



Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan

29.11.2024

maa- ja metsätalousministeriö

Tapio Oy (jäljempänä Tapio) vastaa palvelun toteuttajana ja raportin laatijana siitä, että raportti on laadittu ammattitaitoisesti, huolellisesti ja alalla vallitsevaa hyvää ammattikäytäntöä noudattaen. Raportti vastaa tilannetta sen antamishetkellä, eikä Tapio siten ole vastuussa myöhemmin esim. olosuhteiden muuttumisesta johduneista seikoista. Toimeksiannon suorittamista varten Tapio on saanut toimeksiantajalta tai kolmansilta aineistoa ja laskentamalleja, joiden oikeellisuuteen ja todenmukaisuuteen Tapio on luottanut ilman eri tutkimusta tai todentamista, ellei kyse ole aineistosta, jonka oikeellisuuden tai todenmukaisuuden selvittäminen on nimenomaisesti kuulunut toimeksiantoon.

Tapio ei vastaa missään tapauksessa raportin välillisistä eikä epäsuorista vahingoista. Tapion vastuu rajoittuu kaikissa tapauksissa sille toimeksiannosta maksettuun määrään, ellei Tapion osoiteta menetelleen tahallisesti tai törkeän tuottamuksellisesti. Kolmannella taholla on oikeus luottaa lausuntoon vain siinä tarkoituksessa, mihin lausunto on nimenomaisesti pyydetty. Tapion vastuu kolmatta tahoa kohtaan ei voi olla suurempi, kuin mitä se on lausunnon pyytäneellä taholla kohtaan.

Samuli Joensuu, Maija Kauppila, Asmo Hyvärinen, Matias Virta ja Mari Pänkäläinen (Tapio Oy), Sakari Sarkkola (Luonnonvarakeskus) sekä Juha Jämsén (Suomen metsäkeskus) 2024. Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan, Tapion julkaisu

© Tapio Oy

Työn tilaaja: maa- ja metsätalousministeriö

HANKKEEN ESITTELY	3
PERUSTIEDOT HANKKEESTA	3
HANKKEEN TAUSTA JA TAVOITTEET	3
YHTEENVETO HANKKEESTA	4
HANKKEEN TOTEUTUS JA TOTEUTUSVAIHEEN ARVIOINTI	7
MENETELMÄT JA AINEISTOT	7
AIKATAULU JA RESURSSIT	15
KUSTANNUKSET JA RAHOITUS	16
RAPORTOINTI, JULKAISUT JA SEURANTA	16
TOTEUTUSVAIHEEN ARVIOINTI	16
TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	17
TULOSTEN ESITTELY	17
Vedenpinnan taso ennen vesienpalautusta ja toimenpiteen vaikutukset	17
Kasvihuonekaasumittaukset (maahengityksen CO ₂ ja metaani (CH ₄))	19
Vesienpalautuksen vaikutus puuston kasvuun	20
Vesienpalautuksen pitkän ajan vaikutukset vedenpinnan tasoon, puustoon ja hiilitaseisiin	24
Johtopäätökset	29
TULOSTEN VIEMINEN KÄYTÄNTÖÖN	30
TULOSTEN MERKITYS JA JATKOTOIMENPITEET	30
LÄHTEET	31

Hankkeen esittely

Perustiedot hankkeesta

Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan (Hiili-Vespa) -hanke oli maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuudesta rahoittama hanke. Hankkeen vastuutahona toimi Tapio Oy. Hanke toteutettiin yhteistyössä Suomen metsäkeskuksen ja Luonnonvarakeskuksen kanssa. Hanke alkoi 1.3.2022 ja se päättyi 30.11.2024.

Hankkeen tausta ja tavoitteet

Vesienpalautus suojelusoille on toimintamalli, jolla parannetaan suojelualueilla aiempien ojitusten seurauksena kuivahtaneen osan elinympäristön tilaa. Vettyminen parantaa suokasvillisuuden palautumista suojelusuon kuivahtaneelle alueelle. Toimenpiteellä on tärkeä merkitys suoalueen monimuotoisuuden kehittämisessä ja erityisesti suon hiilensidontakyvyn parantumisessa. Vesienpalautus toteutetaan käytännössä siten, että suojelualueen rajojen ulkopuolelta, usein yksityismailta ojien kunnostuksen tai maanmuokkauksen yhteydessä, kaivetaan johdeoja tai -ojia suojelualueen puolelle, jolloin vesi virtaa suolle suojelualueen sisälle.

Vesienpalauttamisen suunnittelua ja toteutusta sujuvoittaa, kun vesienpalautusjohdeojien paikat ovat toimijoilla etukäteen tiedossa. Helmi-elinympäristöohjelman rahoittamalla VESPA-työohjelma -kartoitushankkeella on tehty maastossa suunnitelmat johdeojien paikoille maanpinnan korkeutta mittaamalla ja ojavesien määrää ja kulkua kartoittamalla. Suunnittelija pystyy etukäteiskartoituksessa kerättyjen korkeuspistetietojen perusteella varmentamaan tarvittavien johdeojien paikat maastoon ja esittämään vesienpalautusmahdollisuuden maanomistajille. Korkeustietojen perusteella voidaan samalla arvioida myös mahdolliset riskit vettymishaitoista. On ratkaisevaa, että maanomistajat saadaan innostumaan vesienpalautuksen toteutuksesta ja vakuuttumaan vesienpalautuksesta vettymisriskeistä huolimatta, jotta vesienpalautuksen avulla pystytään saavuttamaan ohjelmalle asetetut ilmastotavoitteet.

Maankäyttösektorin Nappaa hiilestä kiinni –ilmastotoimenpidekokonaisuuden tavoitteena on vähentää maankäyttösektorin kasvihuonekaasupäästöjä ja vahvistaa ja ylläpitää hiilinieluja ja varastoja. Hiili-Vespa-hanke toteutti ohjelman tavoitetta etsimällä ratkaisuja ja osoittamalla menetelmiä metsien hiilinielujen ja varastojen vahvistamiseksi edistämällä metsien kasvukykyä ja terveyttä ilmastokestävän metsien hoidon ja käytön avulla. Hiili-Vespa-hankkeen tavoitteena oli selvittää, miten vesienpalautus vaikuttaa suojelualueen välittömässä läheisyydessä olevan talousmetsän pohjaveden pinnan tasoon, ja mitkä ovat mahdollisen vedenpinnannousun vaikutukset talousmetsän puuston kasvuun ja hiilensidontaan, huomioiden myös turpeeseen varastoituneen hiilen käyttäytyminen vettyvissä olosuhteissa. Tavoitteena oli arvioida vesienpalautuksesta aiheutuvaa haittaa puuston kasvun kannalta ja tarkastella onko mahdollista arvioida muutosten taloudellista arvoa. Tämä tieto on tärkeä muun muassa neuvottelussa maanomistajan kanssa vesienjohtamismahdollisuuksista suometsienhoidon suunnittelun yhteydessä.

Vesienpalautuksen kehittämiseen liittyneissä aiemmissa hankkeissa on tuotettu toimintamalleja siihen, miten vesienpalautus toteutetaan käytännössä. Samoin maanomistajien kanssa käytäviä neuvotteluja varten on laadittu sopimusmalleja vesienpalautuksen toteutukseen ja mahdollisiin korvauskäytäntöihin. Hiili-Vespa -hankkeessa tuotettiin tietoa, jonka pohjalta on mahdollista muokata näitä toiminta- ja sopimusmalleja ja arvioida mahdollisten haittojen korvauserusteita.

Yhteenvedo hankkeesta

Tiivistelmä suomeksi

Vesienpalautuksen vaikutukset talousmetsien hiilensidontaan - Hiili-Vespa -hankkeessa (2022-2024) selvitettiin vesienpalautuksen vaikutuksia sekä vesienpalautuksen kohdealueen, että sen välittömässä läheisyydessä olevan talousmetsän hydrologiaan. Kasvihuonekaasupäästöihin, hiilitaseeseen ja puuston kasvuun. Tarkemmalla tiedolla näistä vaikutuksista voidaan tarkastella suojelualueen ulkopuolisen alueen vettymisriskejä sekä parantaa vesienpalautuksen suunnittelua huomioiden vedenpinnan nousun vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin.

Vesienpalautuksen vaikutusten seuranta perustui suojellulta suoalueelta talousmetsän puolelle ulottuviin vedenpinnan tason seurantoihin, kasvihuonekaasumittauksiin (maahengityksen hiilidioksidipäästöt (CO₂) sekä metaanipäästöt (CH₄)), puustomittauksiin sekä neulasanalyysiin mäntyvaltaisissa puustoissa. Mittaukset toteutettiin vuosina 2022-2024 viidellä pilottikohteella, joilla toteutettiin vesienpalautustoimet hankkeen aikana. Hydrologiaa ja kasvihuonekaasupäästöjä mitattiin ennen ja jälkeen vesienpalautustoimien. Näiden lisäksi seurattiin vesienpalautuksen pitkäaikaisvaikutuksia puuston kasvuun ja tuotokseen 10-40 vuotta sitten toteutetuilla 13 vesienpalautuskohteella. Vesienpalautuksen pitkäaikaisvaikutuksia vedenpinnan tasoon ja kasvupaikan hiilitaseeseen vesienpalautusalueen viereisessä talousmetsässä mallinnettiin SUSI-suosimulaattorilla.

Tutkimuksen mukaan vesienpalautuksella on vaikutuksia vedenpinnan tasoon sekä puuston kasvuun ja maaperän kasvihuonekaasupäästöihin. Vedenpinnan nousu vaihteli alueen topografiasta riippuen, ja talousmetsässä se oli keskimäärin 10–30 cm. Tämä vaikuttaa jonkin verran puuston kasvuun, mutta vaikutukset jäivät kuitenkin melko pieniksi ja rajatuiksi ja ne riippuvat kasvupaikasta, puuston määrästä ja vesienpalautusta edeltävästä puuston kasvun tasosta. Vesienpalautuksen vaikutuspiirissä puuston kasvu oli pitkäaikaisesti jonkin verran heikompaa verrattuna kuiviin ojitusalueisiin, mutta merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat luonnontilaisen ja ojitetun alueen reunavyöhykkeelle, joiden puuntuotos on muutoinkin alhainen.

Puuston ravinnetilassa ei havaittu merkittäviä eroja vesienpalautuksen vaikutuspiirissä olevan ja vaikutuspiirin ulkopuolisen talousmetsän välillä. Simuloinnit ja mittaukset osoittivat, että vesienpalautus voi vähentää pitkällä tähtäimellä maaperän CO₂-päästöjä talousmetsissä, mutta vaikutus on aluekohtainen ja sääolosuhteista riippuvainen. Vesienpalautus voi alkuvaiheessa nostaa kasvihuonekaasupäästöjä kohdealueelta.

Kasvihuonekaasumittausten perusteella erityisesti alkuvaiheessa metaanipäästöt voivat nousta merkittävästikin. Mittausjakson lyhydestä johtuen ei pystytty selvittämään, onko tämä tilapäistä vai pysyvää, jossa vesienpalautusalueen metaanipäästöt ovat saavuttaneet vastaavilla suoalueilla esiintyvän luontaisen tason. Ojitusten aikanaan aiheuttama suon kuivuminen on väistämättä aikoinaan laskenut myös metaanipäästöjen tasoa.

Hankkeessa tuotettiin kirjallisuuskatsaus ”Vettymisen vaikutukset turvemaakosysteemiin”.

Hanke toteutettiin yhteistyössä Tapion, Luonnonvarakeskuksen ja Suomen metsäkeskuksen kanssa. Hankkeen projektipäällikkönä toimi Samuli Joensuu. Hiili-Vespa-hanketta rahoitti maa- ja metsätalousministeriön Hiilestä kiinni – ilmastotoimenpidekokonaisuus. Hankkeen budjetti oli toteuttajien osalta seuraava: Tapio 194 000 €. Suomen metsäkeskus 49 620 € ja Luonnonvarakeskus 226 689 € (omarahoi-tusosuus 67 929 €).

Tiivistelmä englanniksi

Effects of water reclamation on carbon sequestration in commercial forests - The Hiili-Vespa project (2022-2024) studied the effects of water reclamation on the hydrology, greenhouse gas emissions, carbon balance and tree growth of both the target area and the commercial forest in its immediate vicinity. More detailed information on these impacts would help to reduce the risk of waterlogging outside the reserve and improve the design of water reclamation, taking into account the impact of rising water levels on greenhouse gas emissions.

The project was based on water level monitoring from the protected area to the commercial forest, greenhouse gas measurements (carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄) emissions from soil respiration), tree measurements and needle analysis in pine stands. Measurements were carried out at five test sites where dewatering measures were implemented during the project. Hydrology and greenhouse gas emissions were measured before and after the water restoration measures. In addition, the long-term effects of water restoration on stand growth and yield were monitored at 13 water restoration sites implemented between 10 and 40 years ago. The long-term effects of water restoration on water level and site carbon balance in a commercial forest adjacent to a water restoration site were modelled using the SUSI co-simulator.

The study shows that water reclamation has effects on water level, tree growth and soil greenhouse gas emissions. Water level rise varied depending on the topography of the area, with an average of 10-30 cm in the commercial forest. This has some impact on stand growth, but the effects remain relatively small and limited, depending on the site. the amount of stand and the level of stand growth prior to dewatering. In the area affected by rewetting, long-term tree growth was somewhat lower than in dry drainage areas, but the most significant effects are in the peripheral zone between the natural and drained areas, where tree production is already low.

No significant differences in the nutrient status of the stand were observed between the affected and dry commercial forest. Simulations and measurements showed that water reclamation can reduce soil CO₂ emissions in commercial forests in the long term. but the effect is site-specific and dependent on weather conditions. Initially, water reclamation may increase greenhouse gas emissions from the target area.

Greenhouse gas measurements indicate that methane emissions may increase significantly, especially in the initial phase. Due to the short measurement period. it was not possible to determine whether this is temporary or permanent, where methane emissions in the recharge area have reached the natural level found in similar wetlands. The drainage of the marsh over time due to drainage will inevitably have reduced the level of methane emissions over time.

The project produced a literature review on "The effects of waterlogging on peatland ecosystems".

The project was carried out in cooperation with Tapio, The Natural Resources Institute Finland and The Finnish Forest Institute. The project manager was Samuli Joensuu. The project was funded by the Ministry of Agriculture and Forestry's Catch the carbon - Programme. which aims to reduce greenhouse gas emissions from agriculture, forestry and other land use and to strengthen carbon sinks. The project budget was € 194 000 from Tapio, € 49 620 from The Finnish Forest Centre and € 236 067 from The Natural Resources Institute Finland (self-financing € 67 929).

