



Selvitys Pohjois-Pohjanmaan entisten turvetuotantoalueiden jatkokäyttökosteikkojen kasvihuonekaasupäästöistä

Monimuotokosteikkojen vesistö- ja ilmastovaikutukset turvetuotannosta
poistuneilla alueilla (MoVeTu) -hankkeen raportteja

Sanna Karjalainen, Mirkka Visuri ja Anna-Kaisa Ronkanen



**Euroopan unionin
osarahoittama**

1 Sisällys

1	Sisällys	1
1	Johdanto.....	2
2	Taustaa	3
3	Tutkimusalueet	6
3.1	Karjoneva	6
3.1	Kurunneva	10
4	Menetelmät.....	12
5	Tulokset ja pohdinta.....	13
5.1	Karjoneva	13
5.1.1	Metaani	13
5.1.2	Hiilidioksidi	16
5.2	Kurunneva	17
5.2.1	Metaani	17
5.2.2	Hiilidioksidi	19
6	Yhteenveto	21
7	Lähteet	24

Oulussa 28.8.2025

Kansikuva: Nella Hietanen

1 Johdanto

Energiaturpeen käytön väheneminen on johtanut turvetuotantoalueiden määrän supistumiseen, minkä myötä tuhansille hehtaareille on löydetty uusia maankäyttömuotoja. Jatkokäyttövaihtoehtoista yleisimpiä ovat metsitys, maatalous ja kosteikkojen rakentaminen. Kuiville suonpohjille sopivat parhaiten puuntuotanto ja nurmiviljely, kun taas kosteille alueille voidaan perustaa kosteikkoja tai palauttaa suokasvillisuutta. Myös rahkasammalen kasvatusta ja uusiutuvan energian hyödyntäminen ovat mahdollisia. Jatkokäytön vaikutuksista on kuitenkin vielä vähän tutkimustietoa, ja arviot perustuvat asiantuntijankempeksiin.

Turvetuotannon päätyttyä tuotantoalueet siirtyvät jälkihoidon kautta jatkokäyttöön. Alueen jatkokäyttömuoto määräytyy alueen ominaispiirteiden ja maanomistajan intressien perusteella. Samalla alueella voi usein olla useampaa erilaista maankäyttömuotoa siten, että matalimmille osille muodostuu kuivatuksen päätyttyä kosteikko ja loput siirtyvät maa- ja metsätalouden käyttöön.

Kosteikoksi vesittäminen sopii hyvin tuotannon aikana pumpulla kuivatetuille matalille alueille, joille vesi kertyy luonnostaan kuivatuksen päättämisen jälkeen. Kosteikko voidaan perustaa myös esimerkiksi pengertämällä. Kosteikoksi vesittämisellä voidaan tavoitella esimerkiksi ympäröivien maankäyttömuotojen vesiensuojelua, tulvasuojelullisia asioita tai happamilla sulfaattimailla sijaitsevilla tuotantoalueilla happamuushaittojen ehkäisyä. Tuotantoalueelle muodostunut kosteikko voi olla pieni ja lammikkomainen, joka ajan myötä soistuu ja kasvaa umpeen tai järvimäinen laajalla avovesialueella. Kosteikon perustamisvaiheessa on voitu palauttaa alueen vesiyhteys tuotantoaluetta ympäröivään valuma-alueeseen ja kosteikolta on voitu suunnitella vesien purku alapuoliseen vesistöön tai kosteikolla voi olla hyvin pieni ja olematon valuma-alue, ja kosteikolta ei välttämättä ole purkavaa uomaa.

Turpeen tuotanto on ympäristöluvanaista ja tuottaja on velvollinen seuraamaan tuotantoalueella tuotannon aikaista vesistökuormitusta vesinäyttein ja -mittauksin. Seurantavelvoite tuottajalla on yleensä jälkihoitovaiheen loppuun. Jälkihoidon päätyttyä alueet siirtyvät jatkokäyttöön ja alueen maanomistajan hallintaan, minkä jälkeen tuottajan velvollisuudet alueesta päättyvät. Alueiden seuranta useimmiten päättyy jälkihoidon päätyttyä, eikä alueille perustetuista jatkokäyttökosteikoista ole kuin hyvin hajanaista seurantatietoa.

Monimuotokosteikkojen vesistö- ja ilmastovaikutukset turvetuotannosta poistuneilla alueilla (MoVeTu) -hankkeessa selvitettiin entisille turvetuotantoalueille tehtyjen monimuotokosteikkojen nykyinen vesistökuormitus, kasvihuonekaasupäästöjä sekä nykyiset maankäyttömuodot Pohjois-Pohjanmaan alueella. Tuotannosta poistuneet alueet, joilla on kosteikoksi vesitettyä pinta-alaa, selvitettiin MoVeTu-hankkeessa paikkatietoanalyysin avulla. Paikkatietoanalyysi on kuvattu tarkemmin erillisessä raportissa (Karjalainen ym. 2024). Omissa raporteissaan on kuvattu myös jatkokäyttökosteikkojen nykytilaa (Karjalainen ym. 2025) sekä vesistökuormitusta (Visuri ym. 2025). MoVeTu-hankkeen aikana tuotettiin myös kandidaatintyö maastohavainnoista kesällä 2023 (Hietanen 2024).

Tässä raportissa kuvataan Pohjois-Pohjanmaan entisille turvetuotantoalueille perustettujen jatkokäyttökosteikkojen kasvihuonekaasupäästölaskentaa ja sen tuloksia. Paikkatietoanalyysissä löydetyille kosteikkokohteille tehtiin maastokäynnit kesällä 2023 ja maastohavaintojen pohjalta valittiin kaksi kohdetta kasvihuonekaasumittauksiin. Varsinaiset mittaukset teetettiin ostopalveluna Luonnonvarakeskukselta (Luke), joka toimitti mittauksien tulokset Excel-taulukkomuodossa. Tässä raportissa jatkokäyttökosteikkojen tämänhetkistä ilmastokuormitusta peilataan aiempiin olemassa oleviin sekä muissa hankkeissa saatuihin tuloksiin.

MoVeTu-hanketta toteuttaa Suomen ympäristökeskus (Syke) vuosina 2023–2025. Hanketta rahoittaa Euroopan unionin aluekehitysrahasto Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kautta. Hanke liittyy läheisesti Euroopan unionin rahoittamaan MERLIN-hankkeeseen (HORIZON 2020 Green Deal, Grant agreement ID 101036337), jossa tarkastellaan erilaisten makean veden ekosysteemien (kosteikot, suot, tulva-alueet, joet ja järvet) ennallistamisen kehittämistä ja ennallistamistoimenpiteiden ilmasto- ja monimuotoisuusvaikutuksia ja vesistöhyötyjä. Suomessa MERLIN-hankkeessa tarkastellaan turvetuotannosta poistuvan alueen erilaisia jatkokäyttömuotoja, niiden toteuttamista ja toimenpiteiden vaikutuksia.

2 Taustaa

Luonnossa hiili kiertää jatkuvasti olomuodosta ja varastosta toiseen. Yhteyttäessään kasvit sitovat kaasumaista hiilidioksidia ilmakehästä, minkä jälkeen hiiltä sitoutuu ravintoketjussa, josta se vapautuu jälleen ilmakehään kasvisolujen ja eläinten hengityksessä tai orgaanisen aineksen maatuessa. Hiilidioksidia liukenee myös meriveden ylimpiin kerroksiin suuria määriä vuosittain, mutta lähes yhtä paljon vapautuu meristä takaisin ilmakehään. Maaperään sitoutunut hiili on pääosin kiinteässä olomuodossa joko epäorgaanisina yhdisteinä eri kivilajeissa, alkuainemuodossa esimerkiksi kivihiilenä tai orgaanisina yhdisteinä eliöiden rakenteissa kuten kasvien juurissa. Hiiltä siirtyy maaperään myös kuolleiden eliöiden maatumisprosessin aikana. Boreaalisella havumetsävyöhykkeellä hiiltä on sitoutunut maaperään useita kertoja enemmän kuin kasvillisuuteen (IPCC 2000, Goodale ym. 2002, Gorte 2009). Suuri osa maapallon orgaanisesta hiilestä on sitoutunut kivennäismaiden maaperän pintakerrokseen noin metrin paksuudelta (Jobbágy and Jackson 2000) ja soiden turvekerrokseen (Davidson ja Janssens 2006).

