



# IBC-CARBON

**Metsäluonnon monimuotoisuuden suojele ja hiilen sitominen  
muuttuvassa ympäristössä**

*Tilannekuvaraportti  
2018*



**Raporttia ovat työstäneet IBC-Carbon -konsortion kaikki jäsenet**



## Tiivistelmä

Biotalousalueen pohjautuvat kasvuodotukset lisäävät paineita Suomen metsien käytölle. Lisääntyvillä metsänhakuilla voi olla negatiivisia vaikutuksia metsälajistolle ja ilmastonmuutosta hidastavien hiilivarastojen kertymiselle. Luonnon monimuotoisuuden suojelun, ekosysteemipalvelujen turvaamisen sekä metsien kestäväen käytön yhteensovittaminen on näin ollen yhä tärkeämpää.

Päätöksenteon pohjaksi tarvitaan tarkempaa tietoa siitä, missä monin tavoin arvokkaat metsät sijaitsevat ja kuinka metsien monimuotoisuutta parhaiten turvataan. Ovatko esimerkiksi lahoppulajiston kannalta arvokkaat metsät myös hiilen sidonnan ja varastoinnin kannalta tärkeitä? Entä pidättävätkö samat metsiköt ravinteita tehokkaasti?

Metsäluonnon monimuotoisuuden suojelu ja hiilen sitominen muuttuvassa ympäristössä (IBC-Carbon, [www.ibccarbon.fi](http://www.ibccarbon.fi)) tuottaa mallinnukseen, kaukokartoitustietoon ja monenlaisiin aineistoihin perustuvaa tietoa metsien monipuolisista arvoista. Hankkeessa tuotetaan päätöksentekoa tukevia analyyskejä siitä, voidaanko näitä arvoja turvata optimaalisesti samoilla alueilla ja miten alueiden välinen kytkettyvyys tulisi huomioida. Tutkimus tuottaa tietoa metsien roolista ilmastonmuutoksen hillinnässä sekä erilaisten metsänhoidon menetelmien vaikutuksista metsäluontoon ja hiilen sidontaan.

Lisäksi IBC-Carbon kehittää kannustinjärjestelmää, jolla monin tavoin arvokkaita metsiä voitaisiin turvata metsänomistajien vapaaehtoisuuteen perustuen. Hanke selvittää, minkälainen kannustinjärjestelmä tuottaisi tehokkaasti monenlaisia hyötyjä ja olisi hyväksyttävä metsänomistajien, hallinnon ja muiden sidosryhmien näkökulmasta.

Hankkeen toteuttaa konsortio, jota vetää Suomen ympäristökeskus (SYKE), ja johon kuuluu lisäksi Helsingin yliopisto ja Itä-Suomen yliopisto.

## Mihin ongelmaan IBC-Carbon hakee ratkaisua?

Luonnon monimuotoisuuden suojelun ja metsien kestäväen käytön yhteensovittaminen on merkittävä haaste suomalaiselle yhteiskunnalle muuttuvassa ympäristössä. Keskeiset poliittiset linjaukset, kuten kansallinen Energia- ja ilmastostrategia (Valtioneuvosto 2016) ja Suomen biotalousstrategia (2014), tähtäävät kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen sekä uusiutuvan energian käytön ja puusta valmistettujen tuotteiden lisäämiseen. Myös uusi EU:n LULUCF-asetus 2018 (maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous) on tullut osaksi EU:n ilmasto- ja energiakehystä.

On tärkeää, että nämä tavoitteet sovitetaan yhteen luonnon monimuotoisuuden ja ympäristönsuojelua edistävien tavoitteiden kanssa. Luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategia "Luonnon puolesta - ihmisen hyväksi" hyväksyttiin valtioneuvoston periaatepäätöksellä 2012 (Valtioneuvosto 2012). Strategian päätavoite on pysäyttää luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen Suomessa vuoteen 2020 mennessä. Se tuo luonnon monimuotoisuuden taloudelliset ja kulttuuriset arvot luonnonvarojen käyttöä koskevan päätöksenteon ytimeen ja konkretisoi Suomen sitoumuksia kansainvälisten biodiversiteettisopimusten (CBD, EU:n biodiversiteettistrategia 2020) osalta. EU:n vesipuitedirektiivi (2000) puolestaan tähtää pintavesien ekologisen laadun parantamiseen.

