

29.4.2024

# Luontopohjaisen hiilensidonnan mahdollisuuksia Keski-Suomessa

Kati Berninger, Aino-Maija Määttänen, Helena Määttä, Efe Ogbeide ja  
Marika Huttunen

**Interreg  
Europe**




Co-funded by  
the European Union



**GREEN**

**NACAO**



**Hankkeen kuvaus:** Luontopohjaiset hiilensidontaratkaisut alueille -EU Interreg-hanke on käynnissä 1.3.2023–31.5.2027 Keski-Suomen liitossa. Hanke tukee Keski-Suomen hiilineutraalisuustyötä ja kokonaiskestävyyden tavoitetta. Hankkeen toteutuksesta vastaa ilmastoasiantuntija Anna-Kaisa Tupala, ohjausryhmässä ovat edustettuna Keski-Suomen ELY-keskus, Keski-Suomen Metsäkeskus, Luonnonvarakeskus, Jyväskylän kaupunki, Jämsän kaupunki, Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Jyväskylän yliopisto JYU.Wisdom resurssiviisausyhteisö, Pro Agria Keski-Suomi ja Sydänsuomessa. Tässä raportissa esitetään alkutilannekartoitus luontopohjaisen hiilensidonnan mahdollisuuksista Keski-Suomen maakunnassa.

**Hankkeen rahoittaja:** Euroopan Unioni 80 %, Keski-Suomen liitto 20 %.

### **Julkaisun tiedot**

Luontopohjaisen hiilensidonnan mahdollisuuksia Keski-Suomessa

Kirjoittajat: Kati Berninger, Aino-Maija Määttä, Helena Määttä, Efe Ogbeide ja Marika Huttunen

Julkaisija: Keski-Suomen liitto

Lutakonaukio 7

40100 Jyväskylä

[www.keskisuomi.fi](http://www.keskisuomi.fi)

B 210

ISBN 978-951-594-553-2

ISSN 2341-989X



# Sisällys

Sisällys.....	4
Tiivistelmä.....	6
Abstract .....	9
1 Johdanto .....	11
2 Menetelmät .....	12
2.1 Paikkatietotarkastelu .....	12
2.1.1 Paikkatietotarkastelun virhelähteistä.....	14
2.2 Kirjallisuuskatsaus .....	14
2.3 Sidosryhmätyöpaja .....	14
3 Potentiaaliset alueet hiilensidontaan Keski-Suomessa .....	15
3.1 Hiilensidonnan potentiaali metsissä .....	15
3.2 Hiilensidonnan potentiaali soilla .....	18
3.2.1. Turvepellot Keski-Suomessa .....	19
4 Arvio hiilensidonnan potentiaalista ja soveltuvista toimenpiteistä .....	21
4.1 Toimenpiteet .....	21
4.1.1 Suojelu.....	21
4.1.2 Metsätalous .....	22
4.1.3 Maatalous.....	24
4.1.4 Turvetuotanto.....	25
4.1.5 Maankäyttö ja rakentaminen .....	25
4.1.6 Yhteenveto toimenpiteistä.....	26
4.2 Toimenpiteiden vaikuttavuus .....	27
5 Visioita ja toimintamalleja hiilensidonnan lisäämiseksi ja kasvihuonepäästöjen minimoimiseksi .....	29
5.1 Vaihtoehto 1: Jatketaan kuten ennenkin .....	30
5.2 Vaihtoehto 2: Monipuoliset hiilitoimenpiteet .....	31
5.3 Vaihtoehto 3: Vahvat hiilitoimenpiteet .....	33
5.4 Toimenpiteiden ja ratkaisujen priorisointi.....	34
6 Yhteenveto ja suositukset .....	35
Lähteet .....	38
Liitteet .....	41
Liite 1 Puuston luokittelu iän perusteella .....	41
Liite 2 Puuston pituuden luokittelu.....	41
Liite 3 Kirjallisuuskatsaukseen perustuvat luontopohjaisen hiilensidonnan toimenpideyhdistelmät.....	42



# Tiivistelmä

Valtaosa Keski-Suomen pinta-alasta on metsää. Metsät ovat ensisijaisen tärkeitä hiilen sidonnan kannalta, sillä kasvava puusto sitoo hiiltä fotosynteesissä, kun taas varttunut vanha metsä on tärkeä hiilen varasto ja luonnon monimuotoisuuden kehto. Keski-Suomessa metsätalouden hakkuutasot ovat korkeat, mikä johtaa puuston hiilivaraston pienenemiseen. Metsätaloustaloudella hiiltä sitoutuu tehokkaimmin nopean kasvun vaiheessa olevissa metsiköissä. Puuston saavutettua keski-ikänsä tai hakkuukypsyyden sidonnan vauhti hidastuu, mutta ei pysähdy. Metsätaloustoimien intensiteetti vaikuttaa hiilensidonnan potentiaaliin etenkin avohakkuisiin perustuvassa metsätaloudessa, sillä hakkuun ja mahdollisen maaston käsittelyn jälkeen alue voi toimia hiilen lähteenä vuosia, kun taas hakkuukypsyyden ylittänyt metsä toimii hiilen varastona ja nieluna.

Metsätalouden lisäksi metsien hiilensidontapotentiaaliin vaikuttaa mahdollinen maankäytön muutos eli metsäkato, joka johtuu erityisesti rakentamisesta. Keski-Suomessa on suuria uusiutuvan energian rakentamispaineita, joiden suuntaaminen muille kuin metsäalueille säilyttäisi metsien hiilinieluja ja -varastoja.

Soiden ojittaminen ja ottaminen metsätalous- ja maatalouskäyttöön aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä maaperästä. Turve hajoaa veden pinnan laskeessa, jolloin vapautuu hiilidioksidia ilmakehään. Erityisesti runsasravinteisten ojitettujen turvemaiden päästöt voivat olla korkeita. Vaikka uudisojitukset ovat lähes loppuneet, tehdään metsätaloudessa vielä kunnostusojituksia, joihin on aivan viime aikoihin saakka saanut myös valtion tukea. Metsätaloudessa maaperän päästöihin voidaan puuttua välttämällä tarpeettoman tehokasta kuivatusta ja siirtymällä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen, jolloin kunnostusojitusta ei välttämättä tarvita. Pitkällä aikavälillä heikkotuottoisten alueiden ennallistamisella on päästövähennys- ja hiilensidontavaikutuksia.

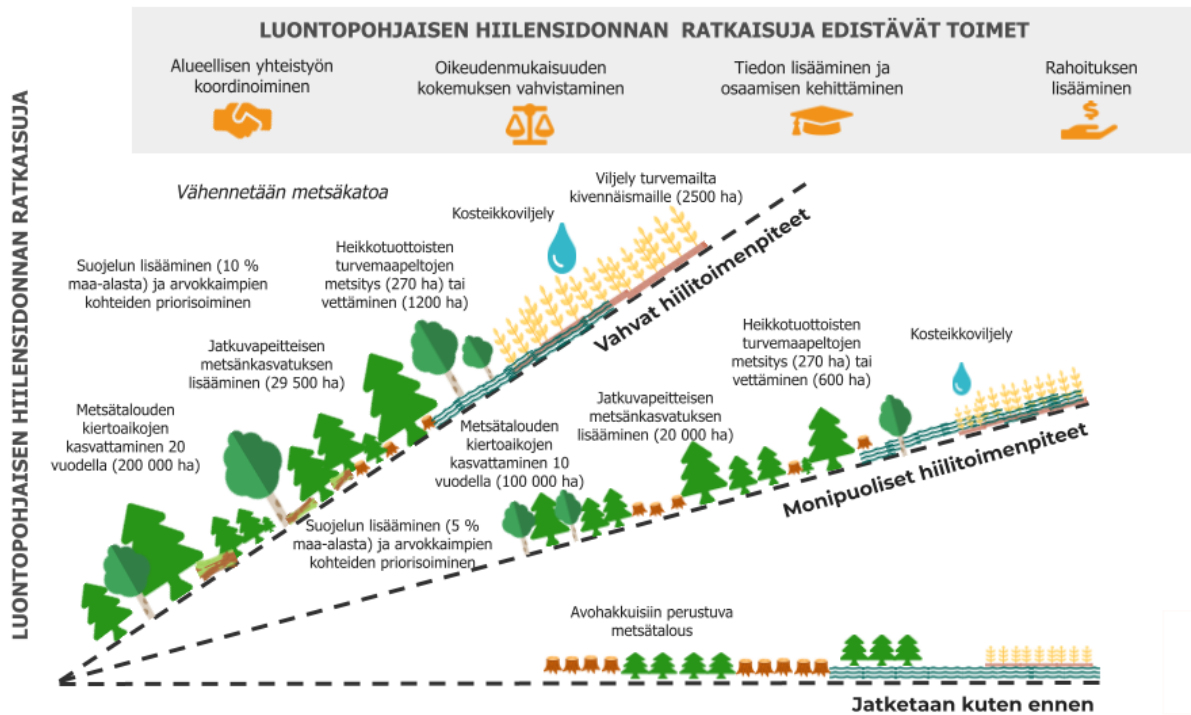
Pidentämällä metsien keskimääräistä kasvatusaikaa ja vähentämällä hakkuita hiilinieluja voidaan kasvattaa nopeimmin. Kiertoajan pidentäminen kahdellakymmenellä vuodella nykyisistä suosituksista lisää kuusikon puustoon sitoutunutta hiiltä 0,5 tC/ha/a, ja männikön 0.3 tC/ha/a. Pidemmällä aikavälillä metsäpinta-alan lisääminen on tehokas keino. Lisäksi siirtymällä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen ojitetuissa korvissa hiilinielun lisäys olisi arviolta  $-0,4 \text{ Tg}$  hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari vuoteen 2035 mennessä.

Turveltojen päästöt ovat maatalouden saralla merkittävin päästölähde. Suomessa turveltoja on vain noin kymmenesosa kaikista peltoalasta, mutta ne aiheuttavat silti yli puolet kaikista maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Keski-Suomessa turveltoja on noin 8 % peltoalasta. Niistä suurin osa on intensiivisessä käytössä olevia paksuturpeisia peltoja, joiden päästövähennyspotentiaali on suuri. Maataloudessa turveltojen päästövähennyksiä voidaan saavuttaa esimerkiksi siirtymällä jatkuvaan kasvipeitteisyyteen ohutturpeisilla kohteilla, siirtämällä maanviljelyä paksuturpeisilta kohteilta kivennäismaille ja hyödyntämällä säätösalojitusta. Keski-Suomen turvemaapeltojen päästöistä voitaisiin karkeasti arvioituna vähentää noin puolet, mikäli turvelloille toteutetaan tehokkaasti toimenpiteitä turvekerroksen paksuus ja pellon käyttömuoto huomioiden.

Turvetuotannosta poistuvilla alueilla hiilidioksidipäästöt jatkuvat, ellei jälkihoitotoimenpiteitä tehdä. Jos suonpohjan kuivana pitäminen ei edellytä jatkuvia toimia, alue kannattaa metsittää esimerkiksi hieskoivua

käyttäen, jolloin alue muuttuu ajan myötä hiilinieluksi. Jos alue vaatii kuivatustoimia, se kannattaa ennallistaa suoksi.

Eri toimenpiteiden ja niiden hiilensidonta- ja päästövähennyspotentiaalin tarkastelun perusteella laadittiin kolme erilaista toimenpideyhdistelmää, joita Keski-Suomen alueella voitaisiin toteuttaa luontopohjaisten hiilensidontamahdollisuuksien vahvistamiseksi. Kuva 1 esittää tiivistetyssä muodossa toimenpideyhdistelmät ja taustalla vaikuttavat kannustimet, joita tarvitaan monipuolisten ja vahvojen hiilitoimenpiteiden toteutumiseksi.



Kuva 1. Luontopohjaista hiilensidontaa edistävät toimet kolmessa toimenpideyhdistelmässä: jatketaan kuten ennenkin, monipuoliset hiilitoimenpiteet ja vahvat hiilitoimenpiteet.

Jotta luontopohjaista hiilensidontaa saadaan edistettyä Keski-Suomessa, sidosryhmätyöpajassa nähtiin tärkeänä erityisesti yhteistyön ja tiedon lisääminen, oikeudenmukaisuuden ja rahoituksen varmistaminen, suojelun laadullinen parantaminen, priorisointi ja kohdentaminen tärkeimmille alueille sekä energiatuotannon paikallinen hajauttaminen.

Tämän selvityksen tulosten perusteella suosittelemme seuraavia vaikuttavimpia konkreettisia toimenpiteitä hiilensidonnan edistämiseksi ja hiilipäästöjen vähentämiseksi luonnonympäristöissä:

- Pyritään lisäämään luonnonsuojelualueita siten, että säilytetään hiilivarastoja ja suojellaan luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaimpia kohteita. Näitä ovat mm. Soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteet sekä arvokkaimmat vanhan metsän kohteet.
- Pidennetään metsätalouden kiertoaikoja, jolloin puuston järeydessä metsien hiilivarastot kasvavat.

- Siirrytään erityisesti runsasravinteisissa turvemaametsissä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen.
- Siirretään heikkotuottoisia turvemaapeltoja muuhun käyttöön (esim. metsitys, vettäminen).
- Siirretään viljelyä turvemailta kivennäismaille, vetetään turvemaapeltoja ja harjoitetaan kosteikkoviljelyä sekä otetaan soveltuvilla alueilla käyttöön säätösaloitus.
- Vältetään metsän raivaamista pelloksi tai rakentamista varten. Sijoitetaan tuulivoimalat mahdollisuuksien mukaan jo rakennetuille alueille, esimerkiksi teollisuusalueille. Kartoitetaan muita paikallisia energiantuotannon mahdollisuuksia, joissa voidaan hyödyntää olemassa olevaa rakennettua ympäristöä.

Jotta yllä mainitut konkreettiset toimenpiteet toteutuisivat, tarvitaan maanomistajille kannusteita, joita ovat esimerkiksi:

- Metsä- ja maatalouden alueellisen yhteistyön koordinoiminen.
- Tiedon lisääminen ja osaamisen kehittäminen uusista tai vaihtoehtoisista tuotantomenetelmistä.
- Oikeudenmukaisuuden kokemuksen varmistaminen luontopohjaisten ratkaisujen edistämisessä.
- Rahoituksen lisääminen ja erilaisten rahoitusvaihtoehtojen kartoittaminen (esim. kansainvälinen hiilikauppa).



# Abstract

The majority of Central Finland is covered by forests. These forests are especially important for carbon sequestration, as growing vegetation absorbs carbon dioxide through photosynthesis, while mature, old-growth forests serve as significant carbon reservoirs and hotspots of biodiversity. Currently, logging levels in Central Finland are high, leading to a reduction in carbon storage. In managed forests, carbon is most efficiently sequestered in forests during their rapid growth phase. Once the forest reaches middle age or maturity, the rate of carbon sequestration slows down but does not cease. The intensity of forest management affects the potential for carbon sequestration, particularly in clear-cut based forestry, as after logging and possible terrain treatment, the area can act as a carbon source for years, whereas forests beyond maturity serve as carbon reservoirs and sinks.

