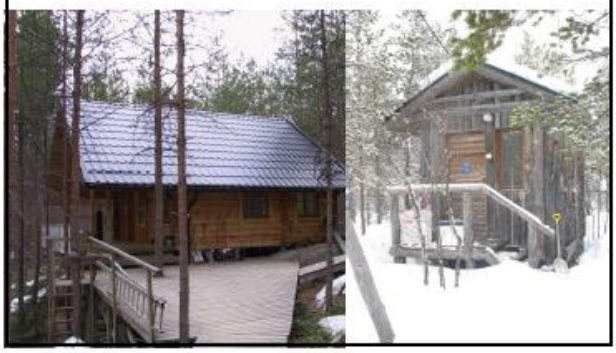
Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

Kuinka metsän tuotosta ja sen suhdetta ilmastoon tutkitaan?

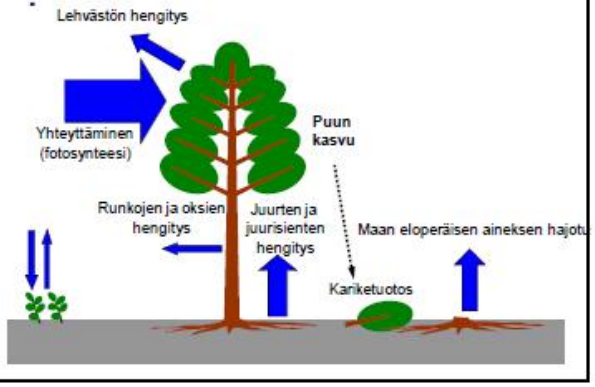
- Kaasunvaihtomittaukset (CO_2)
  - Hiilitaseen ositteet ja niiden hetkelliset vasteet
  - "Bruttokasvuun" allokoidaan vuositasolla vajaa puolet yhteytystuotoksesta, loput ylläpitoon
  - "Nettokasvu" suuruusluokkaa neljännes
  - Vuotuinen tuotos koostuu hetkellisistä tuotoksista, jotka voidaan laskea mitatusta CO_2-vaihdosta
- Biomassamittaukset → vuotuinen kasvu
- Matemaattiset mallit: tuotoksen yhteys ympäristöön



SMEAR-tutkimusasemat



Metsäekosysteemin hiilivirrat

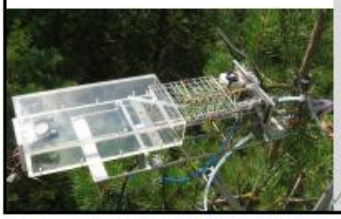


Puiden yhteytyksen mittaaminen kammioilla

- Epäsuora mittausmenetelmä
  - Mitataan kasvin ympäristössään aiheuttama muutos
- Lehden tai verson yhteytys ja hengitys muuttavat hiilidioksidipitoisuutta kammion sisällä

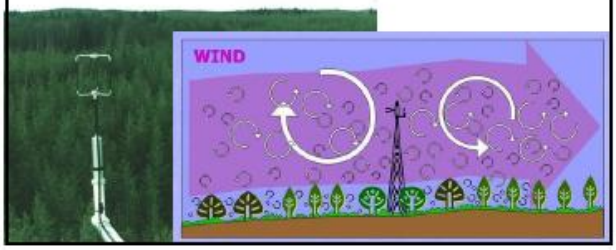
Puiden CO_2-vaihdon mittaaminen Hyytiälässä ja Värriössä

- Jatkuva kaasunvaihdon seuranta (CO_2, H_2O, O_3, NO_x)
- 60-180 mittausta päivässä



Eddy covariance (suora vuonmittaus)

- Maaekosysteemin ja ilmakehän välisen CO_2-vaihdon suora mittaus
- Perustuu ilman pyörteilyn ylös ja alas kuljettaman hiilidioksidin mittaamiseen