Luonnontilaiset suot sitovat hiiltä mutta myös tuottavat metaania (CH_4) (Frolking ym. 2006). Turvetuotantosoon kuivatuksessa metaanintuotto vähenee merkittävästi, mutta palautuu ennalleen, jos suo ennallistetaan vesittämällä. Tuotannon aikanakin metaanintuotanto jatkuu kuivatusojissa, jotka kattavat noin 7 % turvetuotantoalueiden pinta-alasta. Tämä vastaa suunnilleen samaa kuin metsäojitetujen soiden ojien päästöt, jotka ovat noin $6,4 \text{ g CH}_4/\text{m}^2/\text{v}$ (Pohjala 2014, Ojanen ym. 2010). Luonnontilaisten soiden metaanipäästöt vaihtelevat suon rehevyyden ja turpeen ominaisuuksien mukaan: karut suot tuottavat $3,3\text{--}7,6 \text{ g CH}_4/\text{m}^2/\text{v}$ ja rehevät $10,8\text{--}17,0 \text{ g CH}_4/\text{m}^2/\text{v}$.

EU:ssa maankäyttösektorilla syntyviä päästöjä tarkastellaan LULUCF-asetuksen (land use, land use change and forestry) mukaisesti. Asetukset määrittävät, mitkä maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsänhoidon päästöt ja nielu huomioidaan EU:n ilmastotavoitteissa vuosina 2021–2030. Tavoitteet perustuvat eurooppalaiseen ilmastolakiin, joka tähtää EU:n ilmastoneutraalisuuteen vuoteen 2050 mennessä. Soveltamisalaan sisältyvät metsistä, viljelysmaasta, ruohikkoalueista sekä metsityksestä ja metsien siirtymisestä muuhun maankäyttöön (metsäkato) aiheutuvat päästöt ja nielu. Kosteikkojen päästöt ja nielu raportoidaan kaudella 2021–2025 ja ne sisällytetään LULUCF-sektorin velvoitteen tarkasteluun vuodesta 2026 alkaen. Kosteikkojen päästöjen ja nielujen sisällyttäminen LULUCF-laskentaan mahdollistaa ennallistamis- ja vettämistoimien nieluhyödyt Suomen kasvihuonekaasulaskennassa. Kosteikkoja ovat esimerkiksi ennallistetut metsäojitetut suot, maatalouden kosteikot ja vesitetyt turvetuotantoalueet. (MMM 2024)

Turvetuotannon piirissä on ollut noin 120 000 ha soita (Bioenergia ry 2019), joista vuonna 2019 tuotannossa oli 52 000 ha (AFRY 2020). Vuoden 2018 loppuun mennessä noin 50 000 ha suonpohjia oli vapautunut uuteen maankäyttöön, joista 75 % oli metsitetty tai metsittynyt (Bioenergia ry 2019). Vuoden 2020 alussa uutta maankäyttöä odotti 9 262 ha (Lumperoinen & Hämäläinen 2020). MoVeTu-hankkeen paikkatietoanalyysin (Karjalainen ym. 2024) perusteella turvetuotannosta oli Pohjois-Pohjanmaalla poistunut vuosien 2019–2022 välillä vajaa 30 000

ha. Kaiken kaikkiaan vesitettyä pinta-alaa oli yhteensä 1316 ha kaikilla Pohjois-Pohjanmaan vuosien 1995–2022 aikana tuotannosta poistuneilla kosteikoiksi ennallistetuilla turvetuotantoalueilla (Karjalainen ym. 2024).

Turvetuotantosuo vesittäminen lisää aluksi alueen metaanipäästöjä ja lämmitysvaikutusta ilmastoon. Metaanin muodostuminen kosteikoksi vesitetyllä turvesuolla riippuu suopohjalle jääneen turvekerroksen paksuudesta. Jos alueen turve on nostettu lähes kokonaan, metaania ei muodostu merkittävästi tai sen muodostuminen kestää pitkään. Jos taas turpeenosto on lopetettu niin, että turvetta on alueelle jäänyt vielä runsaasti, metaania voi alueella muodostua merkittäviä määriä. Jäljelle jääneen turvekerroksen paksuus eri kohdissa suota voi johtua esimerkiksi turvetuotantosuo pohjan epätasaisuudesta (Peronius 2024, teoksessa Nissinen 2024). Kosteikolla metaania muodostuu eniten noin 20 cm syvyydessä veden pinnasta laskettuna (Sundh ym. 1995), ja sen muodostuminen edellyttää maatumatonta turvetta veden alla (Frolking ym. 2006).

Tuotantoalueen vesittäminen lopettaa alueen hiilidioksidipäästöt ja palauttaa sitä kautta suon hiilinieluksi. Pitkällä aikavälillä (n. 35 vuotta) hiilensidonnan hyödyt ylittävät metaanipäästöjen haitat. Vettäminen kosteikoksi on mahdollista alueilla, joilla on sopiva topografia ja sellaisilla tuotantoalueilla, jotka on kuivatettu pumppaamalla. Kosteikoista on paljon hyötyjä ympäristölle, sillä ne estävät jäljellä olevaa turvetta hajoamasta, lisäävät luonnon monimuotoisuutta sekä hidastavat veden virtausta, mikä voi vähentää ympäristökuormitusta alapuolisiin vesistöihin. Kosteikot toimivat vesivarastoina hidastaen veden viipymää valuma-alueella ja voivat tasoittaa virtaamia etenkin alivirtaamakaudella. Kosteikkoja voidaan hyödyntää myös kosteikkoviljelyssä, esimerkiksi pajun, suomarjojen, nurmen ja ruokohelven viljelyllä sekä hyödyntää riistapeltoina. Lisäksi kosteikoilla voidaan kasvattaa rahkasammalta tai esimerkiksi kuituhamppua. (Turvetyöryhmän loppuraportti 2021)

Turvetyöryhmän loppuraportin (2021) mukaan sekä metsitys että vettäminen johtavat pidemmällä aikavälillä kasvihuonekaasujen päästövähennykseen ja alueen muuttumiseen hiilinieluksi. Vetetty kosteikko alkaa sitoa hiilidioksidia ja metsitetty turvetuotantoalue muuttuu hiilinieluksi puuston kasvun myötä noin 30 vuoden kuluttua metsityksestä, jos metsää ei hakata. Sen sijaan maatalouskäyttö jälkikäyttömuotona voi johtaa maaperän päästöjen kasvuun kuivatuksen tehostumisen myötä.

Ilmastohyötyjen lisäksi vettäminen edistää nopeasti alueen monimuotoisuutta, ja kasvilajimäärä suonpohjilla nousee korkeammaksi kuin metsityksessä, vaikka lajisto voi poiketa alkuperäisestä (Tolvanen ym. 2018). Kosteikot tarjoavat elinympäristön esimerkiksi vesilinnuille ja viitasammakoille sekä ravintoa laiduntaville eläimille. Metsitys, erityisesti tuhkalannoituksella, parantaa monimuotoisuutta metsälajiston suuntaan (Tolvanen ym. 2018).

Käytöstä poistuneiden turvetuotantoalueiden vesistökuormituksesta ja ilmastovaikutuksista on saatavilla vähän tutkittua tietoa. Kansallisen kasvihuonekaasujen inventaarion raportissa (Statistics Finland 2024) vettäminen päästöt perustuvat kotimaisen kirjallisuuden päästölukuihin. Luonnonvarakeskuksen laskelmissa on huomioitu kasvihuonekaasuista hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O). Tässä MoVeTu-hankkeen raportissa tarkastellaan CO₂ ja CH₄ -päästöjä kahdella entisellä turvetuotantoalueella Pohjois-Pohjanmaalla vuoden 2024 kasvukauden aikana. Päästölaskelmia vertaillaan Mustamon (2017), Rantasen (2024) ja Jokelaisen (2025) tekemiin kasvihuonekaasumittauksiin sekä Luken Ilmava-hankkeen tuloksiin ja siinä tuotettuihin päästöskenaariolaskelmiin (Lehtonen ym. 2021).

Luke arvioi turvemaiden ennallistamisen kasvihuonekaasuvaikutuksia kahden skenaarion avulla vuosille 2021–2065 (Lehtonen ym. 2021). Tarkastelun lähtökohtana oli turvetuotantoalueita 60 000 ha alalla, josta 20 % soveltui kosteikoiksi aiempien kokemusten perusteella. Skenaariossa 1 ennallistamisen määräksi asetettiin vuosittain 5 000 ha suometsiä

ja 800 ha turvetuotantoalueita, mikä tuottaisi 15 vuodessa yhteensä 75 000 ha ennallistettuja suometsiä ja 12 000 ha ennallistettuja turvetuotantoalueita. Tässä skenaariossa kasvihuonekaasupäästöt pienenevät verrattuna aiempaan maankäyttöön keskimäärin 0,24 Mt CO₂ ekv. /v. Skenaariossa 2 pinta-alat olivat puolet pienemmät: 2 500 ha suometsiä ja 400 ha turvetuotantoalueita vuodessa. Tässä skenaariossa myös päästövähennykset ovat puolta pienempiä.