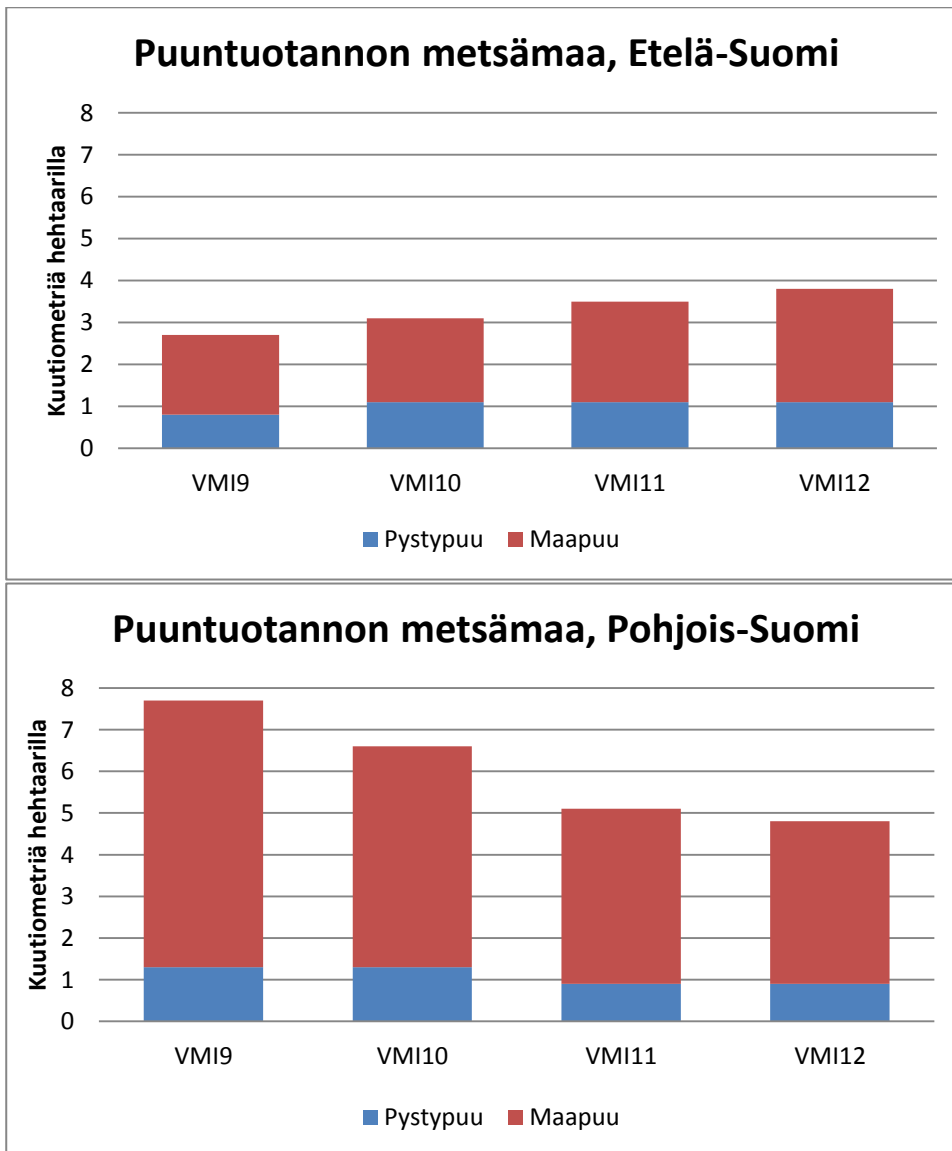
Puuston biomassan käytön kasvulla tulee olemaan kauaskantoisia seurauksia luonnon monimuotoisuuden suojelulle ja hiilen sidonnalle, sekä useita muita ympäristövaikutuksia. IBC-Carbon -konsortio hakee ratkaisuja näiden ympäristövaikutusten haittojen minimoimiseksi kehittämällä (i) integroituja malleja ja menetelmiä alueellisesti optimaalisen maankäytön määrittämiseksi, (ii) vapaaehtoisuuteen perustuvia rahallisia kannustinjärjestelmiä metsänomistajille sekä (iii) viestimällä sidosryhmille erilaisista sopeutumisvaihtoehdoista ja kestävästä toimintatavoista sekä niiden reunaehdoista.

## Toimintaympäristön tiedon taso

### *Ilmastonmuutos, metsätalouden muutokset ja monimuotoisuuden suojelu*

Ilmastonmuutos on merkittävä uhka luonnon monimuotoisuudelle (Thomas ym. 2013, Virkkala ym. 2013, Heikkinen ym. 2015) ja useiden tärkeiden ekosysteemipalvelujen kestäväälle käytölle (Balvanera ym. 2014, Forsius ym. 2013, Fu ja Forsius 2015). Tämän vuoksi yhteiskunnan on kehitettävä ja otettava käyttöön menetelmiä, joilla ilmastonmuutosta voidaan hillitä ja sen etenemistä hidastaa sekä luotava erilaisia sopeutumisstrategioita. Jotkin hillintä- ja sopeutumisstrategioista, kuten metsäbiomassan bioenergiakäyttö, voivat kuitenkin johtaa osaltaan merkittäviin seurannaisvaikutuksiin ympäristössä (Thomas ym. 2013, Nabuurs ym. 2015, Forsius ym. 2016, Pingoud ym. 2018). Biomassan tehostettu korjuu metsistä on yksi esimerkki tämänlaisesta vaikutusketjusta, sillä se saattaa vaikuttaa haitallisesti metsän tuottavuuteen, monimuotoisuuteen, maaperän laatuun ja ilmastonmuutoksen hillintäpotentiaaliin (Aherne ym. 2012, Kotiaho ym. 2015, Forsius ym. 2016, Mäkelä ym. 2016, Soimakallio ym. 2016, EASAC 2017).