In addition to forestry, the potential for carbon sequestration in forests is influenced by possible land-use changes, particularly deforestation resulting from construction activities. In Central Finland, there are significant pressures for renewable energy construction, and redirecting these pressures to areas other than forests would help preserve forest carbon sinks and storage.

Drainage and conversion of peatlands for forestry and agriculture cause significant carbon dioxide emissions from the soil. Peat decomposes as the water level drops, releasing carbon dioxide into the atmosphere. Emissions from heavily fertilized drained peatlands can be particularly high. Although the draining of new areas has nearly ceased, the forestry sector still carries out restoration drainage, which has received government support until very recently. In forestry, soil emissions can be addressed by avoiding unnecessarily intensive drainage and by switching to continuous cover forestry, in which case restoration drainage may not be necessary. Over the long term, restoring low-yielding areas has emission reduction and carbon sequestration effects.

Extending the average growth period of forests and reducing logging is the quickest way to increase carbon sinks. Extending rotation periods by twenty years from current recommendations increases carbon stored in spruce stands by 0.5 tC/ha/a and in pine stands by 0.3 tC/ha/a. In the long term, increasing forest area is an effective measure. Furthermore, switching to continuous cover forestry in drained areas could increase carbon sinks by  $-0.4$  Tg carbon dioxide equivalent per hectare by 2035.

Emissions from drained peatlands are the most significant source of emissions in agriculture. Although peatlands represent only about a tenth of all agricultural land in Finland, they account for over half of all agricultural greenhouse gas emissions. In Central Finland, peatlands cover about 8% of the arable land, most of which are fields with a deep peat layer in intensive use with significant emission reduction potential. In agriculture, emissions from peatlands can be reduced by transitioning to continuous vegetative cover on fields with a thin peat layer and by shifting cultivation from fields with a deep peat layer to mineral soils as well as using controlled drainage. A rough estimate is that emissions from peatland fields in Central Finland could be reduced by about half if effective measures are taken on peat fields, taking into account the thickness of the peat layer and the type of use of the field.

Carbon dioxide emissions will continue in old peat extraction areas unless post-harvest measures are taken. If keeping the peatland dry does not require continuous action, the area can be afforested using, for example, downy birch (*Betula pubescens*), turning it into a carbon sink over time. If the area requires drainage, it is advisable to restore it as a wetland.

To promote nature-based carbon sequestration in Central Finland, the stakeholder workshop identified the following as particularly important: enhancing collaboration and knowledge dissemination, ensuring the experience of justice and securing financing, improving the quality of nature protection, prioritizing and targeting the most important areas, and decentralizing energy production.

Based on the findings of this study, we recommend the following impactful and concrete measures to promote carbon sequestration and reduce carbon emissions in natural environments:

- Strive to increase the area of nature reserves to preserve carbon stocks and protect the most biodiverse areas. These include areas proposed for conservation by the complementary mire conservation programme as well as the most valuable old-growth forest sites.
- Extend forest management rotation periods to increase forest carbon storage as trees mature.
- Shifting to continuous cover forestry, especially in nutrient-rich peatland forests.
- Shift low-yield peatlands to other uses (e.g., afforestation, wetland restoration).
- Move cultivation from peatlands to mineral soils, rewet peatlands which are in agricultural use, and practice paludiculture. Use controlled drainage where applicable.
- Avoid clearing forests for agriculture or construction. Place wind turbines on already built-up areas, such as industrial zones, whenever possible. Identify other local energy production opportunities that can utilize existing built environments.

To implement the above concrete measures, landowners need incentives such as:

- Coordinating regional cooperation in forestry and agriculture.
- Increasing knowledge and developing skills in new or alternative production methods.
- Ensuring the experience of justice in promoting nature-based solutions.
- Increasing funding and exploring different financing options (e.g., international carbon trading).

# 1 Johdanto

Keski-Suomen maakuntastrategia pohjautuu kokonaiskestävyyden tavoitteeseen, ja strategiassa on määritelty tavoitteeksi hiilineutraaliuden saavuttaminen ja luontokadon pysäyttäminen vuoteen 2030 mennessä. Hiilineutraali Keski-Suomi 2030 -tiekartta sisältää erityisesti teema-alueen Maatalous ja metsät sisällä toimenpiteitä, jotka liittyvät hiilen sidontaan. (Keski-Suomen liitto 2024)

*Selvitys Keski-Suomen luontopohjaisten hiilensidontaratkaisujen mahdollisuuksista* on osa Luontopohjainen hiilensidonta alueille -EU-hanketta (Nature-based Carbon Offsetting, NACAO), jossa Keski-Suomen liitto on mukana. Luontopohjaisilla ratkaisuilla tarkoitetaan tässä selvityksessä luonnonympäristöön sidoksissa olevia potentiaalisia alueita hiilensidonnalle sekä hiilipäästöjen leikkaamiselle. Selvityksen toteuttivat Tyrsky-Konsultointi Oy ja FEMMA Planning Oy.

Selvityksessä luodaan yleisluontoinen tilannearvio maakunnan luontoalueiden hiilensidontapotentiaalista, arvioidaan tulevaisuuden muutoksia ja muutospotentiaalia monimuotoisuusnäkökulma huomioiden sekä esitellään visioita luontopohjaisen hiilensidonnin ratkaisuksi Keski-Suomen maakunnassa. Selvityksessä muun muassa tunnistetaan, mitkä luontotyypit Keski-Suomessa toimivat tehokkaina kasvillisuuden ja maaperän hiilinieluinä, missä näitä alueita esiintyy sekä millaisia toimenpideyhdistelmiä maakunnan alueella voitaisiin toteuttaa luontopohjaisten hiilensidontamahdollisuuksien vahvistamiseksi. Tarkastelussa ovat maaekosysteemit, kuten suot ja metsät sekä niihin liittyvät ihmisen tuottamat toiminnot.

## 2 Menetelmät

### 2.1 Paikkatietotarkastelu

Paikkatietotarkastelussa hyödynnettiin erilaisia metsien ja soiden piirteitä kuvaavia aineistoja Keski-Suomen alueelta. Metsien rakennetta tarkasteltiin Luonnonvarakeskuksen (LUKE) monilähteisten valtakunnan metsien inventointiin (MVMI) pohjautuvien puuston ikä ja puuston pituus 16 m x 16 m rasteriaineistojen pohjalta. Soita koskevassa analyysissä käytettiin Maanmittauslaitoksen (MML) maastotietokannan soita ja sen pohjalta Suomen ympäristökeskuksen (Syke) tuottamaa soiden ojitustilanne -aineistoa. MVMI:n metsäala ja Maastotietokannan suot ovat osittain päällekkäisiä, eli turvemaiden metsät voivat näissä analyyseissä luonnollisesti olla päällekkäisiä ojitettujen soiden kanssa. Soidensuojelun täydennysehdotuksen tilannekatsauksen (Aapala ym. 2021) suojelemattomia kohteita verrattiin ojitustilanteeseen. Turvepeltojen pinta-alojen selvittämisessä käytettiin maastotietokannan peltoja ja Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperäkartan (1:200 000) pohja- ja pintamaan tietoja turvekerroksista.

Lisäksi tarkasteltiin visuaalisesti erilaisia muita aineistoja, kuten monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueita (Mikkonen ym. 2018), ennustettua ilmastonmuutosta alueella Ilmatieteen laitoksen tuottaman lämpösumman muutosnopeusaineiston pohjalta (Aalto 2023).

Luontopohjaista hiilensidonnin potentiaalia erilaisilla alueilla on syytä verrata tilanteeseen, jossa tarkasteltava luontotyyppi esiintyy mahdollisimman luonnontilaisena. Näin voidaan arvioida, miten ihmistoiminta, tässä tapauksessa erityisesti metsien ja soiden valjastaminen talouskäyttöön, on vaikuttanut hiilen luontaiseen kiertoon luontotyypeillä ja miten hiilen kierto muokatuilla alueilla kehitty tulevaisuudessa. Tarkastelua varten verrattiin metsien ja soiden hiilensidonnin potentiaalia suojelluilla ja muussa käytössä olevilla mailla. Keski-Suomen maa-alasta on suojelun piirissä noin 542 neliökilometriä, mikä vastaa noin 3,4 % Keski-Suomen maa-alasta, kun sisävesiä ei oteta huomioon. Kokonaispinta-ala Keski-Suomessa on 19 950 neliökilometriä ja maapinta-ala 16 075 neliökilometriä. Paikkatietotarkasteluissa luonnonsuojelualueisiin luettiin mukaan valtion ja yksityiset luonnonsuojelualueet, valtion muut suojelualueet, metsähallituksen kiinteistöt luonnonsuojelutarkoituksiin ja Natura2000-verkoston alueet.

Landsat-satelliittiaineiston pohjalta tehtävään muutostulkintaan perustuva Global Forest Watch (GFW) -aineisto tunnistaa tehokkaasti laajat avohakkuut. GFW-aineiston pohjalta arvioitiin avohakkuiden tai mahdollisten laajojen luontaisten häiriöiden aiheuttamaa latvuspeittävyuden vähenemistä Keski-Suomen alueella vuosien 2000–2022 välillä. Aineiston resoluutio muutettiin vastaamaan MVMI-dataa ja näitä puustoa kuvaavia tasoja tarkasteltiin päällekkäin, ja arvioitiin latvuspeiton keskimääräinen vuosittainen väheneminen. Tämä väheneminen muodostuu suurimmilta osin avohakkuista ja sen arvioitiin kuluvan vuosituhaten aikana olleen hieman yli 1 % joka vuosi.

Metsät luokiteltiin iän ja pituuden mukaan neljään hiilen sidonnin eri vaiheita kuvaavaan järeysluokkaan. Koska MVMI-aineisto kuvaa vuoden 2021 tilannetta, puuston ikää kasvatettiin kolmella vuodella vastaamaan nykytilannetta 2024. Muutoksen jälkeen Keski-Suomen alueella metsämaiden puuston ikä

vaihteli 3–165 vuoden välillä. Aineisto luokiteltiin puuston ikään pohjautuvan hiilen sidonnan potentiaalini perusteella viiteen luokkaan (Repo ym. 2021; liite 1).

Keski-Suomen metsäalasta tuotettiin myös toinen luokittelu puuston pituuden perusteella. Pituus kuvastaa puustoon sitoutunutta hiiltä ja sen kasvun vaihetta. Nuoren metsän voidaan odottaa kasvavan pituutta ja siten toimivan hiilinieluna tulevina vuosina, kun taas pitkien puiden voidaan olettaa saavuttaneen kasvumaksiminsa ja siten myös hiilensidonnan hidastuneen. Keski-Suomen alueella puuston pituus vaihteli noin 0 ja 30 metrin välillä. Puuston keskipituusaineisto luokiteltiin kuuteen luokkaan (0–5), jotka kuvastavat karkeasti puuston kasvun vaiheita avohakkuun jälkeisestä taimikosta kohti järeää, kasvumaksiminsa saavuttanutta metsää (liite 2).

Luokitellut puuston ikä- ja pituustasot laskettiin yhteen puuston järeyttä kuvaavaan tasoon. Tässä tasossa arvot vaihtelivat välillä 1–10. Matalimmat arvot olivat alueilla, joissa puusto oli alle kaksi metriä pitkää ja alle 15-vuotiasta. Korkeimmat arvot saivat alueet, joilla metsä on verrattain vanhaa ja pitkää. Tämä summataso luokiteltiin neljään luokkaan kuvaamaan metsän hiilensidontapotentiaalia Keski-Suomessa (taulukko 2.1)

Taulukko 2.1 Puuston keski-ikä ja pituuden pohjalta luokiteltu järeysarvo.

<b>Luokiteltujen puuston ikä- ja pituustasojen summa</b>	<b>Puuston hiilensidonnan potentiaali</b>	<b>Luokka metsämaan järeyttä kuvaavassa rasteritasossa</b>
0–2	Taimikko, puusto ei ole saavuttanut nopean kasvun ikää ja se on matalaa. Avohakkuun jälkeinen metsäala voi olla mm. kasvupaikasta riippuen hiilen lähde jopa 15 vuotta.	1
3–5	Nopeasti kasvava metsä, puusto on nuorta ja kasvaa vauhdikkaasti sitoen samalla hiiltä tehokkaasti.	2
5–8	Keski-ikäistyvä metsä, puusto jatkaa kasvuaan ja järeytyy. Hiiltä sitoutuu edelleen tehokkaasti, mutta nopeimman kasvun vaihe on ohitettu.	3
9–10	Järeä metsä, puusto lähestyy tai on ylittänyt hakkuukypsyyden. Se on verrattain vanhaa ja on lähellä pituusmaksimiaan. Järeän metsän hiilensidonta hidastuu, mutta se on arvokas hiilen varasto.	4

Soiden tilaa tarkasteltiin maastotietokannan suoaineistoon pohjautuvan, Syken tuottaman soiden ojitusaineiston avulla. Aineisto erottaa toisistaan ojitamattomat, ojitetut ja turvetuotannossa olevat alueet. Suurin osa soista Suomessa on valjastettu ojitusten myötä metsätalouden käyttöön. Tällä on voinut olla suotyypistä riippuen erilaisia vaikutuksia niiden hiilensidonnalle. Koska luonnontilaiset, ojitamattomat suot ovat tärkeimpiä hiilinieluja ja hiilivarastoja Suomessa, ja soidensuojelun täydentämiseksi on jo tehty oma, vapaaehtoisuuteen perustuva ohjelmansa, tässä työssä tarkasteltiin vielä suojelun ulkopuolella

olevia, ojitamattomia Soidensuojelun täydennysehdotuksen (SSTE) kohteita. SSTE-kohteita tarkasteltiin päällekkäin suojelualueiden ja ojitustilanneaineiston kanssa.

Turvepeltojen pinta-ala laskettiin tarkastelemalla päällekkäin maastotietokannan peltoaineistoa ja GTK:n pinta- ja pohjamaalajeja maaperäkartan 1:200 000 tarkkuudella. Maaperäkartasta valittiin alueet, joiden pohja- (>1 m) tai pintamaa (<1 m) oli paksu tai ohut turvekerros. Peltojen pinta-ala Keski-Suomen alueella oli yhteensä noin 1016 neliökilometriä, josta noin 84,2 neliökilometriä, eli noin 8 % on pinta- tai pohjamaalajiltaan turvetta. Koska tarkastelun lähtötasona käytettiin maastotietokannan peltoja, nämä alueet eivät ole päällekkäisiä soiden kanssa, eli soiden ojitustilanne- ja turvepeltoaineistot eivät tässä tarkastelussa leikkaa toisiaan.