Lehtosen ym. (2021) mukaan maankäytön historia ja turvemaan ravinteisuus vaikuttavat ennallistamisen kasvihuonevaikutuksiin. Vähäravinteisten ojitettujen suometsien ennallistaminen lisää päästöjä 2,08 t CO₂ ekv./ha/v, kun taas ravinnerikkaiden suometsien ennallistaminen vähentää päästöjä 4,66 t CO₂ ekv./ha/v. Turvetuotantoalueiden ennallistaminen muuttaa maaperän hiilinieluksi, vaikka metaanipäästöt kasvavat. Kokonaisvaikutus vähentää päästöjä merkittävästi, 9,40 t CO₂ ekv./ha/v. Luken laskelmat tukevat LIFEPEATLANDUse-hankkeen tuloksia, joiden perusteella karujen heikkotuottoisten suometsien on arvioitu olevan kasvihuonekaasutaseiden kannalta neutraaleja tai jopa nieluja, kun taas rehevät heikkotuottoiset suometsät ovat lähteitä johtuen niiden voimakkaasta turpeen hajoamisesta (Tolvanen ym. 2018).

Mustamo (2017) tutki soiden kasvihuonekaasupäästöjä Pelson soilla Pohjois-Pohjanmaalla. Koealue sisälsi turv pellon, ojitettua suometsää, turvetuotantoalueen ja luonnon tilaisen suon. Tutkimuksen mukaan turvetuotantoalue ja pelto olivat merkittäviä typpioksiduulin (N₂O) -lähteitä läpi vuoden. Sulan maan aikana luonnon tilainen suo oli merkittävä metaanin lähde, kun taas talvella suo ei päästänyt metaania. Sen sijaan turvetuotantoalue ja pelto olivat metaanin lähteitä ja erityisesti talviajan päästöt olivat huomattavat suhteutettuna koko vuoden kasvihuonekaasubudjettiin. Alueilta mitattiin myös hiilidioksidi (CO₂) -päästöjä. Kasvukaudella mitattiin keskimäärin 0,134 g CO₂/m²/h ja -0,00002 g CH₄/m²/h turvetuotantoalueen paljaalla turvepinnalla. Luonnon tilaisella suolla mitattiin keskimäärin 0,143 g CO₂/m²/h¹ ja 0,00098 g CH₄/m²/h.

Vuosina 2022–2023 Rantanen (2024) tutki pro gradu -tutkielmassaan Pudasjärvellä sijaitsevan ennallistetun Pikku Saarisuon kasvihuonekaasujen vaihtoa. Pikku Saarisuo on myös yksi tässä hankkeessa mukana olleista kosteikkokohteista. Tutkimuksessa mitattiin kasvihuonekaasuja viidellä erilaisella koealalla, jotka olivat paljas turve, kuiva heinä, keskikuiva maa, märempi kasvipinta ja avovesi. Näiden koealojen vuoden 2023 mittaustulokset on esitetty alla (Taulukko 1).

Taulukko 1. Pikku Saarisuon metaanin (CH₄) ja hiilidioksidin (CO₂) keskimääräiset mittaustulokset viidellä erilaisella koealalla kasvukaudella (4 kk) 2023 (Rantanen 2014).

Koeala	CH ₄ (g/m ² /h ¹)	CO ₂ (g/m ² /h ¹)
Paljas turve	0,016	0,3
Kuiva heinä	0,0005	0,6
Keskikuiva maa	0,0018	0,5
Märempi kasvipinta	0,005	0,4
Avovesi	0,003	0,2

MERLIN-hankkeessa tutkittiin ennallistetun turvetuotantoalueen kasvihuonekaasujen vaihtoa erilaisilla pinnoilla lin Komppasuolla. Tuloksia ei ole vielä julkaistu, mutta alustavia mittaustuloksia (Jokelainen 2025) saatiin vertailtavaksi MoVeTu-hankkeen käyttöön. Komppasuolla mittauksia tehtiin ennen ennallistamistoimia vuonna 2022 sekä ennallistamistoimien jälkeen vuonna 2024. Kasvukaudella 2024 saatiin tuloksia neljältä

erilaiselta koealalta, jotka olivat soistaminen, kosteikko, metsitys ja kontrollialueena toimiva turvepinta (Taulukko 2).

Taulukko 2. Komppasuon alustavia tuloksia metaanin (CH₄) ja hiilidioksidin (CO₂) kaasujen vaihdosta neljällä erilaisella koealalla kasvukaudella 2024. (Jokelainen 2025)

Koeala	CH ₄ (g/m ² /h ¹)	CO ₂ (g/m ² /h ¹)
Soistaminen	0,00024	0,213
Kosteikko	0,00098	0,307
Metsitys	0,00024	0,477
Kontrollialue (turvepinta)	-0,000010	0,667

3 Tutkimusalueet

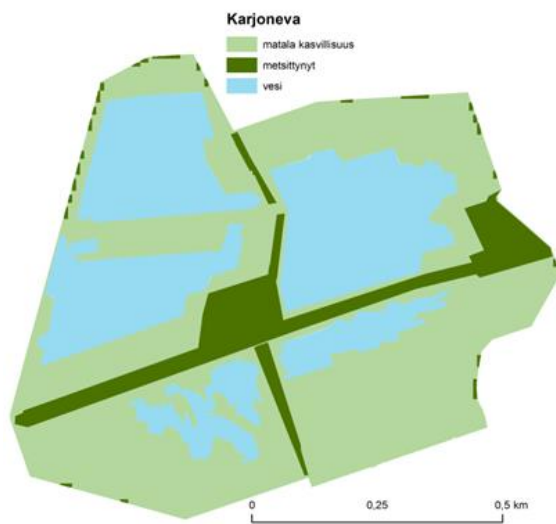
Hankkeessa tehtiin maastokäynnit yhteensä 49 entiselle turvetuotantoalueelle, joilla oli jatkokäyttömuotona vesittäminen. Näistä 45 kohteelle päästiin niin, että alueella oleva kosteikko havaittiin maastossa. Yksi kohteista paljastui maastokäynnillä edelleen tuotannossa olevaksi alueeksi ja siellä oleva kosteikko tuotantoalueen vesiensuojelurakenteeksi. Kyseinen kohde jätettiin pois jatkotarkasteluista. Maastokäyntien ja muiden taustatietojen pohjalta valittiin kasvihuonekaasumittauksiin soveltuvat kohteet.

Kasvihuonekaasumittauspaikkojen valinnan lähtökohtana pidettiin, että alueella on joko olemassa olevia rakenteita kuten pitkospuita tai laitureita, tai että kohteille voi tarvittaessa rakentaa itse tarvittavat rakenteet. Rakenteiden tekemiseen ja mittauksiin pyydettiin kohteiden maanomistajilta luvat. Tärkein tekijä kohteiden valinnassa oli kosteikoiden ikä: haluttiin valita sellaiset kosteikkokohteet, joiden olosuhteet olisivat jo melko vakiintuneet. Mittauksiin valikoitui lopulta kaksi kohdetta: Karjoneva Siikajoella ja Kurunneva Siikalatvalla. Karjonevalla kosteikko on perustettu vuonna 2011 eli kasvihuonekaasumittausten ajankohtana vuonna 2024 kosteikko oli 13 vuoden ikäinen. Kurunnevan lintujärvi on selvästi vanhempi, sillä se on vesitetty 1997. Kurunnevan kosteikolla oli siis kasvihuonekaasumittausten aikaan ikää 26 vuotta. Kurunnevan kosteikkoa on myöhempinä aikoina laajennettu.

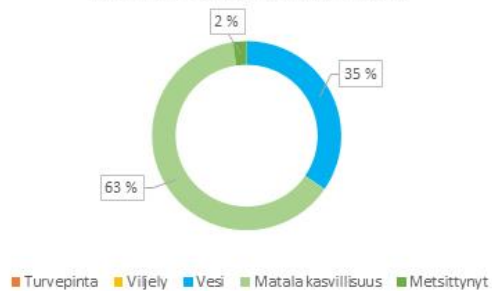
3.1 Karjoneva

Karjonevan alueella Siikajoella turvetuotanto päättyi vuonna 2006 ja alue siirtyi jälkihoitoon vuonna 2007. Ennallistaminen kosteikoksi alkoi vuonna 2011 Luonnonperintösäätiön toimesta. Luonnonperintösäätiön mukaan (2023) puolet alueen pinta-alasta on nykyään veden peittämää ja kosteikon syvyys on noin puoli metriä. Alue on vesittämisen jälkeen kasvittunut nopeasti, siellä pesii useita lintulajeja ja kosteikko toimii myös monien muuttolintujen levähdyspaikkana. Alueelta löytyy luontopolku ja lintujentarkkailukoju.

