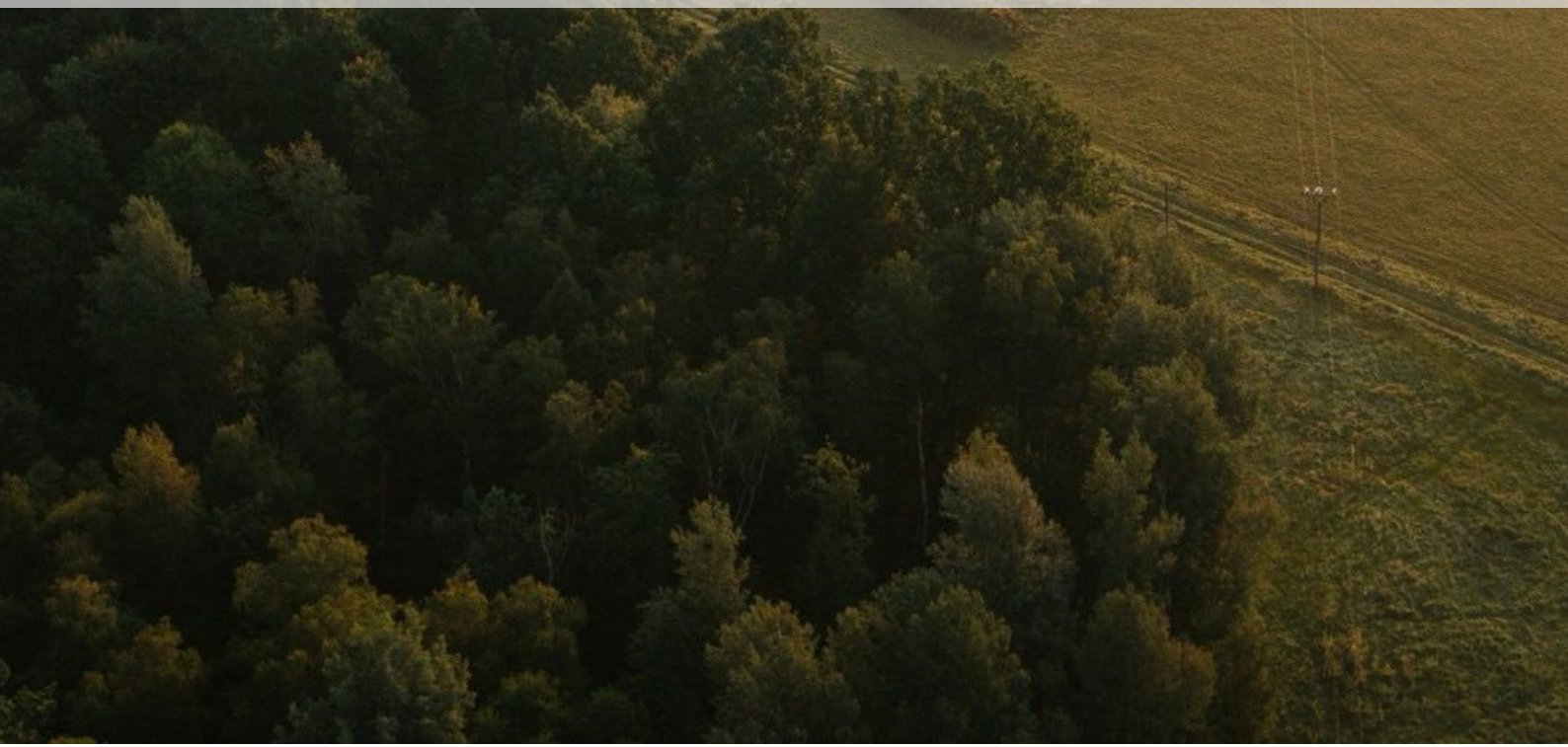


Etelä-Karjalan turvemaiden hiilitase

Syyskuu 2026



Selvityksen on laatinut AFRY Management Consulting Oy Lappeenrannan kaupungin toimeksiannosta.

Raportin laatijat:

Torrey Sanseverino, Darwidha Siswanto, Gama Deameza, Nico Österberg, Maxim Trishkin

Julkaisija:

Lappeenrannan kaupunki

Tämä raportti on AFRY Management Consulting Smart Forestryn (“AFRY”) tuottama Lappeenrannan kaupungin toimeksiannosta tiedonvälitystarkoituksiin. Raportti on tarkoitettu julkisesti saataville, ja sen sisältöä voidaan käyttää raportissa kuvatun tiedon välittämiseen. Raporttia ei kuitenkaan ole laadittu minkään yksittäisen kolmannen osapuolen päätöksenteon tueksi, eikä mikään kolmas osapuoli voi luottaa raporttiin omiin tarkoituksiinsa samalla tavalla kuin toimeksiantaja. AFRY ei ota vastuuta millekään kolmannelle osapuolelle raportin käytöstä tai siihen luottamisesta aiheutuvista seurauksista. **Hyväksymällä tämän raportin vastaanottamisen, vastaanottaja tunnustaa ja hyväksyy tämän vastuuvapauslausekkeen ehdot.**

MIHINKÄÄN TÄSSÄ RAPORTISSA EI TULE LUOTTAA LUPAUKSENA TAI ESITYKSENÄ MENNEISTÄ TAI TULEVISTA TAPAHTUMISTA TAI TULOKSISTA. AFRY ON VALMISTANUT TÄMÄN RAPORTIN PERUSTUEN SILLE SAATAVILLA OLEVAAN TIETOON SEN VALMISTELUAIKANA, EIKÄ SILLÄ OLE VELVOLLISUUTTA PÄIVITTÄÄ TÄTÄ RAPORTTIA.

AFRY ei anna mitään esitystä tai takuuta, ilmaistua tai implisiittistä, raportissa annettujen tietojen tarkkuudesta tai täydellisyydestä tai mistään muusta raporttiin liittyvästä esityksestä tai takuusta. Tämä raportti perustuu osittain tietoihin, jotka eivät ole AFRYn hallinnassa. Raportissa esitetyt arviot voivat muuttua, ja todelliset määrät voivat poiketa merkittävästi raportissa kuvatuista riippuen monista tekijöistä. AFRY nimenomaisesti kieltäytyy kaikesta vastuusta, joka perustuu kokonaan tai osittain AFRYlle annettuihin virheellisiin tai puutteellisiin tietoihin tai joka johtuu AFRYn tai sen toimihenkilöiden, johtajien, työntekijöiden tai edustajien huolimattomuudesta, virheistä tai laiminlyönneistä. Tämän raportin ja sen sisältämien arvioiden käyttö on käyttäjien omalla vastuulla.

AFRY nimenomaisesti kieltäytyy kaikesta vastuusta, joka johtuu tai liittyy tämän raportin käyttöön, paitsi siinä määrin kuin toimivaltainen tuomioistuin on lopullisella tuomiolla (ei muutoksenhakukelpoinen) todennut, että tällainen vastuu johtuu AFRYn tahallisesta väärinkäytöksestä tai törkeästä huolimattomuudesta. AFRY kieltäytyy myös kaikesta vastuusta erityisistä, taloudellisista, satunnaisista, rangaistuksellisista, epäsuorista tai välillisistä vahingoista. **Missään olosuhteissa AFRYllä ei ole vastuuta raportin käytöstä, joka ylittää raportin tuottamisesta saadut maksut.**

Copyright © 2026 AFRY Management Consulting Oy

Kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet) pidätetään AFRYlle. Kaikki sallittu käyttö on nimenomaisesti ehdollista tämän vastuuvapauslausekkeen ehtojen ja rajoitusten jatkuvalle soveltamiselle.

Hanke on saanut EU:n maaseuturahoitusta Kaakkois-Suomen ELY-keskukselta, jonka tehtäviä hoitaa nykyisin Kaakkois-Suomen elinvoimakeskus.

Euroopan unionin osarahoittama

Sisällys

Raportin keskeiset käsitteet ja määritelmät 5

Yhteenveto selvityksestä 7

1. Johdanto 8

2. Turvemaiden hiilivarasto 9
   2.1. Metsämaa 12
   2.2. Viljelysmaa 13
   2.3. Ruohikkoalueet 14
   2.4. Kosteikot 14
   2.5. Rakennetut alueet ja muu maa 15

3. Turvemaiden hiilitase 16
   3.1. Perusskenaario 19
   3.2. Maksimiskenaario 20
   3.3. Tasapainoskenaario 22
   3.4. Kuntakohtaiset skenaariot 23

4. Toimenpidesuositukset 25
   4.1. Metsämaa 27
   4.2. Viljelysmaa 28
   4.3. Ruohikkoalueet 29
   4.4. Kosteikot 30

Lähteet 31

Taulukot ja kuvat

Taulukko 0-1 Skenaariovertailun yhteenveto. Kumulatiiviset vaikutukset ilmoitettu $ktCO_2e$. 7

Taulukko 2-1 Turvemaiden nykytilan hiilivarasto maankäyttöluokittain. Arvot on esitetty yksiköissä ktC, ha ja tC/ha. 9

Taulukko 3-1 Nykytilan kasvihuonekaasupäästöt maankäyttöluokittain. Päästöt on esitetty yksikössä $ktCO_2e/v$. 16

Taulukko 3-2 Kuntakohtaiset kumulatiiviset skenaariovaikutukset tarkasteluvuosina 2040, 2057, 2077 ja 2127. Arvot on skaalattu vastaamaan skenaariotarkastelun kokonaisvaikutuksia käyttäen kuntakohtaisia osuuksia, jotka on johdettu segmenttitason tulosten summista. 25

Taulukko 4-1 Tasapainoskenaarion keskeiset toimenpideluokat. Kumulatiiviset vaikutukset on esitetty yksikössä ktCO$_2$e vuoteen 2127 mennessä. 26
Kuva 2-1 Turvemaiden hiilivarasto kunnittain nykytilassa. Arvot perustuvat Carbon_Stock-tiedoston aineistoon ja on esitetty yksikössä ktC. 10
Kuva 2-2 Nykytilan hiilivarastojen alueellinen jakauma. Yksikkönä tC/ha. 11
Kuva 2-3 Turvemaiden kokonaishiilivaraston kehitys nykykäytänteiden ja kolmen skenaarion mukaisilla käsittelypoluilla. Yksikkö ktC. 12
Kuva 3-1 Turvemaiden nykytilan kasvihuonekaasupäästöt kunnittain. Arvot perustuvat tasapainoskenaarion lähtötilanteeseen ja on esitetty yksikössä ktCO$_2$e/v. 17
Kuva 3-2 Nykytilan päästöjen alueellinen jakauma. Yksikkönä tCO$_2$/ha/v. 18
Kuva 3-3 Etelä-Karjalan turvemaiden vuotuisen kokonaishiilitaseen kehitys eri skenaarioissa. Yksikkönä ktCO$_2$e/v. 19
Kuva 3-4 Perusskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin (ktCO$_2$e/v) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina maksimi- ja tasapainoskenaarioiden tulokset (ktCO$_2$e/v). 20
Kuva 3-5 Maksimiskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin (ktCO$_2$e/v) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina perus- ja tasapainoskenaarioiden tulokset (ktCO$_2$e/v). 21
Kuva 3-6 Tasapainoskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin (ktCO$_2$e/v) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina perus- ja maksimiskenaarioiden tulokset (ktCO$_2$e/v). 22
Kuva 3-7 Kuntakohtaiset skenaariovaikutukset tarkasteluvuosina. Arvot on skaalattu vastaamaan skenaariotarkastelun kokonaisvaikutuksia käyttäen kuntakohtaisia osuuksia, jotka on johdettu segmenttitason tulosten summista. 24

Raportin keskeiset käsitteet ja määritelmät[1]

Hiilidioksidiekvivalenttitonni (tCO$_2$e) on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jossa eri kasvihuonekaasujen vaikutus on muunnettu vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta.

Hiilineutraalius on tila, jossa ihmisen toiminnan kasvihuonekaasupäästöt (KHK-päästöt) ja hiilinielujen sitoma määrä ovat tasapainossa (ts. hiilitase on nolla).

Hiilinielu on prosessi, toiminta tai mekanismi, jossa hiilidioksidia sitoutuu ilmakehästä esimerkiksi puustoon ja maaperään metsän kasvaessa (luonnollinen hiilinielu) tai teknologisen ratkaisun myötä (tekninen hiilinielu).

[1] Käsitteistö on linjassa Hiilineutraalisuomi.fi sivuston määritelmien kanssa

Hiilitase kuvaa maankäyttösektorin, yksittäisen maankäyttöluokan tai hiilivaraston päästöjen ja poistumien nettomuutosta tietyllä aikavälillä.

Hiilivarasto on kasvillisuuden ja maaperän sisältämä hiilen määrä, joka ilmaistaan usein hiilitonneina (tC).

Hiilivuo on hiilidioksidin liikkuminen ilmakehän ja ekosysteemin välillä, joka voi olla joko positiivinen (päästö) tai negatiivinen (poistuma).

Hoidettu maa -luokittelu rajaa kansallisen KHK-laskennan maankäyttösektorilla alueisiin, jotka ovat ihmistoiminnan kohteena ja sen myötä ihmisen aiheuttamien päästöjen ja poistumien lähde.

(Päästö)kompensointi tarkoittaa ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen hyvittämistä tukemalla esim. hiilinieluja toisaalla.

Maankäyttösektori (LULUCF) kattaa maankäytön, maankäytön muutokset ja metsätalouden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja -nieluihin.

Nettonielu syntyy maankäyttösektorille, kun päästöjen ja poistumien summa on negatiivinen arvo.

Nettopäästö syntyy maankäyttösektorille, kun päästöjen ja poistumien summa on positiivinen arvo.

(Kasvihuonekaasun) poistuma on hiilinielun tuottama vähennys ilmakehän hiilidioksidikertymästä.

(Kasvihuonekaasu)päästö on kasvihuonekaasun vapautumisen tuottama lisäys ilmakehässä.

Päästölähde on prosessi, toiminta tai mekanismi, jossa kasvihuonekaasua vapautuu ilmakehään.

Valtakunnan metsien inventointi (VMI) kartoittaa säännöllisesti Suomen metsävarat arvioiden olemassa olevan puuston määrän ja laadun.

Päästövähennystoimenpide tai -toimi on toimenpide, jolla vältetään kasvihuonekaasupäästöjä tai lisätään kasvihuonekaasujen sitoutumista.

Hiilivaraston kulumisaika viittaa laskennalliseen aikaan, jossa turvemaahan sitoutunut hiilivarasto vähenisi kokonaan nykyisen mallinnetun hiilihävikin jatkuessa muuttumattomana.