Tiivistelmä ruotsiksi

I projektet Effekter av återföring av vatten på kolbalansen i ekonomiskogar (Hiili-Vespa, 2022-2024) studerades effekterna av vattenåterföring på hydrologi, utsläpp av växthusgaser, kolbalans och trädbeståndets tillväxt både inom området som behandlades och ekonomiskogen i områdets omedelbara närhet. Exaktare information om dessa effekter kan bidra till att minska risken för försumpning utanför skyddsområdet och till att förbättra planeringen av vattenåterföringen, då man samtidigt kan beakta hur höjningen av vattennivån påverkar utsläppen av växthusgaser.

Förverkligandet av projektet baserades på övervakning av vattennivån inom både det skyddade området och ekonomiskogen intill, på mätningar av växthusgaser (utsläpp av koldioxid (CO₂) och metan (CH₄) från marken), på mätningar av trädbeståndet samt på barranalys i talldominerade bestånd. Mätningar utfördes på fem provobjekt, dit man återförde vatten under projektet. På objekten gjordes hydrologiska mätningar och utsläppen av växthusgaser mättes före och efter vattenåterföringsåtgärderna. Dessutom följde man upp de långsiktiga effekterna av vattenåterföring på beståndstillväxt och virkesproduktion på 13 objekt, dit man återfört vatten för mellan 10 och 40 år sedan. De långsiktiga effekterna av vattenåterföring på vattennivån och växtplatsens kolbalans i ekonomiskogen intill vattenåterföringsobjekten modellerades med hjälp av torvmarkssimulatoren SUSI.

Studien visar att vattenåterföring har effekter på vattennivån, trädbeståndets tillväxt och utsläpp av växthusgaser från marken. Höjningen av vattennivån varierade beroende på topografin i området, med ett genomsnitt på 10–30 cm i ekonomiskogen. Detta inverkar i viss mån på trädbeståndets tillväxt, men effekterna är relativt små och begränsade, beroende på växtplatsen samt på beståndsvolymen och tillväxten före återförandet av vatten. I det område som påverkades av återföringen av vatten var den långsiktiga beståndstillväxten något lägre än i de torra dikningsområdena, men de mest betydande effekterna kan noteras i kantzonen mellan områden i naturtillstånd och dikade områden, där virkesproduktionen är låg också i utgångsläget.

Inga signifikanta skillnader i beståndets näringstillstånd observerades då man jämförde områden som påverkas av återföringen med den torra ekonomiskogen. Simuleringar och mätningar visade att vattenåterföring kan minska CO₂-utsläppen från marken i ekonomiskogar på lång sikt, men effekten är plats-specifik och beroende av väderförhållandena. Initialt kan vattenåterföring öka utsläppen av växthusgaser.

Mätningarna av växthusgasutsläpp visar att metanutsläppen kan öka betydligt, särskilt i början. På grund av den korta mätperioden var det inte möjligt att avgöra om detta är tillfälligt eller permanent, där metanutsläppen i återföringsområdet har nått de naturliga nivåer som finns i liknande våtmarker. Den ursprungliga dikningen av torvmarken har oundvikligen också minskat utsläppen av metan.

Som en del av projektet gjordes en litteraturstudie: "Effekterna av vätning på torvmarksekosystem".

Projektet genomfördes som ett samarbete mellan Tapio, Naturresursinstitutet och Finlands skogscentral. Samuli Joensuu fungerade som projektchef. Hiili-Vespa projektet finansierades av jord- och skogsbruksministeriets klimatåtgärdshelhet Fånga kolet. Projektets budget var: Tapio 194 000 €, Finlands skogscentral 49 620 € och Naturresursinstitutet 236 067 € (egenfinansieringsandel 67 929 €).

Hankkeen toteutus ja toteutusvaiheen arviointi

Menetelmät ja aineistot

Työpaketti 1 Taustatiedon kokoaminen

Hankkeen taustatiedoksi koottiin kirjallisuuteen perustuva katsaus vettymisen vaikutuksista turvema-ekosysteemiin. Katsauksessa tarkasteltiin vettymistä sekä suojelun näkökannalta, että talousmetsän osalta hyvän metsänhoidon ja monimuotoisuuden kannalta. Kerätty taustatieto yhdistettiin hankkeen tulosten kanssa synteesiraportiksi vesienpalautuksen kokonaisvaikutuksista. vaikutuksista metsänkasvatuksen edellytyksiin vesienpalautuksen vaikutusalueella sekä menetelmän ja metsätalouden yhteensovittamisesta. Työpaketin tuloksena syntyi kirjallisuuteen perustuva raportti: Vettymisen vaikutukset turvema-ekosysteemiin¹.

Työpaketti 2 Pilottikohteiden valinta ja rakentaminen

Kohteiden valinta

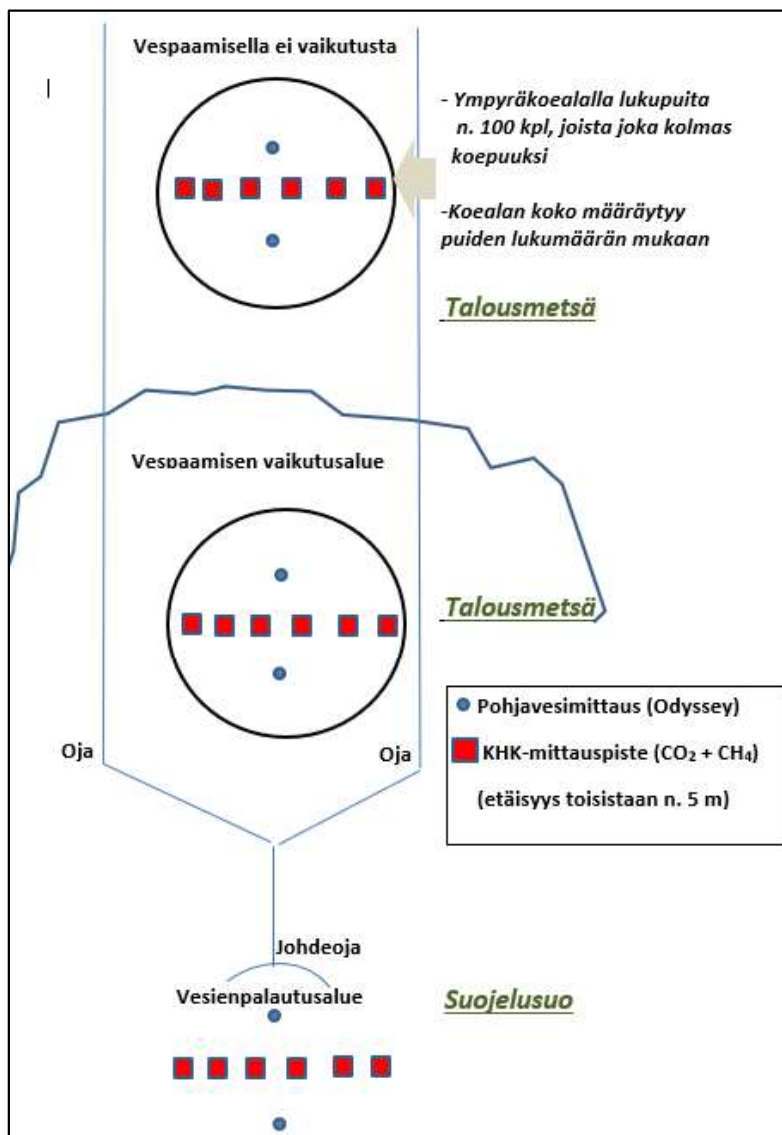
Vesienpalautuksen vaikutusten seurantaan valittiin viisi kohdetta eri puolilta Suomea. Pilottikohteiksi valittiin sellaiset alueet, joille oli olemassa valmiit suunnitelmat ja aikataulut käytännön vesienpalautustoimenpiteiden toteuttamisesta ensimmäisen hankevuoden aikana (2022). Kohteet olivat Enäsuu Kouvolassa, Hillikkosuo ja Iso Särkisuo Utajärvellä, Pesäneva Sievissä ja Kurkisuo Pielavedellä (Kuva 6). Vesienpalautuskohteet olivat Kurkisuo lukuun ottamatta suojelualueita. Kurkisuo on Metsähallituksen Metsätalous Oy:n hallinnoima metsätalouden ulkopuolelle jätetty ojittamaton suo. Kullekin kohteelle sijoitettiin kolme koealaa (ympyräkoalat), joilta mitattiin pohjavedenpintaa ja turvemaan kasvihuonekaasupäästöjä vesienpalautuksen vaikutusten todentamiseksi. Koealoilta tehtyjä mittauksia hyödynnettiin myös SUSI-mallintamisessa sekä hydrologisessa mallinnuskokeilussa (Pesäneva). Koealat rajattiin siten, että niissä olisi yhteensä n. 100 kpl rinnankorkeusmitaltaan yli 8 cm paksuista puuta.

Taulukko 1 Uudet pilottikohteet.

Pilottikohde	Kunta	Käsittely	Pääpuulaji	Vesienpalautus
Pesäneva	Sievi	vedenpalautus	mänty	11/2022
Iso Särkisuo	Utajärvi	vedenpalautus	mänty	2/2023
Hillikkosuo	Utajärvi	vedenpalautus	mänty	2/2023
Kurkisuo	Pielavesi	vedenpalautus	kuusi/mänty	3/2023
Enäsuu	Kouvola	vedenpalautus	mänty	8/2023

Ennen vesienpalautusta, kullekin pilottikohteelle perustettiin kolme koekenttää ja niiden ympärille talousmetsän puolelle metsikkökoalat. Koekentät sijoittuvat varsinaiselle vesienpalautusalueelle luonnontilaiselle tai ennallistettavalle suolle, vesienpalautuksen välittömälle vaikutusalueelle talousmetsään sekä alueelle, jolle vesienpalautuksen aiheuttamien hydrologisten muutosten ei ole laskettu ulottuvan (Kuva 1).

¹ <https://tapio.fi/aineistopankki/julkaisut-ja-raportit/>

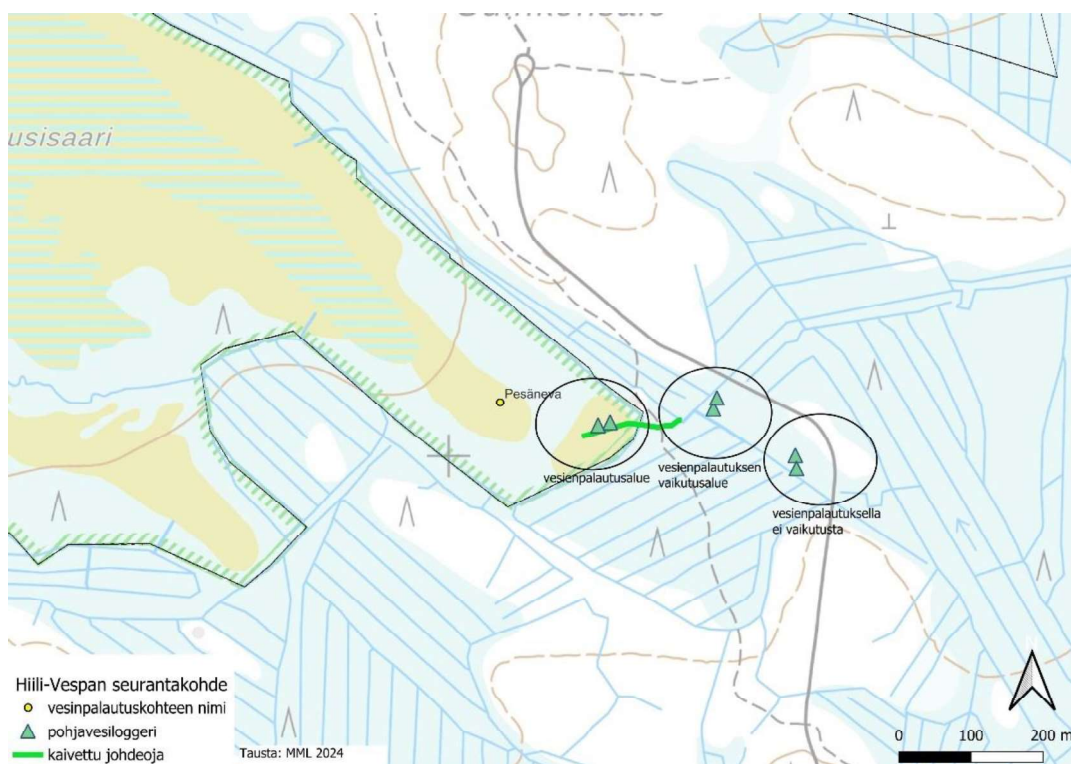


Kuva 1 Periaatepiirros Hiili-Vespa -hankkeessa perustetuista koasetelmista eli puustokoealojen, pohjavesi- ja kasvihuonekaasumittauspisteiden sijoittelusta vesienpalautusalueelle sekä vesienpalauksen vaikutuspiirissä olevaan että vaikutusalueen ulkopuoliseen talousmetsään.

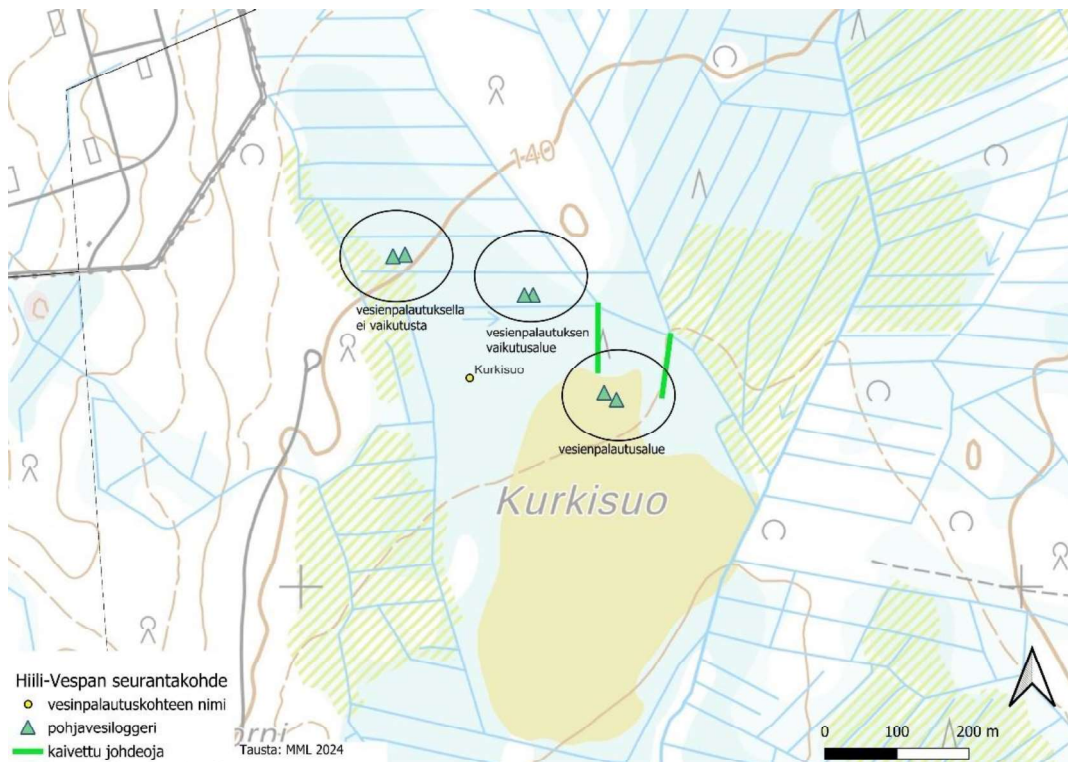
Koealat sijoitettiin kasvupaikkatyypiltään ja puuston kehitysluokaltaan suurin piirtein samanlaisiin kohtiin. Yksi koealoista sijoitettiin varsinaiselle vesienpalautusalueelle johdeuoman suunnitellun päätepis-teen läheisyyteen (puuton tai vähäpuustoinen alue), toinen vesienpalautuksen eli vedenpinnan nousun vaikutuspiiriin vieressä olevaan talousmetsään, jossa vesienpalautuksen odotettiin paikkatietoanalyysin perusteella aiheuttavan vedenpinnan nousua ja kolmas koeala perustettiin ojitusaluemetsään, joka si-jaitsi korkeusasemaltaan sen verran ylempänä, että vesienpalautustoimien hydrologisten vaikutusten ei laskettu ulottuvan sinne (Kuva 2. Kuva 3. Kuva 4. Kuva 5). Suomensäkoalojen kasvupaikkatyypit edusti-vat puolukka- ja varputurvekankaan (Ptkg II, Vatkg II) kasvupaikkatyyppejä ja varsinaiset vesienpalautus-alat rahka-, lyhytkorsi- ja rimpinevoja. Kaikki pilottikohteet kuuluvat laajemmassa mittakaavassa aa-pasoiden suoyhdistymätyyppiin.