Metsien lisääntyvä taloudellinen käyttö todennäköisesti voimistaa vaateliaan metsälajiston taantumista muuan muassa siksi, että yhtenäiset varttuneet metsät pirstoutuvat ja metsien rakenne muuttuu yksipuolisemmaksi. Lisäksi vanhojen kookkaiden puiden ja iäkkäimpien metsien määrä vähenee, ja lahoppuuta on tarjolla siitä riippuvaiselle lajistolle niukasti (Kuva 1). Energiapuun korjuu on uusi voimistuva riskitekijä, joka voi aiheuttaa elinympäristöjen häviämistä ja lahoppuusta riippuvaisten lajien taantumista (Bouget ym. 2012). Suomessa energiapuun korjuu on merkittävästi vähentänyt kuolleiden puun määrää talousmetsissä. Ongelmana on, että lahoppuun määrä vähenee arvioiden mukaan enemmän kuin mitä nykyiset metsätalouden luonnonhoitokeinot sitä tuottavat (aineisto: Peltola 2014). Lahoppuun, etenkin järeiden kuolleiden puiden väheneminen, on yksi syy joka kolmannen (523 lajia 1590:stä) Suomen uhanalaisen ja silmälläpidettävän metsälajin taantumiseen (Rassi ym. 2010), sekä merkittävä syy uhanalaisten ja silmälläpidettävien metsäluontotyyppien (70 luontotyyppiä 72:sta, 97 %) taantumiselle (Raunio ym. 2008). Lahoppuun määrä onkin yksi hyvä indikaattori kuvaamaan metsän käytön vaikutuksia lajien monimuotoisuuteen.



Kuva 1. Lahopuun keskitilavuus ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) puuntuotannon metsämaalla Etelä- ja Pohjois-Suomessa valtakunnan metsien inventointitulosten (VMI) mukaan. Etelä-Suomessa lahopuun määrä on 2000-luvulla lievästi lisääntynyt ( $2.7 \text{ m}^3/\text{ha} \rightarrow 3.9 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), mutta Pohjois-Suomessa vähentynyt ( $7.7 \text{ m}^3/\text{ha} \rightarrow 4.8 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). VMI9 kattaa vuodet 1996–2003, VMI10 vuodet 2004–2008, VMI11 vuodet 2009–2013, VMI12 vuodet 2014–2016. Lähde: Luonnonvarakeskus.

Suomi on ratifioinut kansainväliset YK:n ja EU:n monimuotoisuustavoitteet, joilla pyritään pysäyttämään lajien uhanalaistuminen ja parantamaan heikentyneiden ekosysteemien tilaa. Suojelualueiden tavoiteosuudeksi maaekosysteemien pinta-alasta on asetettu 17 prosenttia. Lisäksi 15 prosenttia ihmistoiminnan vuoksi heikentyneistä ekosysteemeistä esitetään kunnostettaviksi. Monimuotoisuustavoitteet on asetettu vuosille 2020 ja 2050 siten, että kansainväliset tavoitteet on otettu osaksi kansallisia strategioita (Valtioneuvosto 2012). Suomessa on laaja suojelualueiden verkosto, joka kuitenkin painottuu Pohjois-Suomen metsätalouden kannalta heikkotuottoisille alueille. Suojelualueverkon ja luonnon matkailu- ja virkistyskäytön kehittäminen sekä heikentyneiden ekosysteemien kunnostaminen voivat tuoda merkittävästi lisää elinkeinotoimintaa maaseudulle ja näin edistää muiden kuin puuntuotannollisten ekosysteemipalvelujen markkinoita.

Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelma METSO (<http://www.metsonpolku.fi/fi-FI/METSOohjelma>) on tämän hetken tärkein toimenpidekokonaisuus metsien

monimuotoisuuden ja ekosysteemipalvelujen turvaamiseksi Suomessa. Vapaaehtoisia keinoja toteuttava METSO-ohjelma perustuu valtioneuvoston periaatepäätökseen, joka on päivitetty vuonna 2014 (Valtioneuvosto 2014). Ohjelma kestää vuoteen 2025, ja sen tavoitteena on lisätä 96 000 hehtaaria metsien suojelualueita ja turvata 82 000 hehtaaria monimuotoisuuskohteita talousmetsissä. Tavoitteesta on saavutettu noin puolet. Viestintä, metsäammattilaisten koulutus ja tutkimus- ja kehittämistoiminta ovat tärkeä osa METSOa. Tutkimusten perusteella METSO on onnistunut toimintamalli metsien monimuotoisuuden turvaamisessa. Se on lisännyt maanomistajien luottamusta ympäristöviranomaisiin ja parantanut ympäristö- ja metsäalan välistä yhteistyötä.

### *Metsätalous, hiiliprosessit ja kannustinjärjestelmät*

Viimeaikainen tutkimus viittaa siihen, että hakkuiden lisääminen alentaa metsien puuston ja maaperän sisältämää hiilivarastoa siinä määrin ettei tätä vähenemistä voida kokonaan korvata metsistä saatavien puutuotteiden hiilellä, vaikka tuotteilla korvattaisiinkin muita ilmastollisesti epäedullisia tuotteita (Mäkipää ym. 2015, Naudts ym. 2016, Soimakallio ym. 2016). Nämä analyysit ovat viime aikoihin asti perustuneet ”business as usual” -ajattelulle puunkorjuun intensiteetin ja hakkuiden alueellisen jakautumisen suhteen. Lisäksi biofysikaalisten tekijöiden, kuten pinta-albedon sekä erilaisten kasvillisuustyyppien tuottamien haihtuvien orgaanisten yhdisteiden vaikutukset (Kulmala ym. 2013) ovat toistaiseksi saaneet vain vähän huomiota metsiin liittyvää ilmastopolitiikkaa suunniteltaessa (Naudts ym. 2016, EASAC 2017, Nikinmaa ym. 2017).