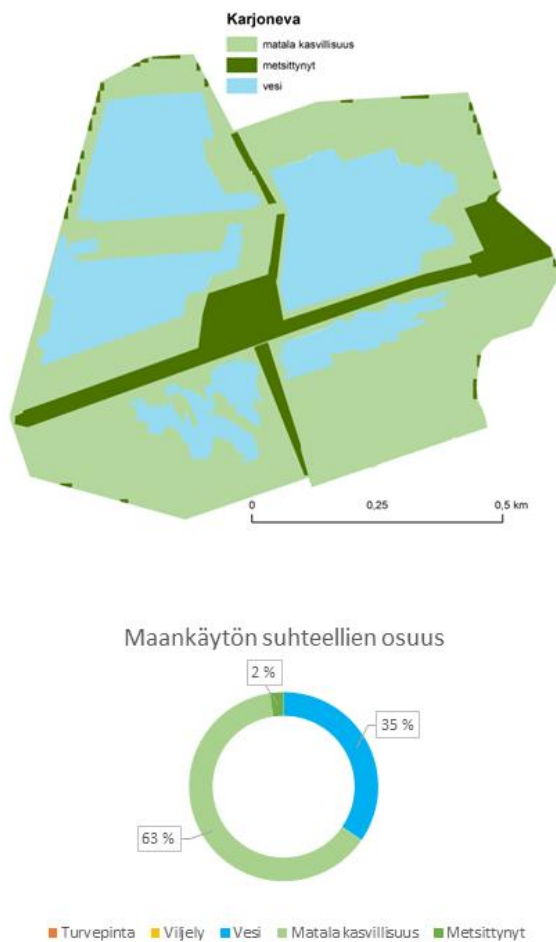
Paikkatietoanalyysissä (Karjalainen ym. 2024) Karjonevan pinta-alaksi määriteltiin noin 71 hehtaaria. Alueen maankäyttö (



Maankäytön suhteellien osuus



Kuva 1) koostui matalasta kasvillisuudesta (63 %), kosteikosta (35 %) ja metsästä (2 %). Vesiala jakautui useampaan vesialtaaseen, joista osa oli pirstaleisempia kuin toiset. Avovesialaksi määriteltiin noin 9 hehtaaria.



Kuva 1. Karjonevan maankäyttömuodot (vasemmalla) ja ilmakuva vuodelta 2022 (oikealla). Kuvat: Sanna Karjalainen

Karjonevalla tehtiin kolme vesinäytteenottokierrosta, joista ensimmäisellä käynnillä kesällä 2023 tarkasteltiin myös alueen soveltuvuutta kasvihuonekaasumittauksiin. Maastohavaintojen mukaan avovesialue oli pirstaleinen ja muu alue erittäin hyvin kasvittunut. Alueella oli havaittavissa isot tuotannon aikaiset ojat, mutta muutoin aluetta ei voinut enää tunnistaa turvetuotantoalueeksi. Paikan päällä havaitut maankäyttömuodot olivat metsittäminen ja kosteikko.



Kuva 2) tehtiin ennen varsinaisen mittauksen aloittamista. Karjonevalla rakennustyöt tehtiin 12.6.2024 Luken ja Syken yhteisvoimin. Alueelle rakennettiin kolme siltaa avoveden mittauksia varten sekä asennettiin jatkuvatoiminen HOBO-lämpötilan mittausloggeri ja jatkuvatoiminen vedenkorkeutta mittaava Odyssey mittalaite. Mittauspisteiden merkintä sekä HOBOn ja avoveden Odysseyn asennus tehtiin 19.6.2024.

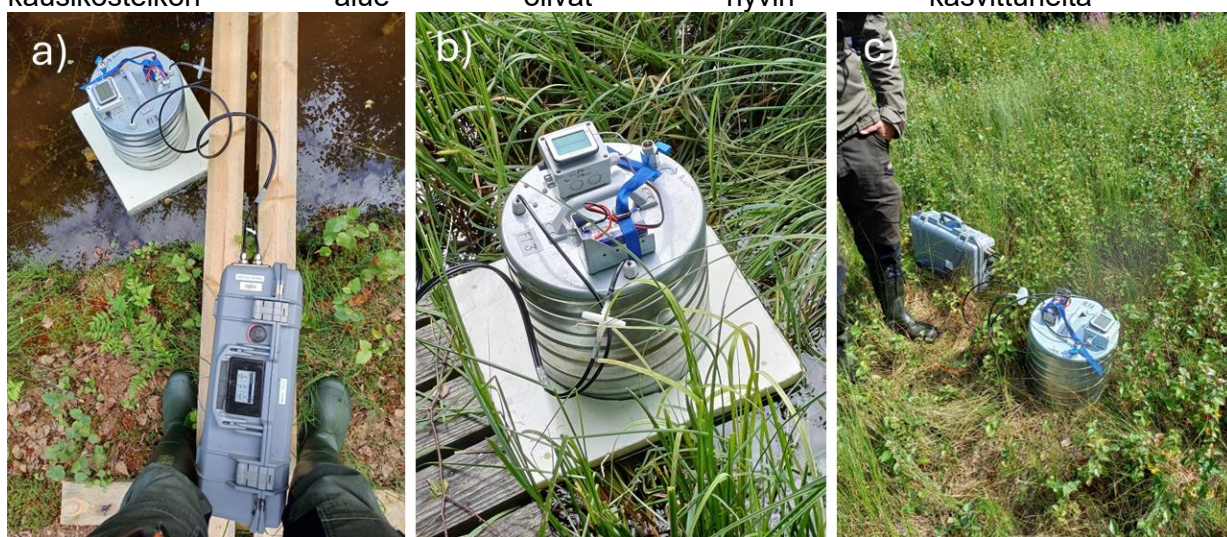


Kuva 2. Rakennustöitä Karjonevalla. Kuva: Mirkka Visuri

Karjonevalla kosteikon mittauspisteitä oli yhteensä kuusi, joista K1 ja K2 olivat alueelta valmiiksi olleella sillalla ja K3-K6 pienemmältä sillalta vähän matkan päästä (



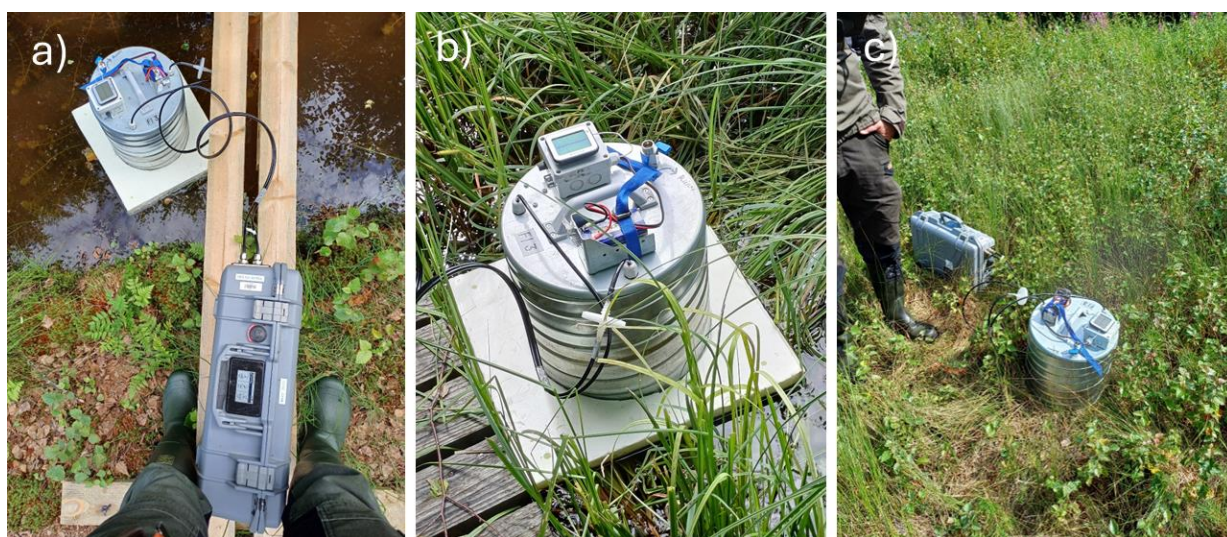
Kuva 3). Maapisteitä eli kausikosteikon mittauspisteitä oli neljä (M1-M4) ja ne sijaitsivat ison sillan kosteikkopisteiden ja avoveden mittauspaikan välimaastossa. Avoveden mittaukset tehtiin ojasta pisteiltä V1-V6. Avoveden mittauspaikan vesi osin puiden varjostamaa ja kosteikko ja kausikosteikon alue olivat hyvin kasvittuneita (



Kuva 4).