Yhteenveto selvityksestä

Tämä selvitys tarjoaa ajankohtaista tietoa Etelä-Karjalan turvemaiden hiilivarastoista, kasvihuonekaasupäästöistä sekä erilaisten päästövähennystoimenpiteiden vaikutuksista. Selvityksessä arvioidaan turvemaiden nykytilaa sekä tunnistetaan alueet, joilla voidaan saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä kohdentamalla toimenpiteitä turvemaiden vesitalouden hallintaan. Lisäksi selvitys tuottaa tietoa eri toimenpideskenaarioiden ilmastovaikutuksista sekä niiden toteuttamiskelpoisuudesta alueellisessa mittakaavassa.

Tarkastelualueella sijaitsee yhteensä 86 599 hehtaaria turvemaita, joiden hiilivaraston kooksi arvioitiin 59 150 ktC. Hiilivarasto sisältää maaperän orgaanisen sekä maanpäällisen ja -alaisen biomassan hiilen. Nykyiset turvemaiden kasvihuonekaasupäästöt olivat 237 $ktCO_2e$/v. Suositellussa tasapainoskenaariossa turvemaiden päästöjä voidaan vähentää kumulatiivisesti yhteensä 10 468 $ktCO_2e$ vuoteen 2127 mennessä. Tasapainoskenaario edustaa lähestymistapaa, jossa merkittävä osa teknisestä päästövähennyspotentiaalista saavutetaan samalla, kun toimenpiteiden käytännön toteutettavuus säilyy hyvänä.

Selvityksessä tarkasteltiin kolmea vaihtoehtoista toimenpideskenaariota: perusskenaariota (PS), maksimiskenaariota (MS) sekä tasapainoskenaariota (TS). Selvityksen suositukset perustuvat tasapainoskenaarioon.

Skenaario	Kumulatiivinen vaikutus -2040 ($ktCO_2e$)	Kumulatiivinen vaikutus -2077 ($ktCO_2e$)	Kumulatiivinen vaikutus -2127 ($ktCO_2e$)
Perusskenaario	404	1 515	3 047
Maksimiskenaario	1 117	4 935	10 677
Tasapainoskenaario	1 100	4 838	10 468

Taulukko 0-1 Skenaariovertailun yhteenveto. Kumulatiiviset vaikutukset ilmoitettu $ktCO_2e$.

Tasapainoskenaario tuottaa vuoteen 2127 mennessä noin 7 421 $ktCO_2e$ suuremman kumulatiivisen ilmastohyödyn kuin perusskenaario ja saavuttaa samalla 98 % maksimiskenaarion enimmäispotentiaalista. Tulosten perusteella tasapainoskenaario säilyttää lähes koko maksimiskenaarion ilmastohyödyn, vaikka siinä huomioidaan toteutettavuutta parantavat rajaukset aktiivisille turvetuotantoalueille, entisille tuotantoalueille ja muille epävarmemmille kohteille.

Selvityksen perusteella tasapainoskenaario (TS) on suositeltava etenemistapa turvemaiden ilmastovaikutusten vähentämiseksi. Skenaariossa painotetaan suurimman päästövähennyspotentiaalin kohteita erityisesti maatalouskäytössä olevilla turvemailla samalla, kun aktiivisessa turvetuotannossa olevat alueet jätetään toimenpiteiden ulkopuolelle ja käytöstä poistuneiden tuotantoalueiden soveltuvuutta arvioidaan turvekerroksen paksuuden perusteella.

1. Johdanto

Tämä raportti esittää AFRYn laatiman turvemaiden ilmastovaikutusten arvioinnin Etelä-Karjalan maakunnan alueelle. Selvitys kokoaa yhteen hiilivarastojen arvioinnin, kasvihuonekaasupäästöjen mallinnuksen, toimenpideskenaarioiden vertailun sekä suositellut päästövähennystoimenpiteet. Tavoitteena on tukea turvemaiden käyttöön liittyvien ilmastotoimenpiteiden kohdentamista alueellisella tasolla. Tarkastelu kattaa metsämaan, viljelysmaan, ruohikkoalueet, kosteikot sekä rakennetut alueet ja muun maan turvemaat.

Selvitys perustuu paikkatietoaineistoihin, turvemaiden ominaisuustietoihin, DTW-indeksillä (Depth to Water Table) kuvattuun pohjaveden pinnan tasoon, turvetuotantoalueiden tilaan, turvekerroksen paksuuteen sekä hiilidioksidin (CO_2), metaanin (CH_4) ja dityppioksidin (N_2O) päästökertoimiin. Nykytilan päästöjä verrataan vaihtoehtoisten toimenpideskenaarioiden mukaisiin päästöihin, jotta erilaisten vesitalouden hallintaan ja maankäyttöön liittyvien toimenpiteiden ilmastovaikutuksia voidaan arvioida. AFRY suosittelee tulosten tulkitsemista alueellisen päätöksenteon tukena eikä kohdekohtaisina toteutussuunnitelmina (IPCC, 2006; Hiraishi ym., 2014; Evans ym., 2021).

Selvitys täydentää Etelä-Karjalalle ja sen kunnille laadittuja maankäyttösektorin hiilitaseselvityksiä tarjoamalla yksityiskohtaisemman tarkastelun turvemaiden sisäisestä vaihtelusta. Toisin kuin maankäyttösektorin hiilitaseselvitykset, tämän työn tavoitteena ei ole tuottaa alueellista kasvihuonekaasuinventaariota, vaan tunnistaa turvemaat, joilla päästövähennyspotentiaali on suurin, sekä tukea ilmastotoimenpiteiden kohdentamista tarkoituksenmukaisella tavalla.

Selvityksessä tarkasteltiin kolmea vaihtoehtoista toimenpideskenaariota. **Perusskenaario (PS)** kuvaa varovaista etenemistapaa, jossa toimenpiteet rajoittuvat vähäisiin muutoksiin nykyisessä maankäytössä. **Maksimiskenaario (MS)** kuvaa suurimman teknisesti saavutettavissa olevan päästövähennyspotentiaalin hyödyntävää lähestymistapaa, jossa toimenpiteitä kohdennetaan laajasti turvemaille toteutettavuusrajoitteista riippumatta. **Tasapainoskenaario (TS)** sijoittuu näiden väliin yhdistäen merkittävän ilmastohyödyn ja käytännön toteutettavuuden. Selvityksen suositukset perustuvat tasapainoskenaarioon.

AFRY suosittelee **tasapainoskenaariota (TS)**, joka edustaa vaikuttavaa mutta toteuttamiskelpoista lähestymistapaa turvemaiden päästöjen vähentämiseen. Tasapainoskenaario valittiin suositelluksi vaihtoehdoksi, koska se saavuttaa merkittävän osan käytettävissä olevasta päästövähennyspotentiaalista huomioiden samalla maankäyttörajoitteet, aktiivisessa turvetuotannossa olevat alueet, käytöstä poistuneet turvetuotantoalueet, turvekerroksen paksuuden sekä muut toteutettavuuteen liittyvät tekijät. Suositeltu skenaario tarjoaa kehikon toimenpiteiden kohdentamiselle ja auttaa tunnistamaan alueita, joilla esimerkiksi vesitalouden hallinta, poimintahakkuut ja harvennukset, kasvillisuuden palauttaminen, vettäminen tai käytöstä poistuvien turvetuotantoalueiden jälkikäytön suunnittelu voivat olla tarkoituksenmukaisia toimenpiteitä (Hiraishi ym., 2014; Lindsay & Clough, 2016; Räsänen ym., 2023; Evans ym., 2021; Peltoniemi ym., 2023). Kunkin kohteen tarkoituksenmukainen toimenpide määräytyy kuitenkin aina kohdekohtaisten

olosuhteiden perusteella, eikä tässä selvityksessä ole ollut mahdollista huomioida kaikkia toteutukseen vaikuttavia tekijöitä, kuten maanomistajien tavoitteita tai halukkuutta toimenpiteiden toteuttamiseen.

Saavutettuihin mallinnustuloksiin nojaten tämä raportti:

- kuvaa Etelä-Karjalan turvemaiden nykyiset hiilivarastot ja kasvihuonekaasupäästöt,
- arvioi turvemaiden päästövähennyspotentiaalia erilaisissa toimenpideskenaarioissa,
- tunnistaa alueet, joilla ilmastohyödyt ovat suurimmat,
- tarkastelee eri maankäyttöluokkien merkitystä turvemaiden päästöjen muodostumisessa sekä
- esittää suosituksia turvemaiden ilmastovaikutusten vähentämiseksi.

Turvemaiden käyttöön liittyvät ratkaisut vaikuttavat pitkäjänteisesti sekä kasvihuonekaasupäästöihin että maaperään sitoutuneiden hiilivarastojen säilymiseen. Tämän vuoksi turvemaiden vesitalouden hallinta, maankäytön suunnittelu sekä käytöstä poistuvien turvetuotantoalueiden jälkikäyttö muodostavat keskeisen osan Etelä-Karjalan mahdollisuuksia vähentää maankäytöstä aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä tulevina vuosikymmeninä.

2. Turvemaiden hiilivarasto

Maakunnan turvemaiden pinta-ala on 86 599 ha. Kokonaishiilivarasto, joka sisältää maaperän orgaanisen hiilen sekä maanpäällisen ja maanalaisen biomassahiilen, on arviolta 59 150 ktC. Maaperän orgaanisen hiilen osuus tästä on 56 370 ktC. Keskimääräinen kokonaishiilivarasto on 683 tC/ha. Tässä raportissa erotetaan siksi toisistaan kokonaishiilivarasto ja maaperän orgaaninen hiili (SOC), koska osa kuvista kuvaa vain SOC-varaston kehitystä eikä biomassan hiiltä.

Maankäyttöluokka	Hiilivarasto (ktC)	Pinta-ala (ha)	Hiilivarasto (tC/ha)
Metsämaa	49 487	74 303	666
Viljelysmaa	4 532	5 751	788
Ruohikkoalueet	719	901	799
Kosteikot	3 353	4 279	784
Rakennetut alueet ja muu maa	1 058	1 364	776
Yhteensä	**59 150**	**86 599**	**683**

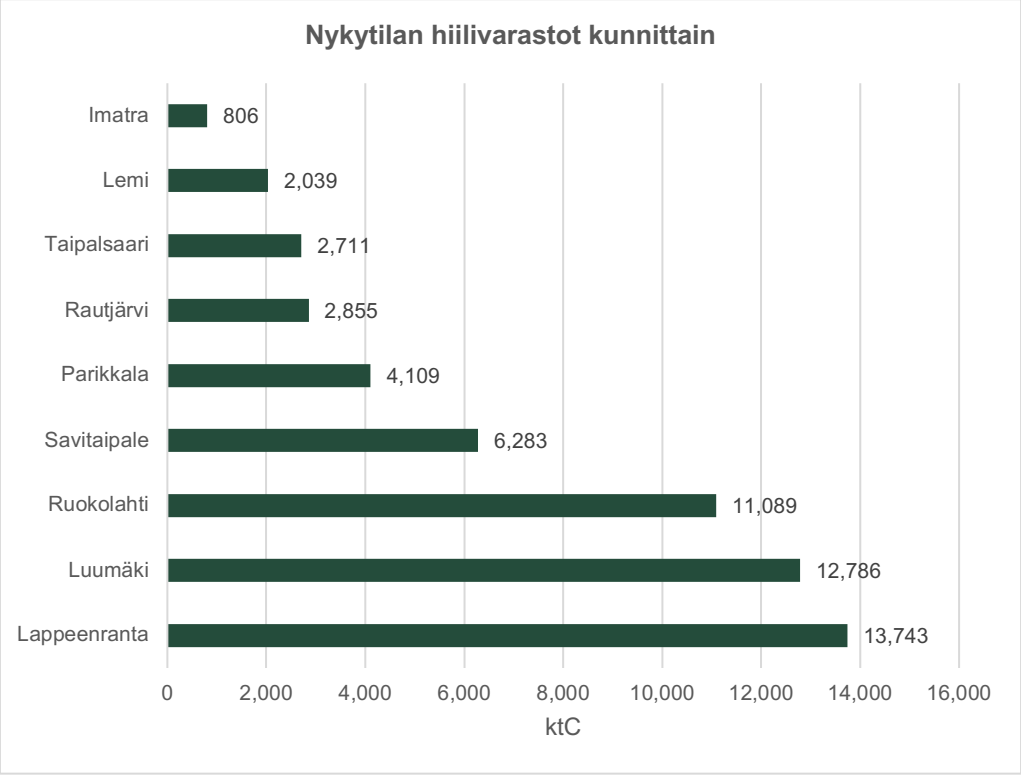
Taulukko 2-1 Turvemaiden nykytilan hiilivarasto maankäyttöluokittain. Arvot on esitetty yksiköissä ktC, ha ja tC/ha.

Taulukossa esitetään kokonaishiilivarasto. Raportin hiilivaraston kehitystä kuvaavat aikasarjat perustuvat kuitenkin maaperän orgaaniseen hiileen (SOC) eivätkä sisällä biomassan hiiltä. Tämä erottelu on olennainen, jotta 59 149 ktC:n kokonaishiilivarastoa ei sekoiteta 56 370 ktC:n SOC-lähtöarvoon.

Hiilivaraston jakaumaan vaikuttavat ennen kaikkea maankäyttöluokkien pinta-alat, turvekerroksen paksuus, kuivatuksen voimakkuus sekä alueiden käyttöhistoria. Metsämaa kattaa 86 % maakunnan turvemaista ja sisältää 83 % koko hiilivarastosta. Viljelysmaat, kosteikot, ruohikkoalueet, rakennetut alueet ja muu maa muodostavat loput hiilivarastosta. Metsämaan ulkopuolisista maankäyttöluokista suurimmat hiilivarastot sijaitsevat viljelysmailla ja kosteikoilla.

Hiilivarasto kuvaa maaperään sitoutuneen hiilen kokonaismäärää, kun taas luvussa 3 tarkasteltava hiilivuo kuvaa hiilivaraston muutosta ajan kuluessa. Suuri hiilivarasto ei siten automaattisesti tarkoita vähäisiä päästöjä. Kuivatuilla turvemailla merkittävä hiilivarasto voi samalla merkitä suurta päästöpotentiaalia, mikäli turpeen hajoaminen jatkuu. Tästä syystä suurten hiilivarastojen säilyttäminen on ilmastonmuutoksen hillinnän kannalta tärkeää erityisesti alueilla, joilla toimenpiteillä voidaan hidastaa turpeen hajoamista.