### 2.1.1 Paikkatietotarkastelun virhelähteistä

Syken tuottama ojitustilanne aineisto perustuu vuoden 2008 maastotietokannan soiden ja virtavesien rajauksiin sekä vuoden 2006 Corine maanpeiteluokituksen pohjalta tehtyyn analyysiin. Ojitustilanne voi siten olla joillain alueilla vanhentunut, sillä näiden aineistojen jälkeen tehdyt ojitukset tai mahdollisesti ojitettujen soiden ennallistamiset eivät näy tuloksissa.

Maastotietokannan peltoja tarkasteltiin päällekkäin maaperäkartan 1:200 000 kanssa. Maaperätieto on tällä mittakaavatasolla yleistys, mikä on syytä ottaa huomioon tulosten tarkastelussa ja hiilensidonnan lisäämisen toimenpiteiden kohdentamisessa.

## 2.2 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsauksessa kerättiin aihepiiriä käsittelevien tutkimushankkeiden julkaisuja ja materiaaleja, joita käytiin systemaattisesti läpi. Katsauksessa käsiteltiin luonnonsuojeluun, metsätalouteen, maatalouteen ja turvetuotantoalueisiin liittyviä toimenpiteitä sekä niiden potentiaalisia vaikutuksia. Lisäksi käsiteltiin maankäyttöä ja rakentamista erityisesti metsäkadon torjunnan näkökulmasta.

## 2.3 Sidosryhmätyöpaja

Selvityksen paikkatietoanalyysia ja kirjallisuuskatsausta täydennettiin laadullisella aineistolla, joka perustui monialaiseen työpajamuotoiseen sidosryhmätyöskentelyyn Jyväskylässä 11.3.2024. Työpajan tavoitteena oli rikastaa selvityksen aineistoa paikallisella näkemyksellä sekä tuottaa ymmärrystä siitä, millaiset luontopohjaisen hiilensidonnan ratkaisut alueella voisivat parhaiten toimia ja miten niitä tulisi edistää. Työpajaan osallistui yhteensä 12 henkilöä. Osallistujat edustivat seuraavia organisaatioita: Keski-Suomen Metsäkeskus, Luonnonsuojeluliitto Keski-Suomi, ProAgria (maa- ja kotitalousnaiset), Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK), Keski-Suomen liitto, Luonnonvarakeskus ja Metsänhoitoyhdistys Päijänne.

Työpajassa sovellettiin tulevaisuudentutkimuksen menetelmää, jossa luontopohjaisen hiilensidonnan mahdollisuuksia tutkittiin kolmen erilaisista toimenpideyhdistelmistä koostuvan suunnan avulla. Vaihtoehtoiset toimenpideyhdistelmät laadittiin kirjallisuuskatsauksen pohjalta ja niissä on tarkasteltu hiilensidonnan toimenpiteitä metsätalouden, maatalouden, suojelun ja maankäytön ja rakentamisen osalta (liite 3).

# 3 Potentiaaliset alueet hiilensidontaan Keski-Suomessa

## 3.1 Hiilensidonnan potentiaali metsissä

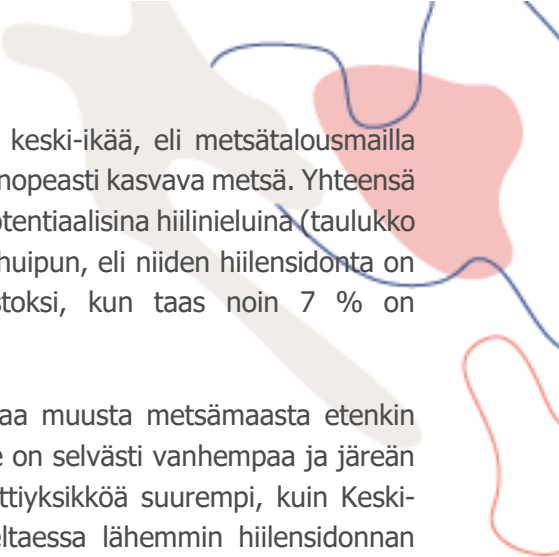
Metsät luokiteltiin niiden ikään ja pituuteen pohjaavan järeyden mukaan neljään luokkaan, jotka kuvaavat karkeasti puuston hiilensidonnan kehitystä metsätalousvaltaisessa borealisessa maisemassa. Järeystason luonti ja aineistot on kuvattu luvussa 2.1.

Ensimmäinen luokka kuvaa taimikkoa, eli hakkuun tai luontaisen häiriön jälkeistä tilannetta, jossa puusto on nuorta ja matalaa. Avohakkuun jälkeen metsäala voi kasvupaikasta ja maaston muokkauksesta riippuen olla hiilen lähde noin 15 vuotta (Vestin ym. 2020), ennen kuin nopean kasvun vaihe saavutetaan. Toinen luokka koostuu nuorista, mutta nopeasti kasvavista puista, jotka sitovat hiiltä tehokkaasti. Kolmannessa luokassa puusto lähestyy keski-ikää ja pituuskasvu hidastuu, toisin sanoen metsätalouden näkökulmasta puusto alkaa saavuttaa hakkuukypsyyttä. Neljäs luokka koostuu hakkuukypsyyden saavuttaneesta tai sen ylittäneestä puustosta, joka on verrattain iäkstä ja jonka kasvu ja hiilensidonta on hidastunut. Nämä metsät ovat järeitä ja toimivat arvokkaana hiilen varastona ja ovat usein metsäluonnon monimuotoisuudelle arvokkaita paikkoja.

Taulukko 3.1 Puuston järeysluokkien pinta-alat ja niiden osuus Keski-Suomen metsäalasta.

	<b>Taimikko</b>	<b>Nopeasti kasvava metsä</b>	<b>Keski-ikäistyvä metsä</b>	<b>Järeä metsä</b>	<b>Metsäala yhteensä (MVMI 2021 aineiston mukaan)</b>
Metsäpinta-ala (km <sup>2</sup> )	1 015	2 206,5	8 664,4	1 888,3	13 774,2
osuus metsäpinta-alasta (%)	7,4	16	62,9	13,7	
Metsäpinta-ala suojelualueilla (km <sup>2</sup> )	16,8	55,7	276,1	106,1	454,7
Osuus suojellusta metsäpinta-alasta (%)	3,7	12,2	60,7	23,3	



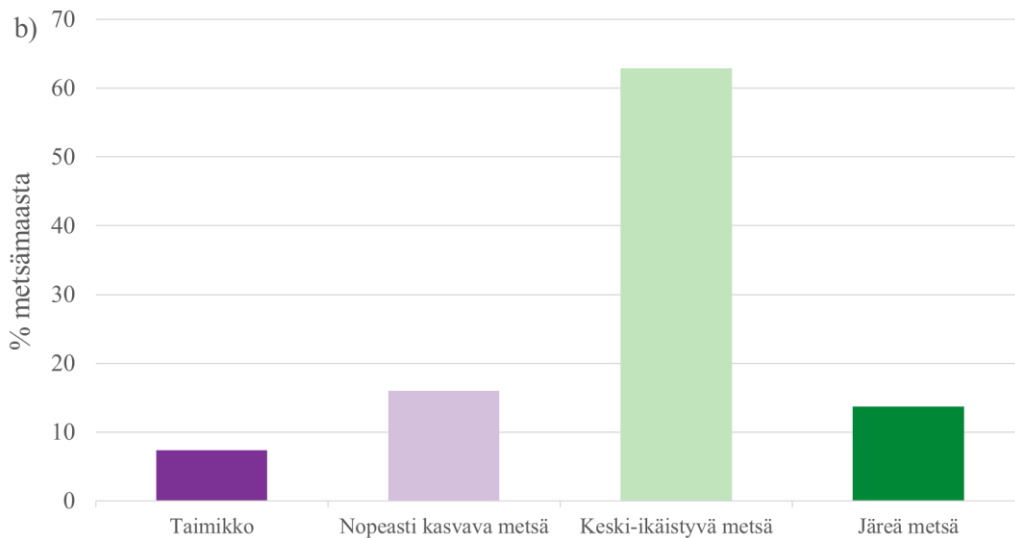
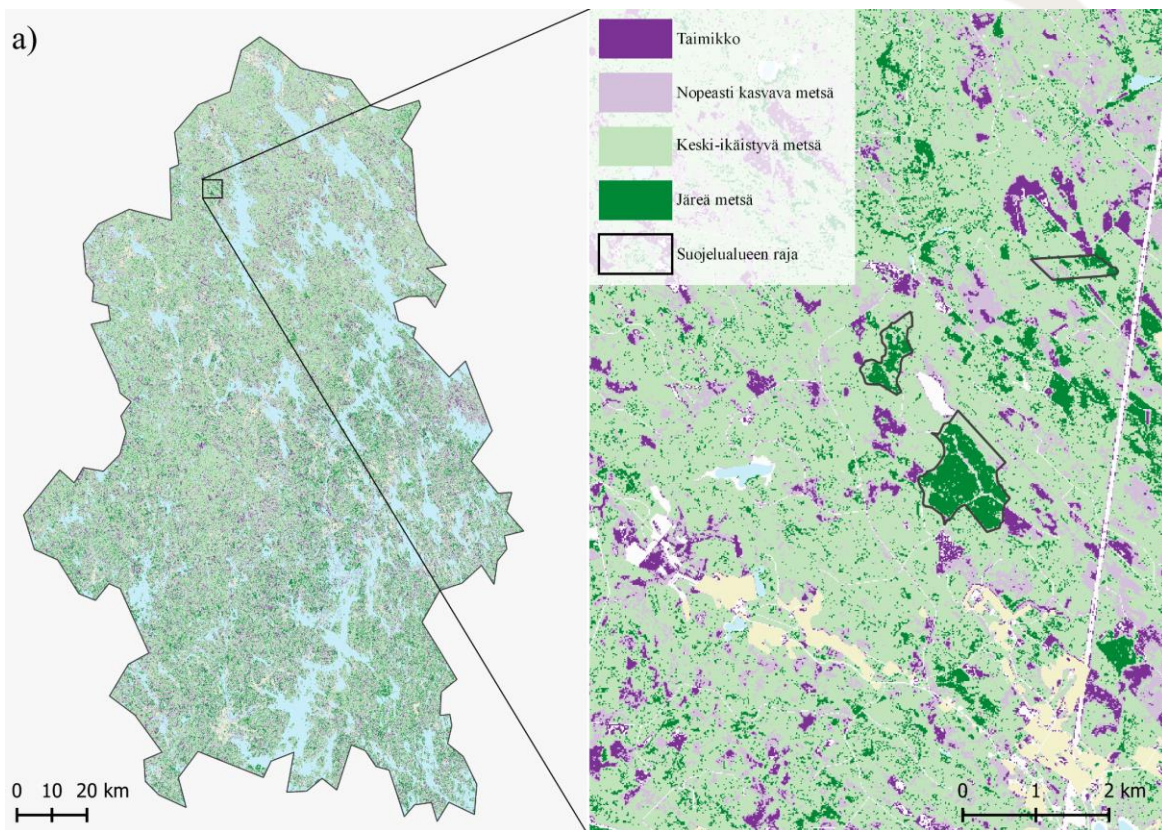


Suurin osa Keski-Suomen metsäalasta vuonna 2024 on lähestymässä keski-ikää, eli metsätalousmailla hakkuukypsyyttä. Toiseksi suurin luokka koko Keski-Suomen alueella on nopeasti kasvava metsä. Yhteensä Keski-Suomen metsäalasta hieman vajaa 80 % siis toimii tällä hetkellä potentiaalisina hiilinieluinä (taulukko 3.1). Vajaa 14 % puustosta on saavuttanut tai saavuttamassa kasvun huipun, eli niiden hiilensidonta on hidastumassa ja rooli muuttumassa nielusta potentiaalisesti varastoksi, kun taas noin 7 % on potentiaalinen hiilen lähde.

Metsätalouskäytön ulkopuolisten, eli suojeltujen metsien rakenne eroaa muusta metsämaasta etenkin järeän metsän ja taimikon osuuksissa. Suojelluissa metsissä ikärakenne on selvästi vanhempaa ja järeän metsän osuus näillä alueilla onkin yli 23 %, mikä on noin 10 prosenttiyksikköä suurempi, kuin Keski-Suomen metsissä keskimäärin. Tämä ero on helppo nähdä tarkasteltaessa lähemmin hiilensidontan potentiaalin mukaan luokiteltua puustoa alueellisesti (kuva 3.1). Suurimmat järeän metsän keskittymät löytyvät usein suojelualueilta, vaikka pienempiä laikkuja löytyy myös suojelun ulkopuolelta. Saadessaan kehittyä vanhaksi ja järeäksi, metsä tarjoaa paitsi tärkeän hiilen varaston, myös arvokkaita elinympäristöjä monille uhanalaisille lajeille, jotka vaativat vanhan metsän rakennepiirteitä, kuten lahoppua ja järeitä puita.

Taimikon, eli potentiaalisen hiilen lähteen ala on suojelluissa metsissä melkein puolet pienempi kuin Keski-Suomessa keskimäärin. Tämä johtuu siitä, että suojelualueilla metsä uudistuu luontaisen dynamiikan kautta, kun taas talouskäytössä oleviin metsiin tehdään systemaattisesti kasvatustierron mukaan avohakkuita, joissa tasaikäinen puusto kaadetaan uuden taimikon tieltä. Mikäli avohakkuiden määrä jatkuu samanlaisena tai jopa kasvaa tulevaisuudessa, taimikoiden määrä tulee todennäköisesti lisääntymään, mikä lisää potentiaalisena hiilen lähteenä toimivaa metsäalaa. Vaikka taimikot siirtyvät ajallaan nopean kasvun vaiheeseen, jossa hiilen sidonta on tehokasta, on metsäluonnon sekä kasvihuonekaasupäästöjen kannalta keskeistä, että metsän ikärakenne ei ole homogeeninen.





Kuva 3.1 Metsien luokittelu puuston hiilensidonnän potentiaalin mukaan Keski-Suomessa a) alueellisesti b) luokkien histogrammi.

Hiilensidonnän kannalta potentiaalisimpina alueina voidaan siis pitää nopean kasvun ja keski-ikäisen puuston luokkia. Se miten nämä metsät kehittyvät tulevaisuudessa vaikuttaa voimakkaasti siihen, ovatko Keski-Suomen metsät tulevaisuudessa hiilen lähteitä vai hiilinieluja. Luontopohjaisen hiilensidonnän nimissä, metsien hiilinieluja ei voida kasvattaa ainoastaan puun kasvua lisäämällä, vaan hilliten sekä ilmastomuutosta että luontokatoa samanaikaisesti. Keski-ikäistyvät metsät voivat tulevaisuudessa

kehittyä joko verrattain vanhoiksi metsiksi ja hiilen varastoiksi esim. suojelun tai hakkuukiertoaikojen pidentämisen myötä tai ne voivat ajautua tilapäisesti hiilen lähteiksi päätehakkuissa.