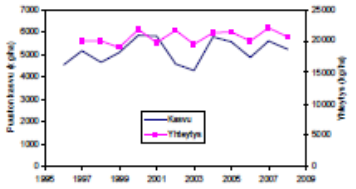
Suorat biomassamittaukset

- Lasketaan puuston tilavuus ja biomassa näytepuiden pituudesta, rinnankorkeusläpimitasta ym. sekä metsikön tiheydestä

- Kasvuhistoria lustoista ja oksakiehkuroista

Hyytiälän metsäaseman tutkimusmännikön biomassatuotos nykyilmastossa

- Metsikön tuotoksen ja kasvun havaittu vaihtelu Hyytiälässä 1996-2008
  - Kasvun vaihtelu vuodesta toiseen n. 20% haarukassa
  - Lapissa vaihtelu vielä suurempaa

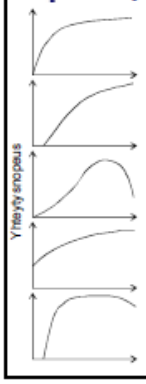


- Yhteytystuotoksen ja kasvun vaihtelu samansuuntaista
  → kasvua voidaan arvioida laskemalla fotosynteesituotos

Tuotos ja ympäristötekijät

- Vuoden keskilämpö ja kasvukauden pituus selittävät metsän fotosynteesituotoksen ja kasvun *maantieteellistä* vaihtelua mutta eivät yhtä hyvin vaihtelua vuodesta toiseen samalla paikalla
- Kasvit reagoivat lähinnä vallitseviin olosuhteisiin, eivät aisti kasvukauden pituutta tai vuoden keskilämpöä
  → Vuotuinen tuotos koostuu hetkellisistä tuotoksista
- Tuotos riippuu monesta tekijästä, yksittäiset ympäristötekijät eivät selitä tuotoksen muuttumista vuodesta toiseen
- Tutkitaan tuotoksen muuttumista muuttuvassa ilmastossa, oletetaan hetkellisten vasteiden ympäristöön pysyvän samana

Hetkellisen tuotoksen riippuvuus ympäristötekijöistä



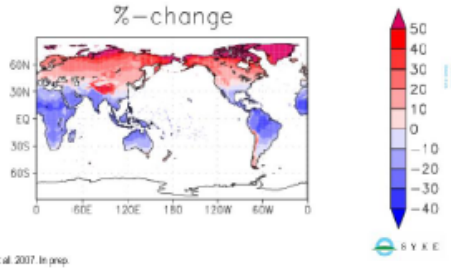
- Valo --- yhteyttämisessä tarvittava energia saadaan auringosta
- Ilmakehän hiilidioksidi --- puuaineksen kasvun raaka-aine
  - kulkeutuminen lehteen nopeutuu kun pitoisuus nousee
- Lämpö --- biologiset prosessit lämpötilasta riippuvia
- Ilman kosteus --- kuiva ilma kiihdyttää haihduntaa
  - lehtien ilmaraot sulkeutuvat
- Maan kosteus --- veden virtaus puussa tarvitaan solujen elintoimintojen ylläpitämiseksi ja yhteyttämistuotteiden kuljettamiseksi

Lämpötilan nousu ja tuotos, malliennusteet

- Ennustettu lämmön ja CO_2-pitoisuuden nousu kasvattaa männyn vuotuista yhteytystuotosta per neulanen Itä-Lapissa vuosisadan loppuun mennessä 30-70%
  - Tuotoksen kasvusta yli puolet lämpenemisen ja kasvukauden pitenemisen ansiota (kasvukausi käytännössä: vuorokauden keskilämpö >5°C)
  - Lämmönnousu talvella enemmän kuin kesällä ei juuri muuta ennustettua tulosta, koska kasvukausi ei pitene
  - Kohonnut CO_2-pitoisuus nopeuttaa yhteytystä
  - Syksyjen lämpenemisellä ei suurta merkitystä tuotokselle, koska valoa on vähän
    - myös kasvu päättyy ennen kuin lämpötilat alkavat laskea

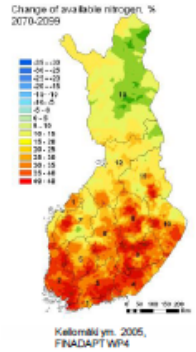
Lämpötilan nousu vapauttaa kiihtyvästi hiiltä metsämaasta

Lämpötilan nousu lisää maan eloperäisen aineksen hajotusnopeutta, samanaikaisesti lisääntyy myös typen vapautuminen



Tuomi et al. 2007. In prep.