Mekanismeilla, jotka vahvistavat metsäekosysteemien hiilinieluja, on merkittävä potentiaali Euroopan kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämisessä (Nabuurs ym. 2015). Mekanismit tukevat LULUCF-sektorin ja EU:n ilmastotavoitteiden saavuttamista vuoteen 2030 mennessä (ks. edellä). Ollakseen kestävä, ilmastonmuutokseen sopeutumisen ja sen hillitsemisen pitäisi olla linjassa EU:n metsäpolitiikan muiden tavoitteiden, kuten biotalouden kehittämisen ja luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen kanssa (Nabuurs ym. 2015, EASAC 2017). Menettelytapojen pitäisi myös olla keskeisten sidosryhmien hyväksymiä. Puuston biomassaan perustuvia energialähteitä ja niiden vaikutuksia hiilidioksidipäästöihin ja luonnon monimuotoisuuteen on tutkittu myös kansalaisten ja yhteiskunnan näkökulmasta (Kosenius ja Ollikainen 2013, Saikkonen ym. 2014). Jo pelkästään luonnon monimuotoisuuden suojelun osalta on tunnistettu tarve kansalaisten, metsänomistajien ja metsäviranomaisten tavoitteiden yhteensovittamiselle (Norden ym. 2017). Metsänomistajien kiinnostus vapaaehtoiseen luonnon monimuotoisuuden suojeluun on vahva, mikä näkyi esimerkiksi suhteellisen alhaisina korvausvaatimuksina osallistumisesta luonnonarvokauppaan (Juutinen ja Ollikainen 2010).

Yksi konkreettinen mahdollisuus hiilinielujen ja luonnon monimuotoisuuden suojelun samanaikaiseen vahvistamiseen on metsäluonnon monimuotoisuusohjelma METSO:n laajentaminen siten, että metsänomistajat saisivat korvausta myös hiilivarastoista ja hiilen sidonnasta. Tähän tarvitaan taloudellisten mekanismien kehittämistä, esimerkiksi valtion korvausjärjestelmää tai ekologisten kompensatioiden järjestelmää, useiden ekosysteemipalvelujen yhteistuotannolle (Miettinen ym. 2012, 2014, Lankoski ym. 2015, Ollikainen 2016,) ja niihin liittyvien kauppasääntöjen kehittämistä (Larsen ja Ollikainen 2011). Lisäksi on tarpeen arvioida eri ympäristöpolitiikkojen johdonmukaisuutta ja hyväksyttävyyttä avainsidosryhmien keskuudessa.

### *Yhdennetty maisematason suunnittelu*

Muuttuva ilmasto, typpilaskeuma ja tehostuva metsien käyttö vaikuttavat samanaikaisesti metsäekosysteemien monimuotoisuuteen ja hiilen varastoihin. Siksi olisi tarpeen löytää tasapaino metsien käytön, ekosysteemien tämänhetkisten hiilen varastojen ja hiilensidonnan, luonnon monimuotoisuuden suojelun ja muiden ympäristövaikutusten välillä. Yksi lähestymistapa tämän ongelman ratkaisuun on käyttää laajoja paikkatietoaineistoja hyödyntäviä suojelusuunnittelutyökaluja, kuten Zonation-ohjelmistoa. Ohjelmistolla voidaan tunnistaa eri tavoin arvokkaita kohteita ja tutkia, millaisin maankäytön ratkaisuin arvoalueita ja niiden välistä kytkeytyvyyttä voitaisiin turvata kustannustehokkaasti ja luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemipalveluiden suhteen optimaalisesti. Toisaalta ohjelmisto tunnistaa myös alueet, joille voidaan suunnata intensiivisempää metsätaloutta tai muuta maankäyttöä. Tämän tyyppisillä analyyseilla voidaan siten vahvistaa kestävä metsätaloutta ja tunnistaa maisematason win-win -tilanteita eri ekosysteemipalvelujen yhteensovittamisessa (Moilanen 2013, Thomas ym. 2013, Moilanen ym. 2014).

### *Kaukokartoitusmenetelmät ja indikaattorit*

Dynaamisten metsäekosysteemien käytön ja suojelun suunnittelun hallintaa varten tarvitaan uusia, tehokkaita menetelmiä muutosten havaitsemiseen ja seurantaan. Nopeasti kehittyvät kaukokartoitusmenetelmät (Earth Observation, EO) soveltuvat hyvin näihin tarpeisiin. Kaukokartoitusmenetelmien avulla voidaan tuottaa suurimittakaavaista, standardoitua ja alueellisesti kattavaa tietoa luontopiirteistä. EO-menetelmät mahdollistavat monimuotoisuuden, hiilinielujen ja muidenkin ekosysteemipalvelujen tietojen keruun sekä niihin liittyvien muutosten nopean havaitsemisen, laskennan ja ennustamisen (Lausch ym. 2016, Vihervaara ym. 2017). Uusien käsitteiden kuten "Essential Biodiversity Variables" (EBV) käyttöönotto on merkittävästi edistänyt monimuotoisuuden ja muiden ekosysteemipalvelujen seurantamenetelmien yhdistämistä maailmanlaajuisesti (Pereira ym. 2013, Pettorelli ym. 2016). Kaukokartoitusmenetelmät ovat keskeisessä asemassa myös maankäytön muutoksia kartoittavissa EU:n politiikkaprosesseissa. On kuitenkin huomattava, että kaukokartoitusmenetelmät kehittyvät jatkuvasti ja niitä ei siten vielä ole täysimittaisesti hyödynnetty monimuotoisuuden suojelussa ja muussa ekologisessa tutkimuksessa (Geller ym. 2016, Pettorelli ym. 2016).