## 3.2 Hiilensidonnan potentiaali soilla

Keski-Suomen soista lähes 2 457 neliökilometriä eli noin 87 % on ojitettu tai muuten ihmiskäytössä, esim. turvetuotantoalueina (taulukko 3.2). Ojittamattomia soita on Keski-Suomen alueella noin 373,5 neliökilometriä eli noin 13 % suoalasta. Tästä ojittamattomasta osuudesta noin 36,5 % on suojelun piirissä, eli valtaosa vielä ojittamattomista soista on suojelun ulkopuolella. Aineistojen perusteella suojelun piirissä on myös ojitettuja soita.

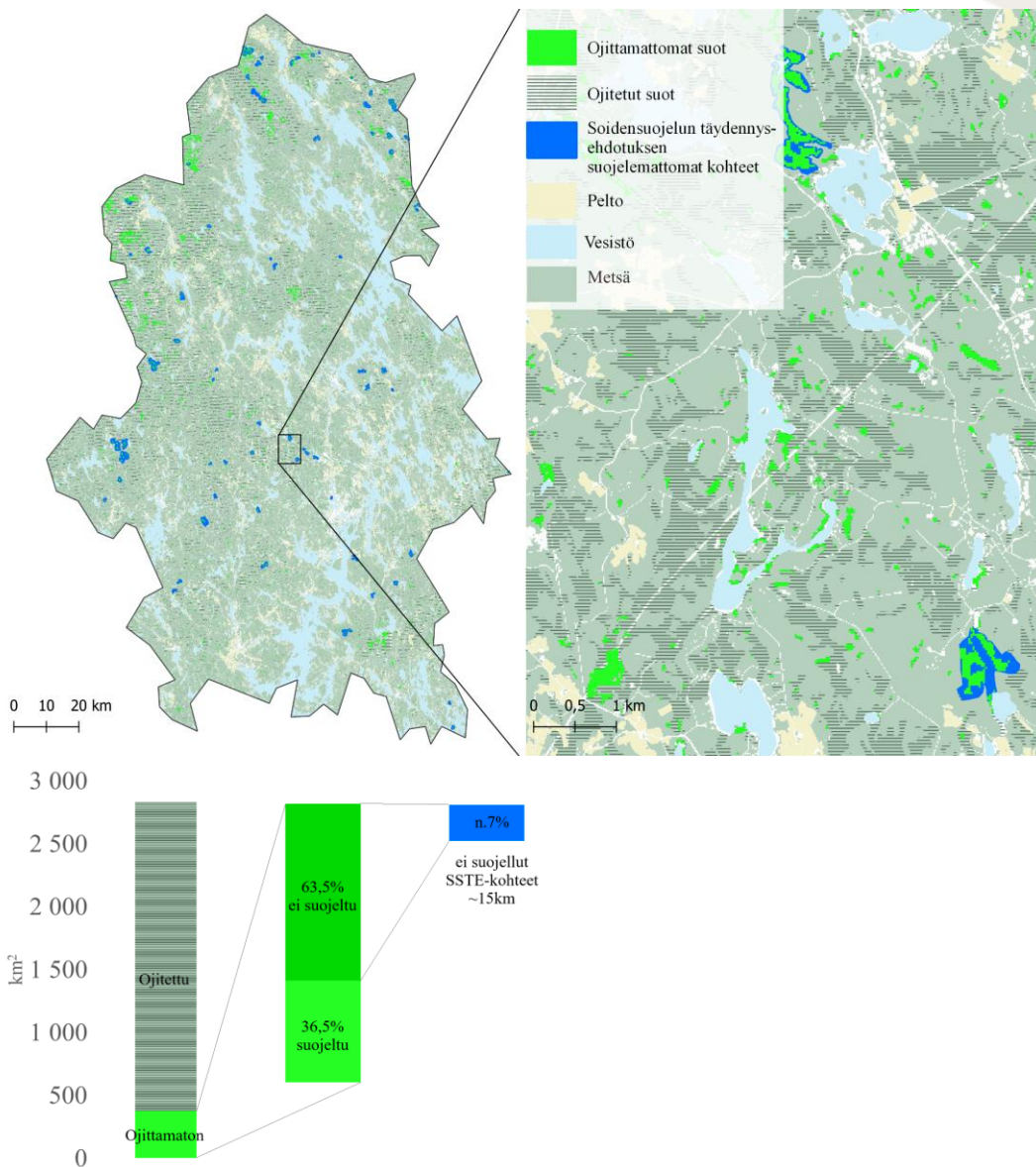
Taulukko 3.2 Keski-Suomen soiden ojitustilanne, suojelupinta-ala ja Soidensuojelun täydennysehdotuksessa (SSTE) (Aapala ym. 2021) tunnistettujen arvokkaiden, edelleen suojelemattomien soiden pinta-ala.

	<b>Ojittamaton</b>	<b>Ojitettu</b>	<b>Yhteensä</b>
pinta-ala (km <sup>2</sup> )	373,5	2 457	2 830,5
Osuus suoalasta (%)	13,2	86,8	100
Suojeltu (km <sup>2</sup> )	136,5		
Suojelun ulkopuolisilla SSTE-kohteilla (km <sup>2</sup> )	14,9		

Soiden suojelutilannetta voisi parantaa huomattavasti esimerkiksi kannustamalla vapaaehtoisiiin suojelutoimiin niillä kohteilla, jotka Soidensuojelun täydennysehdotuksen (Aapala ym. 2021) tiimoilta on kartoitettu, jotka ovat säilyneet maastonmuokkausten ulkopuolella, mutta joita ei vielä ole suojeltu. Nämä kohteet muodostavat noin 7 % vielä suojelemattomasta ja ojittamattomasta suopinta-alasta (kuva 3.2).

Soiden ojituksilla voi olla erilaisia vaikutuksia kasvihuonekaasujen kiertoon, riippuen alueen ravinteikkuudesta ja siitä, mitä maankäyttöä ojitetulle alueelle tulee.

Vaikka ojittamattomista soista on suojelun piirissä vain hieman yli kolmannes, ne muodostavat laajimmat jäljellä olevat yhtenäiset koskemattomat suoalueet. Suojelun ulkopuoliset ojittamattomat suot esiintyvät pienialaisina ja niitä ympäröivien alueiden maankäyttö vaikuttaa mitä todennäköisimmin myös näiden suoalueiden vesitalouteen ja siten hiilensidonnan ja -varastoinnin dynamiikkaan. Soiden vesitaloutta ja mahdollisia kunnostustoimia tulee suunnitella valuma-alueetasolla niin, että yhtenäiset hiiltä ja metaania pidättävät alueet hyötyvät potentiaalisista luonnon kohennustoimista. Erityisen tärkeitä ovat alueet, joita valuma-alueiden pääuomat halkovat. Näillä alueilla soilla on tärkeä rooli ympäristön ravinnekuorman suodattamisessa ja siten vesistöjen kuormituksen puskuroidinnassa.



Kuva 3.2 Soiden ojitustilanne Keski-Suomessa ja suojelun ulkopuolisten ojittamattomien SSTE-kohteiden sijainti.

### 3.2.1. Turvepellot Keski-Suomessa

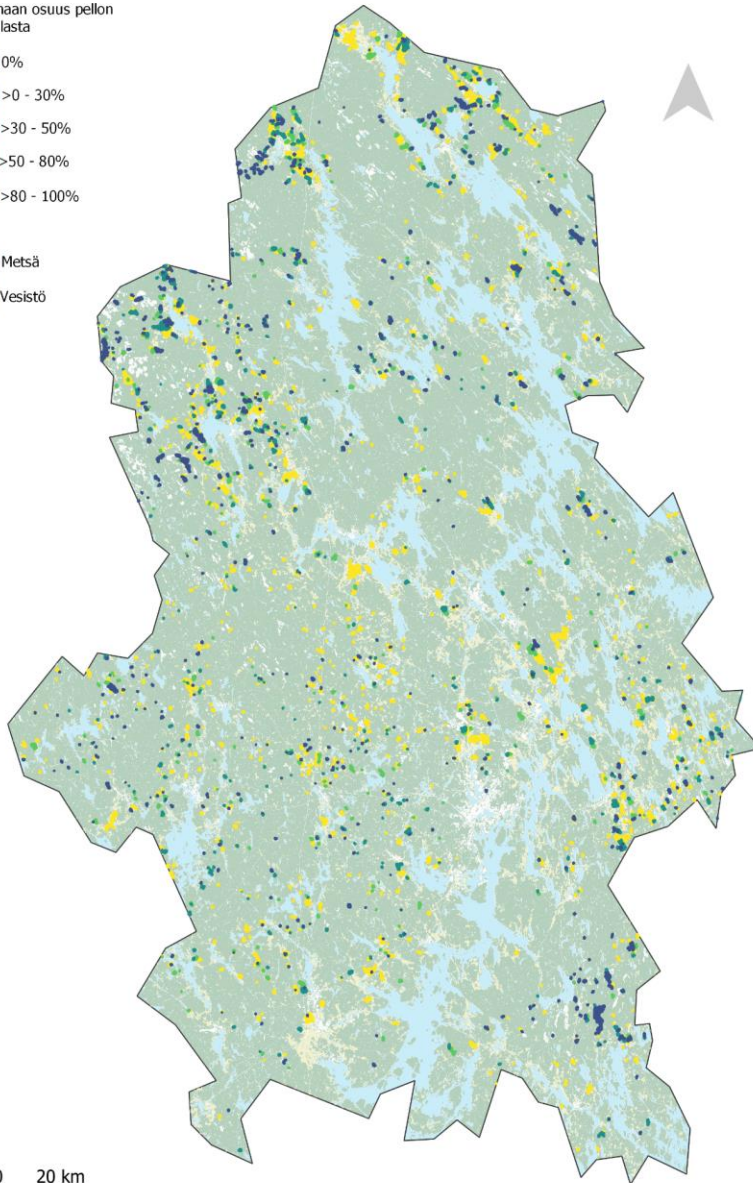
Peltojen pinta-ala Keski-Suomen alueella oli yhteensä noin 1016 neliökilometriä, josta noin 84,2 neliökilometriä eli noin 8 %, on pinta- tai pohjamaalajiltaan turvetta (kuva 3.3). Turvepeltojen analyysi on selvitetty kappaleessa 2.1. Paikkatietomenetelmät. Nämä pelloiksi valjastetut turvemaat eivät ole päällekkäisiä soiden ojitustilannetta kuvaavan analyysin kanssa.



Turvemaan osuus pellon  
pinta-alasta

- 0%
- >0 - 30%
- >30 - 50%
- >50 - 80%
- >80 - 100%

- Metsä
- Vesistö



Kuva 3.3 Pinta- tai pohjamaan turvemaan osuus peltojen pinta-alasta Keski-Suomessa. Turvemaata sisältävien peltojen pinta-alaa on kuvassa suurennettu luettavuuden vuoksi.

Turvepeltoja on Keski-Suomen alueella tasaisesti, mutta peltojen turpeen osuus vaihtelee. Suurimmat maatalouden keskittymät ovat maakunnan pohjoisosissa. Turvepeltoja on syytä käsitellä tässä selvityksessä, koska niiltä syntyy merkittävä määrä hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa. Turvepeltoihin liittyviä toimintamahdollisuuksia käsitellään lisää seuraavassa luvussa kohdassa 4.1.3.

# 4 Arvio hiilensidonnan potentiaalista ja soveltuvista toimenpiteistä

## 4.1 Toimenpiteet

### Keski-Suomen nykytilanne

Keski-Suomen lasketut kokonaispäästöt vuosittain ovat noin 8,7 milj. tonnia hiilidioksidiekvivalenttia vuodessa (CO<sub>2</sub>ekv.v-1). Kokonaispäästöistä hiilinielut kattavat 75 %, joten neutraalivaje on 25 %. Keski-Suomen vuosittaiset nettopäästöt ovat 2,2 milj. tonnia CO<sub>2</sub>ekv.v-1. (Holmberg ym. 2023). Taulukossa 4.1 on eritelty Keski-Suomen hiilivuot ja varastot eri maankäyttöluokissa.

Taulukko 4.1 Keski-Suomen hiilivuot (Holmberg ym. 2023).

Maankäyttöluokka	Pinta-ala km <sup>2</sup>	Päästöt TgCO <sub>2</sub> eq a-1	Nielut TgCO <sub>2</sub> eq a-1	Nettopäästö TgCO <sub>2</sub> eq a-1
Metsät, ojitettu turvemaa	1 726	0,7	-0,6	0,19
Kivennäismaan metsät	11 697	5,0	-6,0	-0,97
Metsät yhteensä	13 423	5,7	-6,6	-0,8
Maatalousmaa	907	0,44		0,44
Pintavedet	2 937	0,8		0,8
Kosteikot	442	0,23	0,19	0,04
Rakennettu ympäristö	483	1,521		

Toimenpiteet on jaoteltu suojeluun sekä metsätalouteen, maatalouteen ja turvetuotantoon liittyviin toimenpiteisiin, joilla voidaan vähentää päästöjä ja vahvistaa hiilensidontaa. Lisäksi on huomioitu maankäyttöön kohdistuvat muutokset ja rakentaminen.