Maaperän ravinnekierron muutos kiihdyttää kasvua

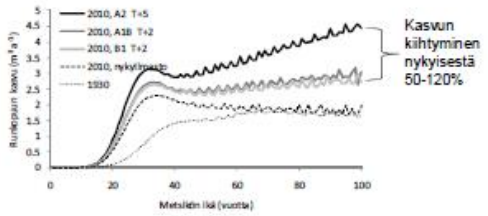


Kellomäki ym. 2005, FINADAPT WP4

- Typpi oleellinen ainesosa fotosynteesikoneiston entsyymeissä ja kaikissa elävissä soluissa
- Ilman lisäravinteita puut eivät juuri pysty hyödyntämään kohonnutta yhteytystuotosta
- Lämpeneminen tehostaa hajotusta maassa, typpeä vapautuu, puiden kasvu kiihtyy
- Kasvupaikkojen yleinen viljavuuden lisääntyminen etenkin Etelä-Suomessa
  - Huomaa ristiriita edellisen kuvan kanssa!

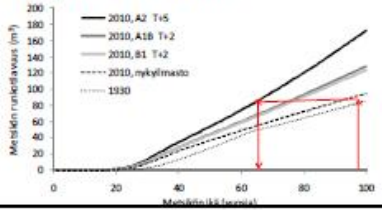
Yhteytyksestä kasvuun

- Kasvu kiihtyy jopa enemmän kuin yhteytystuotos per neulanen kasvaa
  - enemmän typpeä → enemmän neulasia, vähemmän juuria
  - vähän typpeä sisältävän runkopuun osuus kasvaa



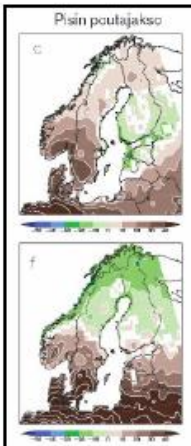
Yhteytyksestä kasvuun

- Vaikka vuoden keskilämpö nousisi Etelä-Suomen tasolle, Lapissa kasvu jää pitkiksi ajoiksi Etelä-Suomen nykylukemista, koska maaperään sitoutuneet ravinnevarastot pienemmät
  - Lannoituksella kasvua voidaan parantaa
- Kiertoajan selvä lyheneminen jos oletetaan nykyisten päätehakkuumittoien säilvän



Kuivuuden vaikutus kasvuun

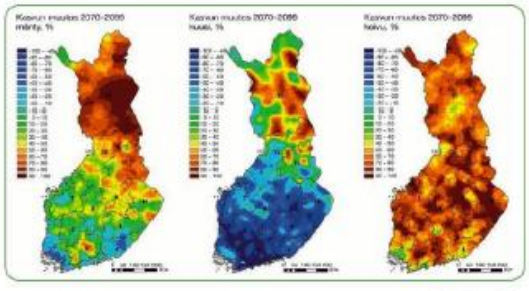
- Suomen nykyilmastossa kuivien vuosien vaikutus tuotokseen melko pieni
  - Kuivuusjaksot suhteellisen myöhään → vaikutus saman vuoden kasvuun pieni
  - Värriön tutkimusasemalla ei ole havaittu merkittävää kuivuuden vaikutusta puiden toimintaan
  - Alkainen kuivuus voi vaikuttaa seuraavan vuoden kasvuun (silmuihin)



Kuivuus kasvua rajoittavana tekijänä tulevaisuudessa?