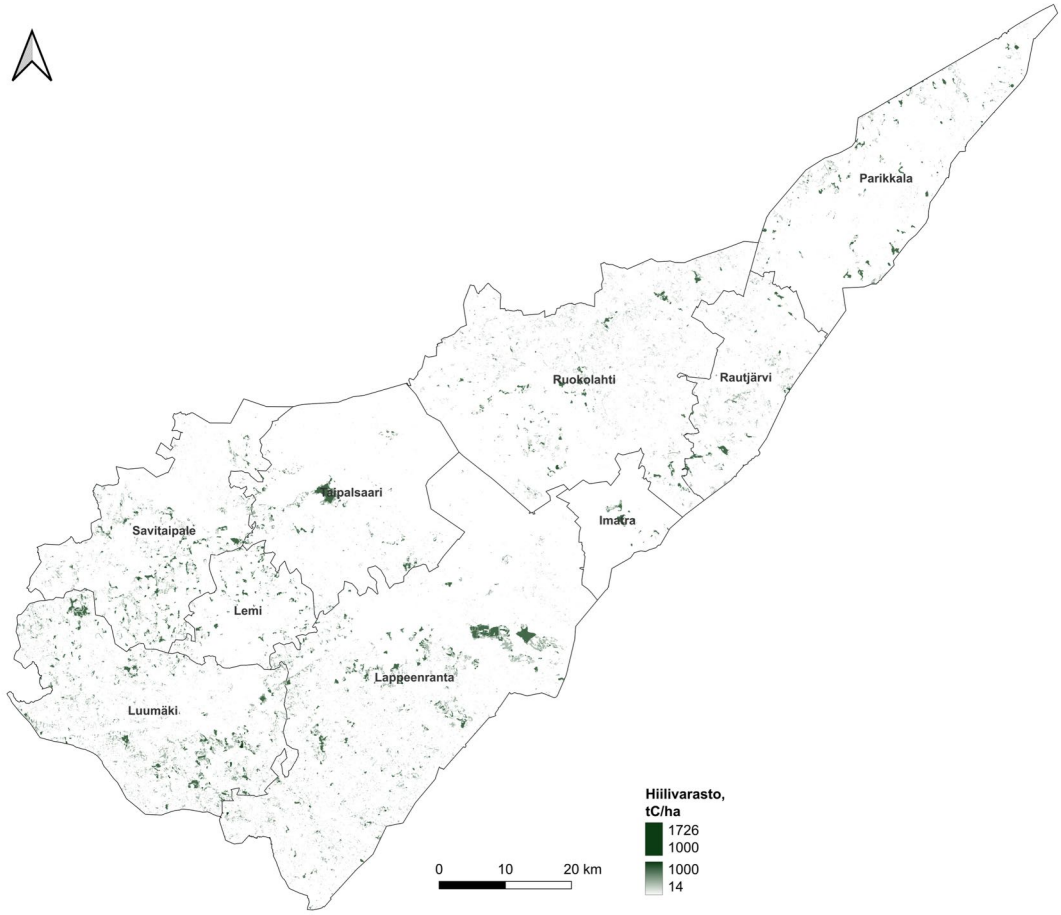
Turvemaiden hiilivarastot keskittyvät kuntiin, joissa turvemaiden pinta-ala on suurin. Maakunnan suurimmat turvemaiden hiilivarastot sijaitsevat Lappeenrannassa, Luumäellä ja Ruokolahdella.



Kuva 2-1 Turvemaiden hiilivarasto kunnittain nykytilassa. Arvot perustuvat Carbon_Stock-tiedoston aineistoon ja on esitetty yksikössä ktC.

Lappeenrannan turvemaiden hiilivarasto on noin 13 742 ktC, Luumäen noin 12 786 ktC ja Ruokolahden noin 11 089 ktC (Kuva 2-1). Nämä kolme kuntaa muodostavat maakunnan merkittävimmät turvemaiden hiilivarastokeskittymät. Kuva 2-2 esittää hiilivarastojen alueellisen jakauman maakunnan alueella. Vaikka esimerkiksi Imatran hiilivarasto on kokonaisuutena pienempi, sillä on edelleen merkitystä paikallisessa

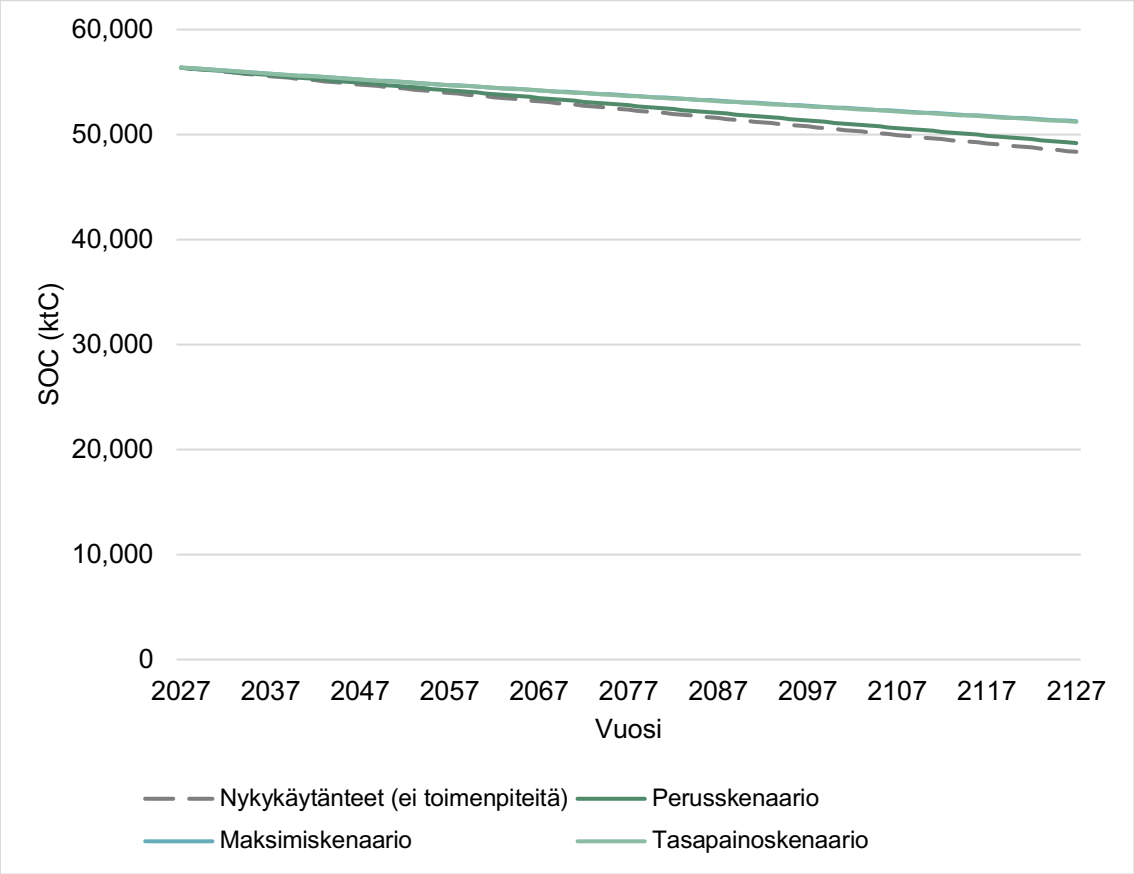
maankäytön suunnittelussa, koska merkittävä osa hiilestä on sitoutunut verrattain rajallisille turvemaa-alueille.



Kuva 2-2 Nykytilan hiilivarastojen alueellinen jakauma. Yksikkönä tC/ha.

Koko maakunnan alueella hiilivaraston suuruus määräytyy ennen kaikkea turvekerroksen paksuuden sekä kuivatuksen aiheuttaman turpeen hajoamisen perusteella. Turvekerroksen keskipaksuus on metsämaalla noin 1,52 metriä ja viljelysmaalla noin 1,45 metriä. Hiilivarastojen laskennassa turpeen kuivapainoksi oletettiin 0,11 g/cm³ ja hiilipitoisuudeksi 0,5. Nämä oletukset muodostavat perustan lähtötilanteen hiilivarastoarvioille sekä myöhemmälle tarkastelulle, jossa arvioidaan maankäytön, pohjaveden pinnan tason ja eri toimenpideskenaarioiden vaikutuksia tuleviin kasvihuonekaasupäästöihin ja hiilivaraston vähenemisriskiin. Hiilivarastojen laskentamenetelmä on kuvattu kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Kuvan 2-3 hiilivarastotarkastelu kuvaa maaperän orgaanisen hiilen (SOC) kehitystä, ei kokonaishiilivarastoa biomassan hiili mukaan lukien. Nykykäytänteiden mukaisessa kehityksessä SOC pienenee noin 56 370 ktC:stä 48 359 ktC:hen vuosina 2027–2127. Toimenpiteet hidastavat tätä kehitystä kaikissa skenaarioissa. Vuonna 2127 **perusskenaarion** SOC on 49 190 ktC, **maksimiskenaarion** 51 271 ktC ja **tasapainoskenaarion** 51 214 ktC. Tasapainoskenaariossa SOC säilyy 2 855 ktC korkeampana kuin perusskenaarion mukaisessa kehityksessä, mikä osoittaa toimenpiteiden pitkäaikaisen merkityksen maaperän hiilivaraston säilyttämisessä.



Kuva 2-3 Maaperän orgaanisen hiilivaraston (SOC) kehitys nykykäytänteiden ja kolmen skenaarion mukaisilla käsittelypoluilla. Yksikkö ktC. Biomassahiili ei sisälly kuvaan.

2.1. Metsämaa

Metsämaa muodostaa maakunnan suurimman kokonaishiilivaraston. Metsämaan turvemaat sisältävät yhteensä 49 487 ktC hiiltä maaperässä sekä maanpäällisessä ja maanalaisessa biomassassa. Metsämaata on yhteensä 74 303 hehtaaria eli noin 86 % tarkastelluista turvemaista. Keskimääräinen kokonaishiilivarasto metsämaalla on 666 tC/ha. Vaikka metsämaa sisältää suurimman absoluuttisen hiilivaraston, sen hiilitiheys on viljelysmaata, ruohikkoalueita ja kosteikkoja pienempi. Tämä heijastaa ojituksen, syvälle alentuneen pohjaveden pinnan ja pitkään jatkuneen turpeen hajoamisen vaikutuksia osassa metsämaita.

Metsämaalla pohjaveden pinnan tasolla on merkittävä vaikutus sekä hiilivaraston suuruuteen että sen säilymiseen. Alueilla, joilla DTW-arvo on enintään 0,5 metriä, sijaitsee 18 398 hehtaaria metsämaata ja noin 14 291 ktC hiilivarasto. DTW-luokassa 0,5–1,0 metriä metsämaata on 15 719 hehtaaria ja hiilivarasto noin 12 191 ktC. DTW-luokassa 1,0–2,0 metriä metsämaata on 18 814 hehtaaria ja hiilivarasto noin 14 618 ktC. Syvälle ojitetut alueet, joilla DTW-arvo ylittää 2,0 metriä, kattavat metsämaan suurimman pinta-alan, 21 372 hehtaaria, mutta niiden hiilivarasto on vain noin 5 700 ktC. Tämä viittaa siihen, että pitkäaikainen kuivatus on vähentänyt turpeeseen sitoutuneen hiilen määrää näillä alueilla.

Tulokset korostavat turvemaametsien vesitalouden merkitystä hiilivarastojen säilyttämisessä. Syvälle ojitetuilla alueilla hiilivarasto on keskimäärin noin 267 tC/ha, kun matalamman DTW-arvon alueilla hiilivarasto on noin 777 tC/ha. Vaikka syvälle ojitetuilla kohteilla jäljellä oleva hiilivarasto on pienempi, voivat vettämis- ja vesitalouden hallintatoimenpiteet edelleen vähentää tulevia hiilivaraston menetyksiä siellä, missä niiden toteuttaminen on mahdollista.

Hiilivaraston kulumisajalla (depletion timeline) tarkoitetaan laskennallista aikaa, jossa turvemaahan sitoutunut hiilivarasto vähenisi kokonaan nykyisen mallinnetun hajoamisen jatkuessa muuttumattomana. Nykytilanteessa metsämaan turvevarojen arvioitu keskimääräinen loppuun kulumisaika on noin 6 178 vuotta, vaikka vaihtelu DTW-luokkien välillä on huomattavaa. DTW-luokassa ≤ 0,5 m keskimääräinen kulumisaika on noin 8 089 vuotta, DTW-luokassa 0,5–1,0 m noin 6 682 vuotta, DTW-luokassa 1,0–2,0 m noin 5 283 vuotta ja DTW-luokassa > 2,0 m noin 4 656 vuotta. Tulokset osoittavat, että syvempi kuivatus lisää riskiä hiilivaraston vähenemisestä pitkällä aikavälillä.

Metsämaa on turvemaiden hiilivarastojen kannalta maakunnan tärkein maankäyttöluokka. Koska valtaosa turpeeseen sitoutuneesta hiilestä sijaitsee metsämaalla, voivat suhteellisen pienetkin muutokset turvemaametsien hoidossa vaikuttaa merkittävästi hiilen säilymiseen pitkällä aikavälillä. Luvussa 3 tarkastellaan tarkemmin, miten poimintahakkuut, harvennukset, vettäminen sekä nykyisen maankäytön jatkaminen vaikuttavat metsämaan hiilivuohon ja hiilivarastojen säilymiseen.

2.2. Viljelysmaa

Viljelysmaat kattavat maakunnan turvemaista 5 751 hehtaaria eli noin 6,6 % kokonaispinta-alasta. Viljelysmaiden kokonaishiilivarasto on 4 532 ktC. Keskimääräinen kokonaishiilivarasto viljelysmailla on 788 tC/ha, mikä on tarkastelluista maankäyttöluokista korkeimpia.

Viljelysmaiden korkea hiilitiheys johtuu ennen kaikkea maaperään sitoutuneesta turpeesta, vaikka hiilivarasto sisältää myös kasvillisuuteen ja juuristoon sitoutuneen hiilen. Vaikka viljelysmaiden osuus maakunnan turvemaiden pinta-alasta on suhteellisen pieni, voivat paksut turvekerrokset sisältää huomattavia määriä orgaanista hiiltä. Turvekerroksen paksuus vaihtelee historiallisten maankäyttömuutosten ja maatalouskäytön seurauksena, minkä vuoksi hiilivarastojen suuruudessa esiintyy merkittävää vaihtelua eri alueiden välillä (Niiranen ym., 2026).

Viljelysmaiden hiilivarastot ovat selvästi alttiimpia vähenemiselle kuin metsämaiden hiilivarastot. Nykytilan mukaisessa tarkastelussa turvevarojen keskimääräinen arvioitu kulumisaika on noin 811 vuotta, mikä on lähes kahdeksan kertaa lyhyempi kuin metsämaalla. Syvälle ojitetuilla alueilla, joilla DTW-arvo ylittää 2,0 metriä, keskimääräinen kulumisaika on vain noin 267 vuotta. Vastaavasti alueilla, joilla DTW-arvo on enintään 0,5 metriä, keskimääräinen kulumisaika on noin 1 783 vuotta. Tulokset osoittavat, että pohjaveden pinnan taso on yksi tärkeimmistä viljelysmaiden hiilivaraston säilymiseen vaikuttavista tekijöistä.