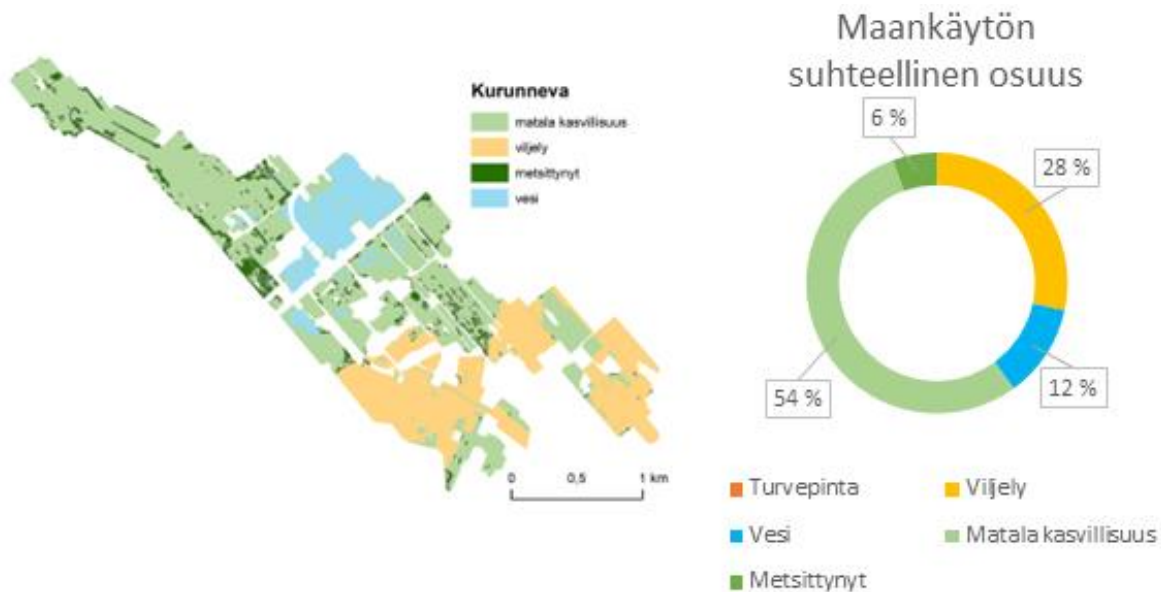
Kuva 3. Karjonevan mittauspaikat.



Kuva 4. Karjonevan mittauspaikat a) vedessä, b) kosteikolla ja c) kausikosteikolla/kuivalla maalla. Kuvat: Nella Hietanen

3.1 Kurunneva

Kurunneva on vanha turvetuotantoalue Siikalatvalla Rantsilassa, jolla tuotanto päättyi vuonna 2006, mutta alueelle vesitettiin ensimmäinen kosteikko tuotannosta vapautuneille lohkoille jo vuonna 1997. Vesitetty tekojärvi on loivarantainen ja matala ja sen keskiosiin on rakennettu turpeesta pesimäsaaria linnuille (Pessa ym. 2001). Kosteikon pinta-ala on 46 ha ja alueella on rakenteita retkeilyyn ja virkistyskäyttöön (Kittamaa & Tolvanen 2013). Paikkatietoanalyysissä (Karjalainen ym. 2024) Kurunnevan pinta-alaksi määritettiin 329 hehtaaria. Alueen maankäyttö (**Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.**) koostui matalasta kasvillisuudesta (54 %), viljelystä 28 %, vesialueista (12 %) ja metsistä (6 %) (kuva 5).



Kuva 5. Kurunnevan maankäyttömuodot (vasemmalla) ja ilmakeku vuodelta 2022 (oikealla). Kuvat: Sanna Karjalainen

Kurunnevalle käytiin maastossa kolme kertaa vesinäytteenotossa. Kesällä 2023 lähtevän veden uomassa havaittiin suuri virtaama, mikä johtuu siitä, että vedet Kurunnevalle johdetaan Kurunkanavasta ja vesimäärä on myös näin ollen suuri ja valuma-alue laaja. Vesinäyte otettiin mittapadolta kuten myös syksyn näytteenottokerralla 12.9.2023. Keväällä 2024 vesi virtasi sekä mittapadosta ja sen läheisyydessä olevasta ylivuotopadosta pois kosteikolta. Näistä molemmista purku-uomista otettiin vesinäytteet. Avovesiala Kurunnevalle oli maastohavaintojen mukaan suuri ja kosteikko on järvimäinen. Kosteikon suo- ja kosteikkokasveja olivat mm. järvikorte, sarat, rahkasammal, kaisla ja järviruoko.

Kurunnevalle kasvihuonekaasumittauspaikkojen rakennustyöt tehtiin 11.6.2024. Alueelle rakennettiin lyhyet pitkospuut ja merkittiin kuusi kaasumittauspistettä (



Kuva 6) kosteikolle ja kuusi pistettä avoveteen.



Kuva 6. Kurunnevan mittauspisteet.

Kosteikon mittaukset tehtiin rakennetuilta pitkospuilta rantakasvillisuudesta ja avovesimittaukset tehtiin kohteella valmiiksi olevalta laiturilta (



Kuva 7). Paikalle asennettiin kaksi lämpötilaa jatkuvasti mittaavaa HOBO-loggeria, yksi kosteikolle ja yksi veteen, sekä kaksi vedenpinnan korkeutta jatkuvasti mittaavaa Odysseytä (yksi kosteikolle, yksi veteen).



Kuva 7. Kurunnevan mittauspaikat a) kosteikolla ja b) avovedessä. Kuvat: Nella Hietanen

4 Menetelmät

Hiilidioksidin (CO_2) ja metaanin (CH_4) kammiomittaukset suoritettiin kasvukaudella 2024 viisi kertaa kahdella kohteella. Mittauksilla selvitettiin nettovaikutus eli huomioitiin sekä tulevat että lähtevät kaasut. Mittauksia tehtiin kosteikkojen rantakasvillisuudessa ja veden pinnalta. Kasvihuonekaasumittausten tulokset on esitetty liitteessä 1 (). Kasvihuonekaasujen lisäksi kohteilta mitattiin loggereilla maaperän lämpötilaa () ja vedenpinnankorkeutta (), jotka tarvittiin kasvihuonekaasujen (CO_2 ja CH_4) mittausdatan laskentaa varten.

Mittauskohteet olivat Kurunnevan kosteikko Siikalatvan kunnassa (7148650 N, 431233 E, ETRS) ja Karjonevan kosteikkoalue Siikajoella (7167070 N, 419196 E, ETRS). Molemmilla kohteilla mitattiin kosteikon mittauspisteitä (K1-K6) sekä avoimen vesipinnan mittauspisteitä (V1-V6). Lisäksi Karjonevalla oli kausikosteikon alueella kuivan maan mittauspisteet (M1-M4).

Kohteilta mitattiin LI-COR LI-7810 kannettavalla kaasuanalysaattorilla CO_2 - ja CH_4 -vuot. Kaasumittauksen yhteydessä mitattiin veden lämpötila. Lisäksi kohteilla seurattiin jatkuvatoimisesti veden lämpötilaa HOBO-loggereilla ja vedenpinnankorkeuden muutoksia Odyssey-loggereilla. Vedenpinnan taso vaikuttaa kriittisesti metaanin (CH_4) vaihtoon soilla, koska se säätelee anaerobisen metaanintuotannon ja aerobisen metaanin hapettumisen tasapainoa. Korkean veden aikaan hapen saatavuus on rajoitettua, mikä luo anaerobiset olosuhteet, jolloin anaerobiset mikrobit tuottavat metaania hajottamalla orgaanista ainesta. Toisaalta orgaanisen aineksen hajoamisen hidastuessa hiilidioksidipäästöt (CO_2) pienentyvät, koska hapettavaa hengitystä ei tapahdu tehokkaasti. Veden pinnan ollessa matalalla happi pääsee tunkeutumaan syvemmälle turpeeseen, jolloin aerobiset mikrobit hapettavat metaania ennen kuin se pääsee ilmakehään, mikä vähentää päästöjä. Hapellisissa olosuhteissa turve hajoaa nopeammin, jolloin ilmakehään vapautuu enemmän hiilidioksidia.