Kohteiden instrumentointi

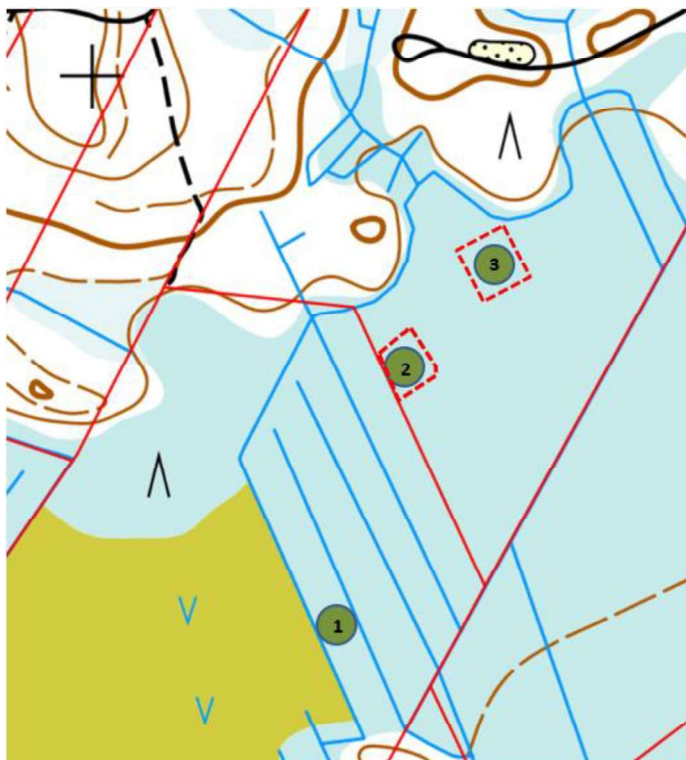
Kaikkien kohteiden koealoille sijoitettiin 2 kpl Odyssey-pohjavesiloggereita (yhteensä 6 kpl/kohdealue) pohjavedenpinnan tason ja sen muutosten seuraamiseksi. Kohteista kaksi eli Hillikkosuo ja Enäsuu olivat ns. Intensiivikohteita, joilla toteutettiin kasvihuonekaasumittauskampanjat. Muilla kokeilla seurattiin pohjavedenpintaa puustomittausten lisäksi. Kasvihuonekaasumittaukset toteutettiin Hillikkosuolla ja Enäsuolla siten, että kullekin koealalle perustettiin 6 kpl juurieristettyjä 70 cm*70 cm kokoisia maahengityksen (CO₂) mittauspisteitä, joista oli poistettu elävä vihreä kasvillisuus sekä niiden viereen metaanin (CH₄) ja autotrofisen eli kokonaishengityksen mittauspisteet, joissa pintakasvillisuuteen ei ole koskettu (Kuva 1). Kaikki mittauspisteet sijoitettiin siten, että ne edustivat mahdollisimman hyvin alueen hydrologisen gradientin ominaispiirteitä (kuivemmat varpu- ja märemmät sammalpinnot, ojan vierustat, saran keskiosat).



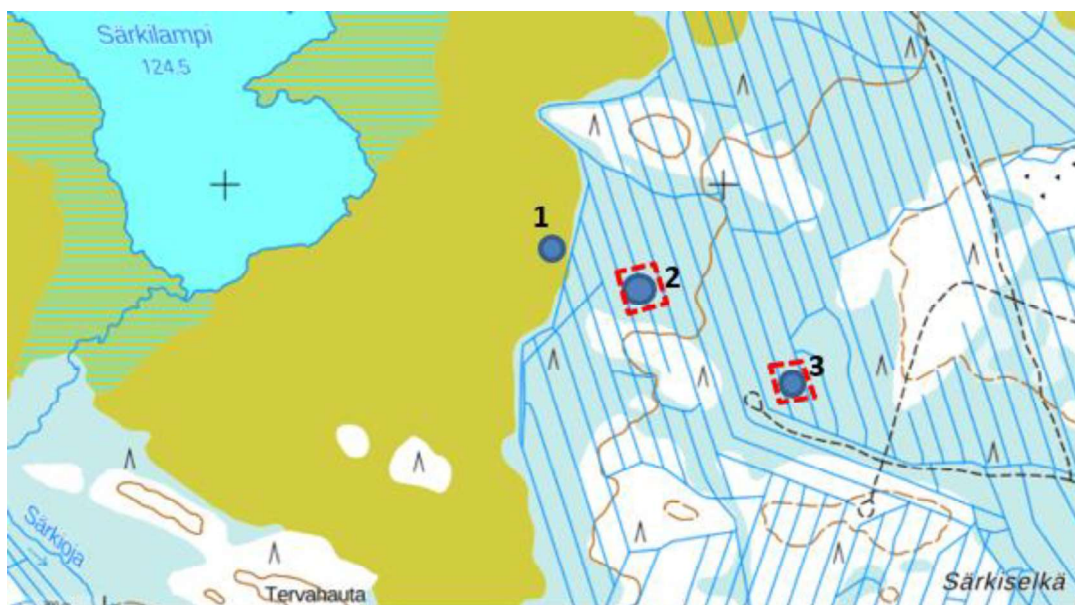
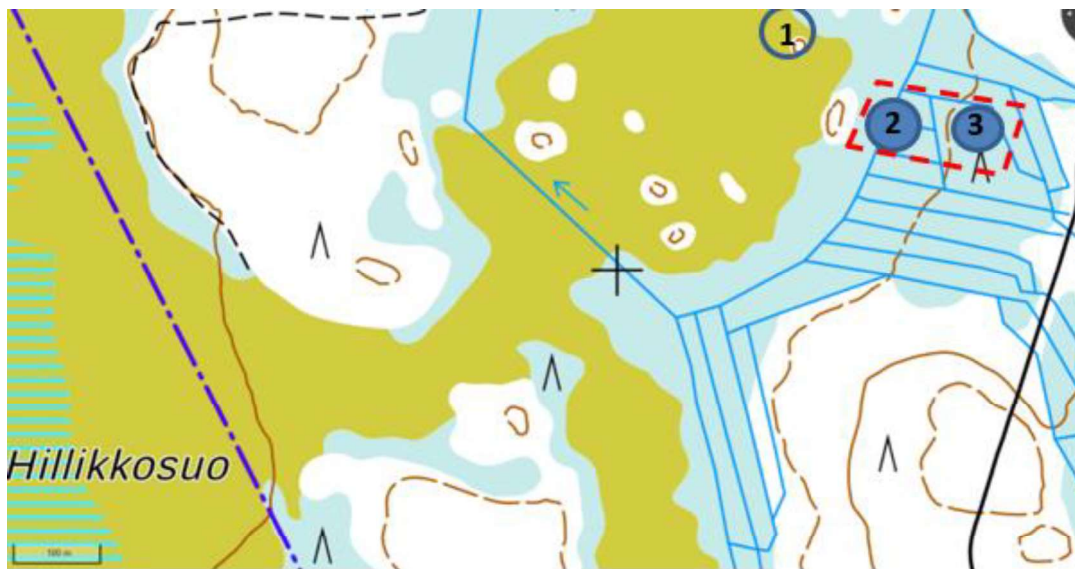
Kuva 2 Pesänevan pilottikohde ja koeasetelma.



Kuva 3 Kurkisuon pilottikohde ja koeasetelma.



Kuva 4 Enäsuon pilottikohde ja koeasetelma. Ympyräkoalat: 1=vesienpalausalue (kuivahtanut luonnontilainen alue). 2=vesienpalausalue ojitetussa suomensä (vedenpinnan nousu) ja 3=Suomensä, jossa vesienpalausella ei ole vaikutusta.



Kuva 5 Utajärven Hillikkosuo (ylempi kartta) ja Iso-Särkisuo (alempi kartta) pilottikohteet ja koeasetelma. Ympyräkoalat: 1=vesienpalautusalue (kuivahtanut luonnontilainen alue), 2=vesienpalautuksen vaikutusalue ojitetussa suometsässä (vedenpinnan nousu) ja 3=Suometsä, jossa vesienpalautuksella ei ole vaikutusta.

Työpaketti 3 Vesienpalautuksen vaikutusten seuranta

Vesienpalautuksen välittömät vaikutukset

Hankkeen ensimmäisen vuoden kasvukausi (2022) oli vesienpalautustoimenpidettä edeltävä ns. kalibrointikausi. Kaikilla kohteilla seurattiin pohjavedenpintaa sulan maan aikana. Lisäksi vedenpintaa seurattiin manuaalisesti Hillikkosuo ja Enäsuon intensiivipilottikohteilla, joilla toteutettiin kasvihuonekaasumittaukset. Turpeesta tulevia kasvihuonekaasupäästöjä mitattiin kultakin mittauspisteeltä ns. kammio-menetelmällä kannettavalla Li-Cor-kaasuanalysaattorilaitteistolla standardien mukaisesti. Mittaukset toteutettiin noin joka toinen viikko sulan maan ajan elo-lokakuussa 2022, touko-lokakuussa 2023 ja touko-syyskuussa 2024. Li-Cor analysaattori analysoi kaasujen pitoisuudet reaaliaikaisesti mittausten

yhteydessä. Pitoisuudet pitää kuitenkin muuttaa varsinaisiksi kaasuflukseiksi eli todellisiksi päästöiksi erillisellä aineiston laaduntarkistus- ja laskentamenettelyllä. Lisäksi mitattiin maan lämpötilaa kahdesta eri kerroksesta (5 cm ja 30 cm syvyydestä) automaattisilla iButton lämpötilaloggereilla. Koealoille perustettiin 6 kpl maahengityksen (respiraatio) ja 6 kpl metaanin tuotoksen mittauspistettä. Yhteensä kaasunmittauspisteitä oli näillä molemmilla kohdealueella kullakin 24 kpl. Kaasunmittauspisteiden välittömässä läheisyydessä oli lisäksi pohjavesiputki, josta mitattiin manuaalisesti vedenpinnan syvyys kaasujenmittausrupeaman aikana.

Puustomittaukset tehtiin kaikilta perustetuilta koealoilta, joilla oli puustoa (Kuva 1). Ympyräkoelaryypäiltä valittiin 30 kpl koepuita. Koealoilta mitattiin tärkeimmät puustotunnukset sekä otettiin neulasnäytteet. Neulasnäytteitä käytettiin puustojen tämänhetkisen ravinnetilan määrittämiseen ja ne toimivat myös viitearvoina vesienpalautuksen jälkeisten muutosten tunnistamiselle.

Vesienpalautuksen pitkäaikaisvaikutukset

Puuston kasvumittaukset

Vesienpalautuksen pitkäaikaisvaikutuksia puiden kasvuun selvitettiin 13 muulta koekohteelta (Kuva 6), joilla vesienpalautus on toteutettu 10-40 vuotta sitten. Kohteiksi valikoituivat sellaiset alueet, joissa koealat oli mahdollista sijoittaa kasvupaikkatyypin sekä puuston rakenteen ja puulajisuhteiden kannalta mahdollisimman samantyyppisille paikoille ja kriteeristö oli samanlainen kuin hankkeessa perustettujen uusien kohdealueiden koealojen sijoittelussa. Tähän koejoukkoon valikoituivat viisi (5) vesienpalautuskohdetta Utajärvellä. Puolangalla ja Perhossa sekä kahdeksan (8) suometsän kohdealuetta Viitasaarella, joissa nostettiin vedenpintaa putkipadolla (ns. virtaamasäätömenetelmä) vuosina 2004-2005 (Hyttinen 2010). Koealojen puusto mitattiin ja koepuista (20-30 kpl/koeala) kairattiin lustonäytteet rinnankorkeudelta yhdeltä suunnalta pinnasta ytimeen saakka. Kairatuista lustoista mitattiin sädekasvut Luken kasvumittauslaboratoriossa. Lustonäytteitä kairattiin yhteensä n. 680 kpl.

Kohteiden puustomittaukset toteutettiin samaa koealaperiaatetta noudattaen kuin hankkeen uusien kohteiden kohdalla. Uusilta, tässä hankkeessa perustetuilta kokeilta ei otettu lustonäytteitä sen takia, että puuston kasvu reagoi vedenpinnan nousuun hitaasti ja vaikutusta ei vielä pysty luotettavasti todentamaan 1-2 vuotta vesienpalautuksen jälkeen.

Kohteille asennettiin Odyssey-pohjavesiloggereita 2 kpl/koealue, jotta saatiin tarkempi käsitys pohjaveden pinnan tason eroista puiden kasvuvaikutusten taustatiedoksi.

Taulukko 2 Seurantaan mukaan otetut vanhat vesienpalautus (vespaus)- tai putkipatokohteet, joilla seurataan vesienpalautuksen pitkäaikaisvaikutuksia.