Viljelysmaiden merkitys ilmastonmuutoksen hillinnässä korostuu siitä huolimatta, että niiden osuus kokonaispinta-alasta on pieni. Viljelysmaat sisältävät merkittävän osan maakunnan turvemaiden hiilivarastosta samalla, kun riski niiden hiilivarastojen loppuun kulumisesta on monia muita maankäyttöluokkia suurempi. Luvussa 3 tarkastellaan tarkemmin, miten pohjaveden pinnan hallinta, säätösalaojitus, osittainen vettäminen, täysvettäminen sekä kosteikkoviljely vaikuttavat viljelysmaiden tuleviin päästöihin ja hiilivarastojen säilymiseen.

2.3. Ruohikkoalueet

Ruohikkoalueet kattavat maakunnan turvemaista 901 hehtaaria eli noin prosentin kokonaispinta-alasta. Ruohikkoalueiden kokonaishiilivarasto on 719 ktC. Keskimääräinen kokonaishiilivarasto ruohikkoalueilla on 799 tC/ha, mikä on tarkastelluista maankäyttöluokista korkein.

Ruohikkoalueiden korkea hiilitiheys viittaa siihen, että alueilla on säilynyt hiilirikkaita turvekerroksia maankäytön muutoksista huolimatta. Hiilivarasto sijaitsee lähes kokonaan turvemaaperässä, sillä ruohikkoalueiden kasvillisuus sitoo hiiltä huomattavasti vähemmän kuin esimerkiksi metsämaa. Tästä syystä turpeen säilyminen on ruohikkoalueiden hiilivaraston kannalta ratkaisevaa.

Ruohikkoalueiden turvevarojen keskimääräinen arvioitu kulumisaika on noin 734 vuotta, mikä tekee niistä yhden tarkastelun herkimmin hiilivarastoaan menettävistä maankäyttöluokista. Mallinnuksessa tunnistettiin lisäksi kymmenen erityisen herkkää ruohikkoaluetta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 10,4 hehtaaria ja joiden arvioidaan menettävän turvevaransa alle sadassa vuodessa nykytilanteen jatkuessa. Maakunnan lyhin arvioitu loppuun kulumisaika on noin 9 vuotta, ja se havaittiin ruohikkoalueella.

Vaikka ruohikkoalueiden kokonaispinta-ala on vähäinen, niiden hiilivarastojen säilymiseen kannattaa kiinnittää huomiota osana turvemaiden ilmastotyötä. Tulokset viittaavat siihen, että kohdennetuilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä pinta-alaa kohden erityisesti kaikkein herkimmin hiilivarastoaan menettävillä kohteilla. Luvussa 3 tarkastellaan tarkemmin kasvillisuuden palauttamisen, rahkasammalen palauttamisen, vesitalouden parantamisen sekä nykyisen maankäytön jatkamisen vaikutuksia ruohikkoalueiden hiilivarastoihin ja kasvihuonekaasupäästöihin.

2.4. Kosteikot

Kosteikot kattavat maakunnan turvemaista 4 280 hehtaaria eli noin 5 % kokonaispinta-alasta. Kosteikkojen kokonaishiilivarasto on 3 353 ktC. Keskimääräinen

kokonaishiilivarasto kosteikoilla on 784 tC/ha, mikä kuvastaa kosteiden olosuhteiden merkitystä turpeeseen sitoutuneen hiilen säilymiselle.

Kosteikkojen hiilivarastot heijastavat sekä turvemaiden laajuutta että vähemmän muokattuja hydrologisia olosuhteita verrattuna voimakkaammin ojitettuihin metsä- ja viljelysmaihin. Kosteikot muodostavat yhden merkittävimmistä metsämaan ulkopuolisista hiilivarastoista, ja niiden korkea hiilitiheys on yhdenmukainen kosteiden turvemaiden tunnetun kyvyn kanssa säilyttää maaperään sitoutunutta hiiltä pitkällä aikavälillä (Tanneberger ym., 2021).

Nykytilanteessa kosteikkojen turvevarojen keskimääräinen arvioitu kulumisaika on noin 954 vuotta. Kosteikoiden pidempi kulumisaika verrattuna viljelysmaihin ja ruohikkoalueisiin selittyy pääosin vähäisemmällä kuivatuksella ja korkeammalla pohjaveden pinnalla. Kosteiden olosuhteiden säilyminen hidastaa turpeen hajoamista ja vähentää hiilivaraston vähenemisriskiä.

Kosteikkojen hiilivarastojen säilymisen kannalta vesitalouden ylläpitäminen on keskeisessä asemassa. Hydrologisten olosuhteiden muuttuminen, kuivatus tai muu maankäytön muutos voivat lisätä turpeen hajoamista ja nopeuttaa hiilivarastojen vähenemistä. Tämän vuoksi kosteikkojen ilmastovaikutuksia tarkasteltaessa nykyisten kosteiden olosuhteiden säilyttäminen voi olla yhtä tärkeää kuin aktiivisten ennallistamis- tai kunnostustoimenpiteiden toteuttaminen.

Luvussa 3 kuvattavissa skenaarioissa kosteikkoihin kohdistetaan varovaisia toimenpiteitä. Tarkastelussa huomioidaan, että monilla kosteikkoalueilla merkittävä osa hiilen sitoutumista tukevista hydrologisista ominaisuuksista on edelleen olemassa, jolloin hiilivarastojen säilyttäminen voi olla ilmaston kannalta tarkoituksenmukaisempi tavoite kuin voimakkaat maankäytön muutokset.

2.5. Rakennetut alueet ja muu maa

Rakennetut alueet ja muu maa kattavat yhteensä 1 364 hehtaaria eli noin 2 % maakunnan turvemaiden pinta-alasta. Näiden alueiden yhteenlaskettu kokonaishiilivarasto on 1 058 ktC. Keskimääräinen kokonaishiilivarasto on 776 tC/ha.

Rakennettujen alueiden hiilivarasto on noin 275 ktC ja muun maan noin 784 ktC. Hiilivarasto sisältää sekä maaperään, maanpäälliseen biomassaan, että maanalaiseen biomassaan sitoutuneen hiilen. Valtaosa hiilestä sijaitsee kuitenkin turvemaaperässä. Rakentaminen, maanmuokkaus, kuivatus, kaivaminen, maaperän tiivistyminen sekä infrastruktuurin rakentaminen ovat monin paikoin muuttaneet turvemaiden ominaisuuksia ja voineet vähentää niiden kykyä säilyttää hiiltä pitkällä aikavälillä (IUCN UK Peatland Programme, 2023).

Rakennettujen alueiden ja muun maan osuus maakunnan turvemaiden kokonaisvarastosta on suhteellisen pieni, mutta alueilla voi edelleen sijaita merkittäviä paikallisia hiilivarastoja. Hiili on usein sitoutunut jäljellä oleviin turvekerroksiin sekä alueiden kasvillisuuteen, minkä vuoksi myös näillä maankäyttöluokilla voi olla merkitystä hiilivaraston säilymisen kannalta erityisesti maankäytön muuttuessa.

Alueilla, joilla nykyinen tai aikaisempi turvetuotanto sijoittuu rakennettujen alueiden tai muun maan yhteyteen, hiilivaraston suuruuteen vaikuttavat erityisesti jäljellä olevan

turpeen määrä sekä aiempien maankäyttötoimenpiteiden voimakkuus. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla voi edelleen olla merkittäviä hiilivarastoja, minkä vuoksi ne voivat tarjota mahdollisuuksia ennallistamiseen tai muun jälkikäytön suunnitteluun. Aktiivisessa turvetuotannossa olevien alueiden osalta tuloksia tulee tarkastella varovaisesti, sillä käynnissä oleva toiminta sekä siihen liittyvät käytännön rajoitteet voivat vaikuttaa merkittävästi alueiden tuleviin käyttömahdollisuuksiin (Maanmittauslaitos; NatureScot).

3. Turvemaiden hiilitase

Luvussa 3 tarkastellaan hiilivuon kehitystä eri maankäyttöluokissa sekä arvioidaan hiilivarastojen tulevaa kehitystä nykytilanteessa ja vaihtoehtoisissa toimenpideskenaarioissa. Tarkastelussa arvioidaan erityisesti, miten vettäminen, poimintahakkuut, harvennukset sekä rahkasammalen palauttaminen vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöihin ja hiilivarastojen säilymiseen tarkastelujaksolla 2027–2040.

Etelä-Karjalan turvemaiden nykytilan mukaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat yhteensä 237 $ktCO_2e/v$. Päästöjen voimakkuus vaihtelee merkittävästi maankäyttöluokkien välillä. Viljelysmailla päästöt ovat erityisen herkkiä pohjaveden pinnan tason muutoksille, minkä vuoksi ne muodostavat tärkeimmän toimenpiteiden kohdealueen suhteellisen pienestä pinta-alastaan huolimatta.

Nykytilan päästöt jakautuvat epätasaisesti eri maankäyttöluokkien välillä. Metsämaa tuottaa suurimman osan päästöistä absoluuttisina määrinä tarkasteltuna, kun taas viljelysmaiden päästöt ovat niiden pinta-alaan nähden poikkeuksellisen suuret.

Maankäyttöluokka	Pinta-ala (ha)	Osuus pinta-alasta (%)	Kasvihuonekaasu-päästöt ($ktCO_2e/v$)	Osuus päästöistä (%)
Metsämaa	74 303	86 %	132	56 %
Viljelysmaa	5 751	7 %	65,7	28 %
Ruohikkoalueet	901	1 %	6,8	3 %
Kosteikot	4 279	5 %	31,5	13 %
Rakennetut alueet ja muu maa	354	0 %	0,0	0 %

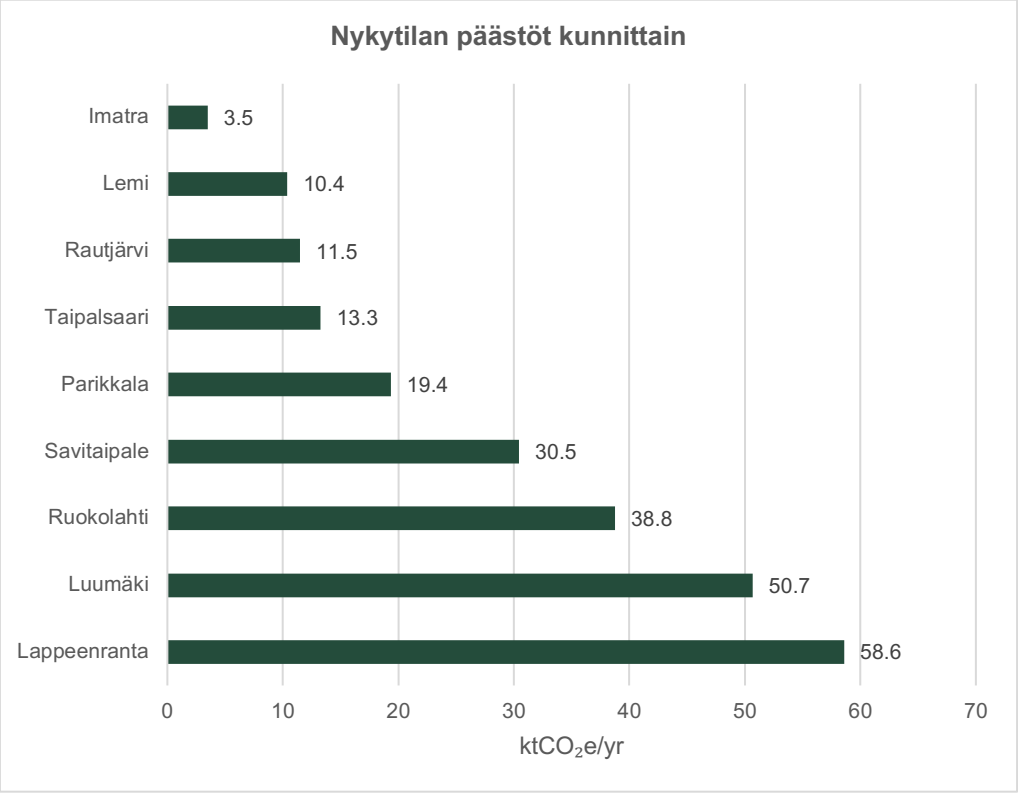
Taulukko 3-1 Nykytilan kasvihuonekaasupäästöt maankäyttöluokittain. Päästöt on esitetty yksikössä $ktCO_2e/v$.

Päästöt muodostuvat kolmesta kasvihuonekaasusta, jotka on muunnettu hiilidioksidiekvivalenteiksi IPCC:n AR6-arviointiraportin mukaisten ilmastonlämmityspotentiaalien (GWP100) avulla: hiilidioksidista (GWP = 1) metaanista (GWP = 27) ja dityppioksidista (GWP = 273). Viljelysmaiden suuri osuus kokonaispäästöistä, 28 % vain 6,6 %:n pinta-alalta, heijastaa maatalouskäytössä oleville turvemaille tyypillistä voimakasta kuivatusta. Metsämaa tuottaa suurimman osan päästöistä absoluuttisesti tarkasteltuna, mutta sen hehtaarikohtaiset päästöt ovat mallinnustulosten perusteella viljelysmaita pienemmät.

Kosteikot tuottavat 13 % nykytilan päästöistä, vaikka osa kosteikkoalueista toimii nykytilanteessa hiilinieluna. Laskennassa on huomioitu sekä positiiviset että negatiiviset päästökertoimet kohteiden vesitaloudesta riippuen. Tästä syystä toimenpiteiden kohdentamisessa tulee huomioida sekä päästöjen suuruus että maankäyttöluokkakohtaiset erot päästövähennyspotentiaalissa. Viljelysmaihin kohdistettavat toimenpiteet tuottavat noin 6,7 kertaa suuremman päästövähennyksen hehtaaria kohden kuin metsämaalle kohdistuvat toimenpiteet, mikä perustelee niiden keskeisen roolin kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa.

Nykytilan päästökertoimet perustuvat Maa- ja metsätalousministeriön (2007) julkaisemaan kansalliseen Tier 2- ja Tier 3 -tason aineistoon, jota on täydennetty pohjaveden pinnan syvyyttä kuvaavilla DTW-luokilla Evansin ym. (2021) menetelmän mukaisesti. Kohdekohtaisessa tarkastelussa todelliset päästöt voivat poiketa mallinnetuista arvoista paikallisista olosuhteista johtuen.