Mittausten raakadatan tulkinnessa Luke tarkasti mittaukset yksittäin ja joko hyväksyi ne lopulliseen tulostiedostoon tai hylkäsi. Jo ennen mittausten aloittamista tiedostettiin, että mittauspisteiltä ei välttämättä ole saatavilla samaa määrää havaintoja.

Kaasuvuon tarkistuksessa yksittäisen vuon hyvyys arvioitiin visuaalisesti asiantuntijan toimesta. Tarvittaessa alku- ja/tai loppupäästä mittausta poistettiin mittaukseen kuulumattomia tapahtumia. Koska aineisto oli kerätty kosteikkokohteilta, oli useissa mittauksissa havaittavissa kuplintaa. Tällöin kaasua (pääosin metaania) purkautuu paljon lyhyessä ajassa. Näin ollen ilmakehään pääsevän metaanin määrä on tässä aineistossa todennäköisesti aliarvio. Kuplinnan mittaus kannettavalla analysaattorilla on kiinteästi asennettua analysaattoria (?) epävarmempaa ja se vaatisi merkittävästi enemmän laskentatyötä, koska samalla mittaukselle tulisi laskea useita eri kulmakertoimia. Kuplintaa on joskus mahdotonta erottaa tasaisesta vuosta, minkä vuoksi sitä voi datassa kuitenkin esiintyä. Vuot pyrittiin laskemaan kuplintaa edeltävältä ajanjaksolta, mikäli se oli mahdollista tai kuplinta pystyttiin havaitsemaan.

Yleensä pimeän kammion mittauksissa laskevat CO_2 -vuot poistetaan, koska kammio todennäköisesti vuotaa. Tässä aineistossa on kuitenkin useita mittauspisteitä, missä hiilidioksidia selvästi kulutetaan ja metaania tuotetaan. Nämä mittaukset ovat liki poikkeuksetta vesipinnoilta. Kyseisiä mittauksia ei tässä tarkistuksessa poistettu. Mittaukset, joissa vuon kehitys oli epälineaarinen ja syynä voidaan olettaa olleen kuplinnan sijasta kammion vuoto tai mittauksen kellonajan kirjausvirhe, poistettiin datasta kokonaan. Myös runsas kuplinta heti mittauksen alussa aiheuttaa yleensä mittauksen poistamisen.

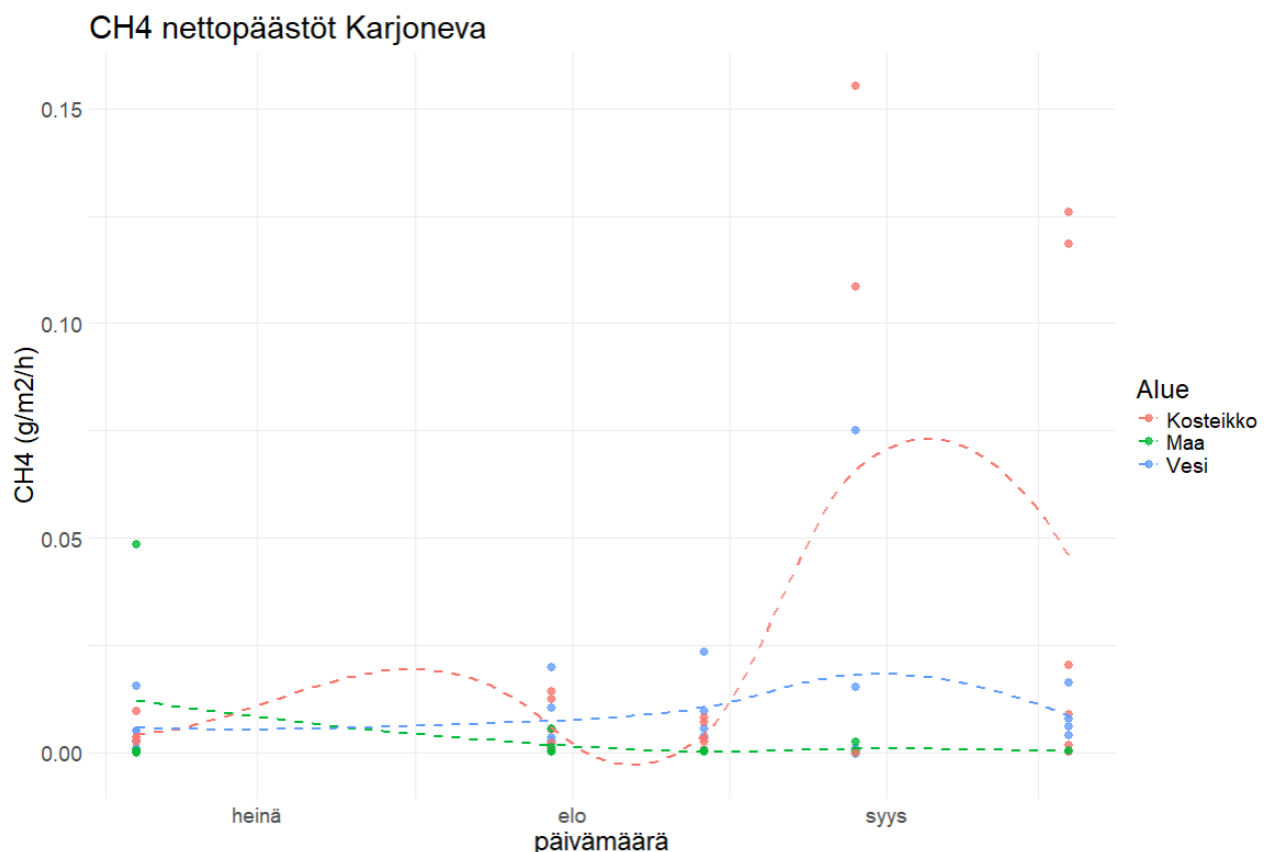
Saatuja tuloksia vertailtiin muutamiin aiemmin tehtyihin kasvihuonekaasumittauksiin pohjoisilla soilla. Koska ennallistettujen turvetuotantoalueiden vesistö- ja ilmastovaikutuksista on hyvin vähän julkaistua tietoa, on tässä vertailussa hyödynnetty muita pohjoisilla soilla tehtyjä tutkimuksia kuten Mustamo (2017).

5 Tulokset ja pohdinta

5.1 Karjoneva

5.1.1 Metaani

Metaanin nettopäästöjä mitattiin Karjonevalla kosteikolta, kuivalta maalta ja avovedestä. Maalla metaania vapautui vähiten. Metaanipäästöt olivat maalla korkeimmillaan mittausten aloitushetkellä. Vesipisteillä mitattiin CH₄-päästöiksi korkeimmillaan syyskuussa n. 0,2 g/m²/h, mutta syksyn edetessä määrä lähti laskuun. Kosteikolla metaanipäästöt olivat heinä-elokuussa n. 0,2 g/m²/h, mutta elokuun puolella päästölukemat kävivät hetken nollan alapuolella. Tämän jälkeen syyskuussa päästöt nousivat korkeimmilleen lähelle 0,75 g/m²/h. (Kuva 8).