- Vuotuisen sadannan arvioitu kasvu 10-30%
- 3-4°C lämmönnousun myötä vuotuinen haihdunta kasvaa suunnilleen yhtä paljon
- CO_2-pitoisuuden nousun ansiosta puiden haihdutus kasvaa vähemmän kuin haihdunta maasta (vedenkäytön tehokkuus kasvaa)
- Kuivuusriski riippuu sateiden vuodenaikaisesta ajoittumisesta, ennusteet poutajaksojen pituudesta tulevaisuudessa ristiriitaisia

Metsän kasvu ja ilmastonmuutos, eräs ennuste



Kellomäki ym. 2005, FINADAPT WP4

Ruotsalaisten ennusteita...

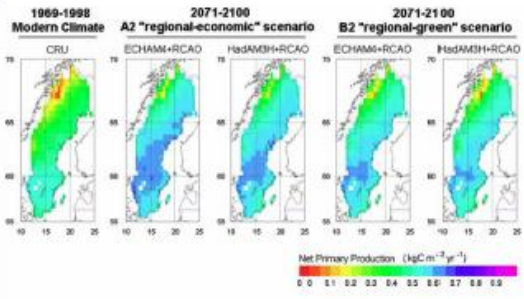


Figure 2. Distribution of net primary production (NPP) by potential natural vegetation in Sweden according to simulations with LPJ-GUESS under the modern climate (1969–1998) and the four regional climate scenarios (2071–2100).

Yhteenveto: Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

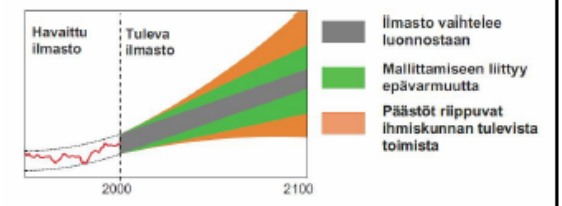
- Ilmastonmuutos vaikuttaa suoraan puiden elintoimintoihin ja kiihdyttää kasvua, lisäksi kasvukauden piteneminen
  - Lämmön ja hiilidioksidin vaikutukset kasvuun pystytään ennustamaan nykyisten ympäristötekijävasteiden avulla
- Kasvu pitkällä aikavälillä typpirajoitteista, lämmönnousun ansiosta myös typen kierto maassa kiihtyy
  - yleinen kasvupaikkojen viljavuuden lisääntyminen
  - kasvun voimistuminen, suurempi lehvästö, enemmän runkopuuta
  - myös kukinta ja siementuotos kiihtyy → siemenvuosia useammin

Ilmastonmuutoksen vaikutukset metsiin

- Kuivuusriski voi kasvaa, koska kasvukausi pitenee mutta kesäsadanta ei kasva paljoa
  - Tieto puiden vedenkäytön kehittymisestä puutteellista
  - Pohjois-Suomessa kuivuusriski pienempi kuin etelässä
- Muuttuneet kasvuolosuhteet muuttavat eri kasvilajien ja kasvillisuustyyppien kilpailusuhteita
  - Etelä-Suomessa kuusi voi kärsiä, männystä entistä selvemmin kuivien kasvupaikkojen laji
  - Lapissa metsänraja katoaa jos ilmasto lämpenee useilla asteilla, kuusi menestyy nykyistä paremmin
  - Etelä-Suomessa nopeakasvuiset lehtipuut hyötyvät viljavilla mailla

Epävarmuuksia

- Varmaa ilmastonmuutoksessa on muutos mutta muutosennusteet itsessään ovat epävarmoja
- Suomen sijainnin vuoksi sää vaihtelee paljon vuodesta toiseen, arktiset korkeapaineet ja lounaasta tulevat matalapaineet vuorottelevat
- Keskimääräinen ilmasto määrää keskimääräisen kasvun mutta lyhytkestoiset ääri-ilmiöt voivat olla ratkaisevia puiden menestymiselle