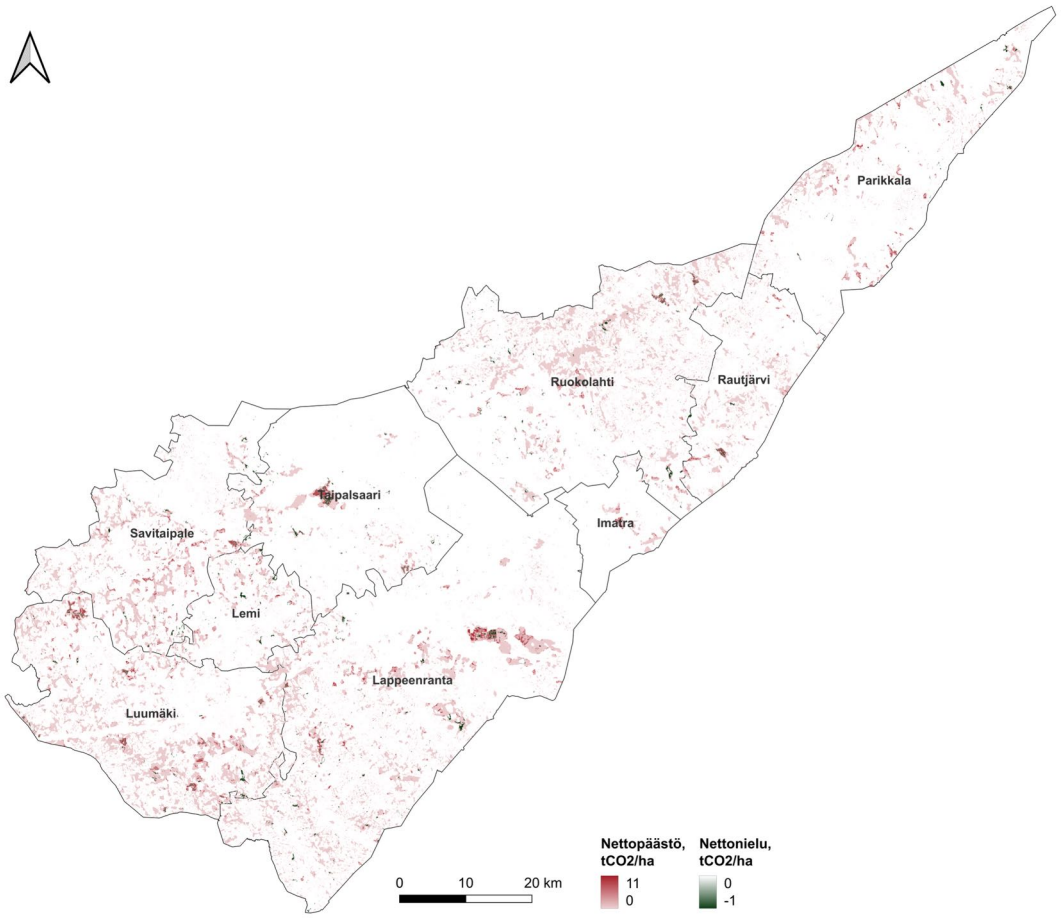
Kasvihuonekaasupäästöt jakautuvat epätasaisesti myös kuntien välillä. Suurimmat päästöt sijoittuvat kuntiin, joissa laajat turvemaa-alueet yhdistyvät korkeita päästöjä aiheuttaviin maankäyttömuotoihin ja voimakkaaseen kuivatusvaikutukseen.



Kuva 3-1 Turvemaiden nykytilan kasvihuonekaasupäästöt kunnittain. Arvot perustuvat tasapainoskenaarion lähtötilanteeseen ja on esitetty yksikössä $ktCO_2e/v$.

Korkeimmat vuosittaiset päästöt syntyvät Lappeenrannassa, noin 58,6 $ktCO_2e/v$. Seuraavaksi suurimmat päästöt ovat Luumäellä, noin 50,7 $ktCO_2e/v$, ja Ruokolahdella, noin 38,8 $ktCO_2e/v$. Samat kunnat, joissa sijaitsevat suurimmat turvemaiden hiilivarastot, tuottavat myös suurimmat kasvihuonekaasupäästöt. Tämä korostaa tarvetta huomioida sekä hiilivarastojen suuruus että vuosittaiset päästöt

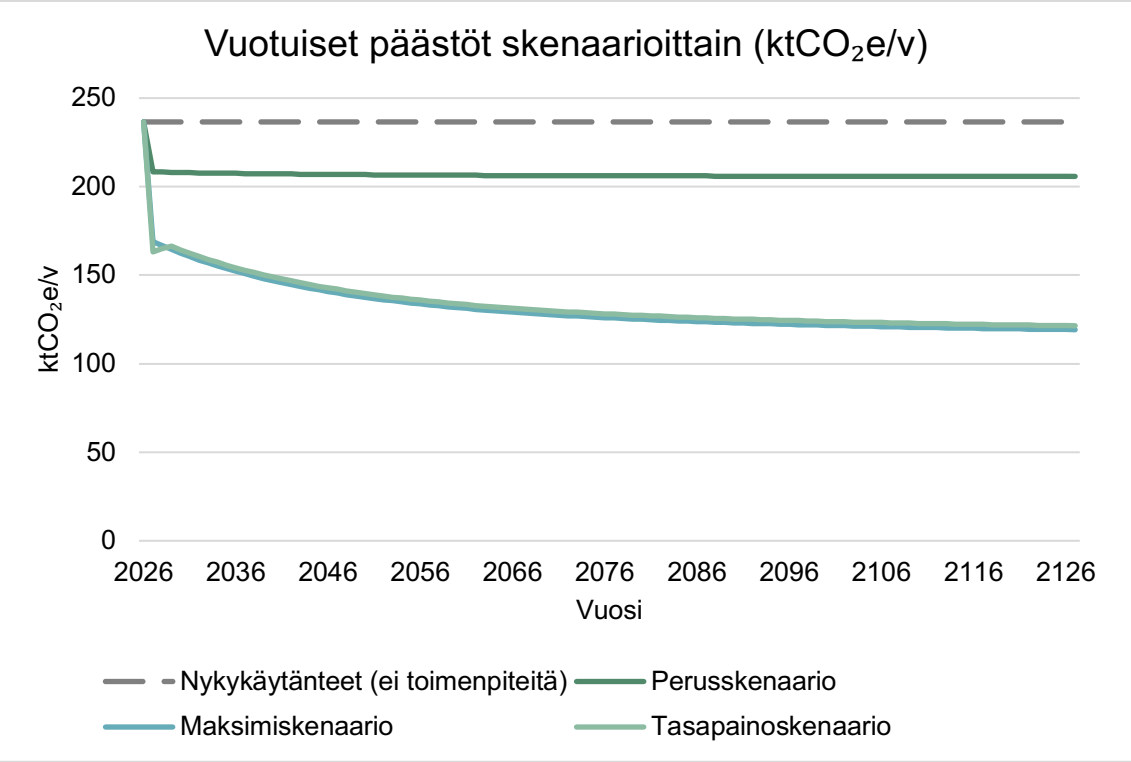
ilmastotoimenpiteiden kohdentamisessa kuntatasolla. Kuva 3-2 esittää päästöjen alueellisen jakauman maakunnan alueella nykytilassa.



Kuva 3-2 Nykytilan päästöjen alueellinen jakauma. Yksikkönä $tCO_2/ha/v$.

Hiilitaseen kehitystä kuvaava skenaariotarkastelu osoittaa, että turvemaiden kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää merkittävästi verrattuna perusskenaarion mukaiseen kehitykseen, jossa päästöt säilyvät koko tarkastelujakson ajan noin 237 $ktCO_2e/v$ tasolla. Vuonna 2127 perusskenaarion vuotuiset päästöt ovat 206 $ktCO_2e/v$, maksimiskenaarion 119 $ktCO_2e/v$ ja tasapainoskenaarion 121 $ktCO_2e/v$. Vastaavat vuotuiset päästövähennykset perusskenaarioon verrattuna ovat 31 $ktCO_2e/v$, 117 $ktCO_2e/v$ ja 115 $ktCO_2e/v$.

Tulokset osoittavat, että merkittävin osa ilmastohyödystä saavutetaan heti toimenpiteiden käyttöönoton seurauksena, minkä jälkeen päästöt vähenevät hitaammin kohti uutta tasapainotasoa. Skenaarioiden väliset erot säilyvät suurina koko sadan vuoden tarkastelujakson ajan, mikä korostaa erityisesti viljelysmaiden vesitalouden hallinnan sekä turvemaiden vettämiseen liittyvien toimenpiteiden merkitystä maakunnan pitkän aikavälin päästövähennyksissä.

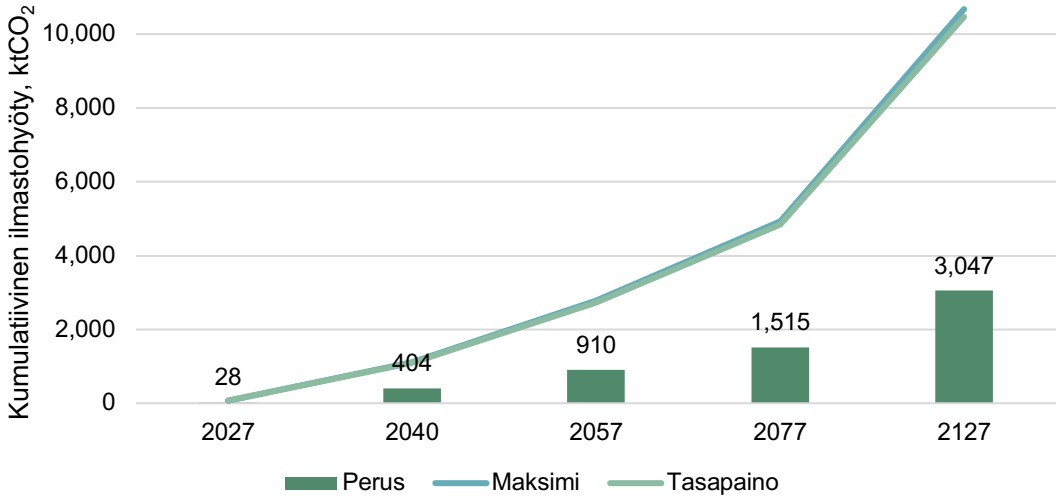


Kuva 3-3 Etelä-Karjalan turvemaiden vuotuisen kokonaishiilitaseen kehitys eri skenaarioissa. Yksikkönä ktCO₂e/v.

3.1. Perusskenaario

Perusskenaario (PS) perustuu vähäisiin ja matalan riskin toimenpiteisiin, jotka painottuvat nykyisten käytäntöjen jatkamiseen sekä rajattuihin vesitalouden hallinnan ja turvemaiden hoidon toimenpiteisiin. Sen kumulatiivinen päästövähennys vuoteen 2127 mennessä on 3 047 ktCO₂e, mikä on tarkastelluista skenaarioista pienin. Skenaario kuvaa varovaista etenemistapaa, jossa toimenpiteiden laajuus on selvästi pienempi kuin maksimi- ja tasapainoskenaarioissa.

Perusskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin on 3 047 ktCO₂e vuoteen 2127 mennessä. Keskimääräinen vuotuinen ilmastohyöty suhteessa nykykäytänteisiin koko laskentajaksolla on noin 30,469 ktCO₂e/v.



Kuva 3-4 Perusskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin ($ktCO_2e/v$) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina maksimi- ja tasapainoskenaarioiden tulokset ($ktCO_2e/v$).

Vuoteen 2127 mennessä perusskenaario saavuttaa 28,5 % maksimiskenaarion ja 29,1 % tasapainoskenaarion kumulatiivisesta ilmastohyödystä. Toisin tarkasteltuna maksimiskenaarion vaikutus on noin 3,5-kertainen ja tasapainoskenaarion vaikutus noin 3,4-kertainen perusskenaarioon verrattuna.

Perusskenaarion vaatimaton ilmastovaikutus johtuu siitä, että skenaario perustuu pääasiassa passiivisiin tai vähäisiin toimenpiteisiin. Skenaario ei sisällä aktiivista viljelysmaiden vettämistä eikä kohdennettua pohjaveden pinnan hallintaa maatalouskäytössä olevilla turvemailla, jotka muodostavat vaihtoehtoisissa skenaarioissa suurimman osan saavutettavista päästövähennyksistä.

Perusskenaario toimii ennen kaikkea vertailutasona, joka kuvaa kehitystä tilanteessa, jossa turvemaille ei kohdisteta nykykäytäntöjä merkittävästi laajempia ilmastotoimenpiteitä. Skenaariota ei suositella toteutettavaksi sellaisenaan. Sen tarkoituksena on kuvata kunnianhimoisempien toimenpiteiden lisähyötyä. Tasapainoskenaarion ja perusskenaarion välinen ero on vuoteen 2127 mennessä noin 7 421 $ktCO_2e$, mikä kuvaa ennakoivien ilmastotoimien lisähyötyä nykykäytäntöihin verrattuna.

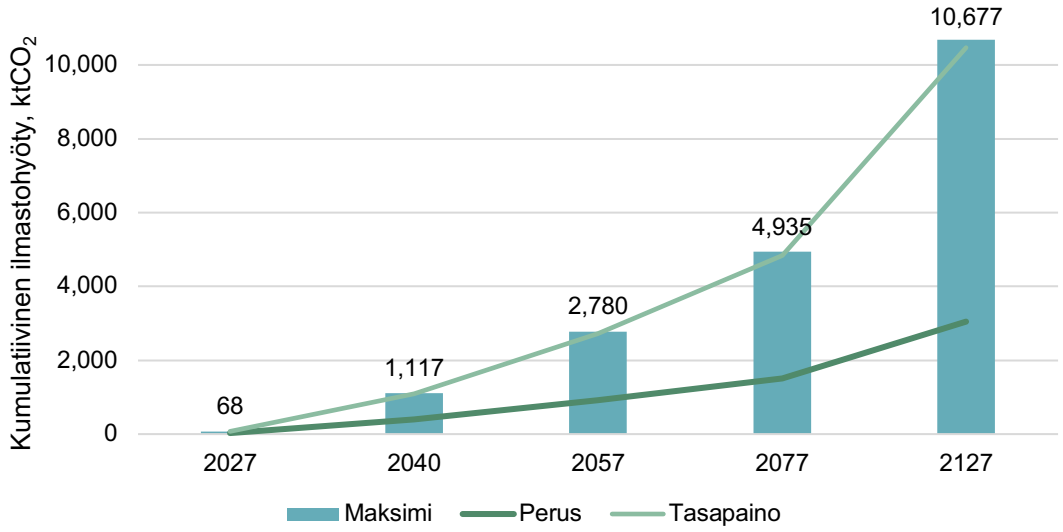
Myös perusskenaariossa saavutetaan jonkin verran päästövähennyksiä nykyisten metsänhoitokäytäntöjen jatkumisen sekä osalla kohteista tapahtuvan luonnollisen kehityksen seurauksena. Tämän vuoksi perusskenaariota ei tule tulkita tilanteeksi, jossa mitään toimenpiteitä ei toteuteta.