Koekohde	Kunta	käsittely	Pääpuulaji	Vesienpalautus/Vedenpinnan nosto
Heinisuo	Puolanka	vespaus	mänty	1987
Lupposuo	Puolanka	vespaus	mänty	1985
Niittysuo	Utajärvi	vespaus	mänty	2014
Äyrisuo	Utajärvi	vespaus	mänty	1981
Lokkineva	Perho	vespaus	mänty	2008
Varissuo_2	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Pentinniemi	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Kiviselkämä	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Ulpaa	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Toivola	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Toulatsuo_1	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Toulatsuo_2	Viitasaari	putkipato	mänty	2008
Keuhkosenneva	Viitasaari	putkipato	mänty	2008



Kuva 6 Hankkeen pilotitkohteet, joilla vesienpalautus toteutettiin hankkeen aikana 5 kpl, vanhat vesienpalautuskohteet 5kpl ja ns. putkipatokohteet 8 kpl kartalla.

Suometsän hiilitaseen mallintaminen Suosimulaattorilla

Suosimulaattori SUSI on Itä-Suomen yliopistossa, Luonnonvarakeskuksessa ja Helsingin yliopistossa kehitetty mallinnustyökalu ojitettujen suometsien puuston kasvun, hiilitaseen ja ravinnehuuhtoumien simulointiin metsikkökuvioittain. SUSI:n alkuperäisessä versiossa (Laurén ym. 2021) ja päivitettyssä versiossa (Palviainen ym. 2024) laskenta tapahtuu kahden ojan välisellä alueella. Vesienpalautuksen simulointia varten käytettiin kuitenkin HYTKY-hankkeessa² kehitettyä spatiaalisesti hajautettua versiota SUSI:sta. SUSI:ssa oletuksena on, että oja toimii kuivatusojana, mutta vesienpalautuksen tapauksessa ojien toiminta voi muuttua, mikäli vesi nousee ojiin. Vesienpalautuksen simulointia varten ojien käsittelyä mallissa kehitettiin siten, että lähtötiedoissa mallille annetaan ojasyvyyden lisäksi myös tieto, onko se vesienpalautuksen vaikutusalueella vai ei. Vedenpinnan syvyys ojassa vesienpalautuksen jälkeisessä tilanteessa arvioitiin korkeusmallin avulla olettamalla suon padottavan vesiä tietyllä kynnsarvolla. Poikkeuksena muihin alueisiin, Pesänevalla SUSI:ssa käytettiin ojien vedenpintatietoina kuitenkin KUNNOS-työkallulla mallinnettua vedenpintaa. Ojien syvyydet ennen vesienpalautusta arvioitiin suurpiirteisesti Maanmittauslaitoksen korkeusmallien perusteella. SUSI-mallinnuksessa käytettiin lähtötietoina myös Metsäkeskuksen avoimia metsävaratietoja (Pesänevalla hiladata) ja Ilmatieteenlaitoksen säädätää. Simuloinnit

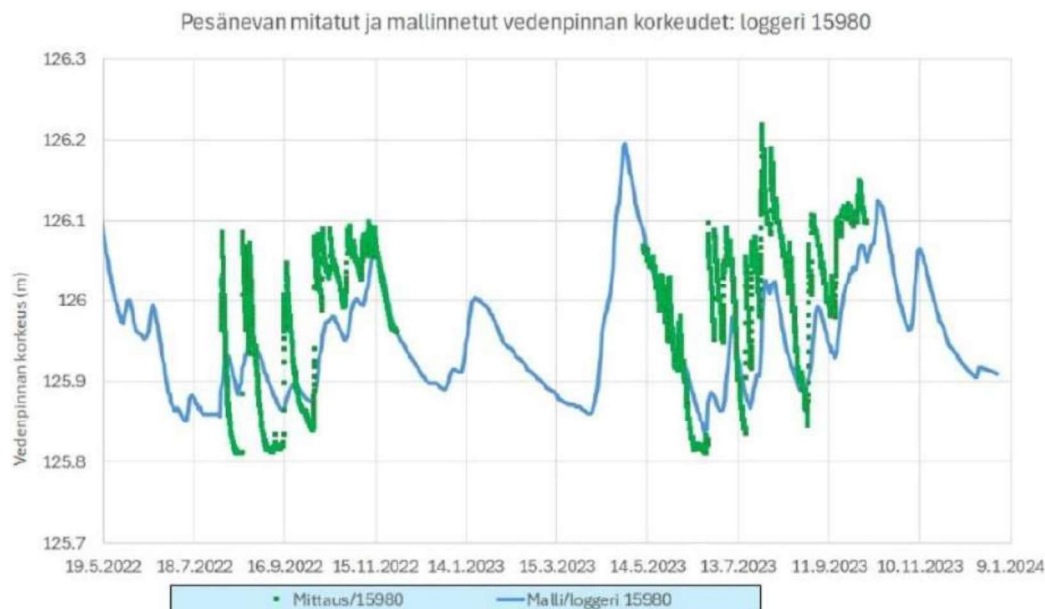
² <https://tapio.fi/projektit/hytky-hydrologisen-kytkeytyneisyyden-tarkastelu-laserkeilausaineistoa-hyodyntaen/>

tehtiin uusien pilottikohteiden (Taulukko 1) talousmetsien alueille ja simuloinnin kesto oli 20 vuotta vesienpalautuksen jälkeen.

Pesänevan pohjavedenpinnan mallintaminen

Kunnos-ohjelmalla mallinnettiin vedenpinnan korkeutta, joka kattaa sekä ennallistettavan suon, johon vesiä palautetaan, että sen yläpuolella olevat alueet siihen asti mihin ennallistaminen vaikuttaa pohjaveden pinnan tasoon. Mallinnuksella laskettiin myös kesäajan keskimääräinen pohjavedenpinnan taso Suo-simulaattorin käyttöön, jotta sillä voidaan arvioida suon ennallistamisen vaikutusta metsätalouden puuston kasvuun.

Mallinnettuja vedenpinnan tasoja verrattiin viiden loggerin avulla mitattuihin vedenpinnan tasoihin kesän 2022 ja kesän 2023 ajalta. Vesienpalautuksen vaikutusalueella talousmetsässä olevalta yhdeltä loggerilta (15980) oli käytettävissä mittaustietoja sekä kesän 2022, että kesän 2023 ajalta (Kuva 7). Muilta alueilta oli mittauksia mallinnuksessa käytettävissä vain kesältä 2022. Tulosten mukaan mallinnetut keskiarvo vastasivat hyvin mitattuja keskiarvoja.



Kuva 7 Mallilla lasketaan koko vuosi ja kevään sulantajakson aikana sadannan sijasta käytetään mallinnettua lumen sulantaa (m/d).

Aikataulu ja resurssit

Hankkeen toteutti yhteistyössä Tapio, Luonnonvarakeskus ja Suomen metsäkeskus. Tapio toimi hankkeen hallinnoijana. Kirjallisuuskatsauksesta vastasivat yhdessä Luke ja Tapio. Uusien pilottialueiden valinnasta vastasivat Tapio ja Suomen metsäkeskus. Vanhojen vesienpalautuskohteiden etsimisestä ja pohjavesiputkien asentamisesta niille vastasi Suomen metsäkeskus ja Luke. Luke toteutti kohteiden puustotutkimukset ja niiden analyysit. Uusien vesienpalautuskohteiden pohjavesiputkien asennuksen ja haun toteutti Tapio ja Luke yhdessä. Uusien pilottialueiden instrumentoinneista, puustotunnuksista ja näytteistä, vesienpalautuksen vaikutusten seurannasta ja tulosten analysoinnista vastasi Luke.

Hankkeen vastuuhenkilönä Tapiossa oli Samuli Joensuu, jonka lisäksi hankkeeseen osallistui Maija Kaupila, Asmo Hyvärinen, Matias Virta ja Mari Pänkäläinen. Luonnonvarakeskuksesta hankkeeseen

osallistuivat Sakari Sarkkola, Leena Stenberg ja Hannu Hökkä sekä Luken infra-yksikön teknisiä asiantuntijoita ja laboratoriohenkilökuntaa. Suomen metsäkeskuksesta hankkeeseen osallistui Juha Jämsén.

Yhteistyötä hankkeessa tehtiin Metsähallitus Metsätalouden ja Luontopalveluiden kanssa pilottialueiden etsimisessä, maastokartoituksessa ja viestinnässä. Lisäksi yhteistyötä tehtiin VESPA-koordinaatioryhmän kanssa, jonka tilaisuuksissa esiteltiin hankkeen tuloksia. Koordinaatioryhmässä ovat mukana YM, ELY-keskus, Metsähallitus luontopalvelut ja Metsähallitus Metsätalous, Suomen metsäkeskus ja Tapio.

Kustannukset ja rahoitus

Hankkeen kustannukset ovat toteutuneet seuraavan taulukon (Taulukko 3) mukaisesti.

Kustannukset	Tapio	SMK	Luke
Toteuma MMM 2022	63 000	12 465,01	21 053,14
Toteuma MMM 2023	64 000	14 587,66	66 413,76
Toteuma MMM 2024	63 000	16 500	77 780,45
Toteuma omarahoitus 2022	-	-	9 022,78
Toteuma omarahoitus 2023	-	5 833,81	21 220,34
Toteuma omarahoitus 2024	-	-	37 685,45
Yhteensä	194 000	49 386,48	236 067,65

Taulukko 3. Hankkeen toteutuneet kustannukset.

Raportointi, julkaisut ja seuranta

Hankkeen alkaessa tehtiin tiedote: **Hiili-Vespassa tutkitaan vesienpalautuksen vaikutuksia talousmetsän hiilensidontaan**³ joka poiki lehtiartikkeleita Tekniikka & Talous-lehteen. Metsätranssiin ja Maaseudun tulevaisuuteen. Hankkeen puolivälissä julkaistiin tiedote: **Vedenpalautuksen vaikutuksia puuston kasvuun selvitetään**⁴. Kirjallisuuskatsaus Vettymisen vaikutukset turvemaakosysteemiin julkaistiin Tapiion sivuilla aineistopankin julkaisuissa ja raporteissa¹. Kirjallisuuskatsauksesta saa monipuolisen näkemyksen siitä, mitä tällä hetkellä tiedetään vesitalouden ja turpeen ominaisuuksien sekä niiden muutosten vaikutuksista puuston kasvuun ja tuotokseen sekä pintakasvillisuuteen. Hankkeen päättyessä tehtiin tiedote tuloksista, joka oli vielä julkaisematta tätä raporttia kirjoittaessa.

Toteutusvaiheen arviointi

Kriteerit täyttävien pilottikohteiden löytymiseen meni suunniteltua enemmän aikaa, mutta tämä ei vaikuttanut lopputulokseen. Pohjavesiloggereiden kanssa oli erilaisia haasteita: Hillikkosuolla karhu tuhosi pohjavesiloggereita, mutta muistikortit olivat jääneet päällisin puolin ehjiksi. Osa pohjavesiloggereista osoittautui rikkiäisiksi, sillä niissä ei ollut lainkaan mittaustietoa tai se oli datarakenteeltaan epäloogista.

Enäsuon vesienpalautus viivästyi alkuperäisestä (kevät 2023) suunnitelmasta, sillä Metsähallituksella oli vaikeuksia löytää kohteelle urakoitsijaa. Vesienpalautustoimet myös toteutettiin hieman eri tavalla kuin oli alun perin tarkoitus ja kaivettu johdeuoma jäi n. 150 m suunniteltua lyhyemmäksi. Tämä vaikutti myös heikentävästi suunnitellun vesienpalautusalueen vettymiseen ainakin näin lyhyellä ajanjaksolla. Osaltaan myös Etelä-Suomen kuiva kesä oli vaikuttamassa vettymisedellytyksiin. Enäsuolla on kuitenkin

³ <https://tapio.fi/tiedotteet/hiili-vespassa-tutkitaan-vesienpalautuksen-vaikutuksia-talousmetsan-hiilensidontaan/>

⁴ <https://tapio.fi/uutiset/vedenpalautuksen-vaikutuksia-puuston-kasvuun-selvitetaan/>

runsaasti potentiaalia vesienpalautuksen edistymiseen pidemmällä aikavälillä. Sen sijaan Länsi- ja Pohjois-Suomen kohteilla vesienpalautustoimien toteutus onnistui suunnitellusti.

Kasvillisuuden seuranta vesienpalautusalueilla sisältyi alkuperäiseen hankesuunnitelmaan, mutta sitä ei tehty, koska vesienpalautustoimien jälkeinen 1-2 vuoden seuranta-aika jäi liian lyhyeksi, jotta merkittäviä kasvillisuusmuutoksia olisi ehtinyt tapahtua ja olisivat olleet todennettavissa.

Hankkeessa toteutettavat mittaukset päättyivät hieman ennen hankkeen päättymistä, joten tulosten analysoinnille ja tiedottamiselle jäi vähän aikaa. Tulosten jalkautus tapahtuu pääosin hankkeen päätyttyä.

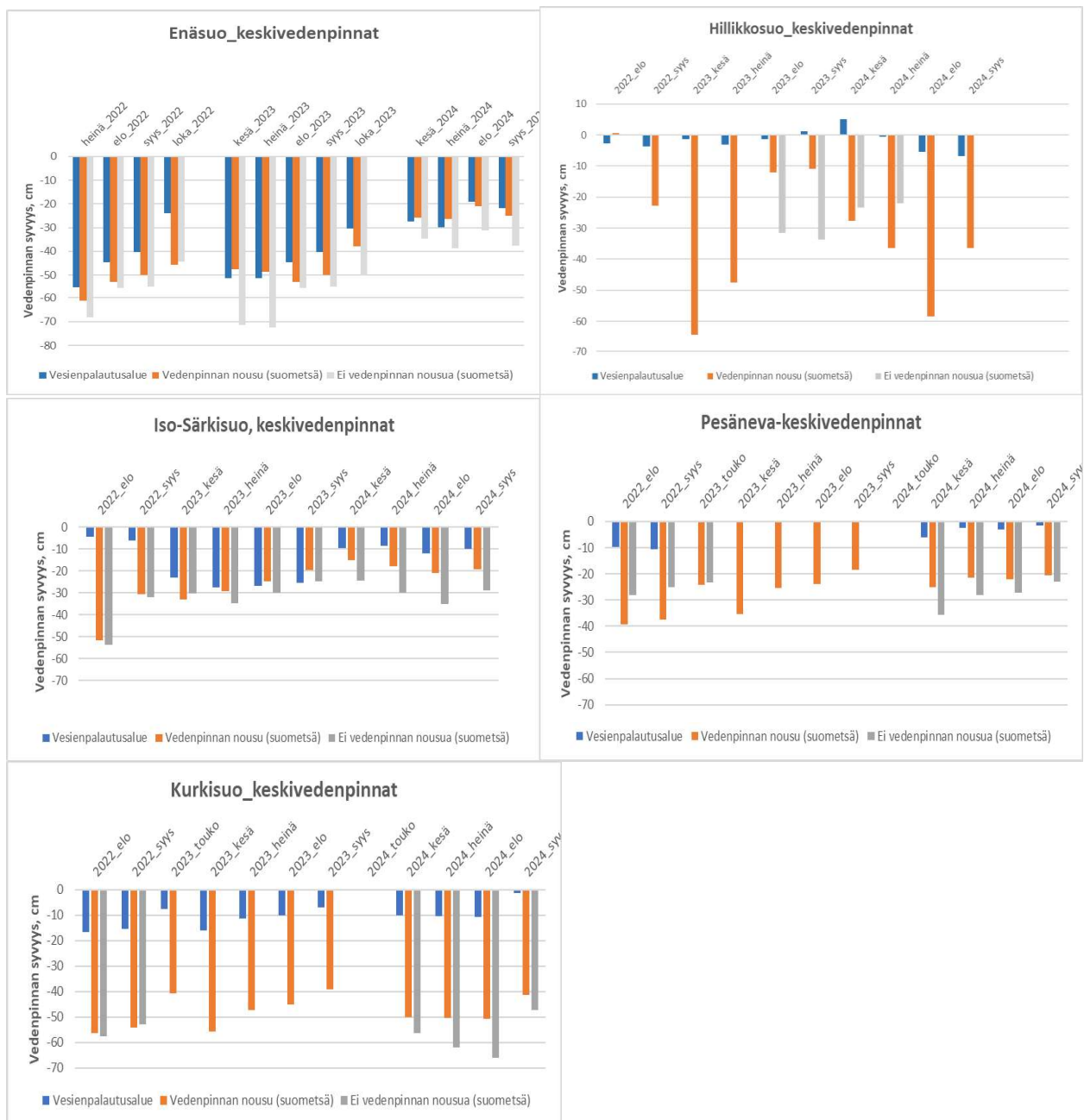
Tulokset ja niiden arviointi

Tulosten esittely

Vedenpinnan taso ennen vesienpalautusta ja toimenpiteen vaikutukset

Vedenpinnan tasoa seurattiin koealueilla ennen ja jälkeen vesienpalautustoimien. Ennen vesienpalautustoimia vuonna 2022, vedenpinnan taso vaihteli koealueesta riippuen suometsäkoelaloilla 40-60 cm välillä. Suunnitellulla vesienpalautusalueella vedenpinnan tasot vaihtelivat 5-20 cm:n välillä.