### **Hankkeen tuoma lisäarvo ongelman ratkaisuun**

Hankkeessa tuotetaan päätöksentekoa tukevia analyyseja siitä, miten hyvin metsien erilaisia arvoja voidaan turvata samoilla alueilla ja millä tavoin alueiden välinen kytkeytyvyys tulisi huomioida. Näissä analyyseissä otetaan huomioon metsien rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä ja erilaiset metsänhoidon menetelmät.

Hanke kehittää kannustinjärjestelmää, jolla luonnon monimuotoisuuden turvaamisen ja ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta arvokkaita metsiä voitaisiin turvata metsänomistajien vapaaehtoisuuteen perustuen. Hanke selvittää, millainen metsien turvaamisen kannustinjärjestelmän tulisi olla, jotta se kattaisi monenlaisia hyötyjä ja olisi hyväksyttävä avainsidosryhmien näkökulmasta.

## Tutkimuksemme keskeisinä tieteellisinä tavoitteina ovat:

- Kehittää malliperusteisia työkaluja alueellisesti optimoidun maankäytön suunnitteluun metsäekosysteemeissä, painopisteenä luonnon monimuotoisuuden ja hiilen varastoinnin yhtäaikaista tarkastelua.
- Tutkia ilmastonmuutoksen, metsien käytön ja muiden tekijöiden yhteisvaikutuksia monimuotoisuusindikaattoreihin ja hiilen sitoutumiseen/hiilitasapainoon (ottaen huomioon myös biofysikaaliset vaikutukset).
- Kehittää kaukokartoitukseen perustuvia muuttujia ja testata, voiko niistä tuottaa työkaluja metsien monimuotoisuuden ja ekosysteemipalvelujen seurantaan ja muutosten kvantitatiiviseen määrittämiseen.
- Kehittää paikkatietoihin pohjautuvia aluetason malleja ja menetelmiä metsien käytön ympäristökestävyyden arvioimiseksi ja parantamiseksi.
- Kehittää metsänomistajille vapaaehtoisuuteen perustuvia rahallisia korvausmekanismeja monimuotoisuuden suojelun ja hiilensidonnan parantamiseksi ja optimoimiseksi sekä tarkastella ympäristövastuullisten yritysten halukkuutta osallistua korvausjärjestelmään.
- Arvioida kuinka taloudellisia ja soveltuvia edellä mainitut uudet korvausmekanismit ovat EU:n metsien hiilivarastojen lisäämiseen tähtäävän ilmastopolitiikan välineiksi Suomen kasvihuonekaasujen nettopäästöjen vähentämisen kannalta.
- Arvioida nykyisen metsien suojelualueverkoston haavoittuvuutta muuttuvissa olosuhteissa.

Tutkimuksemme keskeinen **yhteiskunnallinen tavoite on** tuottaa päätöksentekoa tukevia analyyseja siitä, miten metsäluonnon monimuotoisuutta voidaan suojella ja metsien ekologisesti kestävää käyttöä yhteensovittaa optimaalisesti samoilla alueilla. Tavoitteenamme on tarjota/selvittää keskeisten sektoreiden päätöksentekijöille:

- Aineistoja ja tietoa monitavoitteista maankäytön suunnittelua varten valtakunnallisella, maakunta- ja metsikkötasoilla.
- Metsänomistajille suunnattuja kannustimia tuottaa metsäluonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluja, kuten hiilensidontaa.
- Koostettua tietoa lajistolle tärkeistä metsien rakennepiirteistä, vaatelioiden ja uhanalaisten lajien esiintymistä sekä siitä, miten vaatelioiden metsälajisto säilyy erilaisilla hoitotoimilla käsitellyssä talousmetsämaisemassa ilmaston muuttuessa.
- Parempaa suojelualueverkoston puskurointikykyä ilmastonmuutokselle edistämällä ilmastoviisasta maankäytön suunnittelua ja arvokkaiden metsäalueiden välistä kytkeytyvyyttä.
- Miten metsäekosysteemien hiilensidontaa edistämällä voitaisiin kustannustehokkaasti vähentää Suomen netto-kasvihuonekaasupäästöjä.
- Uusia malli- ja kaukokartoitusmenetelmiä vaikutusten seurantaan ja ennustamiseen

IBC-Carbon -hankkeen visio on, että Suomesta voi tulla EU:n ilmasto- ja biodiversiteettipolitiikan integroinnin mallimaa, jossa samanaikaisesti edistetään metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamista, hiilen sitomista metsäekosysteemeihin ja ekologisesti kestävää metsätaloutta.

## Millä keinoilla konsortio tekee tämän

Konsortio toteuttaa tavoitteitaan korkealaatuisella tieteellisellä tutkimuksella ja aktiivisella vuorovaikutustyöllä. Sidosryhmät sitoutetaan tutkimuksen eri vaiheisiin tarjoamalla heille mielekkäitä osallistumisen tapoja. Näin varmistetaan, että sidosryhmät kokevat hankkeen toiminnan omakseen ja heidän tavoitteitaan tukevaksi, ja lopputulokset tulevat yhteiskunnan eri toimijoiden aktiiviseen käyttöön.