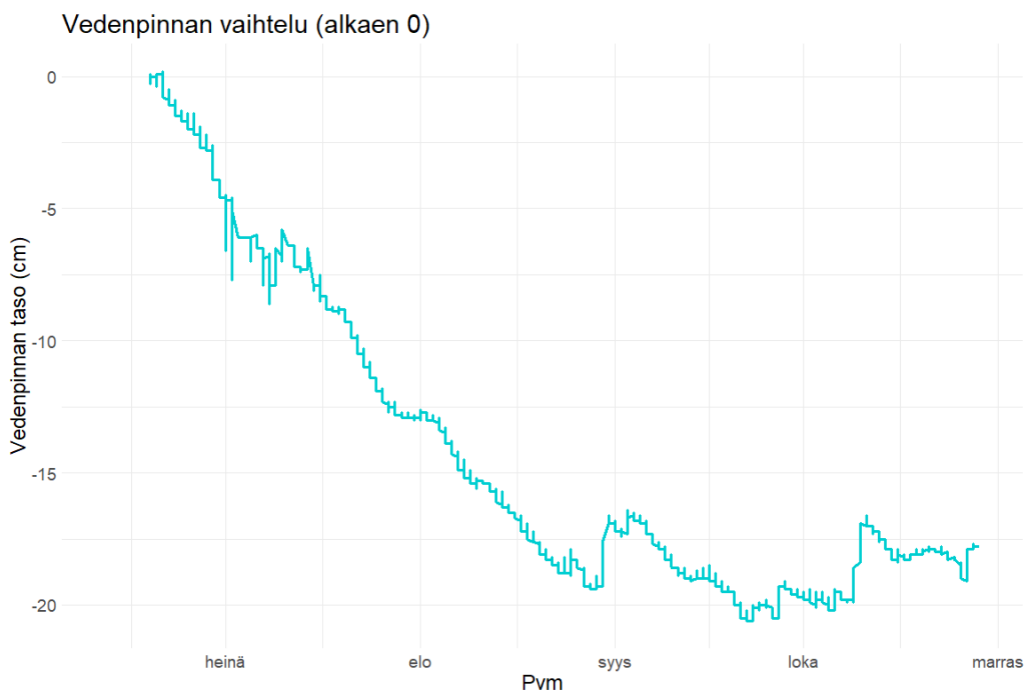
Kuva 8. Metaanin nettopäästöt Karjonevalla kosteikolta, maalta ja avovedestä mitattuna kasvukaudella 2024.

Avovedessä mitattiin tasaisen matalia metaanipäästöjä. Vaikka alkukesästä alueella tulvi ja veden pinta oli korkeimmillaan, todennäköisesti vedenpinnan vaihtelulla ei ollut suurta merkitystä metaanin päästöihin Karjonevan vesialueella. Metaania syntyy eniten noin 20 cm syvyydessä veden pinnasta laskettuna (Sundh ym. 1995), ja sen muodostuminen edellyttää maatumatonta turvetta veden alla (Frolking ym. 2006). Karjonevalla metaania ei kuitenkaan

muodostunut merkittävästi vesialueella, joten maatumatonta turvetta ei todennäköisesti ole paljoa jäljellä suonpohjassa.

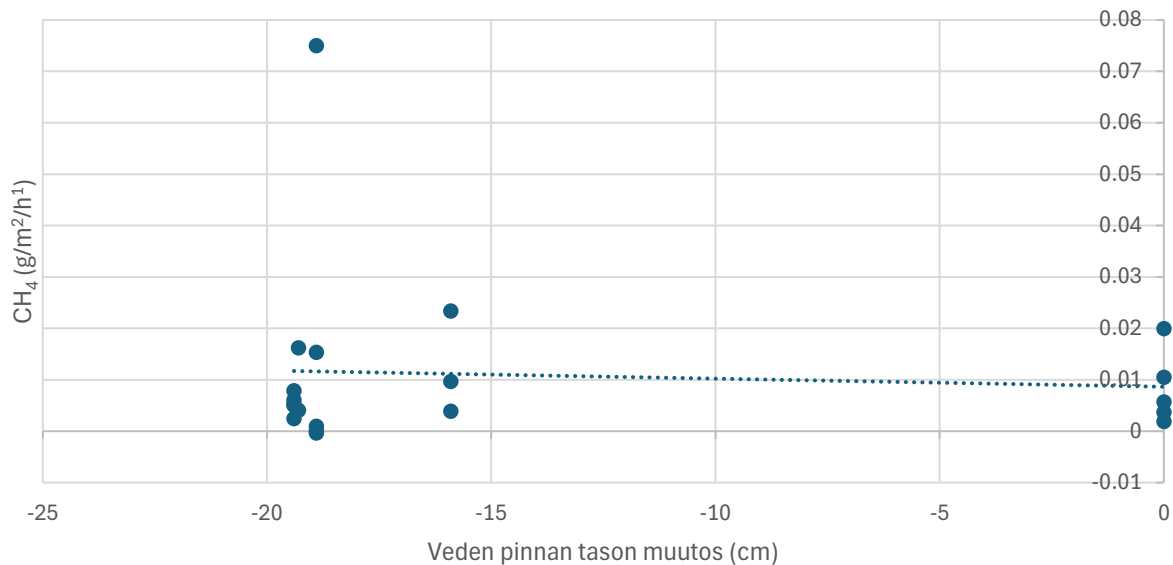
Kosteikon kammiomittaukset tehtiin kohdasta, jossa kasvoi melko runsaasti kosteikkokasvillisuutta. Syksyllä kosteikolla metaanipäästöjen nousua voisi selittää veden pinnan nousu syyssateiden myötä, mutta toisaalta Karjonevalla vesi oli korkeimmillaan alkukesän tulvan aikaan. Kesällä metaanipäästöt kuitenkin olivat matalammalla verrattuna syksyn lukemiin. Kausikosteikolla (maapisteet) metaanipäästöt olivat läpi kasvukauden lähes nollassa. Maan pinta pysyi mittauspaiassa kuivana koko mittausjakson ajan, eikä siksi alueella havaittu muutosta kumpaankaan suuntaan päästöjen suhteen. Kuivan maan mittauspiste oli hyvin kasvittunutta.

Karjonevalla vedenpinnan tason vaihtelun mittaus aloitettiin samaan aikaan kuin kasvihuonekaasumittaukset, ja vaihtelua mitattiin Odyssey-loggerilla samasta ojasta, josta tehtiin avoveden kasvihuonekaasujen kammiomittaukset. Myös kosteikolla oli vedenpinnan tasoa mittaava loggeri, mutta lopullisessa vedenpinta-aineistossa tätä mittausta ei ollut nähtävillä. Mittausten aloituksen aikaan vesi oli korkealla ja tulvi kulkuväylille saakka, minkä vuoksi lähtötaso 0 on vesidatan huippukohta (kuva 9). Alkukesän tulvien jälkeen vedenpinnan taso lähti selvään laskuun. Syksyllä vedenpinnan tasossa nähtiin kaksi pientä huippua, jotka eivät kuitenkaan yltäneet alkukesän tulvahuipun tasolle.



Kuva 9. Vedenpinnan tason vaihtelu Karjonevan avovesialueella kasvukaudella 2024. Lähtötilanteen 0-taso on se hetki, kun loggerit on asetettu alueelle mittausten aloitushetkellä. Loggerit mittasivat tästä tapahtunutta muutosta vedenpinnan tasossa.

Metaanivuon ja vedenpinnan tason muutoksella ei näytä olevan kovin suurta yhteyttä keskenään (Kuva 10). Karjonevalla merkittävin muutos vedenpinnan tasossa tapahtui alkukesän tulvan laannuttua, jolloin veden pinta lähti huomattavaan laskuun, mutta tämä ei näy alkukesän avoveden metaanivoissa, jotka pysyvät matalalla läpi kesän.

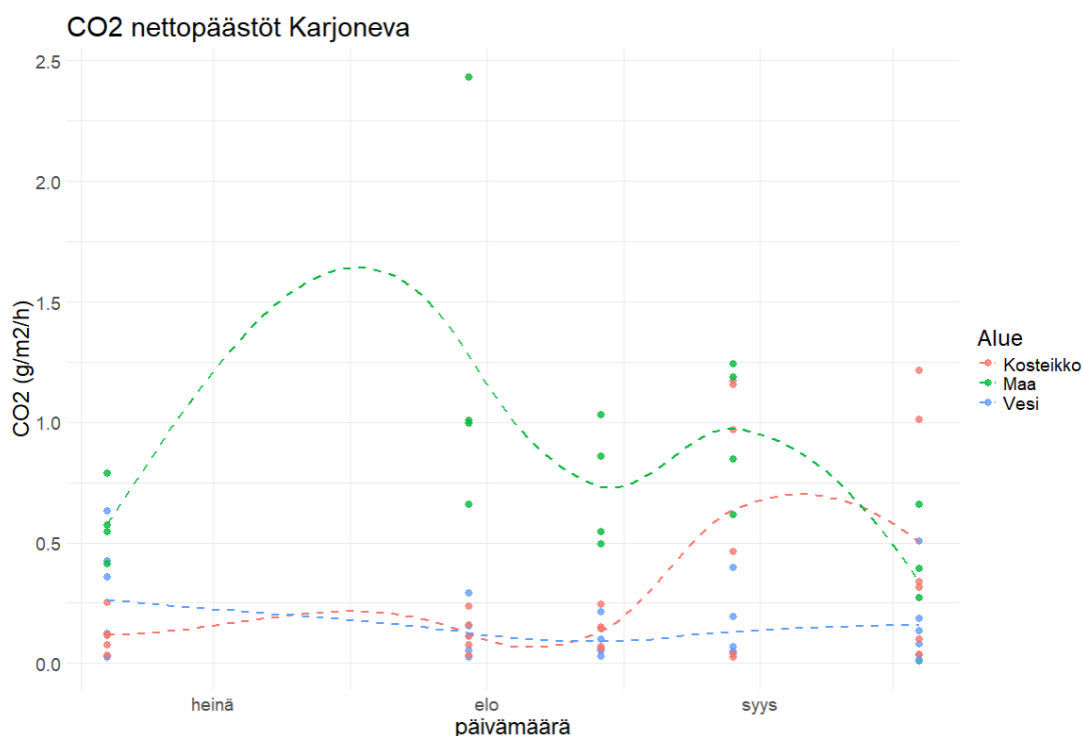


Kuva 10. CH₄-vuon suhde veden pinnan tason muutokseen Karjonevan avovedessä.