Vesienpalautustoimien jälkeen vedenpinnan taso nousi vesienpalautusalueella lähelle maanpintaa lukuun ottamatta Enäsuon koealuetta, jolla johdeuoma jäi suunniteltua lyhyemmäksi ja todennäköisesti vaikutus luonnontilaisen suon osalle jäi siksi pienemmäksi (Kuva 8). Edellä mainitusta syystä johtuen Enäsuolla vedenpinta nousi suhteellisesti luonnontilaista aluetta enemmän yläpuolisella suometsäalueella. Muillakin tarkastelualueilla vedenpinta nousi vesienpalautustoimien jälkeen vesienpalautussuon yläpuolisessa suometsässä ja nousu vaihteli alueesta riippuen 10-15 cm verrattuna kuivan suometsän vertailualaan. Tarkastelluista suometsistä korkeimmalle vedenpinta nousi Iso-Särkisuolla, jossa vedenpinnan keskitaso oli vuonna 2024 alle 20 cm syvyydellä kaikkina kesäkuukausina. Luonnontilaisen suon vedenpinnan tasolla mitattuna parhaiten vesienpalautustoimet onnistuivat Hillikkosuolla, jossa vedenpinnan taso pysytteli hyvin lähellä maanpintaa ja ajoittain jopa maanpinnan yläpuolella kesäkuukausina kin vesienpalautuksen jälkeen. Heikoiten onnistuneella Enäsuollakin vedenpinnan taso oli luonnontilaisella suolla suhteellisesti kuivaa suometsää lähempänä maanpintaa vesienpalautustoimien jälkeen, vaikka vedenpinnan taso ei vielä saavuttanutkaan luonnontilaisen suon tasovaihtelua ensimmäisenä toimenpidettä seuranneena vuonna. Vuosien välillä vedenpinnan tason eroihin vaikutti voimakkaasti myös sademäärä. Kesän 2023 sademäärä oli keskimääräistä alhaisempi, kun taas vuoden 2024 sadanta oli lähempänä tavanomaista tasoa.



Kuva 8. Kuukausittaiset keskivedenpinnat hankkeessa perustetuilla vesienpalautuskokeilla vuosina 2022-2024 perustuen Odyssey-automaattianturimittauksiin. Vedenpinnan nousu=vesienpalautuksen vaikutuspiirissä oleva talousmetsä ojitetulla suolla ja Ei vedenpinnan nousua=talousmetsä samalla ojitetulla suolla, jolle vesienpalautustoimien vaikutukset eivät ulotu.

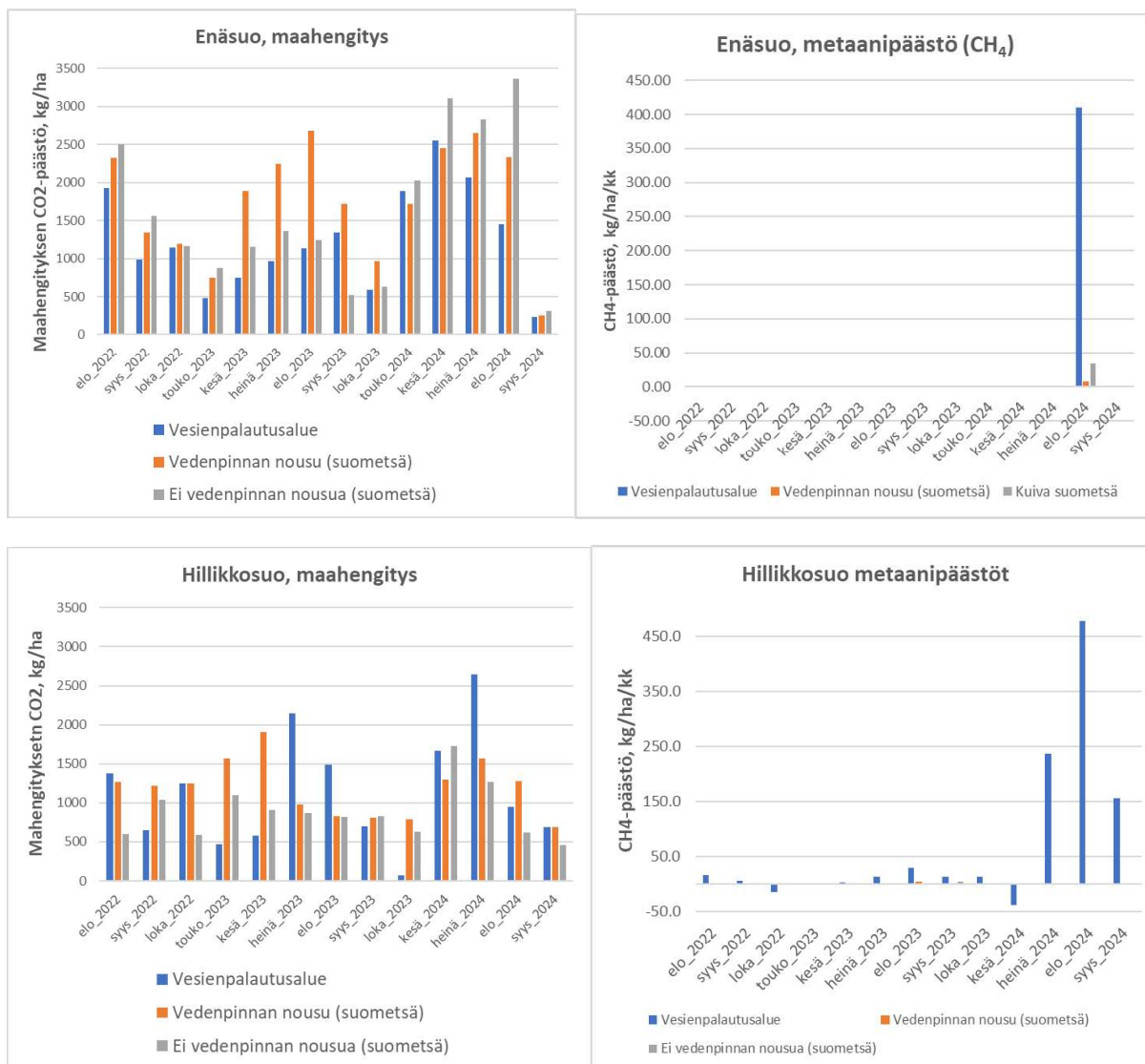
Kasvihuonekaasumittaukset (maahengityksen CO₂ ja metaani (CH₄))

Kasvihuonekaasumittauksia tehtiin Enäsuon ja Hillikkosuon koealueilla kolmena kesänä 2022-2023. Hillikkosuolla vesienpalautuksen vaikutus alkoi näkyä jo mittauskauden alusta 2023 (vesienpalautus tehtiin syksyllä 2022), mutta Enäsuolla vesienpalautus tehtiin vasta heinä-elokuussa 2023. Kuvassa (Kuva 9) esitetään kuukausittaiset maahengityksen CO₂ ja metaanin päästöt kummallakin koealueella seurantajaksojen aikana 2022-2024. Lähtöoletuksen mukaan päästöt olisivat korkeimpia kuivilla suometsäkohteilla ja pienimmät luonnontilaisen suon alueella sekä ennen että jälkeen vesienpalautuksen. Tulokset osoittivat kuitenkin, että päästöerot eivät ole näin yksiselitteisiä vaan jopa luonnontilaisen suon alueelta saat-
toi ajoittain tulla suurempia maahengityksen CO₂-päästöjä kuin suometsäkoelaita. Näin tapahtui etenkin Hillikkosuolla vesienpalautustoimien jälkeisinä vuosina.

- Keskimäärin suometsäkoelaita vapautui seurantajaksolla hiilidioksidia Enäsuolla n. 1 700 kg/ha/kk ja Hillikkosuolla n. 1 020 kg/ha/kk kesäkuukausien aikana, jolloin suurin osa turvemaiden vuotuisista päästöistä muutoinkin syntyy.
- Vesienpalautusaloilla keskimääräinen hiilidioksidipäästö oli Enäsuolla ennen vesienpalautusta 1 060 kg/ha/kk ja vesienpalautuksen jälkeen n. 1 450 kg/ha/kk. Vastaavat luvut Hillikkosuolla olivat 1 090 kg/ha/kk ja 1 140 kg/ha/kk.
- Metaanipäästöt olivat ennen vesienpalautusta hyvin pieniä kaikilla koelaita ja olivat lähellä nollaa eli neutraalia. Sen sijaan vesienpalautuksen jälkeen metaanipäästöt olivat huomattavasti korkeampia kummallakin koealueella, selvemmin kuitenkin Hillikkosuolla, jossa metaanipäästöjen kasvu oli voimakasta etenkin toisena kesänä (2024) vedenpinnan noston jälkeen. Enäsuolla kohonneita metaanipäästöjä mitattiin vain yhden kuukauden aikana (elokuussa) toisena vuonna vesienpalautustoimien jälkeen (Kuva 9). Huomionarvoista on, että Enäsuolla myös suometsäkoelaita metaanipäästöt kasvoivat selvästi, mutta eivät läheskään yhtä paljon kuin luonnontilaisella suon osalla.

Kasvihuonekaasumittausten perusteella vesienpalautus voi nostaa kasvihuonekaasupäästöjä ainakin ensimmäisinä vuosina toimenpiteen jälkeen. Tämä on osaltaan linjassa aiempien tutkimustulosten kanssa niukkaravinteisten suokasvupaikkojen ennallistamisaloilta (Laine ym. 2024). Hillikkosuon vesienpalautusalueella vedenpinta nousi pidempiaikaisesti keväällä ja kesällä jopa suonpinnan yläpuolelle ja lisääntynyt maahengityspäästö voi olla seurausta vettymisen seurauksena kuolleen kasvillisuuden ja eliöstön hajoisesta sen jälkeen, kun vedenpinta on laskenut kesän edetessä. Metaanituoton kasvu taas johtuu siitä, että turpeen hapellinen pintakerros madaltuu ja turpeessa metaania käyttävät hapellisissa olosuhteissa elävät mikrobit eivät pysty tarpeeksi hyödyntämään syvemmistä turvekerroksista ylös kumpuavaa metaania. Ottaen huomioon, että metaanipäästöt ovat olleet ennen vesienpalautustoimia hyvin pieniä, mikä on poikkeuksellista luonnontilaiselle suolle, jos se olisi ollut häiriintymätön. On mahdollista, että vesienpalautus on myös palauttanut metaanipäästöjen tason lähemmäksi alkuperäistä luonnontilaisen suon metaanituotosta tilaan ennen sen kuivahtamista.

Kasvihuonekaasumittauksia tulkitessa ja sovellettaessa on syytä ottaa huomioon mittauksiin ja yleistettävyyteen liittyvät epävarmuudet. Mitattuja kokonaispäästöjä ei tule sellaisenaan yleistää muille suoalueille, vaan jokaisella alueella on maahengitykseen ja metaanituottoon liittyen omat erityispiirteensä, jotka riippuvat mm. alueiden hydrologiasta, kasvupaikkajakaumasta ja biomassatuotoksesta. Koealojen välisiä eroja kohdealueiden sisällä mittausten pitäisi kuitenkin kuvastaa hyvin. Kaikkiin havaituihin eroihin ei kuitenkaan ole suoraan löydettävissä selitystä ja se edellyttäisi jatkotutkimuksia. Mittaukset osoittavat kuitenkin, että vesienpalautus voi johtaa ensimmäisinä vuosina kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymiseen.



Kuva 9. Kuukausittaiset maahengityksen (respiraatio) hiilidioksidipäästöt (CO₂) ja metaanipäästöt (CH₄) (kg/ha/kk) Kouvolan Enäsuon ja Utajärven Hillikkosuon koalueilla vuosina 2022–2024 perustuen ns. kammiomittauksiin. Vedenpinnan nousu=vesienpalautuksen vaikutuspiirissä oleva talousmetsä ojitetulla suolla, jossa vedenpinta myös nousee ja Ei vedenpinnan nousua=talousmetsä samalla ojitetulla suolla, jolle vesienpalautustoimien vaikutukset eivät ulotu.