### 4.1.1 Suojelu

Suojelualueet ovat merkittäviä hiilinieluja ja -varastoja Keski-Suomen alueella. Suojeltua pinta-alaa lisäämällä sopiviin kohteisiin on mahdollista tuottaa lisää hiilinieluja ja -varastoja. Keski-Suomen suojellun pinta-alan osuus on verrattain matala, n. 3 %. Mikäli suojelupinta-alaa täydennettäisiin kaikissa maakunnissa EU:n biodiversiteettistrategiassakin määriteltyyn 10 %:iin, suojelualueiden hiilinielu olisi vuoden 2050 paikkeilla samassa suuruusluokassa kuin ihmisperäiset kasvihuonekaasupäästöt tehokkaiden päästöjen vähentämistoimien jälkeen. (Forsius ym. 2023)

Monet suojelualueilla olevat metsät ovat myös monimuotoisuuden kannalta tärkeitä alueita, sillä suojellut metsät tapaavat olla verrattain vanhaa metsää. Vastaavasti monet suojelun ulkopuolella olevat,

monimuotoisuuden kannalta tärkeät metsät ovat merkittäviä hiilivarastoja tai hiilinieluja. Uusia suojelualueita etsittäessä kannattaisikin suojella ensin alueet, joilla on erityisen iso hiilivarasto ja suuret monimuotoisuushyödyt. (Kangas ym. 2022)

IBC CARBON -hankkeessa on kartoitettu Keski-Suomen arvokkaita suojelemattomia kohteita käyttäen monimuotoisuusindikaattoreita, kuten vanhojen metsien sijainti, uhanalaisten lajien esiintymät, vanhojen metsien lintulajien levinneisyys ja metsien lahoppopotentiaali. Näin on saatu priorisoitua monimuotoisuuden kannalta parhaat kivennäismaametsät, joilla on myös korkeat hiilivarastot ja hiilinielut ja joita suositellaan suojeltaviksi ajatellen 10 % suojelutavoitetta. (Forsius ym. 2023)

#### 4.1.2 Metsätalous

Metsät ovat tärkeitä hiilinieluja, koska puusto sitoo ja varastoi hiiltä sekä metsien maaperään päätyvä kasvillisuuden karike sitoo hiiltä maaperään. Puuston hiilinielu on suurin silloin, kun puusto on elinvoimainen, hyödyntää hyvin kasvutilan ja kasvaa nopeasti. Vanhat metsät voivat säilyä hiilinieluinä satojen vuosien ajan siitä huolimatta, että puuston kasvu hidastuu, koska metsän maaperä kerryttää edelleen hiiltä. (Peltoniemi ym. 2020)

Suomessa on tehty alueittain analyysia (Junntila ym. 2023) metsäekosysteemien nettohiilitaseista (metsäekosysteemien hiilensidonta ja hakkuiden myötä ekosysteemistä poistuva hiili) eri globaaleissa ilmastoskenaarioissa ajanjaksolla 2015–2050. Analyysissa laskettiin metsien hiilensidontaa ja hakkuiden myötä poistuvaa hiiltä eri hakkuutasoille: nykyistä suurempi taso, nykyinen taso, nykyistä pienempi hakkuutaso ja ei hakkuuta. Keski-Suomessa nykyinen hakkuutaso on korkea, mikä vaikuttaa nettohiilitaseeseen kaikissa ilmastoskenaarioissa niin, että nieluvaikutuksen aikaansaamiseksi hakkuutasoa olisi pienennettävä nykyisestä. Analyysin mukaan hakkuut siis pienentävät potentiaalista hiilivarastoa aikavälillä 2015–2050. (Junntila ym. 2023)

#### **Kivennäismaametsät**

Koska avohakkuu poistaa metsästä puustoon sitoutuneen hiilivaraston, yksi merkittävästi päästöjä vähentävä toimenpide on välttää hakkuita sekä metsäpinta-alan vähentämistä. Tämä on myös nopein keino vahvistaa metsien kokonaisnielua. Hakkuiden välttäminen johtaa puuston järeytymiseen ja alueen metsien hiilivaraston kasvamiseen. (Peltoniemi ym. 2020)

Päästöjä voi aiheutua isojen metsätuhojen seurauksena, esimerkiksi myrsky- ja hyönteistuhojen kautta. Yhtenä päästöjä vähentävänä toimenpiteenä on tuhoriskien kannalta parhaiden metsänhoitomenetelmien valitseminen, kuten esimerkiksi hakkuukuvioiden suunnittelu tuhoriskien välttämiseksi. (Peltoniemi ym. 2020)

Hiilinieluja voidaan vahvistaa metsämailla nopeimmin pidentämällä metsien keskimääräistä kiertoaika ja välttämällä hakkuita. Tähän voivat sisältyä myös jatkuvapeitteiset kasvatusmenetelmät. Metsäpinta-alan lisääminen on pitemmällä aikavälillä myös tehokas keino. Lyhyellä aikavälillä hiilinieluja voidaan vahvistaa tehostamalla puuston kasvua esimerkiksi lannoituksen keinoin. Keskipitkällä aikavälillä (30–50 vuotta) puulajien jalostuksella ja nopeakasvuisten puulajien istutuksella voidaan tuottaa hiilinielun kasvua. (Peltoniemi ym. 2020)

Päätehakatussa metsässä kannattaa varmistaa nopea taimettuminen, jotta alueen hiilensidonta pääsee käyntiin. Uudistamisessa kannattaa käyttää nopeakasvuiseksi jalostettua taimimateriaalia. Lisäksi puuston kasvua ja siten hiilensidonta voidaan edistää kasvatuslannoituksilla. Kivennäismailla erityisesti typpilannoitus edistää kasvua. Sen vaikutus on lyhytaikainen, noin 10 vuotta, mutta se voidaan toistaa useita kertoja kiertoajan kuluessa. Yleensä lannoitus tehdään yhden kerran, noin 10 vuotta ennen suunniteltua päätehakkuuta arvonnousun maksimoimiseksi, mutta puuston kasvun kannalta suotuisampaa olisi lannoittaminen kierron alkupäässä, koska silloin ravinnetarve on myös suurin. Aiempi lannoitus kiertoajan kuluessa lisäisi hiilensidontaa sekä mahdollistaisi lannoituksen toistamisen. (Peltoniemi ym. 2020; 2023). Kivennäismetsien typpilannoituksen vesistö päästöjä voidaan vähentää välttämällä nitraattityyppä sisältäviä salpietarilannoitteita. (Peltoniemi ym. 2023). Lisäksi kohtuullinen typpilannoitusannos riittävän monta vuotta ennen päätehakkuuta ei aiheuttane riskiä, jos lannoittaessa vältetään jyrkkiä rinteitä ja avohakkuualojen, rantojen ja vesistöjen läheisyyttä valunnan minimoimiseksi (Smolander 2020).

Paikallisia hiilinieluja voidaan luoda myös metsittämällä. Istutetun metsän hiilinielu pysyy voimakkaana pitkän aikaa, mutta vasta sen jälkeen, kun se on saavuttanut kasvatusmetsävaiheen. (Peltoniemi ym. 2020)

## **Turvemaametsät**

Turvemailla maaperä on suurempi hiilen varasto kuin puusto ja siksi maaperään vaikuttavat toimenpiteet ovat turvemailla tärkeämpiä kuin kivennäismailla. Merkittävä osa Suomen ilmastopäästöistä syntyy turvemaametsien ja -peltojen turpeen hajoamisesta, jota kiihdyttää erityisesti ojitukset. Turvemailla maaperän päästöihin voidaan vaikuttaa välttämällä tarpeettoman tehokasta kuivatusta. Esimerkiksi kunnostusojituksia suunnitellessa tulisi soveltaa tiukkaa tarveharkintaa, ja kun ojia kaivetaan, tehdään niistä ennemmin matalampia. (Peltoniemi ym. 2020)

Koska turvemailla maaperän päästöt ovat isossa roolissa, turvemaametsissä kannattaa siirtyä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen turpeen hävikin vähentämiseksi. Erityisesti ojitetuissa korpikuusikoissa jatkuvapeitteisellä kasvatuksella voidaan saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä avohakkuisiin verrattuna. Lisäksi jatkuvapeitteinen kasvatus johtaa puuston järeytymiseen ja sitä kautta metsien hiilivaraston kasvuun. (Peltoniemi ym. 2020). Runsasarvinteisia, kuusivaltaisia turvemetsiä Keski-Suomessa on 29 500 hehtaaria, joista yli 25 000 hehtaaria on ojitettu (Lehtonen ym. 2023).

Päästöjä voidaan vähentää myös ennallistamalla turvemaametsiä suoksi, mutta päästöjä vähentävä vaikutus tulee esiin vasta pitkällä aikavälillä. Lyhyellä aikavälillä turpeen metaanipäästöt ja puuston kasvun taantuminen saattaa tuottaa ilmastoa lämmittäviä vaikutuksia. Ennallistamisen lisäksi yhtenä toimenpiteenä voi olla heikkotuottoisten alueiden poistaminen metsätalouskäytöstä. Tällöin puuston käsittelyä voidaan tehdä jonkin verran, mutta alue jätetään muutoin vettymään eli ennallistumaan itsestään takaisin suoksi. (Peltoniemi ym. 2020)

Turvemaametsissä hiilinieluja voidaan vahvistaa esimerkiksi tuhkalannoituksen avulla, erityisesti paksurupesilla kohteilla. Ojitetuilla turvemailla puiden kasvu voi hidastua johtuen ravinteiden heikentyneestä saatavuudesta. Tuhkalannoituksen avulla turvemaametsien puiden kasvua voidaan

tehostaa, mikä johtaa hiilinielujen kasvuun. (Ojanen ym. 2019; Peltoniemi ym. 2020). Turvemaametsien tuhkalannoituksella on suurempi suhteellinen vaikutus kasvuun kuin typpilannoituksella kivennäismailla, ja sen vaikutus on pitempi (15–30 vuotta), joten puuston hiilinielulisäyksen voi olla moninkertainen. Toisaalta lannoituksen tuottama puuston kasvu lisää myös puuston haihduntaa, jonka seurauksena pohjavedenpinta laskee ja turpeen hajoaminen saattaa lisääntyä aiheuttaen hiilidioksidipäästöjä. Vaikutusta ei kuitenkaan ole tutkittu kattavasti. (Peltoniemi ym. 2023).

Lannoituksella voi kuitenkin olla myös negatiivisia luontovaikutuksia ravinnepäästöjen muodossa, jos lannoitteet pääsevät valumaan vesistöihin. Lannoittaessa tulisikin huomioida lannoitusmäärät ja sopivat lannoituskohteet ravinteiden valumisen estämiseksi. Lannoitteina tulisi käyttää ensisijaisesti hidasliukoisia lannoitteita. Turvemaileden lentolannoittamisen välttämällä voidaan vähentää lannoitteen joutumista ojiin ja sitä kautta vesistöihin. (Peltoniemi ym. 2023)

### 4.1.3 Maatalous

Turveltojen päästöt ovat maatalouden saralla merkittävin päästölähde. Suomessa turveltoja on vain noin kymmenesosa kaikesta peltoalasta, mutta ne aiheuttavat silti yli puolet kaikista maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Erityisesti uusien peltojen raivaaminen turvemaileden aiheuttaa paljon päästöjä. Muut maataloudesta aiheutuvat päästöt ovat päästöjen vähentämispotentiaalia tarkastellessa melko pirstaleisia ja niihin vaikuttaminen on haastavaa, tai niiden vaikutus ei ole kovin merkittävä. Turvemaapeltojen sijaan ovat selkeä yksittäinen kokonaisuus, johon kohdennettavilla toimilla voidaan vähentää päästöjä merkittävästi. (Auvinen 2023, Lehtonen ym. 2021)

Turveltojen käyttö voidaan jakaa intensiiviseen ja ekstensiiviseen käyttöön. Intensiivinen käyttö tarkoittaa ruoan ja rehun tuotantoa, ekstensiivisessä käytössä olevilla pelloilla tarkoitetaan peltoja, jotka ovat väliaikaisesti pois viljelykäytöstä, toimivat monimuotoisuuskohteina tai joita hoidetaan mutta eivät ole viljelykäytössä sekä monivuotisia viljelemättömiä alueita. Keski-Suomessa intensiivisessä käytössä olevia turveltoja on yhteensä 6 557 hehtaaria (82 % kaikista turvelloista), joista 1 573 hehtaaria (19 %) ovat ohutturpeisia kohteita (turvekerros alle 60 cm) ja 4984 (62 %) paksuturpeisia (turvekerros yli 60 cm). Ekstensiivisessä käytössä olevia turveltoja on selvästi vähemmän, 1 471 hehtaaria (18 %), joista 271 hehtaaria (3 %) ohutturpeisia kohteita ja 1 200 hehtaaria (15 %) paksuturpeisia. (Kekkonen ym. 2019)

Intensiivisessä eli viljelyskäytössä oleville turvelloille suositeltavat toimenpiteet päästövähennysten näkökulmasta riippuvat turvekerroksesta. Ohutturpeisilla kohteilla kannattaa siirtyä toisiin viljelymenetelmiin, kuten jatkuvaan kasvipeitteisyyteen (esimerkiksi nurmiviljely), paksuturpeisilla näiden lisäksi myös viljelyn siirtäminen kivennäismailla on varteenotettava toimenpide. Säättösalaajitus on päästövähennysten kannalta tehokas vaihtoehto, jos satoa voidaan kuivatuksella parantaa. Tällöin veden pinta pidetään riittävän korkeana varsinkin satokauden jälkeen. Ekstensiivisessä käytössä olevilla ohutturpeisilla pelloilla toimiva toimenpide on metsitys, paksuturpeisilla puolestaan uudelleenvettäminen tai kosteikkoviljelyyn siirtyminen. (Berninger ym. 2023, Kekkonen ym. 2019)

Maatalouden saralla erityisesti hylättyjen ja vajaakäytöllä olevien turvemaapeltojen metsityksellä voidaan vahvistaa hiilinieluja. Turveltoja metsittäessä kannattaa suosia erityisesti hieskoivua ja pajua, koska ne kestävät korkeaa vedenpintaa. Metsittämisen lisäksi hylättyjä ja vajaakäytöllä olevia turveltoja voidaan



ennallistaa kosteikoiksi. (Sarkkola ym. 2020). Ennallistaminen voi olla parempi vaihtoehto erityisesti tilanteessa, jossa suonpohjan kuivana pitäminen edellyttää jatkuvia aktiivisia toimia (Peltoniemi ym. 2020).

#### 4.1.4 Turvetuotanto

Turvetuotantoalueiden päästöt jatkuvat turvetuotannon päättymisen jälkeenkin, jos jälkihoitotoimenpiteitä ei tehdä. Turvetuotannosta poistuvien alueiden jälkihoitotoimenpiteenä voidaan käyttää metsitystä soveltuvilla alueilla. Jäännösturpeen hajoamisesta aiheutuu tosin päästöjä, mutta kasvupaikka voi muuttua pieneksi hiilinieluksi käyttämällä metsityksessä esimerkiksi hieskoivua. Uudelleensoistaminen on parempi vaihtoehto silloin, kun suonpohjan kuivana pitäminen edellyttää jatkuvia aktiivisia toimia. (Sarkkola ym. 2020)

Metsitykseen soveltuvat turvetuotantoalueet ovat sellaisia, joissa kuivatus onnistuu. Jos kohde on selvästi ympäristöään alavammalla paikalla eikä sitä pysty kuivattamaan normaalein metsäojin, se voidaan esimerkiksi soistaa uudelleen tai rakentaa riistakosteikoksi tai lintujärveksi. (Aro & Hytönen 2019). Metsityskelpoisuuteen vaikuttaa myös jäännösturpeen alla oleva pohjamaa ja turvekerroksen paksuus. Jos turvekerros on yli 40 cm, metsittäminen on hankalaa ilman aktiivisia toimia. (Aro & Hytönen 2019)

#### 4.1.5 Maankäyttö ja rakentaminen

Maankäytön muutosten myötä vapautuu paljon kasvihuonekaasuja ilmakehään, joten maankäytön muutosten välttämällä ylipäänsä on päästöjä vähentävä vaikutus. Metsien raivaaminen pelloiksi ja rakennetuksi maaksi aiheuttaa paljon päästöjä siksi, että puuston hiilivarasto ja -nielu katoavat tällöin kokonaan. Myös maaperän hiilivarasto voidaan menettää kokonaan. Esimerkiksi turvemaapelloilta maaperän hiilivarasto vapautuu ilmakehään nopeammin kuin turvemaametsistä. (Sarkkola ym. 2020)

Keski-Suomeen kohdistuu maankäytön muospainetta erityisesti tuulivoiman ja liikenteen osalta. Maakuntakaavan 2040 päivityksessä on osoitettu kaikkiaan 19 tuulivoimatuotantoon soveltuvaa aluetta, ja ratkaisussa mahdollistetaan noin 348 tuulivoimalan toteuttaminen (Keski-Suomen liitto 2023). Liikenteen osalta muutokset liittyvät tieverkkoon sekä pääväylien 4 ja 9 tulevaisuuden kehittämistarpeiden huomioimiseen. (Keski-Suomen liitto 2023). Muutoksia koskevan arvioinnin mukaan (Outila ym. 2023) tuulivoimaloiden, voimaloiden sisäisten teiden ja sähköasemien takia Keski-Suomesta poistuisi noin 786 hehtaaria metsää ja  $113\,184\text{ m}^3 - 137\,736\text{ m}^3$  puustoa, minkä on arvioitu johtavan siihen, että metsät sitovat 104 538–126 882 tonnia vähemmän hiiltä elinkaarensa aikana (35 vuotta).