3.2. Maksimiskenaario

Maksimiskenaario (MS) kuvaa kunnianhimoista toimenpidepolkua, jossa turvemaiden tekninen päästövähennyspotentiaali pyritään hyödyntämään mahdollisimman laajasti kaikilla soveltuvilla kohteilla. Sen kumulatiivinen päästövähennys vuoteen 2127 mennessä on 10 677 $ktCO_2e$, mikä on tarkastelluista skenaarioista suurin.

Skenaarion tavoitteena on tunnistaa suurin saavutettavissa oleva ilmastohyöty huomioimatta toteutukseen liittyviä käytännön rajoitteita. Maksimiskenaariossa sovelletut toimenpiteet on kuvattu tarkemmin liitteessä L2-2.2.

Maksimiskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna perusskenaarioon on 10 677 $ktCO_2e$ vuoteen 2127 mennessä. Keskimääräinen vuotuinen ilmastohyöty suhteessa nykykäytänteisiin koko laskentajaksolla on noin 107 $ktCO_2e/v$.



Kuva 3-5 Maksimiskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin ($ktCO_2e/v$) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina perus- ja tasapainoskenaarioiden tulokset ($ktCO_2e/v$).

Vuoteen 2127 mennessä maksimiskenaario tuottaa noin 3,5 kertaa suuremman ilmastohyödyn kuin perusskenaario ja noin 2 % suuremman ilmastohyödyn kuin tasapainoskenaario. Vuotuiset päästövähennykset kasvavat tarkastelujakson aikana 117 $ktCO_2e/v$ tasolle, mikä vastaa noin 50 %:a maakunnan turvemaiden nykyisistä päästöistä (237 $ktCO_2e/v$), jos nykykäytänteitä jatkettaisiin vuoteen 2127 saakka.

Maksimiskenaarion suurempi ilmastovaikutus perustuu siihen, että toimenpiteitä kohdistetaan myös kohteisiin, jotka on rajattu tasapainoskenaarion ulkopuolelle. Näihin kuuluvat esimerkiksi aktiivisessa turvetuotannossa olevat alueet, käytöstä poistuneet turvetuotantoalueet ilman turvekerroksen paksuuteen perustuvaa soveltuvuusseulontaa sekä kohteet, joiden toteutukseen liittyy tavanomaista enemmän epävarmuutta. Skenaariossa oletetaan, että kaikki teknisesti soveltuvat kohteet voidaan ottaa onnistuneesti mukaan toimenpiteisiin riippumatta toteutuksen vaativuudesta tai sidosryhmäyhteistyön tarpeesta.

Maksimiskenaario kuvaa turvemaiden ilmastotoimenpiteiden teoreettista enimmäispotentiaalia ja toimii vertailukohtana muiden skenaarioiden arvioinnissa. Sen toteuttamiseen liittyvät oletukset ovat kuitenkin kunnianhimoisia, eivätkä ne välttämättä vastaa käytännön toteutusmahdollisuuksia, aikatauluja tai käytettävissä olevia resursseja. Maksimiskenaarion ja tasapainoskenaarion välinen ero on vuoteen 2127 mennessä 209 $ktCO_2e$, mikä tarkoittaa, että tasapainoskenaario säilyttää lähes koko maksimiskenaarion ilmastohyödyn samalla kun toteutettavuutta tukevat rajaukset säilytetään.

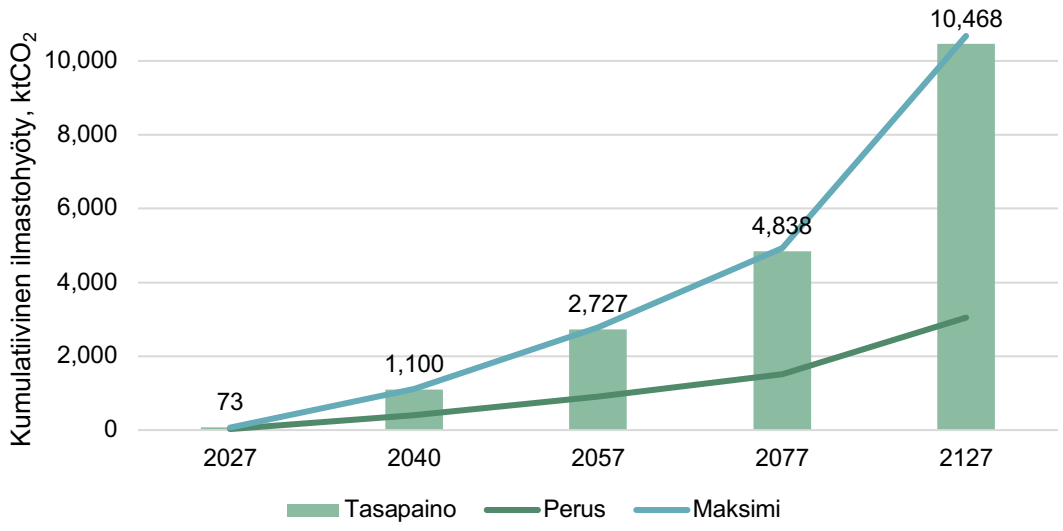
Maksimiskenaarion tulokset perustuvat oletukseen, että kaikki suunnitellut toimenpiteet toteutetaan onnistuneesti kaikilla soveltuvilla kohteilla. Tämän vuoksi toteutuneet vaikutukset ovat tässä skenaariossa herkempiä toteutuksen epäonnistumisille, paikallisille olosuhteille sekä maanomistajien ja muiden sidosryhmien päätöksille kuin tasapainoskenaariossa.

3.3. Tasapainoskenaario

Tasapainoskenaario (TS) on selvityksen suositeltu toimenpidepolku. Skenaarion kumulatiivinen päästövähennys vuoteen 2127 mennessä on 10 468 $ktCO_2e$. Tasapainoskenaario saavuttaa noin 98 % maksimiskenaarion teknisestä päästövähennyspotentiaalista säilyttäen samalla toteutukseen liittyvät varotoimet, jotka vähentävät käytännön toteutukseen liittyviä riskejä.

Tasapainoskenaariossa hyödynnetään useita eri toimenpiteitä maankäyttöluokan ja paikallisolosuhteiden mukaan. Viljelysmailla toimenpiteet perustuvat täysvettämiseen, osittaiseen vettämiseen, säätösalaojitukseen sekä kosteikkoviljelyyn. Metsämailla tarkasteltavia toimenpiteitä ovat poimintahakkuut, harvennukset sekä vesitalouden palauttaminen esimerkiksi ojien tukkimisen avulla. Ruohikkoalueilla voidaan hyödyntää kasvillisuuden palauttamista, rahkasammalen palauttamista sekä vesitalouden parantamista. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla tarkastellaan kasvillisuuden palauttamista, vettämistä sekä alueiden tarkoituksenmukaista jälkikäytön suunnittelua. Toimenpiteet kohdennetaan kohteille, joilla niiden arvioitu ilmastohyöty on suurin suhteessa toteutettavuuteen. Tarkempi kuvaus skenaariossa sovelletuista toimenpiteistä on esitetty liitteessä L2-2.3.

Tasapainoskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin on 10 468 $ktCO_2e$ vuoteen 2127 mennessä. Keskimääräinen vuotuinen ilmastohyöty suhteessa nykykäytänteisiin koko laskentajaksolla on noin 105 $ktCO_2e/v$.



Kuva 3-6 Tasapainoskenaarion kumulatiivinen ilmastohyöty verrattuna nykykäytänteisiin ($ktCO_2e/v$) vuosina 2027, 2040, 2057, 2077 ja 2127 kuvattu pylväsdiagrammilla. Vertailukohtana viivakuvaajina perus- ja maksimiskenaarioiden tulokset ($ktCO_2e/v$).

Vuoteen 2127 mennessä tasapainoskenaario tuottaa noin 3,4 kertaa suuremman ilmastohyödyn kuin perusskenaario. Vuotuiset päästövähennykset kasvavat tarkastelujakson aikana 115 $ktCO_2e/v$ tasolle, mikä vastaa noin 49 %:a maakunnan turvemaiden nykyisistä päästöistä (237 $ktCO_2e/v$), jos nykykäytänteitä jatkettaisiin vuoteen 2127 saakka.

Tasapainoskenaarion suurin yksittäinen ilmastohyöty syntyy metsämaan poimintahakkuista ja harvennuksista, joiden osuus skenaarion 2127 kumulatiivisesta ilmastohyödystä on 46 %. Viljelysmaiden vesitalouden hallinta muodostaa kuitenkin edelleen keskeisen toimenpidekokonaisuuden: täysvettäminen, osittainen vettäminen sekä säätösalaojitus tuottavat yhteensä merkittävän osan skenaarion kokonaisvaikutuksesta suhteellisen pienellä pinta-alalla.

Toimenpidejakauma osoittaa, että tasapainoskenaarion ilmastohyöty perustuu sekä laajoihin metsämaan käsittelytoimiin että korkean hehtaarikohtaisen vaikutuksen viljelysmaatoimiin. Metsämaan poimintahakkuut ja harvennukset kattavat suurimman pinta-alan, kun taas viljelysmaiden vettämis- ja kuivatussäätelytoimet tuottavat korkean ilmastohyödyn suhteessa pinta-alaansa.

Tasapainoskenaarion suurin yksittäinen ilmastohyöty saavutetaan poimintahakkuilla ja harvennuksilla, jotka kattavat 55 905 hehtaaria ja tuottavat 4 763 $ktCO_2e$:n kumulatiivisen vaikutuksen vuoteen 2127 mennessä. Täysvettäminen viljelysmailla kattaa 2 111 hehtaaria ja tuottaa 1 553 $ktCO_2e$:n vaikutuksen. Osittainen vettäminen, jossa pohjaveden pintaa nostetaan tasolle 0,5–1,0 metriä, kattaa 1 313 hehtaaria ja tuottaa 1 508 $ktCO_2e$:n vaikutuksen. Vettäminen ojia tukkimalla tai patoamalla kattaa 18 398 hehtaaria ja tuottaa 1 314 $ktCO_2e$:n vaikutuksen. Muut viljelysmaan ja ruohikkoalueiden toimenpiteet täydentävät kokonaisuutta.

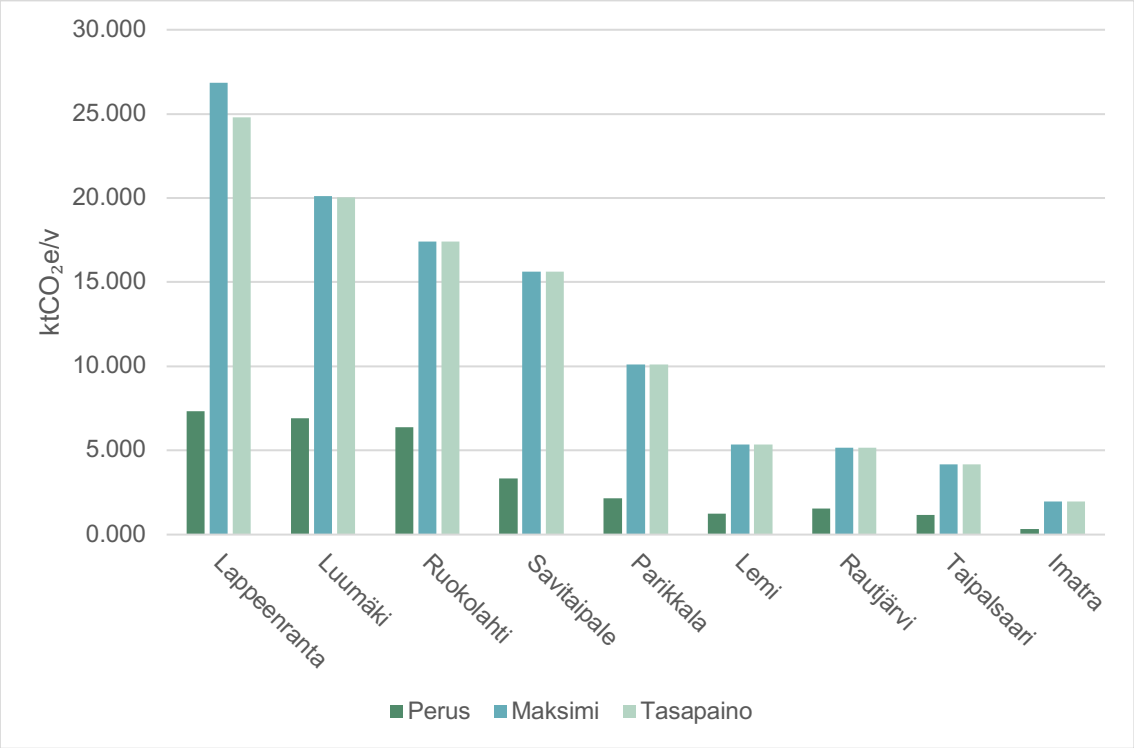
Tasapainoskenaarion painopiste viljelysmaissa mahdollistaa käytettävissä olevien resurssien tehokkaan kohdentamisen. Toisin kuin maksimiskenaariossa, tasapainoskenaariossa aktiivisessa turvetuotannossa olevat alueet rajataan tarkastelun ulkopuolelle, käytöstä poistuneille turvetuotantoalueille sovelletaan turvekerroksen paksuuteen perustuvaa soveltuvuusseulontaa ja epävarmoihin kohteisiin liittyvissä oletuksissa noudatetaan varovaisuutta. Nämä rajaukset pienentävät saavutettavaa enimmäispotentiaalia, mutta lisäävät toimenpiteiden toteuttamiskelpoisuutta ja tulosten luotettavuutta.

Tasapainoskenaarion toteuttaminen edellyttää erityisesti yhteistyötä maanomistajien kanssa sekä mahdollisesti maankäytön muutoksiin ja kannustinjärjestelmiin liittyviä tukitoimia, joita ei ole arvioitu tässä selvityksessä. Tasapainoskenaarion 98 %:n osuus maksimiskenaarion ilmastohyödystä osoittaa, että lähes koko tekninen päästövähennyspotentiaali voidaan saavuttaa ilman maksimiskenaarion kaikkein kunnianhimoisimpia oletuksia.

3.4. Kuntakohtaiset skenaariot

Turvemaille mallinnettujen toimenpideskenaarioiden kuntakohtaiset tulokset kuvaavat, kuinka skenaarioiden kokonaisvaikutukset jakautuvat maakunnan kuntien kesken. Vuoteen 2127 mennessä tasapainoskenaarion suurimmat ilmastohyödyt kohdistuvat

Lappeenrantaan, Luumäelle, Ruokolahdelle, Savitaipaleelle ja Parikkalaan. Tulokset perustuvat segmenttitason skenaariolaskennan suoriin kuntakohtaisiin aggregointeihin.