Vesienpalautuksen vaikutus puuston kasvuun

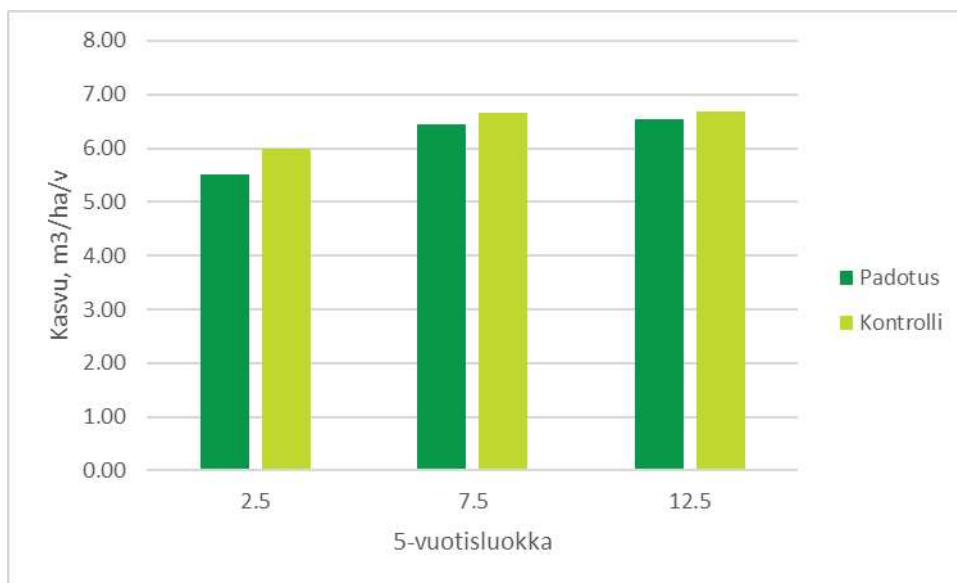
Padotuksen ja pohjavedenpinnan nousun vaikutusta puuston kasvuun tutkittiin kahdella tapaa. Viitasaa-
relle v. 2009 perustetuilla putkipatojen kasvuvaikutusta selvittäneen tutkimuksen koaloilla (Hökkä ym.
2011) tehtiin puuston uusintamittaus ja kasvukairaus kesällä 2023 ja 2024 (Taulukko 2). Koaloista toi-
nen sijaitsi putkipadon lähialueella, missä pohjavesi nousi padon vaikutuksesta ja toinen ulompana
missä pato ei vaikuttanut pohjaveteen (ns. kontrollikoeala). Mittausten perusteella laskettiin puustojen
vuotuinen tilavuuskehitys taaksepäin putkipatojen rakentamishetkeen saakka. Tällä aineistolla voitiin
vertailla 15 vuoden ajalla tapahtunutta puuston kehitystä padon vaikutusalueella olevalla koalalla ja
vaikutusalueen ulkopuolella sijaitsevalla kontrollikoealalla. Toisessa tarkastelussa em. Viitasaa-
reen koe-
alojen ja tässä hankkeessa vanhoille vesienpalautusalueille (vesienpalautuksesta kulunut aikaa 10–35
vuotta) perustettujen kokeiden (5 kpl) yhteisessä aineistossa puustojen vuotuiselle pohjapinta-alan

kasvulle laadittiin kasvumalli ja tutkittiin kasvun eroja koeloilla, jotka olivat nousseen/nostetun vedenpinnan vaikutusalueella tai sen ulkopuolella. Kullakin kokeella oli koealapari, joista toinen koeala sijaitsi suometsässä vesienpalautuksen vaikutusalueella ja toinen vaikutusalueen ulkopuolella. Kaikilla kokeilla oleva kumpikin koeala edusti kehitysluokaltaan ja kasvupaikkatyypiltään samanlaista ojitusaluemännikköä.

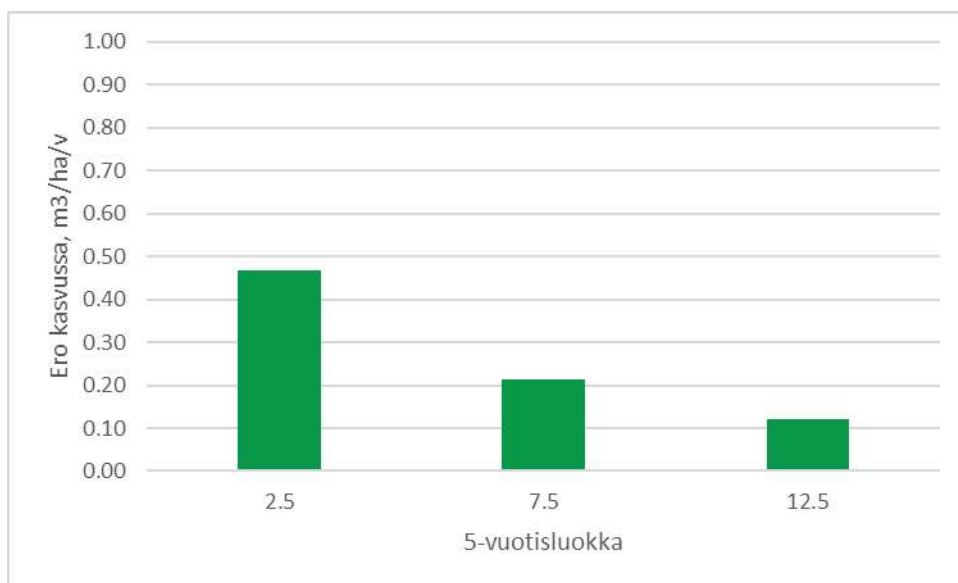
Viitasaaren putkipatoaineiston koealojen puuston kehityksen vertailu tehtiin viisivuotisjaksoissa. Tulosten mukaan ensimmäisellä 5-vuotisjaksolla padon rakentamisen jälkeen kontrollien kasvu oli keskimäärin $0,47 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ parempaa kuin padon lähellä olevien koealojen (Kuva 10 ja Kuva 11). Kasvujen ero oli lähes sama kuin mitä Hökkä ym. (2011) raportoivat ($0,54 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$). Ero selittynee osin myös alkutilavuuden eroilla, koska kontrollien alkutilavuus oli 13 % korkeampi kuin padottujen. Padotut koealat kuitenkin kasvoivat seuraavilla jaksoilla suhteellisesti paremmin, ja ero kasvussa ja tilavuudessa pieneni. Kolmannella jaksolla eroa kasvussa ei juuri ollut, ja vähäinen ero tilavuudessa säilyi (Kuva 10 ja Kuva 11).

Lopputilavuus 15 vuoden kuluttua oli $13,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ suurempi kontrolleilla ($172,8 \text{ m}^3/\text{ha}$) kuin padotuilla ($159,5 \text{ m}^3/\text{ha}$) ja viimeisen vuoden keskimääräinen kasvu oli $0,12 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Kuva 11) korkeampi ($6,75 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$) kontrolleilla kuin padotuilla ($6,69 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$).

Viitasaaren aineiston perusteella voidaan päätellä, että putkipadon aiheuttama pohjavedenpinnan nousu vaikutti puuston kasvuun padon läheisyydessä vain marginaalisesti 15 vuoden aikana padotuksen jälkeen.



Kuva 10 Puuston keskimääräinen tilavuuskasvu 5-vuotisluokissa padotuksen vaikutuksen alla ja padotusvaikutuksen ulkopuolella sijainneilla koeloilla Viitasaarella.



Kuva 11 Puuston keskimääräinen tilavuuskasvun ero kontrollikoealojen ja padotuksen vaikutuksen alla olevien koealojen välillä.

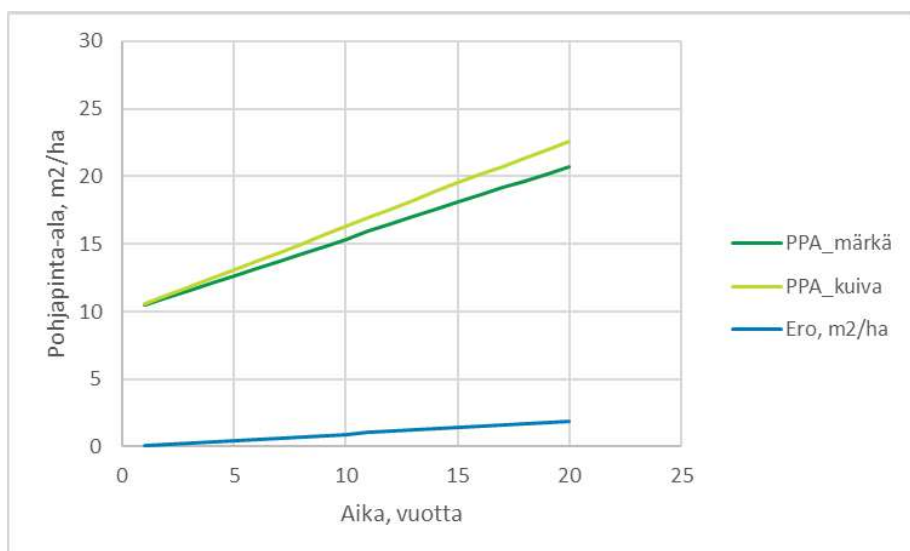
Puuston pohjapinta-alan kasvumallin aineistona käytettiin yhdistettyä Viitasaaren koealojen kasvuaineistoa ja vanhojen vesienpalautuskohteiden kasvuaineistoa. Mallissa koealan pohjapinta-alan vuotuiselle kasvulle (ig) tehtiin logaritimuunnos $\ln(ig+1)$. Mallin mukaan pohjapinta-alan kasvu oli tilastollisesti merkitsevästi hieman korkeampi kuivilla koelaoilla, eli koealoilla, jotka eivät olleet vedenpinnan nousun vaikutusalueella (Taulukko 4). Taulukon (Taulukko 4) kasvumallilla tehtiin 20 vuoden simulointi pohjapinta-alan kehityksestä koealoilla, joilla pohjaveden pintaa on nostettu tai joilla pohjaveden pinta ei noussut. Tulosten mukaan 20 vuoden aikana vedenpinnan noston ulkopuolella olevan koealan pohjapinta-ala kehittyi $1,9 \text{ m}^2/\text{ha}$ korkeammaksi kuin koealalla, joka on nostetun vedenpinnan vaikutuksessa (Kuva 12).

Taulukko 4 Yhdistetystä koeala-aineistosta (Viitasaaren putkipadot ja vanhat vesienpalautuskoealat) laadittu kasvumalli puuston pohjapinta-alan vuotuiselle kasvulle. Mallin vastemuuttuja $\ln(ig+1)$.

Kiinteä osa	estimaatti	keskivirhe	p-arvo
Vakio	0,32525	0,04457	0,000
Aika	0,06988	0,00286	0,0146
Aika ²	-0,00349	0,000098	0,0001
Kuiva koeala	0,05946	0,02317	0,0103
Satunnaisosa	keskihajonta		
Metsikkö	0,1258		
Metsikkö*vuosi	0,0298		
Vuosi	0,0303		
Koeala	0,0753		
AR-1	0,93		
Jäännösvirhe	0,000013		

Aika = vedenpinnan nostosta kulunut aika. vuotta

Kuiva koeala = koeala, joka sijaitsee vaikutusalueen ulkopuolella



Kuva 12 Puuston pohjapinta-alan kehitys Taulukon (Taulukko 4) mallin mukaan märällä (nostetun vedenpinnan vaikutuksen alla oleva koeala) ja kuivalla koealalla (vaikutuksen ulkopuolella oleva koeala).

Tämän tarkastelun perusteella voidaan todeta, että ero pohjapinta-alan kehityksessä kuivan ja pohjaveiden noston vaikutuksen alla olevan koealan välillä jää vähäiseksi. Yksikään puustomuuttuja ei ollut mallissa merkitsevä, mikä johtunee melko suppeasta laadinta-aineistosta. Tästä syystä malli kertoo vain kasvun tasoeron, mutta sitä ei tulisi käyttää yleisemmin suopuiden kasvun ennustamiseen.

Vanhoilta vesienpalautuskokeilta otettujen neulasanalyysinäytteiden perusteella puiden ravinnetilassa ei ollut merkittäviä eroja kuivan suometsän ja vesienpalautuksen vaikutuspiirissä olevan suometsän välillä (Taulukko 5). Ravinnepitoisuudet olivat kuitenkin pääsääntöisesti alhaisella tasolla, mikä todennäköisesti vaikuttaa puuston tuotostasoon kaikissa metsiköissä. Ravinnemäärien alhaisuudella ei kuitenkaan ole suoraan tekemistä vesienpalautuksen kanssa, vaan kuvastaa kasvupaikan luontaista ravinteisuutta. Samanlaisilla II-typin niukkaravinteisilla turvekankailla esiintyy yleisesti ravinnepuutoksia.

Taulukko 5 Neulasanalyysitulosten mukaiset neulaspainot (100 kpl neulasia) sekä boori, kalium ja fosforipitoisuudet männyn neulasissa kuiva-ainepainoyksikköä kohti vanhojen vesienpalautusalueiden kokeilta otetuissa näytteissä. Vedenpinnan nousu=vesienpalautuksen vaikutuspiirissä oleva talousmetsä ojitetulla suolla, Ei vedenpinnan nousua=talousmetsä samalla ojitetulla suolla, jolle vesienpalautustoimien vaikutukset eivät ulotu. Puuston kasvuille optimaaliset neulasten ravinnepitoisuudet kuiva-ainepainoyksikköä kohti männynllä turvemaalla (Vanhatalo ym. 2019): B: 10-25 mg/kg; K: 5,0-6,0 g/kg; P: 1,7-2,3 g/kg.