Kaikkia maankäytön muutoksia ei voida kuitenkaan välttää. Mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi rakentaminen kannattaa kohdentaa alueille, jotka ovat parhaimpien hiilivarastojen ja hiilensidontakohteiden ulkopuolella. Lisäksi voidaan harkita metsitystä, kun rakennetun maan kasvihuonekaasupäästötasetta halutaan parantaa (Sarkkola ym. 2020).

#### 4.1.6 Yhteenveto toimenpiteistä

Taulukkoon 4.2 on koostettu kaikki toimenpiteet sekä elinympäristöt, jota ne koskevat, maankäytön muodot, johon ne liittyvät sekä metsien kohdalla myös metsäluokitus. Toimenpiteistä on koostettu kolme erilaista luontopohjaisen hiilensidonnan toimenpideyhdistelmää: 1. Jatketaan kuten ennenkin, 2. Monipuoliset hiilitoimenpiteet ja 3. Vahvat hiilitoimenpiteet, ja ne löytyvät liitteestä 3.

Taulukko 4.2 Lista hiilensidontaan tähtäävistä ja hiilipäästöjä vähentävistä toimenpiteistä Keski-Suomen maakunnan alueelle.

Toimenpide	Elinympäristö	Maankäytön muoto
Hakkuiden välttäminen	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Maanmuokkauksen keventäminen	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Valitaan metsätuhoriskien kannalta parhaat metsänhoitomenetelmät	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Metsäpinta-alan vähentämisen välttäminen	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Kasvatusajan pidentäminen ja hakkuiden välttäminen	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Käytetään jalostettua taimimateriaalia uudistamisessa	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Varmistetaan päätehakatun metsän nopea taimettuminen	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Kasvatuslannoitukset	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Viljelysmaiden ja rakennetun maan metsitys	Kivennäismaan metsät	Metsätalous
Ennallistaminen suoksi/kosteikoksi	Turvemaametsät	Metsätalous
Jatkuvapeitteinen kasvatus	Turvemaametsät	Metsätalous
Vältetään tehokasta kuivatusta: kunnostusojituksen tiukka tarveharkinta	Turvemaametsät	Metsätalous
Vältetään tehokasta kuivatusta: kaivetaan matalampia ojia	Turvemaametsät	Metsätalous
Heikkotuottoiset alueet pois metsätalouuskäytöstä	Turvemaametsät	Metsätalous
Maankäytön muutosten välttäminen	Turvemaametsät	Metsätalous
Tuhkalannoitus (Eryityisesti paksuturpeisilla kohteilla)	Turvemaametsät	Metsätalous
Suopeltojen ja suonpohjien metsittäminen	Turvemaametsät	Maatalous
Hylättyjen tai vajaakäytöllä olevien peltojen metsitys	Turvemaametsät	Maatalous
Hylättyjen tai vajaakäytöllä olevien turvemaapeltojen ennallistaminen kosteikoksi	Turvemaametsät	Maatalous
Metsitys tai soistaminen jälkihoitotoimenpiteenä turvetuotannosta poistetuille soveltuvilla alueilla	Turvemaametsät	Turvetuotanto
Rakentamisen kohdentaminen alueille, jotka ovat parhaimpien hiilivarastojen ja hiilensidontakohteiden ulkopuolella	Kaikki metsät	Maankäyttö ja rakentaminen
Metsitys	Rakennettu maa	Maankäyttö ja rakentaminen

## 4.2 Toimenpiteiden vaikuttavuus

### Metsätalous

Kivennäismailla kiertoaikoja pidentämällä voidaan kasvattaa ja ylläpitää metsien hiilivarastoa. Vaikka puuston kasvu heikkenee latvuksen sulkeuduttua ja puiden ikääntyessä, kasvu jatkuu silti pitkään nykyisten kiertoaikojen yli (Peltoniemi ym. 2023). Kiertoajan pidentäminen kahdellakymmenellä vuodella nykyisistä suosituksista lisää kuusikon puustoon sitoutunutta hiiltä 0,5 tC/ha/a, ja männikön 0.3 tC/ha/a (Kaipainen ym. 2004). Peltoniemi ym. (2023) mukaan aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että hakkuiden vähentäminen lisää puuston lisäksi maaperään kertyneen hiilen määrää, eli puuston kasvaessa metsikön hiilivarastot lisääntyvät vaikka kasvu ja nielu hidastuvatkin.

Turvemailla maaperän merkitys hiilivarastona on puustoa paljon merkittävämpi, joten maaperään vaikuttavat toimenpiteet ovat päästöjen ja nielujen kannalta tärkeämpiä kuin puuston hiilivaraston koko ja sen muutokset. Mikäli Keski-Suomessa ojitetuissa korvissa siirryttäisiin nykykäsittelystä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen, hiilinielun lisäys olisi Lehtonen ym. mukaan (2023)  $-0,4$  Tg hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari vuoteen 2035 mennessä. Maaperän päästöjen osuus olisi tästä  $-0,35$  Tg hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari. Vuosittainen nielun lisäys olisi tällöin  $-130\ 200\ 000$  kg (130 200 t) hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari, josta maaperän päästöjen osuus olisi  $-109\ 600\ 000$  kg (109 600 t) hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari. (Lehtonen ym. 2023)

Kiertoajan pidentämisellä ja jatkuvapeitteiseen kasvatukseen siirtymisellä voi olla myös merkittäviä monimuotoisuusvaikutuksia. Metsän puusto järeyytyy ikääntyessään, minkä johdosta se tuottaa elinympäristöjä muun muassa kääville ja muille lahopuusta riippuvaisille lajeille. Metsän ikääntyessä sen rakenne myös monipuolistuu, jolloin se tarjoaa elinympäristöjä lajeille, jotka kärsivät puustolle ja maaperälle aiheutuvista toistuvista häiriöistä, kuten maanmuokkauksesta. (Peltoniemi ym. 2023)

### Maatalous

Maatalouden arvioituja päästövähennyksiä sekä niihin liittyviä toimenpiteitä on listattu taulukossa 4.3. Taulukossa on jaoteltu suositellut toimenpiteet viljelytyypin ja turvekerroksen paksuuden mukaan. Kekkosen ym. (2019) arvioima Suomen turvepeltojen päästövähennysmahdollisuus vastaa reilua puolta turvepeltojen kokonaispäästöistä. Karkeasti ottaen voisi sanoa, että turvemaapeltojen päästövähennyspotentialiaali Keski-Suomessa on samaa luokkaa eli noin puolet turvemaapeltojen päästöistä, mikäli turvepelloille toteutetaan tehokkaasti toimenpiteitä turvekerroksen paksuus ja pellon käyttömuoto huomioiden.

Taulukko 4.3 Arvioidut päästövähennykset turvemaapelloilla vuosittain (Kekkonen ym. 2019).

Viljelytyyppi	Turve-kerros	Pinta-ala Suomessa (ha)	Pinta-ala Keski-Suomessa (ha)	Toimenpide	Arvioitu päästövähennys Suomessa (Mt CO <sub>2</sub> ekv.)
Intensiivinen	Ohut	78 856	1 573	Siirtyminen soveltuvampiin viljelymenetelmiin (esim. jatkuva kasvipeitteisyys)	0,77
	Paksu	131 027	4 984	Viljelyn siirtäminen turvemailta kivennäismaille	3,14
Ekstensiivinen	Ohut	8 530	271	Metsitys	0,17
	Paksu	23 283	1 200	Soistaminen tai kosteikkoviljely	0,56
Yhteensä		241 697	8 028		4,64

## 5 Visioita ja toimintamalleja hiilensidonnan lisäämiseksi ja kasvihuonepäästöjen minimoimiseksi

Keski-Suomen luontopohjaisen hiilensidonnan ja kasvihuonepäästöjen vähentämisen mahdollisuuksia tarkasteltiin Jyväskylässä pidetyssä sidosryhmätyöpajassa kolmen mahdollisen suunnan avulla (ks. luku 2.3). Ensimmäinen toimenpideyhdistelmä *Jatketaan kuten ennenkin* (taulukko 5.1) kuvaa tilannetta, jossa luontopohjaisen hiilensidonnan ratkaisut ovat maltillisia, hiilinielut pienenevät ja maa-alan suojeleaste pysyy nykyisessä. Toisessa toimenpideyhdistelmässä *Monipuoliset hiilitoimenpiteet* (taulukko 5.2) ratkaisut ovat monipuolisempia, hiilinieluja onnistutaan kasvattamaan ja suojeleaste on nykyistä hieman korkeampi. Kolmas toimenpideyhdistelmä *Vahvat hiilitoimenpiteet* (taulukko 5.3) havainnollistaa tilannetta, jossa ratkaisut ja suojeletavoitteet ovat kaikkein kunnianhimoisimpia verrattuna tilanteeseen, jossa jatkettaisiin kuten ennenkin.

Työpajassa ei valittu tavoiteltavaa suuntaa ja toimenpideyhdistelmää hiilitoimenpiteille. Sen sijaan suuntien avulla tarkasteltiin millaisia uhkia ja mahdollisuuksia eri suuntiin liittyy, miten tarvittavat toimet saadaan tapahtumaan eri vaihtoehdoissa ja millaista yhteistyötä tarvitaan. Lisäksi osallistujat priorisoivat tärkeimpänä näkemänsä toimet, joita vaaditaan luontopohjaisen hiilensidonnan ratkaisujen edistämiseksi ja kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi.

## 5.1 Vaihtoehto 1: Jatketaan kuten ennenkin

Jatketaan kuten ennenkin (taulukko 5.1) kuvaa suuntaa, jossa nykytilanne ei muutu eli hiilinielut pienenevät, kasviuonepäästöt kasvavat ja maapinta-alan suojeluprosentti pysyy alhaisena. Ihmisten elämäntavoista ja rakennetusta ympäristöstä aiheutuu päästöjä.

Taulukko 5.1 Vaihtoehto 1 Jatketaan kuten ennenkin.

Vaihtoehto 1	Metsätalous	Maatalous	Suojelu	Maankäyttö ja rakentaminen
Jatketaan kuten ennenkin	Hakkuutaso säilyy korkeana ja hiilinielut pienenevät	Turvemaapellot säilyvät nykykäytössä ja turpeen hajotessa syntyy hiilidioksidipäästöjä	3,4 % (54 155 ha) Keski-Suomen maa-alasta suojeltu	Rakentaminen Keski-Suomen maakuntakaava 2040 tavoitteiden mukaisesti: uusi tieinfra, 19 tuulivoimatuotannon aluetta ja 348 tuulivoimalaa  Kulutus ja elämäntapa jatkuvat kuten ennenkin, tähtäimenä kasvu
Ratkaisut ja toimet	Metsäalan ammattilaisten sitoutuminen  Puuston kasvuun tähtäävä metsienkäytön suunnittelu  Talousmetsien luonnonhoitoon panostaminen  Voittojen korkeammalla verotuksella lisärahaa suojeluun	Viljelytapojen muutokset. Esim. vedenpinnan tason nosto ja jatkuvapeitteinen kasvatustapa	Lähiluonnon arvostus ja vaaliminen  Nykyisen suojelualueverkoston laadullinen parantaminen  Yksityiset yritykset lähtevät kirittämään ja rahoittamaan suojelua tai muuttamaan tapoja	Hajautettu energiantuotanto  Tuulivoimavoittoista kompensatiota suojeluun tai metsätalouteen
Yhteistyö ja motivointi	Alueellinen yhteistyö Metsäkeskusvetoisesti  Paikalliset ratkaisut. Esim. matkailuyrittäjät maksavat korvauksia maanomistajille, maisema-arvokauppa	Kuntien välinen yhteistyö  Viljelijöiden välinen yhteistyö	Tutkimus, ELY, Metsähallitus, metsäkeskukset, kunnat	Kunnat, yritykset, maanomistajat. Esim. seurakunta suuri maanomistaja, kansalaiset. Kokoajase, jolla suurin motivaatio

## 5.2 Vaihtoehto 2: Monipuoliset hiilitoimenpiteet

Monipuoliset hiilitoimenpiteet (taulukko 5.2) kuvaa suuntaa, jossa hiilinielut ovat vaihtoehtoa 1 suuremmat, kasvihuonepäästöjä syntyy vähemmän ja maapinta-alan suojeluprosentti nousee hieman. Rakennetun ympäristön päästöt vähenevät, kun energiantuotantoa hajautetaan. Sähköistynyt liikkuminen, energiatuotannon monipuolistuminen ja sijoittuminen osin olemassa olevaan rakennettuun ympäristöön pienentävät hiilijalanjälkeä nykyisestä.

Taulukko 5.2 Vaihtoehto 2 Monipuoliset hiilitoimenpiteet.