Muutoksia metsän kasvatuksessa ja hoidossa

- Kasvatus- ja kasvupaikkasuositukset tulevat muuttumaan
  - Etelässä lehtipuiden suosiminen, kuusen kasvatusta harkittava tarkkaan, pohjoisessa ei yhtä isoja muutoksia
  - Eteläisemmän alkuperän kuusta pohjoiseen?
- Pintakasvillisuuden kilpailu kiihtyy
  - Vaikka metsien luontainen uudistuminen periaatteessa paranee, istutustarve lisääntyy
  - Maanpinnan käsittelyn ja taimikonhoidon merkitys ja menetelmät korostuvat, vesametsätalous Etelä-Suomessa?
  - Meneekö kasvuetu nouseviin uudistuskustannuksiin?

Muutoksia metsän kasvatuksessa ja hoidossa

- Metsänhoidon ja korjuun logistiikka muuttuu
  - Routakausi lyhentynee
  - Tiestön ylläpidosta tulee tärkeämpää
- Laatukasvatus
  - Tiheyden kontrollilla entistä suurempi merkitys (oksaisuus, luston leveys, tasapaksuisuus)
  - Laatuharvennuksen merkitys kasvaa
- Erilaisten tuholaisten ja taudinaiheuttajien leviäminen
  - Lähinnä Etelä-Suomen riesa mutta pohjoisessakin mm. mäntypistiäistuhot voivat yleistyä
  - Uudet tuhot ja taudinaiheuttajat huomioitava kasvatuksessa

Muutoksia metsätaloudessa

- Metsätalouden tavoitteet muuttuvat
  - Hiilensidonta ja kasvihuoneilmiötä heikentävien toimien tärkeys kasvaa
    - hiilivaraston maksimointi
    - auringon säteilyn heijastumisen maksimointi (lehtipuut keväällä)?
  - Energiapuun kannattavuus paranee fossiilisten polttoaineiden kallistuessa
- Kasvatettavien puulajien tämän päivän edullisuus ei välttämättä pysy samana tulevaisuudessa

Ilmastonmuutos ja metsänkasvatuksen talous

Lauri Valsta

8.4.2011

Sisältö

- Epävarmuus ja taloudellinen päätöksenteko
- Ilmastonmuutoksen aiheuttama epävarmuus
- Epävarmuuden vaikutus metsänkäsittelyyn
- Kasvun lisääntymisen vaikutus metsänkäsittelyyn
- Hiilen arvon vaikutus metsätalouteen

Odotusarvo ja riskiin suhtautuminen

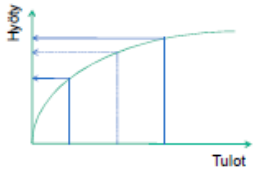
- Päätös, jonka tulos riippuu satunnaisista tekijöistä
- Satunnaisuus kuvataan vaihtoehtoina, joilla on todennäköisyydet toteutua
- Odotusarvo = todennäköisyyksillä painotettu keskiarvo

	Luonnon tila		
Päätös	L1	L2	Odotusarvo
P1	3000	1000	2000
P2	6000	-2000	2000

- Tulojen odotusarvo vaikuttaisi hyvältä päätöksenteon kriteeriltä
- Ihmisillä on kuitenkin asenne riskiin
  - Riskineutraali (käyttää odotusarvoa)
  - Riskinkartaja (painottaa varmuutta)
  - Riskinottaja (painottaa positivista mahdollisuutta)
- Riskin karttaminen on yleisintä

Tulot ja hyöty

- Ihmisille pätee tulojen tai varallisuuden aleneva rajahyöty



→ Hyödyn odotusarvoa maksimoiva henkilö on riskin karttaja

Suhtautuminen ilmastonmuutokseen

- Riskien karttaminen on rationaalista myös metsätaloudessa
- Ilmastonmuutos kannattaa ottaa huomioon, vaikka ei pitäisi sitä todennäköisimpänä vaihtoehtona
- Tieteen tunteman ilmakehäfysiikan perusteella on todennäköisempää, että kasvihuonekaasut aiheuttavat lämpenemistä