		Neulaspaino 100kpl	Boori (B)	Kalium (K)	Fosfori (P)
		g	mg/kg/ka	g/kg/ka	g/kg/ka
Heinisuo	Ei vedenpinnan nousua	2,0	8,8	3,53	0,95
Heinisuo	Vedenpinnan nousu	1,5	7,4	3,03	0,85
Lokkineva	Ei vedenpinnan nousua	2,0	23,2	4,40	1,27
Lokkineva	Vedenpinnan nousu	2,5	20,2	3,74	1,44
Lupposuo	Ei vedenpinnan nousua	2,2	6,9	2,31	1,17
Lupposuo	Vedenpinnan nousu	1,5	9,4	2,38	1,26
Niittysuo	Ei vedenpinnan nousua	1,2	19,9	3,12	1,21
Niittysuo	Vedenpinnan nousu	1,9	25,9	3,58	1,35
Äyrisuo	Ei vedenpinnan nousua	1,9	11,0	2,81	1,21
Äyrisuo	Vedenpinnan nousu	1,1	12,1	3,43	1,02

Vesienpalautuksen pitkän ajan vaikutukset vedenpinnan tasoon, puustoon ja hiilitaseisiin

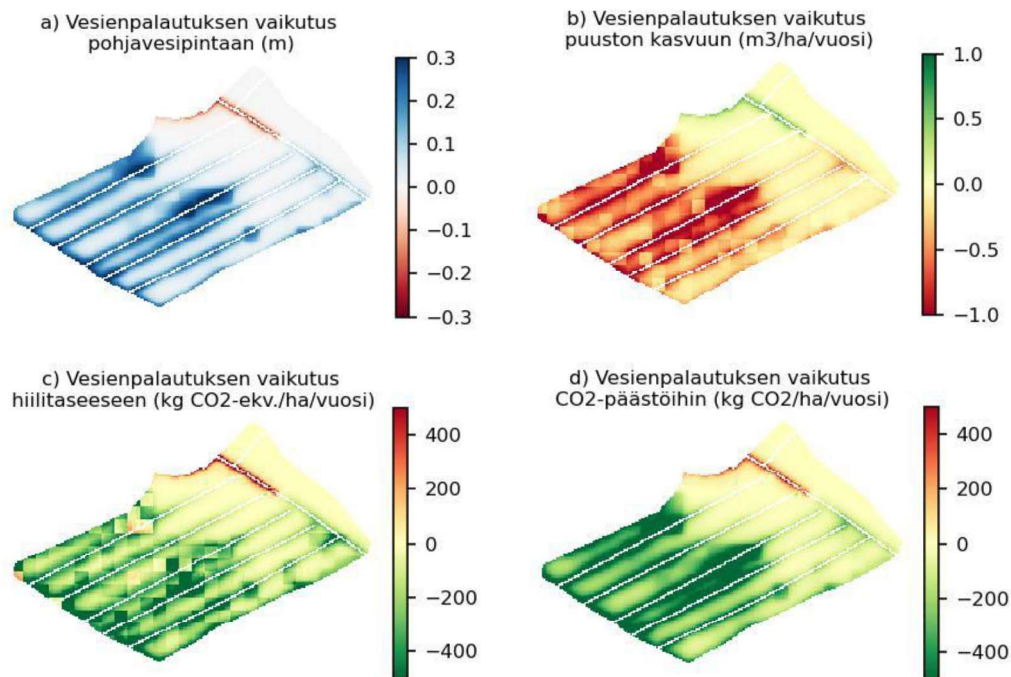
SUSI-suosimulaattorilla simuloitiin pitkäaikaisia (20 v) vaikutuksia vedenpinnan tasoon ja kasvupaikan hiilitaseisiin talousmetsäkuvioilla, jolle vesienpalautuksesta aiheutuu vaikutuksia Hiili-Vespa-hankkeessa perustetuilla kohteilla (Taulukko 1.). Simulointien perusteella vedenpinnan taso nousi kaikilla pilottikohdeilla, mutta vaikutusalueen laajuus ja vaikutuksen voimakkuus vaihtelivat alueen topografiasta riippuen (Kuva 13 - Kuva 17). Puuston kasvu heikkeni selvästi alueilla, joilla vedenpinta oli noussut, mutta vaikutuksen voimakkuus riippuu vedenpinnan nousun lisäksi myös siitä, kuinka hyvin puusto kasvoi ilman vesienpalautusta. Vesienpalautuksen yhteydessä vesien johtamista varten kaivetut uudet ojat myös paikoin lisäsivät puuston kasvua. Vaikutukset hiilitaseeseen oli vaihteleva ja riippui kasvupaikkaluokasta, puuston määrästä, laadusta ja kasvun heikkenemisen määrästä. Jos puusto kasvoi heikosti myös ilman vesienpalautusta, vaikutus hiilitaseeseen oli tyypillisesti ilmaston kannalta positiivinen, koska CO₂-päästöjen väheneminen oli suurempaa kuin puuston kasvun heikkenemisessä menetetty hiilen sidonta. Jos puusto kasvoi hyvin ennen vesienpalautusta, hiilitase muuttui ilmaston kannalta negatiiviseen suuntaan, koska CO₂-päästöjen väheneminen ei riittänyt kompensoimaan puuston kasvun heikkenemisessä menetettyä hiilen sidontaa.

Vaikutukset puuston kokonaiskasvuun simuloituilla alueilla vaihtelivat -1 % ja -13 % välillä (Taulukko 6), joskin luvut sisältävät varsinaisen vaikutusalueen lisäksi myös alueen, jolle vaikutus ei ulottunut. Vesienpalautuksen vaikutusalueella kasvun heikkeneminen on siten suurempaa.

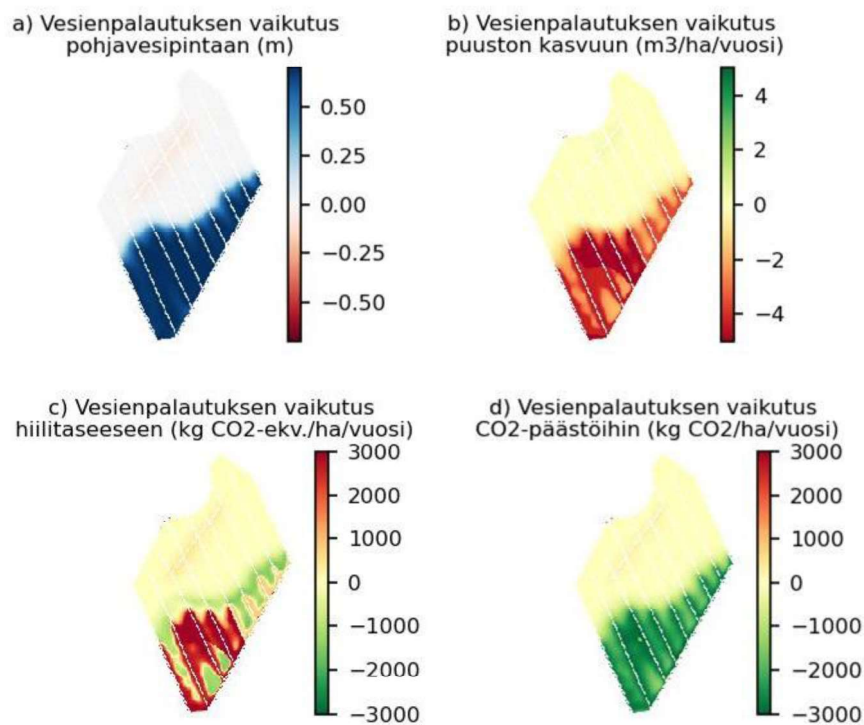
Keskimääräiset CO₂-päästöt vaihtelivat 20 vuoden simuloinnissa ilman vesienpalautusta eri pilottikohdeilla talousmetsäkuvioilla välillä 3 200–4 600 kg CO₂/ha/vuosi ja vesienpalautuksen jälkeen välillä 3 000–3 700 kg CO₂/ha/vuosi. Suurimmat keskimääräiset päästöt ilman vesienpalautusta tulivat Enäsuolta (eteläisin simuloitu kohde), mutta vesienpalautuksen jälkeen Enäsuon, Hillikkosuon ja Kurkisuon keskimääräiset CO₂-päästöt olivat vesienpalautuksen vaikutusalueella lähes yhtä suuret (3 700 kg CO₂/ha/vuosi), mikä selittyy Hillikkosuon ja Kurkisuon pienellä vesienpalautuksen vaikutusalueella. Vuosien välinen vaihtelu oli suurinta ilman vesienpalautusta Kurkisuolla (2 900–5 100 kg CO₂/ha/vuosi) ja pienintä Hillikkosuolla (3 100–4 600 kg CO₂/ha/vuosi). Vesienpalautus pienensi hieman vuosien välistä CO₂-päästöjen vaihtelua.

Kurkisuota lukuun ottamatta kaikkien simuloitujen alueiden talousmetsät olivat keskimääräisten simuloitujen hiilitaseiden perusteella hiilinieluja, myös vesienpalautuksen jälkeen (Taulukko 7). Vesienpalautuksen seurauksena Pesänevalla ja Hillikkosuolla hiilitase parani (nielu kasvoi), mutta Enäsuolla ja Iso Särkisuolla, joissa tapahtui myös suurimmat muutokset puuston kasvussa, vesienpalautus kuitenkin heikensi hiilitasetta. Huomionarvoista Enäsuolla on se, että pääosa vesienpalautuksen vaikutusalueesta on oikeasti tarkoitus joka tapauksessa ennallistaa ja siten vesienpalautus edistää ennallistamistavoitteita myös siellä.

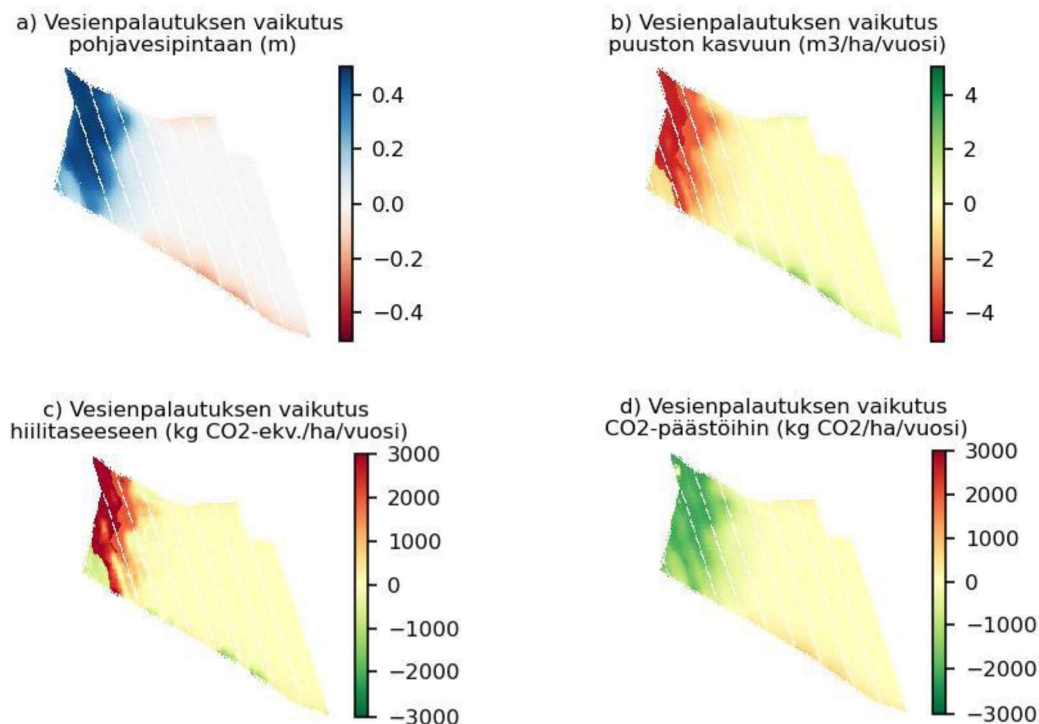
Tulosten perusteella vesienpalautuksen vaikutusalue talousmetsän puolella on melko rajallinen. Vesienpalautuksen vaikutusalueen karkea hahmottaminen onnistuu kohtalaisen hyvin jo topografisen tiedon pohjalta, joskin padotuksen kynnyskorkeuden arviointi voi olla haastavaa ja vaikutuksen voimakkuutta puuston kasvuun kyseisellä alueella on vaikea arvioida ilman mallinnusta. Mitä tasaisempi talousmetsän alue on, sitä laajemmalle vaikutus voi levitä.



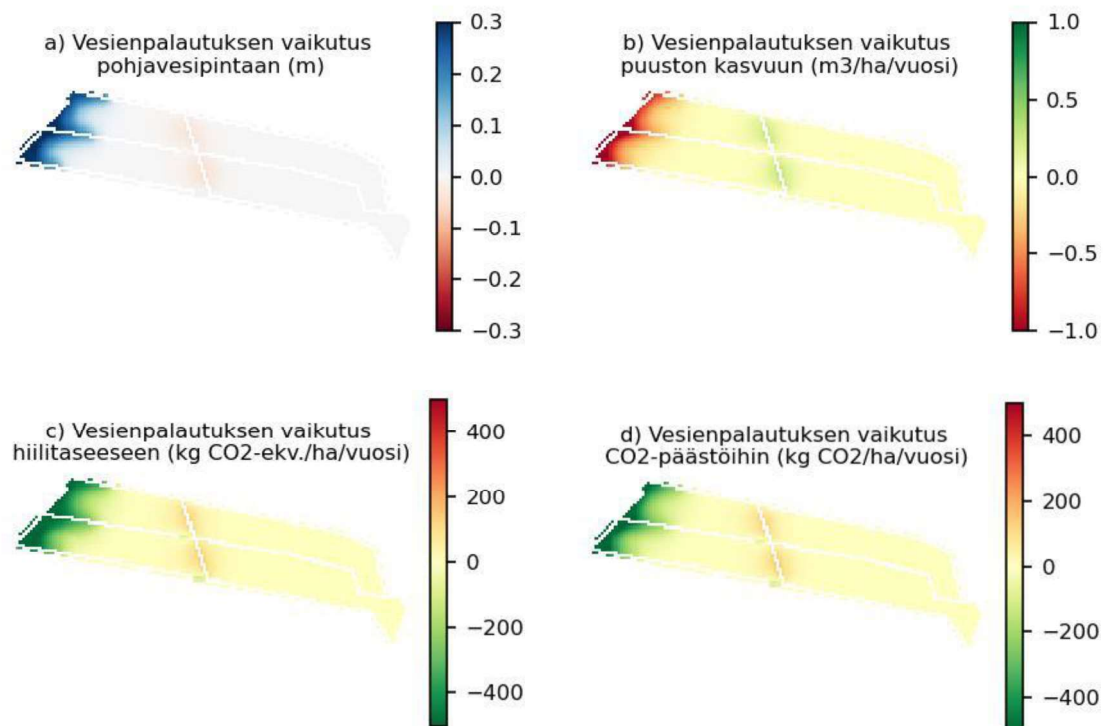
Kuva 13 Vesienpalautuksen vaikutukset Pesänevalla talousmetsäkuviolla keskimäärin 20 vuoden simuloinnissa. Pohjavesipinta tarkoittaa tässä heinä-elokuun keskimääräistä pohjavesipintaa. Hiilitaseen muutoksessa negatiivinen luku kuvaa muutosta kohti hiilinielua (tai pienempiä päästöjä) ja positiivinen kohti päästöjä. Hiladatan 16 m x 16 m ruuduittain vaihtelevat metsikön ja kasvupaikan tiedot näkyvät tuloksissa puuston kasvussa ja hiilitaseessa. **Vesienpalautusalue sijaitsee karttakuvan alueesta luoteeseen.**