Vaihtoehto 2	Metsätalous	Maatalous	Suojelu	Maankäyttö ja rakentaminen
Monipuoliset hiilitoimenpiteet	<p>Hakkuutasot ovat pienemmät ja hiilinielut suuremmat kuin vaihtoehdossa 1</p> <p>Runsasravinteisten turvemaametsien jatkuvapeitteinen kasvatus (20 000 ha)</p> <p>Kivennäismaametsissä kiertoaika pitenee 10:llä vuodella</p>	<p>Heikkotuottoisia turvemaapeltoja siirretään muuhun käyttöön: metsitys/vettäminen</p> <p>Syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa kuin vaihtoehdossa 1</p>	<p>5 % Keski-Suomen maatalasta suojeltu</p> <p>Soidensuojelun täydennys-ehdotuksen kohteet suojeltu (1 493 ha)</p> <p>Arvokkaimpia vanhan metsän kohteita suojeltu</p>	<p>Energiatuotannon ratkaisujen monipuolistaminen ja sijoittaminen myös rakennettuun ympäristöön</p> <p>Kulutus ja elämäntapa jatkuvat kuten ennen, mutta uudet energiatuotannon muodot ja sähköistynyt liikkuminen pienentävät hiilijalanjälkeä</p> <p>Rakentaminen osittain Keski-Suomen maakuntakaava 2040 tavoitteiden mukaisesti: uusi tieinfra, vähemmän tuulivoimaa</p>
Ratkaisut ja toimet	<p>Kiertoajan lisäys hiilimarkkinoilla</p> <p>Tiedon jalkautus metsänomistajille ja alan ammattilaisille</p> <p>TKI-työ jalostusasteen kasvattamiseksi</p>	<p>Hiilensidonnan lisääminen. Esim. jatkuvapeitteinen kasvatus, laidunnus, kerääjäkasvit</p>	<p>Hiilimarkkinoiden vahvistaminen, vaihtoehtoisten rahoituskanavien miettiminen. Esim. yhteisrahoitus, kummimetsät</p>	<p>Bussit: pikkubussit, joukkoliikenne</p> <p>Maakunnan tasolla kimppekyydit</p>

<p>Yhteistyö ja motivointi</p>	<p>Kansainvälinen hiilikauppa</p> <p>TKI-työ ja korkeamman jalostusasteen ja jalostusarvon nostamiseksi (tutkimuslaitokset, teollisuus)</p>	<p>Kuntien ilmastostrategiat</p> <p>Maatalouspolitiikan ohjauskeinot</p> <p>Tuottajajärjestö-kauppa ja paikallisen suosiminen</p>	<p>Suojelun laadun ylläpito</p> <p>Yhteisen tahtotilan vahvistaminen (hiilimarkkinoiden ekologiset kompensatiot)</p> <p>Yksityisten suojelualueiden perustamisen motivointi</p>	<p>Oikeudenmukainen taakanjaon kompensatio (kaavoitus)</p>
--------------------------------	---	---	---	--



## 5.3 Vaihtoehto 3: Vahvat hiilitoimenpiteet

Vahvat hiilitoimenpiteet (taulukko 5.3) kuvaa suuntaa, jossa toimenpiteet ovat vaihtoehtoista tavoitteellisimmat. Hiilinielut kasvavat ja kasvihuonepäästöt vähenevät vaihtoehtoa 2 enemmän ja maapinta-alan suojeluprosentti lähes kolminkertaistuu Keski-Suomen nykyisestä. Rakennetun ympäristön päästöt vähenevät, kun yhdyskuntarakennetta tiivistetään ja ohjataan olemassa olevaan infrastruktuuriin. Ihmisten hiilijalanjälki pienenee elämäntapojen muutosten ja vaihtoehtoisten energiaratkaisujen myötä.

Taulukko 5.3 Vaihtoehto 3 Vahvat hiilitoimenpiteet.

Vaihtoehto 3	Metsätalous	Maatalous	Suojelu	Maankäyttö ja rakentaminen
Vahvat hiilitoimenpiteet	<p>Hakkuutasot ovat pienemmät ja hiilinielut suuremmat kuin vaihtoehdossa 2</p> <p>Runsasravinteisten turvemaametsien jatkuvapeitteinen kasvatus (29 500 ha)</p> <p>Kivennäismaa-metsissä kiertoaikaa pidennetään 20 vuodella (200 000 ha)</p>	<p>Turvemaapeltoja siirretään muuhun käyttöön ja toisenlaisia viljelymenetelmiä otetaan käyttöön: metsitys/vettäminen</p> <p>Viljelyn siirtäminen kivennäismaille</p> <p>Syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa kuin vaihtoehdossa 2</p>	10 % Keski-Suomen maa-alasta suojeltu	<p>Tiivis yhdyskuntarakenne, keskittäminen isoimpiin keskuksiin ja olemassa olevaan infrastruktuuriin. Ei uuden rakentamista. Rakennetun maan metsittäminen. Joukkoliikenteeseen panostaminen, lihasvoimalla kulkeminen</p> <p>Vaihtoehtoiset energiaratkaisut: pientuulivoima, aurinkoenergian käyttämättömillä teollisuusalueilla, energiaratkaisut rakennettuun ympäristöön ja kantaverkon reunamille</p> <p>Kulutuksen ja elämäntavan muutos, hiilijalanjälki pienenee</p>
Ratkaisut ja toimet	<p>Lisäarvoa vähemmällä puumäärällä: jalostusasteen parantaminen</p> <p>Tuhkalannoitus</p> <p>Teknologia, eri menetelmät kestävämmän ja tehokkaamman</p>	<p>Eri menetelmät kestävämmän ja tehokkaamman tuotannon saavuttamiseksi</p> <p>Paikallistuotannon arvostus</p> <p>Teknologian hyödynnys</p>	<p>Kansainvälinen hiilikauppa</p> <p>Luontokohteiden inventointi, priorisointi ja rahoitus</p> <p>Matkailureittien suunnittelu,</p>	<p>Laaja keinovalikoima toimenpiteissä</p> <p>Liikenteen sähköistäminen, biokaasuautoilu</p> <p>Muut uudet vaihtoehdot: vety, biokaasu, biojacket</p>

	tuotannon saavuttamiseksi	Yhteisöllisyys ja yhteistyö laajasti	matkaketju, saavutettavuus Suojelualueiden laatuun ja kytkeytyneisyyteen panostaminen	Oikeudenmukainen kompensatiojärjestelmä  Paikalliset ja vähähiiliset ratkaisut
Yhteistyö ja motivointi	Kannusteet luonnonmukaiseen metsänhoitoon  Metsätalous mukaan ja intressi tehdä kestävästi	MTK, Pro-Agria, yhteistyöalueet	Metsähallitus, kunnat, MTK	AKT-vapaa ja lakkoturvattu polttoaine  Kannustaminen omaan energiantuotantoon. Esim. biokaasu

## 5.4 Toimenpiteiden ja ratkaisujen priorisointi

Työpajassa sidosryhmien edustajat keskustelivat vaikuttavimmista toimista, joita ratkaisujen toteuttaminen vaatii. Eri suuntavaihtoehtojen pohjalta priorisoitiin tärkeimpiä toimia luontopohjaisten hiilensidonnain ratkaisujen edistämiseksi Keski-Suomessa. Tavoiteltavaan vaihtoehtoon, toimien ja ratkaisujen hyväksyttävyyteen tai siihen millaiset mahdollisuudet niiden toteuttamiseen on käytännössä ei kuitenkaan otettu kantaa. Tärkeimpinä toimina luontopohjaisessa hiilensidonnassa Keski-Suomessa nähtiin metsätalouden, maatalouden, suojelun sekä maankäytön ja rakentamisen osalta taulukkoon 5.4 kootut toimet ja ratkaisut. Eri vaihtoehdoissa on samankaltaisia toimia ja ratkaisuja, mutta vaihtoehdosta riippuen niiden intensiteetti vaihtelee (kuva 6.1). Esimerkiksi mitä suurempi maapinta-alan suojeluaste, sitä enemmän resursseja tarvitaan.

Taulukko 5.4 Sidosryhmätyöpajassa tärkeimmiksi tunnistetut luontopohjaisen hiilensidonnain ratkaisut ja niitä edistävät toimet eri suuntavaihtoehtojen pohjalta.

Metsätalous	Maatalous	Suojelu	Maankäyttö ja rakentaminen
Puun jalostusasteen nostaminen (mainittu vaihtoehdoissa 2, 3) Tuotantomenetelmien muutokset. Esim. jatkuvan kasvatuksen lisääminen metsissä (mainittu vaihtoehdoissa 2, 3)	Maatalouden alueellinen yhteistyö ja tiedon lisääminen (mainittu vaihtoehdoissa 1, 2, 3) Maatalouden harjoittamisen reiluus ja paikallistuotannon suosiminen (mainittu vaihtoehdoissa 2, 3) Tuotantomenetelmien muutokset. Esim. jatkuvapeitteisyys maataloudessa (mainittu vaihtoehdoissa 1, 2, 3)	Olemassa olevien suojelualueiden laadullinen parantaminen (mainittu vaihtoehdoissa 1, 2, 3) Suojelun lisäämiseen kansainvälinen ja vapaaehtoinen rahoitus. Esim. kansainvälinen hiilikauppa (mainittu vaihtoehdoissa 1, 2, 3) Suojelun priorisointi ja resurssien kohdennus tärkeille alueille (mainittu vaihtoehdoissa 3)	Paikallinen hajautettu energiantuotanto sisältäen biokaasun (mainittu vaihtoehdoissa 1, 2, 3)

## 6 Yhteenveto ja suositukset

Valtaosa Keski-Suomen pinta-alasta on metsää (Taulukko 4.1) ja metsät ovat ensisijaisen tärkeitä hiilen sidonnan kannalta, sillä kasvava puusto sitoo hiiltä fotosynteesissä kun taas varttunut, vanha metsä on tärkeä hiilen varasto ja luonnon monimuotoisuuden kehto. Keski-Suomen metsätaloudessa hakkuutasot ovat tällä hetkellä korkeat, mikä johtaa tulevaisuuden hiilinielujen ja hiilivaraston pienenemiseen. Metsätalousalueilla hiiltä sitoutuu tehokkaimmin nopean kasvun vaiheessa olevissa metsiköissä. Puuston saavutettua keski-ikäisen tai hakkuukypsyyden sidonnan vauhti hidastuu, mutta ei pysähdy. Metsätaloustoimien intensiteetti vaikuttaa hiilensidonnan potentiaaliin etenkin avohakkuisiin perustuvassa metsätaloudessa, sillä hakkuun ja mahdollisen maaston käsittelyn jälkeen alue voi toimia hiilen lähteenä vuosia, kun taas hakkuukypsyyden ylittänyt metsä toimii hiilen varastona ja nieluna.

Metsätalouden lisäksi metsien hiilensidontapotentiaaliin vaikuttaa mahdollinen maankäytön muutos eli metsäkato, joka johtuu erityisesti rakentamisesta. Keski-Suomessa on suuria uusiutuvan energian rakentamispaineita, joiden suuntaaminen muille kuin metsäalueille säilyttäisi metsien hiilinieluja ja -varastoja.

Soiden ojittaminen ja ottaminen metsätalous- ja maatalouskäyttöön aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä maaperästä. Turve hajoaa veden pinnan laskiessa, jolloin vapautuu hiilidioksidia ilmakehään. Erityisesti runsasravinteisten ojitettujen turvemaiden päästöt voivat olla korkeita. Vaikka uudisojitukset ovat lähes loppuneet, tehdään metsätaloudessa vielä kunnostusojituksia, joihin on aivan viime aikoihin saakka saanut myös valtion tukea. Metsätaloudessa maaperän päästöihin voidaan puuttua välttämällä tarpeettoman tehokasta kuivatusta ja siirtymällä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen, jolloin kunnostusojitusta ei välttämättä tarvita. Pitkällä aikavälillä heikkotuottoisten alueiden ennallistamisella on päästövähennys- ja hiilensidontavaikutuksia.

Pidentämällä metsien keskimääräistä kasvatusaikaa ja vähentämällä hakkuita hiilinieluja voidaan kasvattaa nopeimmin. Kiertoajan pidentäminen kahdellakymmenellä vuodella nykyisistä suosituksista lisää kuusikon puustoon sitoutunutta hiiltä 0,5 tC/ha/a, ja männikön 0.3 tC/ha/a (Kaipainen ym. 2004). Pitemmällä aikavälillä metsäpinta-alan lisääminen on tehokas keino. Lisäksi siirtymällä jatkuvapeitteiseen kasvatukseen ojitetuissa korvissa hiilinielun lisäys olisi Lehtonen ym. mukaan (2023)  $-0,4 \text{ Tg}$  hiilidioksidiekvivalenttia per hehtaari vuoteen 2035 mennessä.

Turveltojen päästöt ovat maatalouden saralla merkittävin päästölähde. Suomessa turveltoja on vain noin kymmenesosa kaikesta peltoalasta, mutta ne aiheuttavat silti yli puolet kaikista maatalouden kasvihuonekaasupäästöistä. Keski-Suomessa turveltoja on noin 8 % peltoalasta. Niistä suurin osa on intensiivisessä käytössä olevia paksuturpeisia peltoja, joiden päästövähennyspotentiaali on suuri. Maataloudessa turveltojen päästövähennyksiä voidaan saavuttaa esimerkiksi siirtymällä jatkuvaan kasvipeitteisyyteen ohutturpeisilla kohteilla, siirtämällä maanviljelyä paksuturpeisilta kohteilta kivennäismaille ja hyödyntämällä säätösalojitusta. Keski-Suomen turvemaapeltojen päästöistä voitaisiin karkeasti arvioituna vähentää noin puolet, mikäli turvelloille toteutetaan tehokkaasti toimenpiteitä turvekerroksen paksuus ja pellon käyttömuoto huomioiden.

Turvetuotannosta poistuvilla alueilla hiilidioksidipäästöt jatkuvat, ellei jälkihoitotoimenpiteitä tehdä. Jos suonpohjan kuivana pitäminen ei edellytä jatkuvia toimia, alue kannattaa metsittää esimerkiksi hieskoivua käyttäen, jolloin alue muuttuu ajan myötä hiilinieluksi. Jos alue vaatii kuivatustoimia, alue kannattaa ennallistaa suoksi.

Eri toimenpiteiden ja niiden hiilensidonta- ja päästövähennyspotentiaalin tarkastelun perusteella laadittiin kolme erilaista toimenpideyhdistelmää, joita Keski-Suomen alueella voitaisiin toteuttaa luontopohjaisten hiilensidontamahdollisuuksien vahvistamiseksi. Kuva 6.1 esittää tiivistetyssä muodossa toimenpideyhdistelmät ja taustalla vaikuttavat kannustimet, joita tarvitaan monipuolisten ja vahvojen hiilitoimenpiteiden toteutumiseksi.

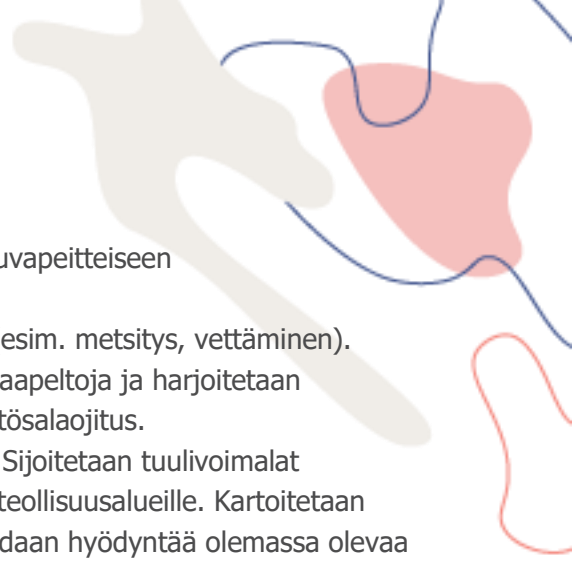


Kuva 6.1 Luontopohjaista hiilensidontaa edistävät toimet kolmessa toimenpideyhdistelmässä: jatketaan kuten ennenkin, monipuoliset hiilitoimenpiteet ja vahvat hiilitoimenpiteet.