Kuva 3-7 Kuntakohtainen keskimääräinen vuotuinen skenaariovaikutus. Arvot on skaalattu vastaamaan skenaariotarkastelun kokonaisvaikutuksia käyttäen kuntakohtaisia osuuksia, jotka on johdettu segmenttitason tulosten summista.

Kunta	Osuus pinta-alasta	Perus-skenaario 2127	Maksimi-skenaario 2127	Tasapaino-skenaario 2127
Imatra	1 %	35	197	197
Lappeenranta	24 %	735	2 685	2 479
Lemi	4 %	124	535	536
Luumäki	22 %	692	2 012	2 003
Parikkala	7 %	216	1 010	1 011
Rautjärvi	5 %	155	517	518
Ruokolahti	20 %	639	1 742	1 743
Savitaipale	12 %	334	1 561	1 563
Taipalsaari	5 %	117	418	418
Yhteensä	**100 %**	**3 047**	**10 677**	**10 468**

Taulukko 3-2 Kuntakohtaiset kumulatiiviset skenaariovaikutukset vuoteen 2127 mennessä. Arvot on esitetty yksikössä ktCO_2e ja perustuvat segmenttitason skenaariotulosten kuntakohtaiseen aggregointiin.

Tasapainoskenaariossa suurin kumulatiivinen ilmastohyöty vuoteen 2127 mennessä saavutetaan Lappeenrannassa (2 479 ktCO_2e). Tulokset osoittavat, että suositellun skenaarion toteuttamista on tarkoituksenmukaista tarkastella sekä maakunta- että kuntatasolla. Suurimman päästövähennyspotentiaalin kunnat kannattaa asettaa etusijalle toimenpiteiden suunnittelussa, mutta myös pienemmän kokonaispotentiaalin kunnissa voi sijaita kohteita, joilla saavutetaan merkittäviä ilmastohyötyjä.

Skenaariovertailun perusteella tasapainoskenaario muodostaa tarkoituksenmukaisimman perustan päätöksenteolle. Se tuottaa selvästi suuremman ilmastohyödyn kuin perusskenaario säilyttäen samalla sellaiset rajaukset ja varotoimet, jotka parantavat toimenpiteiden käytännön toteutettavuutta verrattuna maksimiskenaarioon. Luvussa 4 skenaariotarkastelun tulokset muutetaan maankäyttöluokkakohtaisiksi toimenpidesuosituksiksi.

4. Toimenpidesuositukset

Skenaariotarkastelun perusteella tasapainoskenaario (TS) on suositeltava toteutusvaihtoehto. Skenaario tuottaa vuoteen 2127 mennessä yhteensä 10 467 ktCO_2e:n kumulatiivisen päästövähennyksen. Se saavuttaa 98 % maksimiskenaarion ilmastohyödystä ja säilyttää samalla käytännön toteutettavuutta tukevat rajaukset.

Tasapainoskenaario tuottaa noin 3 kertaa suuremman ilmastohyödyn kuin perusskenaario, jonka kumulatiivinen vaikutus vuoteen 2127 mennessä on 3 047 ktCO_2e. Samalla tasapainoskenaario saavuttaa lähes saman kokonaisvaikutuksen kuin maksimiskenaario, mutta välttää osan maksimiskenaarioon liittyvistä toteutusriskeistä.

Suositeltu toimenpidekokonaisuus painottuu erityisesti viljelysmaiden vesitalouden hallintaan. Kolme suurinta ilmastohyötyä tuottavaa toimenpidettä kohdistuvat kaikki viljelysmaiden turvemaille, ja niiden yhteisvaikutus muodostaa valtaosan tasapainoskenaarion kokonaisilmastohyödystä.

Suositeltu toimenpidekokonaisuus yhdistää laaja-alaiset metsämaan käsittelytoimet ja viljelysmaiden korkean hehtaarikohtaisen vaikutuksen vesitaloustoimet. Neljä suurinta toimenpideluokkaa tuottavat yhteensä 9 137 $ktCO_2e$:n ilmastohyödyn vuoteen 2127 mennessä, mikä vastaa 87 % tasapainoskenaarion kokonaisvaikutuksesta.

Sija	Toimenpideluokka	Maankäyttö	Pinta-ala (ha)	Vaikutus 2127 ($ktCO_2e$)	Osuus	Prioriteetti
1	Poimintahakkuut ja harvennukset	Metsämaa	55 905	4 763	46 %	Korkein
2	Täysvettäminen, tavoite ≤0,5 m	Viljelysmaa	2 111	1 553	15 %	Korkea
3	Osittainen vettäminen, nosto 0,5–1,0 m	Viljelysmaa	1 313	1 508	14 %	Korkea
4	Vettäminen ojia tukkimalla tai patoamalla	Metsämaa	18 398	1 314	13 %	Kohtalainen
5–7	Muut viljelysmaan ja ruohikkoalueiden toimenpiteet	Viljelysmaa / ruohikkoalueet	2 441	1 330	13 %	Kohtalainen / täydentävä
Yhteensä			**80 167**	**10 468**	**100 %**	**—**

Taulukko 4-1 Tasapainoskenaarion keskeiset toimenpideluokat. Kumulatiiviset vaikutukset on esitetty yksikössä $ktCO_2e$ vuoteen 2127 mennessä.

Vaikka metsämaihin kohdistuvat toimenpiteet kattavat pinta-alallisesti suuremman alueen, niiden ilmastovaikutus hehtaaria kohden on keskimäärin pienempi. Poimintahakkuut ja harvennukset kattavat noin 55 905 hehtaaria ja tuottavat noin 46 % tasapainoskenaarion kokonaisilmastohyödystä. Ojien tukkimiseen perustuvat vettämistoimenpiteet kattavat noin 18 398 hehtaaria ja tuottavat noin 13 % kokonaisvaikutuksesta. Näitä toimenpiteitä voidaan pitää tärkeinä täydentävinä toimina, mutta niiden ei tulisi syrjäyttää viljelysmaihin kohdistuvia ensisijaisia toimenpiteitä.

Toimenpiteiden suunnittelussa tulisi ensisijaisesti kohdistaa täysvettäminen soveltuville viljelysmaille, sillä noin 2 111 hehtaarin laajuinen toimenpidekokonaisuus tuottaa suurimman ilmastohyödyn suhteessa toteutettavaan pinta-alaan. Osittainen vettäminen muodostaa luontevan toisen vaiheen, sillä sen piirissä on yhteensä noin 1 313 hehtaaria ja sen osuus tasapainoskenaarion kokonaisilmastohyödystä on noin 14 %. Metsämaihin kohdistuvat toimenpiteet, kuten poimintahakkuut, harvennukset ja vesitalouden palauttaminen, voidaan toteuttaa viljelysmaiden toimenpiteitä täydentävinä kokonaisuuksina.

Tasapainoskenaario säilyttää myös keskeiset rajaukset, joita ei sovelleta maksimiskenaariossa. Aktiivisessa turvetuotannossa olevat alueet jätetään tarkastelun ulkopuolelle, käytöstä poistuneille turvetuotantoalueille sovelletaan turvekerroksen paksuuteen perustuvaa soveltuvuusseulontaa ja epävarmoihin kohteisiin liittyvissä oletuksissa noudatetaan varovaisuutta. Nämä rajaukset pienentävät saavutettavaa

enimmäispotentiaalia, mutta parantavat toimenpiteiden toteutettavuutta ja tulosten luotettavuutta.

Toimenpiteiden priorisointi perustuu oletukseen, että eri toimenpiteiden toteuttamiskustannukset hehtaaria kohden ovat samansuuruiset. Mikäli esimerkiksi viljelysmaiden vettämiseen liittyy merkittäviä korvaus-, infrastruktuuri- tai muita lisäkustannuksia, tulisi vaikutusarvioinnin rinnalla tarkastella myös toimenpiteiden kustannustehokkuutta. Lisäksi päästövähennysten vaikutus kasvaa ajan myötä, kun metaanin ilmastovaikutus pienenee suhteessa pitkäaikaiseen hiilen sitoutumiseen. Tästä syystä toimenpiteiden vaikutuksia tulee seurata myös niiden käyttöönoton jälkeen.

4.1. Metsämaa

Metsämaalla suositeltava lähestymistapa on kohdentaa toimenpiteet alueille, joilla vesitalouden parantaminen voidaan toteuttaa käytännössä ja joissa pohjaveden pinnan taso viittaa merkittävään päästövähennyspotentiaaliin. Ensisijaisina toimenpiteinä suositellaan poimintahakkuita ja harvennuksia kohteilla, joilla niiden avulla voidaan vähentää turvemaahan kohdistuvaa kuivatuspainetta ja samalla tukea vesitalouden luonnollista palautumista (Evans ym., 2021; Peltoniemi ym., 2023).

Pohjaveden pinnan syvyyttä kuvaava DTW-arvo on keskeinen metsämaan toimenpidesuosituksiin vaikuttava tekijä. Kohtalaisesti kuivatuilla alueilla voidaan soveltaa poimintahakkuita, harvennuksia tai kohdennettuja vesitaloustoimenpiteitä. Hyvin kosteilla alueilla vettäminen voi olla tarkoituksenmukainen vaihtoehto, mikäli olemassa olevia kuivatusrakenteita voidaan hallita tehokkaasti. Voimakkaasti kuivatuilla tai intensiivisesti hoidetuilla metsäalueilla vettämisen toteutettavuus ja saavutettavat hyödyt voivat olla epävarmempia, minkä vuoksi ne tulee arvioida tapauskohtaisesti ennen toteutusta (Evans ym., 2021; Hiraishi ym., 2014).

Turvetuotannon nykyinen tai aiempi käyttö vaikuttaa myös toimenpidesuosituksiin. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla toimenpiteiden soveltuvuutta tulee arvioida jäljellä olevan turvekerroksen paksuuden perusteella ennen ennallistamiseen tähtäävien toimenpiteiden toteuttamista. Kohteilla, joilla turvetta on riittävästi jäljellä ja olosuhteet tukevat ennallistamista, voidaan harkita vettämistä tai muita ennallistamistoimenpiteitä. Mikäli turvekerros on ohut tai ennallistamisen edellytykset ovat epävarmat, voi alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu olla tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto. Aktiivisessa turvetuotannossa olevia alueita ei tasapainoskenaariossa lähtökohtaisesti priorisoida ennallistamistoimenpiteisiin ennen tuotannon päättymistä ja alueen tulevan maankäytön suunnittelua (Lindsay & Clough, 2016; Räsänen ym., 2023).

Metsämaan toimenpiteiden ilmastohyöty perustuu ensisijaisesti turpeen hajoamisen hidastamiseen ja vesitalouden parantamiseen. Samalla voidaan säilyttää metsämaan tuotannollinen käyttö niillä alueilla, joilla se on tarkoituksenmukaista. Tämä on yhdenmukaista tasapainoskenaarion periaatteen kanssa, jossa pyritään yhdistämään päästövähennykset, maankäytön jatkuvuus sekä toimenpiteiden käytännön hyväksyttävyys.

Vaihtoehtoiset toimenpiteet voivat olla perusteltuja, mikäli paikalliset olosuhteet poikkeavat alueellisessa tarkastelussa käytetyistä oletuksista. Esimerkiksi vettäminen voi olla ensisijainen vaihtoehto kohteilla, joilla vesitalouden palauttaminen on teknisesti toteutettavissa eikä maankäytölle aiheudu merkittäviä rajoitteita. Vastaavasti nykyisen maankäytön jatkaminen tai alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu voivat olla tarkoituksenmukaisempia vaihtoehtoja kohteilla, joilla toimenpiteiden toteuttaminen olisi teknisesti tai taloudellisesti haastavaa tai niiden ilmastohyöty jäisi vähäiseksi.

4.2. Viljelysmaa

Viljelysmailla suositeltava lähestymistapa on kohdentaa toimenpiteet alueille, joilla pohjaveden pinnan tasoa voidaan nostaa ja turpeen hajoamista hidastaa ilman, että maankäytön tavoitteet estävät toimenpiteiden toteuttamisen. Suositeltavia toimenpiteitä ovat säätösalaojitus, osittainen vettäminen, täysvettäminen sekä kosteikkoviljely riippuen alueen vesitaloudesta, kuivatusasteesta ja käytännön toteutettavuudesta (Hiraishi ym., 2014; Bianchi ym., 2021; Evans ym., 2021).

Viljelysmaiden toimenpiteet perustuvat ensisijaisesti turpeen hajoamisen vähentämiseen nostamalla pohjaveden pintaa lähemmäksi maanpintaa. Säätösalaojitus ja osittainen vettäminen tarjoavat vaihtoehdon kohteille, joilla maataloustuotannon jatkuvuus halutaan säilyttää. Täysvettäminen ja kosteikkoviljely soveltuvat puolestaan alueille, joilla kosteammat tuotantomuodot ovat mahdollisia ja maanomistajien tavoitteiden mukaisia (Hiraishi ym., 2014; Bianchi ym., 2021).

Turvetuotannon nykyinen tai aiempi käyttö vaikuttaa myös viljelysmaiden toimenpidesuosituksiin. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla toimenpiteiden soveltuvuus tulee arvioida jäljellä olevan turvekerroksen paksuuden perusteella ennen ennallistamiseen tähtäävien toimenpiteiden toteuttamista. Mikäli ennallistamisedellytykset ovat heikot tai turvekerros on ohut, voi alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu olla tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto kuin välittömät toimenpiteet. Aktiivisessa turvetuotannossa olevia alueita ei tasapainoskenaariossa lähtökohtaisesti priorisoida ennallistamistoimenpiteisiin, koska käynnissä oleva tuotanto, maanomistajien tavoitteet sekä tuotannon aikataulut rajoittavat toimenpiteiden toteutettavuutta.

Viljelysmaihin kohdistuvat toimenpiteet muodostavat tasapainoskenaarion tärkeimmän päästövähennyskokonaisuuden. Vesitalouden hallinnalla voidaan merkittävästi vähentää turpeen hapettumista ja siitä aiheutuvia hiilidioksidi- ja dityppioksidipäästöjä. Samalla on kuitenkin huomioitava, että kosteammat olosuhteet voivat vaikuttaa metaanipäästöihin, viljelykasvien soveltuvuuteen, peltojen käyttömahdollisuuksiin sekä viljelyn käytännön toteutukseen (Bianchi ym., 2021; IUCN UK Peatland Programme, 2023). Näiden vaikutusten arviointi on tärkeä osa toimenpiteiden suunnittelua (Hiraishi ym., 2014; Evans ym., 2021).

Vaihtoehtoiset toimenpiteet voivat olla perusteltuja kohteilla, joilla vesitalouden muuttaminen heikentäisi merkittävästi alueen maatalouskäyttöä, viljelykasvien soveltuvuutta tai maanomistajien tavoitteiden toteutumista. Tällaisissa tapauksissa nykyisen maankäytön jatkaminen, säätösalaojitus tai alueen tulevan jälkikäytön

suunnittelu voivat olla tarkoituksenmukaisempia ratkaisuja kuin täysvettäminen tai kosteikkoviljely.