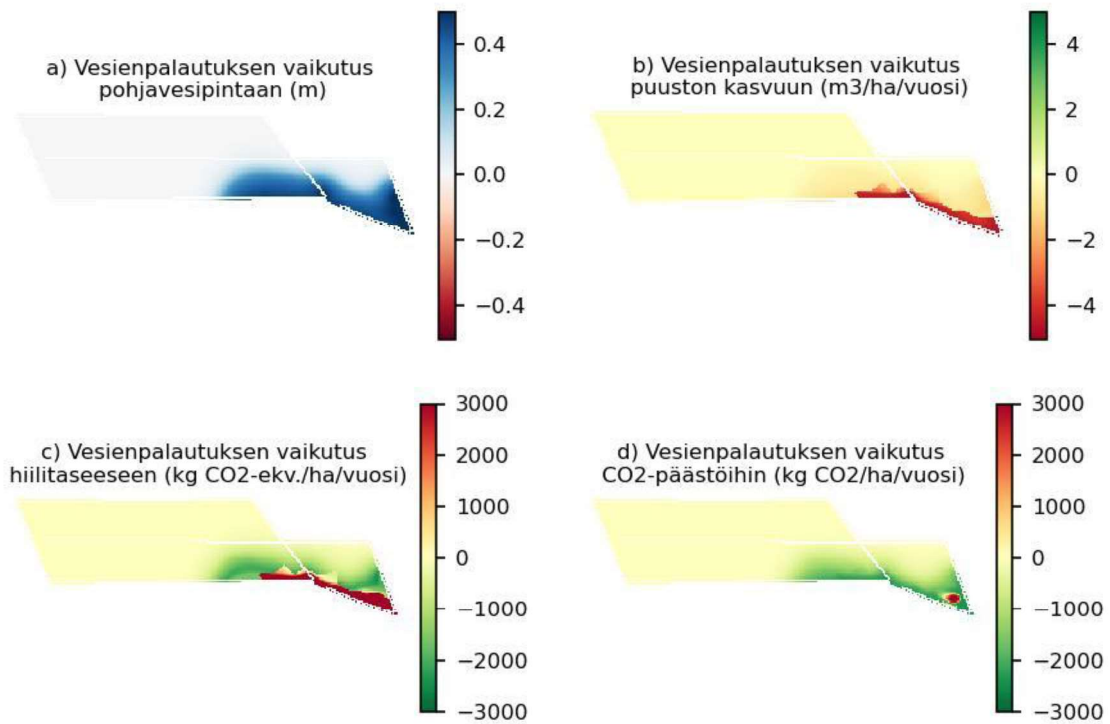
Kuva 14 Vesienpalautuksen vaikutukset Enäsuolla talousmetsäkuviolla keskimäärin 20 vuoden simuloinnissa. Pohjavesipinta tarkoittaa tässä heinä-elokuun keskimääräistä pohjavesipintaa. Hiilitaseen muutoksessa negatiivinen luku kuvaa muutosta kohti hiilinielua ja positiivinen kohti päästöjä. **Vesienpalautusalue sijaitsee karttakuvan alueesta lounaaseen.**



Kuva 15 Vesienpalautuksen vaikutukset Iso Särkisuoalla keskimäärin 20 vuoden simuloinnissa. Pohjavesipinta tarkoittaa tässä heinä-elokuun keskimääräistä pohjavesipintaa. Hiilitaseen muutoksessa negatiivinen luku kuvaa muutosta kohti hiilinielua ja positiivinen kohti päästöjä. **Vesienpalautusalue sijaitsee karttakuvan alueesta luoteeseen.**



Kuva 16 Vesienpalautuksen vaikutukset Hillikkosuolla talousmetsäkuviolla keskimäärin 20 vuoden simuloinnissa. Pohjavesipinta tarkoittaa tässä heinä-elokuun keskimääräistä pohjavesipintaa. Hiilitaseen muutoksessa negatiivinen luku kuvaa muutosta kohti hiilinielua ja positiivinen kohti päästöjä. **Vesienpalautusalue sijaitsee karttakuvan alueesta luoteeseen.**



Kuva 17 Vesienpalautuksen vaikutukset Kurkisuolla talousmetsäkuviolla keskimäärin 20 vuoden simuloinnissa. Pohjavesipinta tarkoittaa tässä heinä-elokuun keskimääräistä pohjavesipintaa. Hiilitaseen muutoksessa negatiivinen luku kuvaa muutosta kohti hiilinielua ja positiivinen kohti päästöjä. **Vesienpalautusalue sijaitsee karttakuvan alueesta etelä-kaakkoon.**

Taulukko 6 Puuston tilavuudet simulointialueiden lähtödatassa ja mallinnetut puuston tilavuudet 20 vuoden simuloinnin jälkeen suomen metsäkuviolla, jolle kohdistuu vesienpalautuksen hydrologisia vaikutuksia. Tilavuudet on esitetty koko simulointikuviolta (ks. Kuva 13- Kuva 17), ei siis pelkästään vesienpalautuksen vaikutusalueelta. Vesienpalautusalue, joka on pääasiassa muutoinkin vähäpuustoinen tai puuton ei sisälly näihin lukuihin.

		puuston tilavuus (m ³)	puuston tilavuus (m ³ /ha)
Pesäneva	Alkutilanne	480	80
	20 v. ei vesienpalautusta	871	146
	20 v. vesienpalautus	833	139
	puuston kasvun vähennys	-37	-6
	puuston kasvun vähennys (%)	-4 %	
Enäsuu	Alkutilanne	1262	147
	20 v. ei vesienpalautusta	1969	229
	20 v. vesienpalautus	1708	200
	puuston kasvun vähennys	-261	-29
	puuston kasvun vähennys (%)	-13 %	
Iso Särkisuo	Alkutilanne	1053	102
	20 v. ei vesienpalautusta	1715	167
	20 v. vesienpalautus	1564	153
	puuston kasvun vähennys	-151	-14
	puuston kasvun vähennys (%)	-9 %	
Hillikkosuo	Alkutilanne	121	95
	20 v. ei vesienpalautusta	246	192
	20 v. vesienpalautus	243	191
	puuston kasvun vähennys	-3	-1
	puuston kasvun vähennys (%)	-1 %	
Kurkisuo	Alkutilanne	533	150
	20 v. ei vesienpalautusta	634	178
	20 v. vesienpalautus	612	172
	puuston kasvun vähennys	-22	-6
	puuston kasvun vähennys (%)	-3 %	

Taulukko 7 Keskimääräinen hiilitase (kg CO₂-ekv./ha/vuosi) simuloituilla talousmetsän alueilla 20 vuoden simuloinnissa. Negatiivinen luku tarkoittaa tässä hiilinielua, positiivinen luku päästöä.

	Pesäneva	Enäsuu	Iso Särkisuo	Hillikkosuo	Kurkisuo
ei vesienpalautusta	-435	-1119	-849	-1296	1370
vesienpalautus	-623	-707	-502	-1338	1382
muutos	-189	411	346	-42	13

Johtopäätökset

Pohjavesimittaukset ja simuloinnit osoittivat, että vedenpinta nousee sekä vesienpalautuskohdealueella että yläpuolisessa talousmetsässä toimien seurauksena. Vedenpinnan nousu tässä hankkeessa tarkastelluilla kohteilla talousmetsässä on 10–30 cm. Alueen topografiasta riippuu, kuinka suuri vedenpinnan nousualue on. Vedenpinnan nousu vaikuttaa myös puuston kasvuun ja hiilivarastoon, mutta vaikutukset ovat suhteellisen pieniä ja vaikuttavuus riippuu kasvupaikasta, puuston määrästä (tilavuudesta) ja toimenpidettä edeltävästä kasvun tasosta. Vedenpinnan tasoon vaikuttaa merkittävästi myös se miten hyvin vesienpalautuksen suunnittelu ja johdeojien toteutus onnistuu. Tässä hankkeessa vesienpalautus onnistui pääsääntöisesti hyvin. Yhdellä alueella toteutus poikkesi kuitenkin alkuperäisestä suunnitelmasta minkä johdosta vedenpinta ei noussut kohdealueella riittävästi.

Vanhoilta vesienpalautuskohteilta tehtyjen kasvumittausten perusteella puuston kasvu oli vedenpinnan nousualueella alle 1 m³/ha/v pienempi kuin kuivassa ojitusaluemetsässä, vaikka vedenpinnan nostosta oli kulunut jo yli 40 vuotta aikaa. Osaltaan kasvutuloksiin vaikutti se, että reuna-alueiden puustot olivat kooltaan pienempiä kuin kauempana vesienpalautuksen vaikutusalueella olleilla alueilla ja puuston kasvu myös siksi heikompaa. Neulasanalyysit osoittivat kuitenkin, että alueiden (vesienpalautuksen vaikutuspiirissä oleva ja vaikutuspiirin ulkopuolella oleva talousmetsä ojitusalueella) välillä ei ollut merkittävää eroa puuston ravinnetilassa (Taulukko 5). Puuston ravitsemuksen kannalta tärkeät fosfori- ja kaliumpitoisuudet olivat kuitenkin välttävät tai alhaiset kaikilla koealueilla, mutta syyt näihin johtuvat muista tekijöistä kuin vedenpinnanoususta.

Simulointitulokset osoittivat, että vesienpalautuksella voidaan vähentää pitkällä tähtäimellä maaperän CO₂ päästöjä myös vesienpalautusalueen ulkopuolella olevassa mutta sen vaikutuspiirissä olevassa talousmetsässä, jossa tapahtuu vedenpinnan nousua, mutta päästövaikutuksen suuruus on aluekohtaista ja riippuu topografian ja kasvupaikkatyyppin ohella osaltaan myös vuotuisista sääolosuhteista. Varsinaisilla vesienpalautusalueilla tehdyt kasvihuonekaasumittaukset osoittivat, että ainakin alkuvaiheessa vesienpalautus voi jopa lisätä kasvihuonekaasupäästöjä, erityisesti metaanipäästöjä, jotka kohosivat merkittävästi kummallakin koekohteella Hilikkosuolla ja Enäsuolla. Hankkeen mittausjakson lyhydestä johtuen ei pystytty selvittämään, onko metaanipäästöjen nousu väliaikainen ilmiö, vai onko kyse siitä, että vesienpalautusalue on saavuttanut sen luontaisen metaanipäästöjen tason mikä on vastaavilla märillä suoalueilla. Suon kuivahtaminen ojituksen seurauksena on väistämättä aikoinaan laskenut myös metaanipäästöjen tasoa, mutta lisännyt samalla CO₂ -päästöjä.

Tulosten vieminen käytäntöön

Hankkeen tuloksia tullaan jalkauttamaan maanomistajien suuntaan Vespa-työohjelma -kartoitushankkeen maastotöiden yhteydessä tulevana maastokautena 2025, jolloin on mahdollista tavata maanomistajia ja paikallisia toimijoita. Tulosten avulla voidaan myös varmentaa ja kehittää Vespa-kartoitushankkeen mittausmenetelmiä, joiden lähtökohtana on ollut 40 cm maanpinnan korkeusero talousmetsästä johdeojan päähän. 40 cm korkeuseroa on käytetty myös Suomen metsäkeskuksen tuottamassa vesienpalautukseen soveltuvien kitu- ja joutomaiden -aineistossa. Tämän hankkeen tulosten perusteella vedenpinnan puustoon vaikuttava nousu talousmetsässä tapahtui pääsääntöisesti alueilla, joilla korkeusero vesienpalautusalueeseen nähden oli alle 40 cm. Vesienpalautukseen soveltuvien kitu- ja joutomaiden tulevassa päivityksessä, voidaan hyödyntää tässä hankkeessa saatua tietoa kuivavarasta.

Hankkeessa tuotettua tietoa voidaan hyödyntää toimintamallin päivityksessä ”Veden palautus ojaston kunnostuksen yhteydessä”, jossa kuvataan vesienpalautuksen prosessin eri vaiheet ja vastuutahot seikkaperäisesti.

Hankkeen tuloksista viestitään Vespa-koordinaatioryhmän 9.12.2024 webinaarissa, josta ne leviävät laajalle kuulijakunnalle.

Tulosten merkitys ja jatkotoimenpiteet

Hanke on tuottanut tietoa vanhojen vesienpalautuskohteiden puuston kunnosta. Puustotietojen avulla voidaan mahdollisesti selvittää vesienpalautusoman kunnon muuttumista hyödyntäen HydrologiaLIFE-hankkeessa kerättyä tietoa vesienpalautusomien kunnosta. Valuma-alueen ominaisuudet kuten maaperä on myös tärkeä tekijä tässä tarkastelussa. Selvityksen avulla voitaisiin tehdä ohjeistusta vesiensuojelurakenteiden tarpeista vesienpalautuksen yhteydessä.

Hanke oli ensimmäinen, jossa selvitettiin vesienpalautuksen vaikutuksia viereiseen/yläpuoliseen talousmetsään ojitusalueella. Tuloksia voidaan soveltaa luotettavasti myös ennallistamiskohteisiin, joissa huolenaiheena on vettymishaitat alueen ulkopuolella. Vaikka toimenpiteet nostavat vedenpintaa ja paikallisesti lisää vettymisriskiä eli merkittävääkin vedenpinnan nousua siten, että jopa puukuolematkin ovat mahdollisia, vaikutukset jäävät kuitenkin maltillisiksi ja rajatuiksi ja merkittävimmät vaikutukset kohdistuvat luonnontilaisen ja ojitetun alueen reunavyöhykkeille, joiden puuntuotos on muutoinkin alhainen.

Pääsääntöisesti vesienpalautusta voidaan pitää tuottavan metsätalouden harjoittamisen jatkamisen kannalta varsin turvallisena, varsinkin männiköissä, jotka sietävät korkeampaa vedenpinnan tasoa kuin esimerkiksi kuusikot. Tulokset osoittivat, että vesienpalautuksella ei saavuteta nopeita ilmastohyötyjä, vaan niitä tulee vasta pidemmällä aikavälillä, kun turpeen hajoaminen vähenee ja toisaalta myös uuden turpeen kertymisen odotetaan lisääntyvän vesienpalautusalueella. Näitä nopeampia ja merkittäviä ympäristöhyötyjä vesienpalautuksella on saavutettavissa monimuotoisuuden lisääntymisen ja vesiensuojelun tehostumisen kautta.

Lähteet

Hyttinen, H. 2010. Putkipatomenetelmän vaikutus puuston kasvuun. Opinnäytetyö. Maa- ja metsätalouden yksikkö Tuomarniemi. Metsätalouden koulutusohjelma. 78 s. + liitteet.

Hökkä, H., Hyttinen, H., Marttila, H., Jämsen, J. & Kløve B. 2011. Effect of peak runoff control method on growth of Scots pine stands on drained peatlands in central Finland. *Silva Fennica* vol. 45 no. 3 article id 106. <https://doi.org/10.14214/sf.106>

Laine, A. M., Ojanen, P., Lindroos, T., Koponen, K., Maanavilja, L., Lampela, M., Turunen, J., Minkkinen, K. & Tolvanen, A. 2024. Climate change mitigation potential of restoration of boreal peatlands drained for forestry can be adjusted by site selection and restoration measures. *Restoration Ecology*.
<https://doi.org/10.1111/rec.14213>

Laurén, A., Palviainen, M., Launiainen, S., Leppä, K., Stenberg, L., Urzainki, I., Nieminen, M., Laiho, R., Hökkä, H. 2021. Drainage and Stand Growth Response in Peatland Forests—Description, Testing, and Application of Mechanistic Peatland Simulator SUSI. *Forests* 2021 12: 293.
<https://doi.org/10.3390/f12030293>

Palviainen, M., Pumpanen, J., Mosquera, V., Maher Hasselquist, E., Laudon, H., Ostonen, I., Kull, A., Renou Wilson, F., Peltomaa, E., Könönen, M., Launiainen, S., Peltola, H., Ojala, A. & Laurén, A. 2024. Extending the SUSI peatland simulator to include dissolved organic carbon formation, transport and biodegradation - Proper water management reduces lateral carbon fluxes and improves carbon balance. *Science of the Total Environment* 950: 175173. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175173>