Jotta luontopohjaista hiilensidontaa saadaan edistettyä Keski-Suomessa, sidosryhmätyöpajassa nähtiin tärkeänä erityisesti yhteistyön ja tiedon lisääminen, oikeudenmukaisuuden ja rahoituksen varmistaminen, suojelun laadullinen parantaminen, priorisointi ja kohdentaminen tärkeimmille alueille sekä energiatuotannon paikallinen hajauttaminen.

Tämän selvityksen tulosten perusteella suosittelemme seuraavia vaikuttavimpia konkreettisia toimenpiteitä hiilensidonnan edistämiseksi ja hiilipäästöjen vähentämiseksi luonnonympäristöissä:

- Pyritään lisäämään luonnonsuojelualueita siten, että säilytetään hiilivarastoja ja suojellaan luonnon monimuotoisuuden kannalta arvokkaimpia kohteita. Näitä ovat mm. Soidensuojelun täydennysehdotuksen kohteet sekä arvokkaimmat vanhan metsän kohteet.
- Pidennetään metsätalouden kiertoaikoja, jolloin puuston järeytyessä metsien hiilivarastot kasvavat.

- 
- Siirrytään erityisesti runsasravinteisissa turvemaametsissä jatkuvapeitteiseen metsänkasvatukseen.
  - Siirretään heikkotuottoisia turvemaapeltoja muuhun käyttöön (esim. metsitys, vettäminen).
  - Siirretään viljelyä turvemailta kivennäismaille, vetetään turvemaapeltoja ja harjoitetaan kosteikkoviljelyä sekä otetaan soveltuvilla alueilla käyttöön säätösaloitus.
  - Vältetään metsän raivaamista pelloksi tai rakentamista varten. Sijoitetaan tuulivoimalat mahdollisuuksien mukaan jo rakennetuille alueille, esimerkiksi teollisuusalueille. Kartoitetaan muita paikallisia energiantuotannon mahdollisuuksia, joissa voidaan hyödyntää olemassa olevaa rakennettua ympäristöä.

Jotta yllä mainitut konkreettiset toimenpiteet toteutuisivat, tarvitaan maanomistajille kannusteita, joita ovat esimerkiksi:

- Metsä- ja maatalouden alueellisen yhteistyön koordinoiminen.
- Tiedon lisääminen ja osaamisen kehittäminen uusista tai vaihtoehtoisista tuotantomenetelmistä.
- Oikeudenmukaisuuden kokemuksen varmistaminen luontopohjaisten ratkaisujen edistämisessä.
- Rahoituksen lisääminen ja erilaisten rahoitusvaihtoehtojen kartoittaminen (esim. kansainvälinen hiilikauppa).

# Lähteet

- Aalto, J. 2023. Climate data from "Fine-grained climate velocities reveal vulnerability of protected areas to climate change" by Heikkinen et al. 2020. Ilmatieteen laitos. Saatavilla: <https://doi.org/10.23728/FMI-B2SHARE.414565C6E993426DBDF4F05FCE8FC28F>
- Aapala, K., Kartano, L., Määttä, A. M. & Alanen, A. 2021. Soidensuojelun täydennysehdotus: Tilannekatsaus 2015–2020.
- Aro, L. & Hytönen, J. 2019. Suonpohjasta metsäksi. Suomen metsäkeskus. Saatavilla: [www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/suonpohjasta-metsaksi-opas.pdf](http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/suonpohjasta-metsaksi-opas.pdf)
- Auvinen, K. 2023. Suometsien ja -peltojen maaperän ilmastopäästöjä voidaan vähentää merkittävästi kohdentamalla tukirahoja nykyistä järkevämmiin. CANEMURE Policy Brief. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: [https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/final-online-canemure-policybrief-suometsat\\_12-12-](https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/final-online-canemure-policybrief-suometsat_12-12-)
- Berninger, K., Bruun, O, Lehtonen, A., Lehtonen, H., Lång, K., Määttä, H., Peltoniemi, M., Sarkkola, S., Seppälä, J. & Mäkipää, R. 2023. Turvemaapeltojen viljelyn ja suometsien hoidon muutoksilla tuetaan ilmastolain tavoitteiden toteutumista. Luke Policy Brief 5/2023. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-660-3>
- Forsius, M., Holmberg, M., Junttila, V., Kujala, H., Schulz, T., Paunu, V.-V., Savolahti, M., Minunno, F., Akujärvi, A., Bäck, J., Grönroos, J., Heikkinen, R. K., Karvosenoja, N., Mäkelä, A., Mikkonen, N., Pekkonen, M., Rankinen, K. & Virkkala, R. 2023. Modelling the regional potential for reaching carbon neutrality in Finland: Sustainable forestry, energy use and biodiversity protection. *Ambio* 52, 1757–1776. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01860-1>
- Holmberg, M., Junttila, V., Schulz, T., Grönroos, J., Paunu, V.-V., Savolahti, M., Minunno, F., Ojanen, P., Akujärvi, A., Karvosenoja, N., Kortelainen, P., Mäkelä, A., Peltoniemi, M., Petäjä, J., Vanhala, P. & Forsius, M. 2023. Role of land cover in Finland's greenhouse gas emissions. *Ambio* 52, 1697–1715. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01910-8>
- Junttila, V., Minunno, F., Peltoniemi, M., Forsius, M., Akujärvi, A., Ojanen, P. & Mäkelä, A. 2023. Quantification of forest carbon flux and stock uncertainties under climate change and their use in regionally explicit decision making: Case study in Finland. *Ambio* 52, 1716–1733. Saatavilla: <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01906-4>
- Kangas, J., Ollikainen, M., Pekkonen, M., Kuusela, S., Kosenius, A. & Forsius, M. 2022. Hiilikorvaus osaksi METSO-ohjelmaa tehostamaan vanhojen metsien ja hiilivarastojen suojelua. Policy Brief. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: <https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/ibc-carbon-politiikkasuositus>



- Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka A. & Regina., K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation. *Carbon Management*, 10:2, 115–126. Saatavilla: <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1557990>
- Keski-Suomen liitto. 2024. Hiilineutraali Keski-Suomi 2030 -sivusto. <https://hiilineutraali.keskisuomi.fi/> Viitattu 15.3.2023.
- Keski-Suomen Liitto. 2023. Keski-Suomen Maakuntakaava 2040. Kaavaselostus. Maakuntavaltuusto 8.12.2023 § 21. Saatavilla: [https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2023/12/Keski-Suomen-maakuntakaava-2040-kaavaselostus\\_maakuntavaltuusto\\_081223\\_hyvaksytty.pdf](https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2023/12/Keski-Suomen-maakuntakaava-2040-kaavaselostus_maakuntavaltuusto_081223_hyvaksytty.pdf)
- Lehtonen, A., Eyvindson, K., Härkönen, K., Leppä, K., Salmivaara, A., Peltoniemi, M., Salminen, O., Sarkkola, S., Launiainen, S., Ojanen, P., Rätty, M. & Mäkipää, R. 2023. Potential of continuous cover forestry on drained peatlands to increase the carbon sink in Finland. *Sci Rep* 13, 15510. Saatavilla: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42315-7>
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkinen, P., Rätty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 65/2021. Luonnonvarakeskus.
- Mikkonen, N., Leikola, N., Lahtinen, A., Lehtomäki, J., & Halme, P. 2018. Monimuotoisuudelle tärkeitä metsäalueet Suomessa - Puustoisten elinympäristöjen monimuotoisuusarvojen Zonation-analysien loppuraportti.
- Mäkisara, K., Katila, M. & Peräsaari, J. 2022. The Multi-Source National Forest Inventory of Finland - methods and results 2017 and 2019.
- Ojanen, P., Penttilä, T., Tolvanen, A., Hotanen, J.-P., Saarimaa, M., Nousiainen, H., & Minkkinen, K. 2019. Long-term effect of fertilization on the greenhouse gas exchange of low-productive peatland forests. *Forest Ecology and Management* 432: 786–798. Saatavilla: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.10.015>
- Outila, T., Ollila, S., Ollikainen, T., Aavajoki, S. & Lahti, M. 2023. Keski-Suomen maakuntakaavan 2040 tuulivoimamerkintöjen ja -määräysten kokonaisvaikutusten arviointi. Finnish Consulting Group. Saatavilla: <https://keskisuomi.fi/wp-content/uploads/2023/09/Keski-Suomen-maakuntakaavan-2040-tuulivoimamerkintojen-kokonaisvaikutusten-arviointi.pdf>
- Peltoniemi, M., Huttunen, S., Hyyrynen, M., Similä, J., Halonen, K.-M., Haltia, E., Leppänen, J., Pohjola, J., Tikkanen, V.-M., Arola, T., Assmuth, A., Autto, H., Lehto, T., Lonkila, A., Pitzén, S., Uusivuori, J., Vesala, J., Viitala, E.-J. & Lintunen, J. 2023. Hiilinieluja ja ilmastohyötyjä hallituin riskein: Metsäsektorin ohjauskeinojen monitieteinen analyysi. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 110/2023. Luonnonvarakeskus. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/554183>

- 
- Peltoniemi, M., Sarkkola, S., Seppälä, J. & Soimakallio, S. 2020. Canemure Best Practices: Ilmastoystävällisyyttä metsien käyttöön. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: [https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices\\_metsatalous\\_31-08-2020](https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_metsatalous_31-08-2020)
- Sarkkola, S., Peltoniemi, M., Saikku, L. & Seppälä, J. 2020. Canemure Best Practices: Kestävä maankäyttö ilmastopäästöjen vähentämisessä. Suomen ympäristökeskus. Saatavilla: [https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices\\_maankaytto\\_31-08-2020](https://issuu.com/suomenymparistokeskus/docs/canemure-bestpractices_maankaytto_31-08-2020)
- Smolander, A., Henttonen, H.M. & Martikainen, P. 2020. Hitaasti typpeä vapauttavan ureaformaldehydin vaikutuksista puuston kasvuun, maaperään ja ympäristöön. Metsätieteen aikakauskirja 2020: 10219. Saatavilla: [doi.org/10.14214/ma.10219](https://doi.org/10.14214/ma.10219)
- Repo, A., Rajala, T., Henttonen, H. M., Lehtonen, A., Peltoniemi, M., & Heikkinen, J. 2021. Age-dependence of stand biomass in managed boreal forests based on the Finnish National Forest Inventory data. *Forest Ecology and Management*, 498, 119507.
- Vestin, P., Mölder, M., Kljun, N., Cai, Z., Hasan, A., Holst, J., Klemedtsson, L. & Lindroth, A. 2020. Impacts of Clear-Cutting of a Boreal Forest on Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide Fluxes. *Forests* 11, no. 9: 961. Saatavilla: <https://doi.org/10.3390/f11090961>



# Liitteet

## Liite 1 Puuston luokittelu iän perusteella

Puuston ikä MVM-aineistossa	Hiilen sidonnan potentiaali	Luokka
1–15	Hakkuun ja mahdollisen maanmuokkauksen jälkeen metsäala on hiilen lähde	1
16–30	Metsä alkaa saavuttaa nopean kasvun vaihetta ja sitomaan hiiltä. Puulajista ja kasvupaikasta riippuen hiilen sidonta voimistuu, kun kasvu nopeutuu.	2
31–60	Metsä saavuttaa nopean kasvun vaiheen tai lähestyy talousmetsän keski-ikää. Hiilensidonta on voimakasta	3
61–90	Puusto lähestyy hakkuukypsyyttä ja hiilensidonta hidastuu.	4
91–165	Hakkuuikä ylittäneet metsät sitovat hiiltä hitaammin kuin nopeasti kasvavat nuoret ja keski-ikäiset metsät, mutta toimivat tärkeinä hiilen varastoina ja elinympäristöinä.	5

## Liite 2 Puuston pituuden luokittelu

Puuston keskipituus MVM-aineistossa	Luokka
0–2	0
>2–5	1
>5–10	2
>10–15	3
>15–20	4
>20–30	5

## Liite 3 Kirjallisuuskatsaukseen perustuvat luontopohjaisen hiilensidonnän toimenpideyhdistelmät

Vaihtoehtoiset toimenpideyhdistelmät	Metsätalous	Maatalous	Luonnonsuojelu
1. Jatketaan kuten ennenkin	Hakkuutaso säilyy korkeana <ul style="list-style-type: none"> <li>- hiilinielut pienenevät</li> </ul>	Turvemaapelot nykykäytössä <ul style="list-style-type: none"> <li>- syntyy hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa</li> </ul>	3,4 % Keski-Suomen maa-alasta suojeltu, 54 155 ha
2. Monipuoliset hiilitoimenpiteet	Runsasravinteisten turvemaametsien jatkuvapeitteinen kasvatus <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 000 ha</li> </ul> Kivennäismaametsissä kiertoaika pitenee 10 vuodella 100 000 ha  Hakkuutasot ovat pienemmät ja hiilinielut ovat suuremmat kuin vaihtoehdossa 1	Heikkotuottoisia turvemaapeltoja siirretään muuhun käyttöön <ul style="list-style-type: none"> <li>- metsitys 270 ha</li> <li>- vettäminen 600 ha</li> </ul> Syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa kuin vaihtoehdossa 1	5 % Keski-Suomen maa-alasta suojeltu <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soidensuojelun täydennys-ehdotuksen kohteet suojeltu 1 493 ha</li> <li>- arvokkaimpia vanhan metsän kohteita suojeltu</li> </ul>
3. Vahvat hiilitoimenpiteet	Runsasravinteisten turvemaametsien jatkuvapeitteinen kasvatus <ul style="list-style-type: none"> <li>- 29 500 ha</li> </ul> Kivennäismaametsissä kiertoaika pitenee 20 vuodella 200 000 ha  Hakkuutasot ovat pienemmät ja hiilinielut ovat suuremmat kuin vaihtoehdossa 2	Heikkotuottoisia turvemaapeltoja siirretään muuhun käyttöön <ul style="list-style-type: none"> <li>- metsitys 270 ha</li> <li>- vettäminen 1200 ha</li> </ul> Viljelyn siirtäminen kivennäismaille <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 500 ha</li> </ul> Syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä turpeen hajotessa kuin vaihtoehdossa 2	10 % Keski-Suomen maa-alasta suojeltu