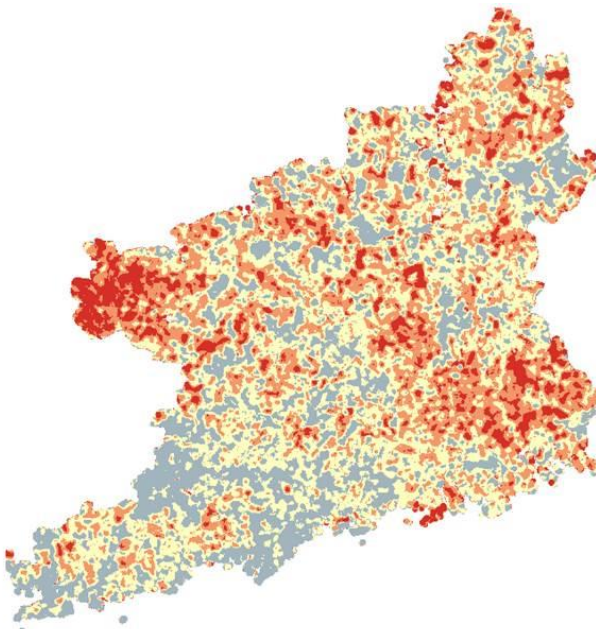
Tutkimustyön pohjana on Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksella kehitetty hiilensidonnin ja metsänkasvun malli PREBAS, joka soveltuu hyvin ilmastonmuutoksen ja metsänhoidon vaikutusten tarkasteluun (ks. [ilmasto-opas.fi](http://ilmasto-opas.fi)). Hankkeessa laajennetaan mallin sovellusaluetta, johdetaan metsämuuttujista monimuotoisuusindikaattoreita ja kehitetään menetelmä metsänkäsittelyn aiheuttaman säteilypakotteen muutoksen laskennalle. Mallin tuottamia tuloksia testataan ja kalibroidaan koealueiden ja erilaisten kaukokartoitusaineistojen avulla. Sidosryhmiä kuullaan etenkin erilaisten metsänkäsittelyskenaarioiden valinnassa.

Lisäksi hankkeessa kerätään laaja-alaisia paikkatietoaineistoja merkittävien metsäluonnon piirteiden vaihtelusta. Tietoa kootaan lajistolle tärkeistä metsien rakennepiirteistä, vaatelioiden ja uhanalaisten lajien esiintymistä sekä siitä, miten vaatelioiden metsälajisto säilyy erilaisilla hoitotoimilla käsitellyssä talousmetsämaisemassa ilmaston muuttuessa. Aineiston keruussa tutkitaan, pystytäänkö esimerkiksi metsien luonnontilaisuudesta, kerroksellisuudesta ja lahoppuudesta saamaan luotettavia arvioita kaukokartoitusmenetelmillä. Myös erilaiset lajimallinnukset ovat hyödyllisiä, etenkin jos lajitieto saadaan luotettavasti kytkettyä nopeasti päivitettävään kaukokartoitusaineistoon.

Tutkimuksen yhtenä osa-alueena on valuma-alueilla tapahtuvien ravinnekiertojen matemaattinen ja fysikaalinen mallinnus, jonka avulla huomioidaan ilmastonmuutoksen vaikutus erilaisiin ympäristön tilan kestävyysindikaattoreihin. Näitä ovat esimerkiksi maan hiili- ja ravinnetasot sekä hiilen ja ravinteiden huuhtoutuminen vesiin.

Hankkeen lopullisena tavoitteena on tuottaa paikkatietoa metsien kehityksestä, hiilitaseesta, metsäluonnon monimuotoisuudesta sekä ravinteiden huuhtoutumisesta spatiaalisen suojelupriorisoinnin tarpeisiin. Priorisointi toteutetaan Zonation-ohjelmistolla, jonka tulokset tukevat suoraan monitavoitteista maankäytön päätöksentekoa valtakunnallisella, maakunta- ja metsikkötasoilla (Kuva 2). Tulosten luotettavuuden arviointi ja tarkastelu yhdessä sidosryhmien

kanssa on tärkeää. Erityisen kiinnostavaa on tutkia priorisointituloksia, jotka syntyvät erilaisten metsänkäsittely- ja ilmastonmuutosskenaarioiden pohjalta. Visualisointi ja tulosten jakelu paikkatietona metsänomistajille (esim. Metsään.fi -järjestelmän kautta) ovat tärkeä osa työtä, jotta tulokset saadaan monipuolisesti eri toimijoiden käyttöön.