4.3. Ruohikkoalueet

Ruohikkoalueille suositeltava lähestymistapa on kasvillisuuden palauttaminen sekä rahkasammalen palauttaminen kohteilla, joilla vesitalous ja muut lähtöolosuhteet tukevat toimenpiteiden toteuttamista. Suositus perustuu siihen, että ruohikkoalueiden turvemaat voivat edelleen sisältää merkittäviä hiilivarastoja, joiden säilymistä voidaan tukea parantamalla turpeen pinnan kasvillisuuspeitteisyyttä ja vähentämällä turpeen hajoamista (Bou Melhem ym., 2025; Hiraishi ym., 2014).

Ruohikkoalueiden toimenpiteiden valintaan vaikuttavat erityisesti pohjaveden pinnan syvyyttä kuvaava DTW-luokka, alueen kuivatustila sekä mahdollisuudet palauttaa tai ylläpitää kosteille turvemaille tyypillistä kasvillisuutta. Kohteilla, joille mallinnus suosittelee kasvillisuuden tai rahkasammalen palauttamista, ilmastohyöty syntyy pääasiassa turpeen pinnan stabiloitumisesta, hiilen sitoutumisen lisääntymisestä sekä turpeen hapettumisen hidastumisesta (Hiraishi ym., 2014; Evans ym., 2021).

Turvetuotannon nykyinen tai aiempi käyttö vaikuttaa myös ruohikkoalueiden toimenpidesuosituksiin. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla toimenpiteiden soveltuvuus tulee arvioida jäljellä olevan turvekerroksen paksuuden perusteella ennen ennallistamiseen tähtäävien toimien toteuttamista. Mikäli turvekerrosta on riittävästi jäljellä ja alueen vesitalous tukee ennallistamista, voidaan kasvillisuuden palauttamista, rahkasammalen palauttamista tai näiden yhdistelmiä pitää tarkoituksenmukaisina vaihtoehtoina. Mikäli turvekerros on ohut tai alueen olosuhteet eivät tue kasvillisuuden palautumista, voi alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu tai vähäisempi toimenpidetaso olla tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto. Aktiivisessa turvetuotannossa olevia alueita ei tasapainoskenaariossa lähtökohtaisesti priorisoida ennallistamistoimenpiteisiin ennen tuotannon päättymistä (Lindsay & Clough, 2016; Räsänen ym., 2023).

Ruohikkoalueiden käyttö ja hoito voivat vaihdella merkittävästi alueiden välillä. Toimenpiteiden suunnittelussa tulee huomioida muun muassa alueen nykyinen kasvillisuus, mahdollinen laidunnus tai niitto, vesitalouden palauttamisen mahdollisuudet sekä maanomistajien tavoitteet. Joissakin tapauksissa nykyisen maankäytön jatkaminen voi olla tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto kuin aktiiviset ennallistamistoimenpiteet.

Ruohikkoalueiden toimenpidesuosituksia tulee pitää ensisijaisesti alueellisena priorisointityökaluna eikä kohdekohtaisena toteutussuunnitelmana. Ennen toimenpiteiden toteuttamista on suositeltavaa arvioida kohteen turvekerroksen paksuus, kasvillisuuden palautumismahdollisuudet, kuivatusrakenteet, vesitalouden hallinnan edellytykset sekä muut paikalliset rajoitteet. Näiden tietojen perusteella voidaan määrittää, soveltuuko kohteelle parhaiten kasvillisuuden palauttaminen, rahkasammalen palauttaminen, nykyisen maankäytön jatkaminen, alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu tai jokin muu tarkastelluista toimenpiteistä.

4.4. Kosteikot

Kosteikkojen turvemailla suositeltava toimintatapa on lähtökohtaisesti nykyisen vesitalouden ja kosteikkotoimintojen säilyttäminen. Mikäli alueen hydrologinen tila on hyvä eikä mallinnus osoita tarvetta aktiivisille toimenpiteille, ensisijaisena tavoitteena on välttää kuivattamista, muuta hydrologista heikentymistä sekä turvemaan häiriintymistä. Nykyisten kosteikko-olosuhteiden säilyttäminen tukee turpeeseen sitoutuneen hiilen säilymistä ja vähentää turpeen hajoamisen riskiä.

Joillakin alueilla voi kuitenkin olla mahdollisuuksia vesitalouden ennallistamiseen tai kosteikkojen toiminnan parantamiseen. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi alueet, joilla aiempi ojitus, muuttunut vesitalous tai kasvillisuuden heikentyminen ovat heikentäneet kosteikon toimintaa. Tällaisissa tapauksissa voidaan harkita vettämistä, kasvillisuuden palauttamista tai näiden yhdistelmiä. Tasapainoskenaariossa kosteikkoihin kohdistuvia toimenpiteitä tarkastellaan kuitenkin varovaisesti, koska monilla alueilla pohjaveden pinta on jo valmiiksi lähellä maanpintaa ja kosteikon hiilensidontaan liittyvät toiminnot ovat edelleen olemassa (Hiraishi ym., 2014).

Turvetuotannon nykyinen tai aiempi käyttö vaikuttaa myös kosteikkoalueiden toimenpidesuosituksiin. Käytöstä poistuneilla turvetuotantoalueilla toimenpiteiden soveltuvuutta tulee arvioida jäljellä olevan turvekerroksen paksuuden sekä alueen hydrologisen tilan perusteella ennen ennallistamiseen tähtäävien toimien käynnistämistä. Mikäli alueen olosuhteet tukevat ennallistamista, voidaan vettämistä, kasvillisuuden palauttamista tai niiden yhdistelmiä pitää tarkoituksenmukaisina vaihtoehtoina. Jos turvekerros on ohut, kosteikkotoiminnot ovat jo palautuneet tai ennallistamisen toteutettavuuteen liittyy epävarmuutta, voi alueen tulevan jälkikäytön suunnittelu tai nykytilan säilyttäminen olla tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto. Aktiivisessa turvetuotannossa olevia alueita ei tasapainoskenaariossa lähtökohtaisesti priorisoida ennallistamistoimenpiteisiin ennen tuotannon päättymistä ja alueen tulevan käytön arviointia (Lindsay & Clough, 2016; Räsänen ym., 2023; Hiraishi ym., 2014).

Kosteikoiden ilmastohyöty perustuu ensisijaisesti olemassa olevien hiilivarastojen säilyttämiseen ja turpeen hajoamisen ehkäisemiseen. Korkea pohjaveden pinta rajoittaa turpeen hapettumista, mikä auttaa säilyttämään maaperään sitoutunutta hiiltä pitkällä aikavälillä. Alueilla, joilla ennallistaminen on perusteltua, voidaan saavuttaa lisähyötyjä vesitalouden palautumisen ja kasvillisuuden elpymisen kautta. Näiden vaikutusten suuruus tulee kuitenkin arvioida kohdekohtaisesti eikä niitä tule olettaa automaattisesti kaikille kosteikkoalueille (Hiraishi ym., 2014; Evans ym., 2021).

Kosteikkoalueilla myös nykyisen tilan säilyttäminen voi olla tarkoituksenmukainen ratkaisu. Mikäli alueen hydrologinen tila on hyvä, toimenpiteet lisäisivät toteutusriskiä tai paikalliset luonnonhoidolliset, lainsäädännölliset tai maanomistukseen liittyvät tekijät rajoittavat toimenpiteiden toteutusta, voi nykytilan ylläpitäminen olla paras vaihtoehto. Lopulliset toimenpidepäätökset tulisi tehdä kohdekohtaisen hydrologisen ja ekologisen tarkastelun perusteella ennen käytännön toteutusta.

Lähteet

Bianchi, A., Larmola, T., Kekkonen, H., Saarnio, S., & Lång, K. (2021). Review of greenhouse gas emissions from rewetted agricultural soils. Wetlands, 41(8), Article 108. https://doi.org/10.1007/s13157-021-01507-5

Bou Melhem, R., Jourdain, L., Gogo, S., Leroy, F., Jacotot, A., Moquet, J.-S., Laggoun-Défarge, F., & Guimbaud, C. (2025). Rewetting is not enough: Sphagnum transplants promote lowering of greenhouse-gas emissions in peatlands. Restoration Ecology. https://doi.org/10.1111/rec.70224

Cain, M., Lynch, J., Allen, M. R., Fuglestvedt, J. S., Frame, D. J., & Macey, A. H. (2019). Improved calculation of warming-equivalent emissions for short-lived climate pollutants. npj Climate and Atmospheric Science, 2, Article 29. https://doi.org/10.1038/s41612-019-0086-4

Evans, C. D., et al. (2021). Overriding water table control on managed peatland greenhouse gas emissions. Nature, 593(7860), 548–552. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03523-1

Geological Survey of Finland (GTK). (n.d.). After-use of peat extraction sites. https://www.gtk.fi/en/services/after-use-of-peat-extraction-sites/

Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebsch, F., & Couwenberg, J. (2020). Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. Nature Communications, 11, Article 1644. https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z

Hiraishi, T., et al. (Eds.). (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4. Agriculture, forestry and other land use. Institute for Global Environmental Strategies. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/

IUCN UK Peatland Programme. (2023). Peatlands and development. https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/

IUCN UK Peatland Programme. (2023). Principles for sustainable peatland paludiculture. Global Peatlands Initiative. https://globalpeatlands.org/

Kajasilta, H., Gerin, S., Niiranen, M., Läpikivi, M., Liimatainen, M., Kraus, D., Vekuri, H., Korkiakoski, M., Kulmala, L., Liski, J., & Vira, J. (2026). The effects of peat thickness and water table depth on CO_2 and N_2O emissions from agricultural peatlands: A process-based modelling approach. Biogeosciences, 23, 3567–3592. https://doi.org/10.5194/bg-23-3567-2026

Lehtonen, A., Eyvindson, K., Härkönen, K., Leppä, K., Salmivaara, A., Peltoniemi, M., Salminen, O., Sarkkola, S., Launiainen, S., Ojanen, P., Räty, M., & Mäkipää, R.

(2023). Potential of continuous cover forestry on drained peatlands to increase the carbon sink in Finland. Scientific Reports, 13, Article 15510. https://doi.org/10.1038/s41598-023-42315-7

Lindsay, R. A., & Clough, J. (2016). A review of the influence of ombrotrophic peat depth on the successful restoration of bog habitat (Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 925). Scottish Natural Heritage.

Maanavilja, L., Allonen, O., Aro, L., Sutinen, H., Vähäkuopus, T., & Laine, A. M. (2026). Peat cutaway properties define after-use options and capacity for climate regulation. Environmental Management, 76(5), Article 163. https://doi.org/10.1007/s00267-026-02446-9

Metsä Group. (n.d.). Sustainable forest management in peatlands. https://www.metsagroup.com/metsaforest/sustainability/regenerative-forestry/forest-management-in-peatlands/

Ministry of Agriculture and Forestry. (2007). Greenhouse impacts of the use of peat and peatlands in Finland: Research programme final report (Publication 11a/2007). https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453394-2

Natural Resources Institute Finland. (n.d.). Ecological restoration of boreal peat extraction sites: The effects on greenhouse gas emissions, mire vegetation and recipient streams (ENARI). https://www.luke.fi/en/projects/enari

Natural Resources Institute Finland. (n.d.). Peatland rewetting in nitrogen-contaminated environments: Synergies and trade-offs between biodiversity, climate, water quality and society (PRINCESS). https://www.luke.fi/en/projects/princess

NatureScot. (n.d.). Guidance on how to restore peatland once commercial peat extraction has ceased. https://www.nature.scot/doc/guidance-how-restore-peatland-once-commercial-peat-extraction-has-ceased

Niiranen, M., Kulmala, L., Läpikivi, M., Vekuri, H., Joki-Tokola, E., Lötjönen, T., Marttila, H., Lohila, A., Liski, J., & Liimatainen, M. (2026). Impact of peat depth on soil conditions, plant growth, and greenhouse gas emissions on a boreal agricultural drained peatland. Agriculture, Ecosystems & Environment, 405, Article 110400. https://doi.org/10.1016/j.agee.2026.110400

Peltoniemi, M., Li, Q., Turunen, P., Tupek, B., Mäkiranta, P., Leppä, K., Müller, M., Rissanen, A. J., Laiho, R., Anttila, J., Jauhiainen, J., Koskinen, M., Lehtonen, A., Ojanen, P., Pihlatie, M., Sarkkola, S., Vainio, E., & Mäkipää, R. (2023). Soil GHG dynamics after water level rise: Impacts of selection harvesting in peatland forests. Science of the Total Environment, 901, Article 165421. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165421

PRINCESS Project. (2025). Rewetting drained peat soils is necessary for climate neutrality in Finland (Policy Brief). Greifswald Mire Centre. https://www.greifswaldmoor.de/

Räsänen, A., et al. (2023). After-use of peat extraction sites: A systematic review of biodiversity, climate, hydrological and social impacts. Science of the Total Environment, 882, Article 163583. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163583

Saari, A., Palviainen, M., Niemi, M. T., & Laurén, A. (2025). Impacts of reduced ditch network maintenance and ditch shallowing on ecosystem services of peatland forests in Finland. Silva Fennica, 59(3), Article 25032. https://doi.org/10.14214/sf.25032

Statistics Finland. (2026). Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2024: National inventory document under the UNFCCC and Paris Agreement. Statistics Finland. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/FI_NID_UNFCCC_BTR2_2024_2026-04-15.pdf

Tanneberger, F., Abel, S., Couwenberg, J., Dahms, T., Gaudig, G., Günther, A., Kreyling, J., Peters, J., Pongratz, J., & Joosten, H. (2021). Towards net zero CO_2 in 2050: An emission reduction pathway for organic soils in Germany. Mires and Peat, 27, Article 05. https://doi.org/10.19189/MaP.2020.SNPG.StA.1951

Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R.-L., Vartiainen, S., Herranen, T., & Jokisaari, R. (2003). Suomen turvevarat 2000: Summary: The peat reserves of Finland in 2000 (Report of Investigation 156). Geological Survey of Finland (GTK).

Widyastuti, M. T., Minasny, B., Padarian, J., Maggi, F., Aitkenhead, M., Beucher, A., Connolly, J., Fiantis, D., Kidd, D., Ma, Y., Macfarlane, F., Robb, C., Rudiyanto, Setiawan, B. I., & Taufik, M. (2025). Digital mapping of peat thickness and carbon stock of global peatlands. CATENA, 258, Article 109243. https://doi.org/10.1016/j.catena.2025.109243

Wilson, D., Mackin, F., Tuovinen, J.-P., Moser, G., Farrell, C., & Renou-Wilson, F. (2022). Carbon and climate implications of rewetting a raised bog in Ireland. Global Change Biology, 28(21), 6349–6365. https://doi.org/10.1111/gcb.16359