Riskien alentaminen metsätaloudessa

- Samanaikaisesti on riskejä liittyen metsäteollisuuden ja yhteiskunnan kehitykseen, joiden aikajänne on ilmastonmuutosta lyhyempi
- Ilmastonmuutoksen mahdollisuus lisää riskien huomioonottamisen hyödyllisyyttä
- Puulajivalinta ja geneettinen materiaali
- Kasvatustapa

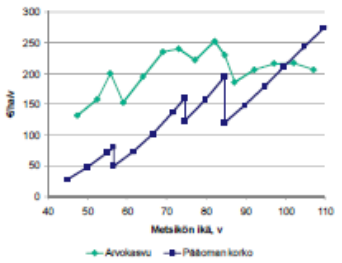
Puulajivalinta ja geneettinen materiaali

- SILMU-tutkimusohjelma 1990-luvulla
  - Kellomäki ym.: Koivu valtaa alaa männyltä ja kuuselta
  - Valsta ja Linkosalo: Sekapuuston lisääminen kannattaisi aloittaa jo nyt alkanutta vuosisataa ajatellen
  - Useampi puulaji mahdollistaa riskien hajauttamisen ja hyödyn odotusarvon suurenemisen
- Geeniperimän monimuotoisuus tukee myös riskien alentamista

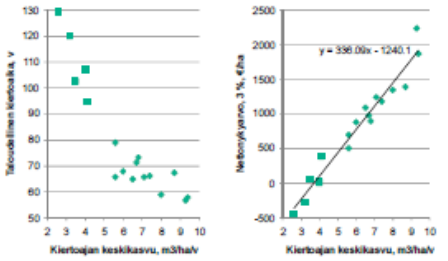
Kasvatustapa

- Ilmaston lämpeneminen lisää yleisesti puuntuotosta
- Kasvupaikasta johtuvan lisääntyneen puuntuotoksen vaikutukset taloudellisesti edullisimpaan kasvatukseen ovat:
  - Kiertoaika lyhenee (miksi?)
  - Kannattavuus paranee
  - Harvennusten lukumäärään ei yksikäsitteistä vaikutusta
  - Edullisimman uudistamisinvestoinnin suuruus kasvaa

Metsikön taloudellinen optimikiertoaika, 3 % korkokanta



Puuntuoksen vaikutus männikön kiertoaikaan ja kannattavuuteen



Ilmastonmuutos ja metsätalouden kustannukset

- Pintakasvillisuuden kehitys voimistuu puuston kasvun lisäksi
  - Luontaisen uudistamisen käyttö?
  - Uudistamisinvestointien kasvu?
  - Epäonnistuneen uudistamisen todennäköisyys?
- Roudan väheneminen
  - Korjuun rajoitukset, kausivaihtelun lisääntyminen
  - Turvemaiden korjuu
- Teiden ylläpito ja optimaalisen tietiheyden nousu

Hiilivaraston arvottamisen vaikutukset

- Hiilen sitoutuessa metsään syntyy positiivista arvoa
- Hiilen vapautuessa syntyy menetys
  - Hakkuut
  - Kuolleisuus
  - Tuhot
- Tarkemmassa analyysissä otetaan huomioon puutuotteiden varastot
- Puun käyttö materiaaliksi ja energiaksi lisäkysymys

Puuntuotannon ja hiilivaraston yhteistalous

- Lasketaan nettotulojen nykyarvo
- Tuloina puunmyyntitulot, hiilen varastointikorvaukset
- Vuotuinen hiilivarastoinnin arvo
  = korkokanta * päästöoikeuden arvo
  Esim. 0,03 * 20 €/ton CO_2 * 75 ton CO_2/ha = 45 €/ha
- Menoina puunkasvatusmenot