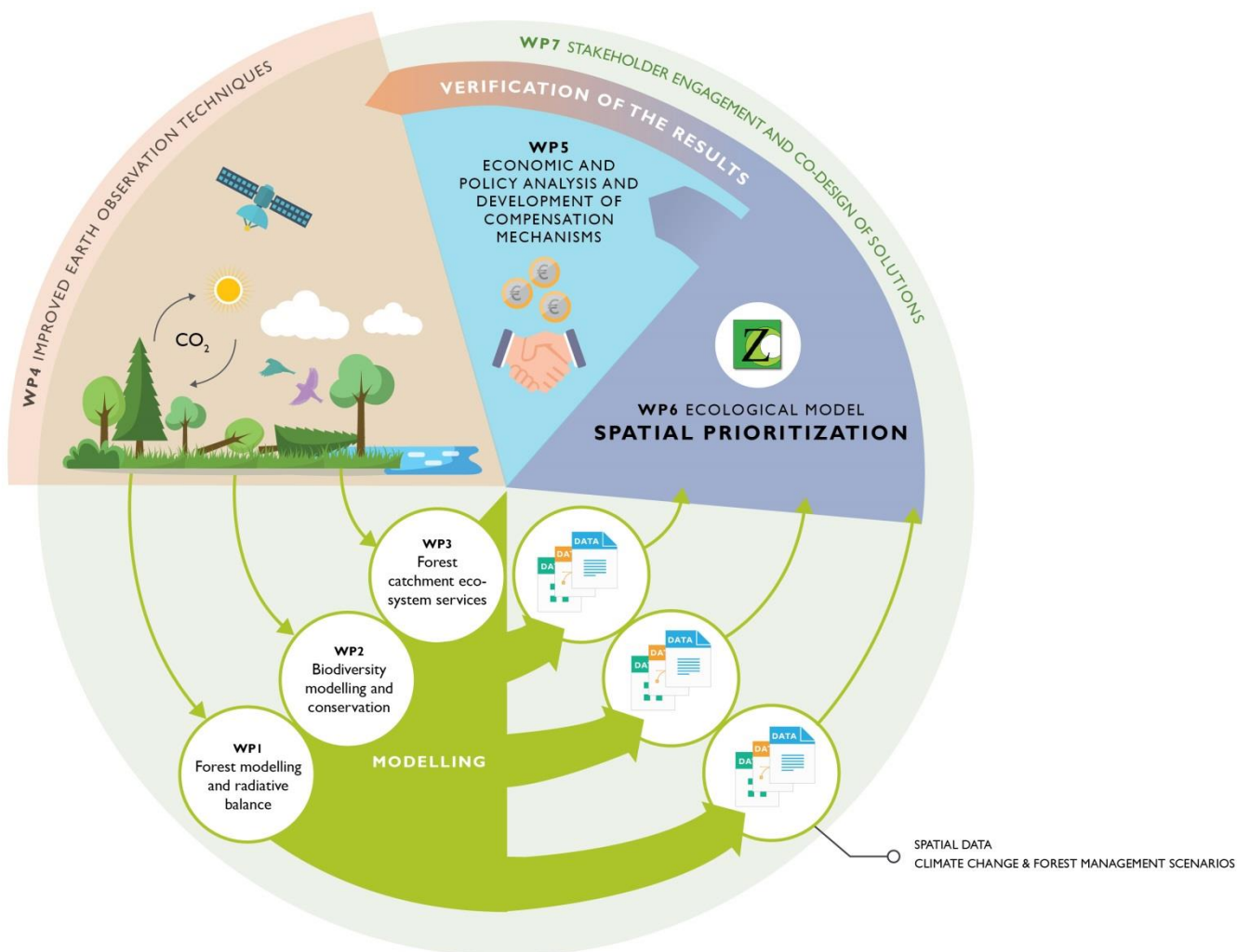


Kuva 2. Esimerkki kartasta, jossa kirkkaanpunaisella näkyvät monimuotoisuuden ja hiilensidonnin kannalta merkittäviksi arvioidut alueet ja sinertävällä vähemmän tärkeiksi arvioidut alueet, joissa monimuotoisuuden turvaaminen ja hiilensidonta on vaikeampi yhdistää.



Merkittävä osa hankkeen toteutusta on edistää metsänomistajille suunnattuja kannustimia tuottaa metsäluonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemipalveluja, kuten hiilensidontaa. Sidosryhmillä on tärkeä rooli ekologisesti luotettavan, taloudellisesti toimivan ja hallinnollisesti joustavan kannustinmekanismin kehittämisessä. Menetelminä käytetään muun muassa metsänomistajille suunnattua kyselytutkimusta, kokeellista laboratoriotia ja taloudellis-poliittista analyysiä. Hankkeessa selvitetään myös yritysten, metsäasiantuntijoiden ja muiden sidosryhmien näkemyksiä kannustinmekanismin kehittämisestä, ja hallinnon edustajien kanssa pohditaan, miten uudet kannustimet sopivat nykyiseen ohjausjärjestelmään.

Hankkeen eri työpakettien väliset kytkökset on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. IBC-Carbon hankkeen työpaketit (WP) 1, 2 ja 3 tuottavat tietoa tutkimusympäristöstä, eli metsien kasvusta, säteilypakotteesta, monimuotoisuudesta, hiilensidonnasta ja muista valuma-alueiden ekosysteemipalveluista. Työpaketti 4 (kuvassa punertava alue) tukee näiden työpakettien aineistonkeruuta ja tulosten verifiointia kaukokartoitusmenetelmien avulla. Paikkatietopohjainen aineisto hyödynnetään työpaketissa 6 toteutettavassa spatiaalisessa priorisoinnissa (ks. myös kuva 2), ja työpaketissa 5 kehitetään metsänomistajille suunnattua kannustinjärjestelmää, jossa korvattaisiin monimuotoisuuden turvaamisen lisäksi hiilensidonnasta ja/tai -varastoinnista. Sidosryhmien osallistuminen tiedon tuotantoon ja lopputulosten hyödyntämiseen varmistetaan työpaketissa 7, joka avustaa kaikkia muita työpaketteja ja vastaa myös hankkeen viestinnästä (kuvan kattava vihertävä alue).

## Lähteet

- Aherne, J., Posch, M., Forsius, M. ym. 2012. *Biogeochemistry* 107: 471–488
- Balvanera, P. ym. 2014. *BioScience* 64: 49–57.
- Bouget, C. ym. 2012. *Canadian Journal of Forest Research* 42: 1421–1432.
- EASAC 2017. [Multi-functionality and sustainability in the European Union's forests](#). EASAC policy report 32.
- EU:n vesipuitedirektiivi 2000. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY, annettu 23. lokakuuta 2000, yhteisön vesipolitiikan puitteista. *Virallinen lehti nro L 327, 22/12/2000 s. 0001 - 0073*.
- Forsius, M. ym. 2013. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 5: 26–40
- Forsius, M. ym. 2016. *Ecological Indicators* 65: 66–75.
- Fu, B. & Forsius, M. 2015. *Landscape Ecology* 30: 375–379.
- Geller, G.N. ym. 2016. [Remote Sensing for Biodiversity](#). *The GEO Handbook on Biodiversity Observation Networks*. s.187–210.
- Heikkinen, R.K., Pöyry, J., Virkkala, R. ym. 2015. *Biological Conservation* 192: 200–206.
- Juutinen, A. & Ollikainen, M. 2010. *Forest Science* 56: 201–211.
- Kosenius, A.K. & Ollikainen, M. 2013. *Energy Policy* 62: 1148–1156
- Kotiaho, J. S., Kuusela, S. ym. (toim.) 2015: Ekosysteemien tilan edistäminen Suomessa. *The Finnish Environment* 8: 1–246.
- Kulmala, M. ym. 2013. Springer, Dordrecht, *Tree Physiology*. s. 489–508.
- Lankoski, J. ym. 2015. *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers* No 72.
- Larsen, K. & Ollikainen M. 2011. [Designing cost-effective auctions as instruments to reduce nutrients run-off from agriculture into the Baltic Sea – an experimental study](#). Paper prepared for presentation at the EAAE 2011 Congress. 8 s.
- Lausch, A. ym. 2016. *Ecological Indicators* 70: 317–339.
- Mäkelä, A. ym. 2016. *Forest Ecology and Management* 372: 64–77.
- Mäkipää, R., Linkosalo, T., Komarov, A. & Mäkelä, A. 2015. *Canadian Journal of Forest Research* 45: 217–225.
- Miettinen, J., Ollikainen M. ym. 2012. *Forest Science* 58: 342–57
- Miettinen, J., Ollikainen M. ym. 2014. *Forest Policy and Economics* 47:25–35.
- Moilanen, A. 2013. *Wildlife Research*, 40: 153–162.
- Moilanen, A. ym. 2014. *Biological Conservation* 170: 188–197.
- Nabuurs, G.-J., Delacote, P., Ellison, D., Hanewinkel, M., Lindner, M., Nesbit, M., Ollikainen, M. & Savaresi, M. 2015. A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets. *From Science to Policy 2*. European Institute for Forest Research. 30 s.
- Naudts, K., ym. 2016. *Science* 2016: 597–600.
- Nikinmaa, E., Kalliokoski, T., Minkkinen, K., Bäck, J., Boy, M., Gao, Y., Janasik-Honkela, N., Hukkinen, J. I., Kallio, M., Kulmala, M., Kuusinen, N., Mäkelä, A., ym. 2017. [Accounting for multiple forcing factors and product substitution enforces the cooling effect of boreal forests](#). *Biogeosciences Discuss.*
- Norden, A., ym. 2017. *Ecological Economics* 132:179–195.
- Ollikainen, M. 2016. *Annual Review of Resource Economics* 8: 207–26.
- Peltola A. (toim.) 2014. Metsätilastollinen vuosikirja 2014. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2014. Metsäntutkimuslaitos. 428 s.
- Pereira, H.M. ym. 2013. *Science* 339: 277–278
- Pettorelli, N. ym. Vihervaara, P. 2016. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* doi: 10.1002/rse.2.15
- Pingoud, K. ym. 2018. *Journal of Environmental Management* 210: 96–103.
- Rassi, P. ym. 2010. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. 685 s.
- Raunio A. ym. 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 1. Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 8:1–264.
- Saikkonen, L., Ollikainen, M. & Lankoski J. 2014. *Biomass and Bioenergy* 68: 7–23.
- Soimakallio, S. ym. 2016. *Environmental Science & Technology* 50(10): 5127–5134.
- Suomen biotalousstrategia 2014. [Kestävää kasvua biotaloudesta – Suomen biotalousstrategia](#). Työ- ja Elinkeinoministeriö, Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. 32 s.
- Thomas, C.D. ym. 2013. *Ecology Letters* 16: 39–47
- Valtioneuvosto 2012. [Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestävän käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020](#), Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. Valtioneuvosto 20.12.2012. 23 s.
- Valtioneuvosto 2014. Valtioneuvoston periaatepäätös Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman jatkamisesta 2014–2025. Valtioneuvosto. 18 s.
- Valtioneuvosto 2016. [Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030](#). Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. *Energia* 4/2017. 68 s.
- Vihervaara, P., Auvinen, A.-P., Mononen, L., Törmä, M., Ahlroth, P., Anttila, S., Böttcher, K., Forsius, M., Heino, J., Heliölä, J., Koskelainen, M., Kuussaari, M., Meissner, K., Ojala, L., Tuominen, S., Viitasalo, M. & Virkkala, R. 2017. *Global Ecology and Conservation* 10: 43–59. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.007>.
- Virkkala, R., Heikkinen, R.K. ym. 2013. *Biodiversity and Conservation* 22: 459–482.