Hiilen hinta Euroopan päästökaupassa

Hiilen hinta ja raakapuun hinnat

- Puun kantohinnat

Puumarkkinat

	Kantohinta		Korjintahinta
	Päätehakkuut	Harvennukset	
Mäntytukki	50,00	40,00	57,00
Kuusitukki	46,00	36,00	52,00
Koivutukki	-,--	-,--	-,--
Mäntykuitu	17,67	13,00	30,00
Kuusikuitu	16,90	11,00	30,00
Koivukuitu	16	12,00	30,00

- Tehdashinnat n. 15-20 € korkeammat

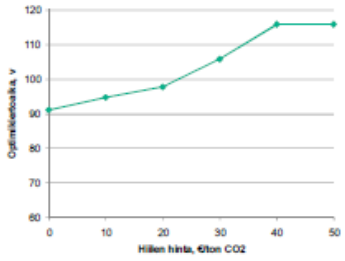
Vertailu hiilen hintaan

- Puussa kuiva-ainetta 400 kg/m³
- Kuiva-aineessa hiiltä 50 %
- Hiiltä 200 kg/m³
- Hiilidioksidi painaa 3,67 enemmän kuin hiili
- Hiilidioksidia n. 700 kg yhdestä m³ puuta
- Huom: Koko puun biomassa kaksinkertainen
- Jos päästökaupan hiilidioksidin hinta on 20 €/ton, se vastaa kantohintana 14 €/m³
- Raskaan polttoöljyn hinta hiilidioksidina 200 €/ton

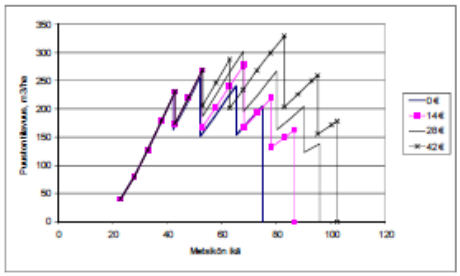
Hiilivaraston taloudellinen arvo metsänkasvatuksessa

	Hiilen hinta, €/ton CO_2		
	0	10	20
Diskontatut nettotulot puuntuotannosta, €/ha	1156	1064	869
Diskontatut nettotulot hiilivarastosta, €/ha	0	998	2246
Nettonykyarvo yhteensä, €/ha	1156	2061	3115
Muutos puuntuotannon tuloissa, %		-8.0	-24.6
Muutos kokonaistuloissa, %		78.3	169.5

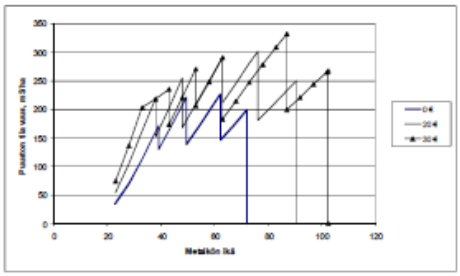
Hiilen hinnan vaikutus kiertoaikaan, kun hiilivaraston arvo sisällytetään



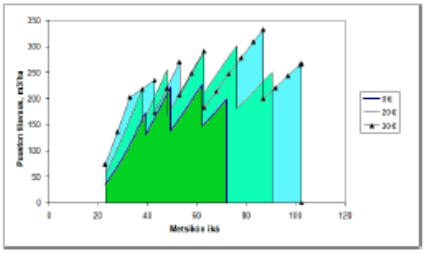
Hiilen hinnan vaikutus harvennusohjelmaan



Hiilen hinnan vaikutus alkutiheyteen ja harvennuksiin



Hiilivarasto eri hiilen arvoilla



Yhteenveto

- Ilmastonmuutokseen sopeutuminen
  - Puuston kehityksen muutokset
  - Metsäluonnon muutokset
  - Puun korjuu ja maan kantavuus
  - Tuhojen muuttuminen
    - Tuuli, lumi, kuivuus, tuholaiset
- Ilmastonmuutoksen torjunta (= ilmakehän kasvihuonekaasujen määrien alentaminen)
  - Puun käyttö energiaksi
  - Puun arvo materiaalina
  - Hiilivarastojen kasvattaminen
  - Kivennäis- ja turvemaiden hiilivarat