Veden lämpötilaa seurattiin HOBO-loggereilla avovedestä ja kosteikolta. Lämpötilamittauksia oli yhteensä 13 kappaletta. Mittausajanjakson lämpötilat pysyttelivät 13–14 °C asteessa keskiarvon ollessa 13,5 °C. Lämpötilan vaikutuksesta metaanivuohon ja maahengitykseen ei tehty syvällisempää analyysiä.

5.1.2 Hiilidioksidi

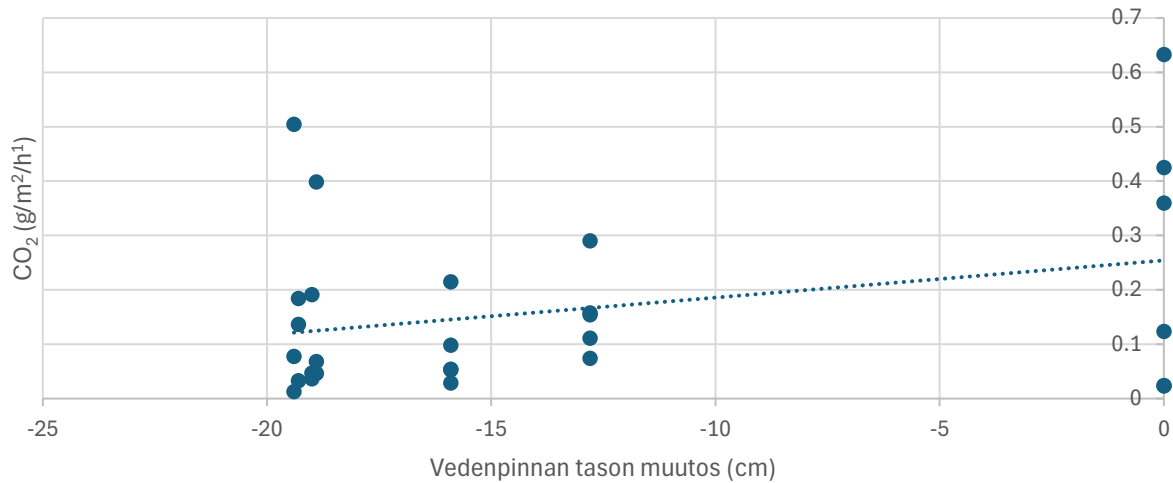
Hiilidioksidin osalta ei puhuta varsinaisesti nettopäästöistä vaan veden ja maaperän hengityksestä, sillä mittaukset tehtiin pimeässä kammiossa, missä kasvit eivät voi yhteyttää. CO₂-pitoisuudet mitattiin samoilta vesi- kosteikko- ja maapisteiltä kuin CH₄. Vesipisteiltä mitatut CO₂-lukemat pysyttelivät koko kasvukauden ajan alle 0,25 g/m²/h. Myös kosteikolla päästöt olivat läpi kesän alle 0,25 g/m²/h, mutta syksyllä päästöt nousivat lähelle 0,7 g/m²/h. Maapisteillä CO₂-päästöt olivat kesällä korkeimmillaan, noin 1,7 g/m²/h. Elo-syyskuun vaihteessa maapisteiden päästöissä tapahtui pieni notkahdus, mutta syyskuussa ne nousivat vielä 1 g/m²/h, kunnes lähtivät selvemmin laskuun. (Kuva 11)



Kuva 11. Hiilidioksidin nettopäästöt Karjonevalla kosteikolta, maalta ja avovedestä mitattuna kasvukaudella 2024.

Avovedessä hiilidioksidia vapautui melko vähän koko kasvukauden ajan. Karjonevan vesimittaukset tehtiin ojasta, joka oli hyvin matalavetinen ja hyvin kasvittunut. Kasvit sitovat hiiltä, mutta myös vapauttavat hiilidioksidia respiraation seurauksena. Osa hiilidioksidista myös liukenee kosteikon veteen. Kosteikolla CO₂-päästöt olivat kesän ajan matalia, mutta syksyllä päästöt nousivat. Syksyllä kasvillisuus alkaa kuihtua ja maata, mikä vapauttaa hiilidioksidia. Syksyn päästöjen piikkiä lukuun ottamatta kosteikon päästöt olivat hyvin samansuuruiset kuin avovedestä (ojasta) mitatut lukemat.

Kausikosteikolla hiilidioksidipäästöt olivat korkeimmillaan kesällä. Elo-syyskuun vaihteessa kausikosteikon päästöissä tapahtui laskua, mutta syyskuussa ne nousivat uudelleen, kunnes lähtivät taas laskuun. Mittausjakson kuivana pysytelleellä kausikosteikolla hiilidioksidin päästöt olivat jatkuvasti korkeammat verrattuna avoveteen ja kosteikkoon. Kuivalla maalla turpeen hajoaminen vapauttaa hiilidioksidia, jota syntyy metaanin hapettuessa, kun taas vetisillä alueilla hiilidioksidia ei pääse vapautumaan samalla tavalla. Alue oli myös hyvin kasvittunutta. Vedenpinnan tason muutoksen ja hiilidioksidin vapautumisen välillä vaikuttaa olevan positiivinen riippuvuus (Kuva 12).



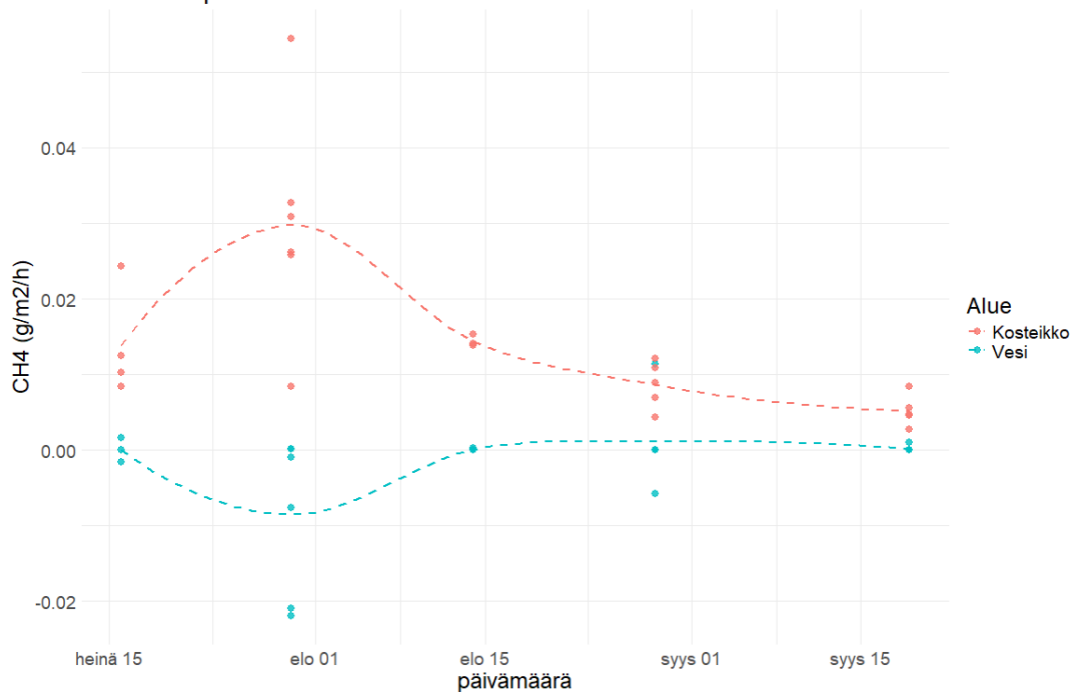
Kuva 12. CO₂-vuon suhde vedenpinnan tason muutokseen Karjonevan avovedessä.

5.2 Kurunneva

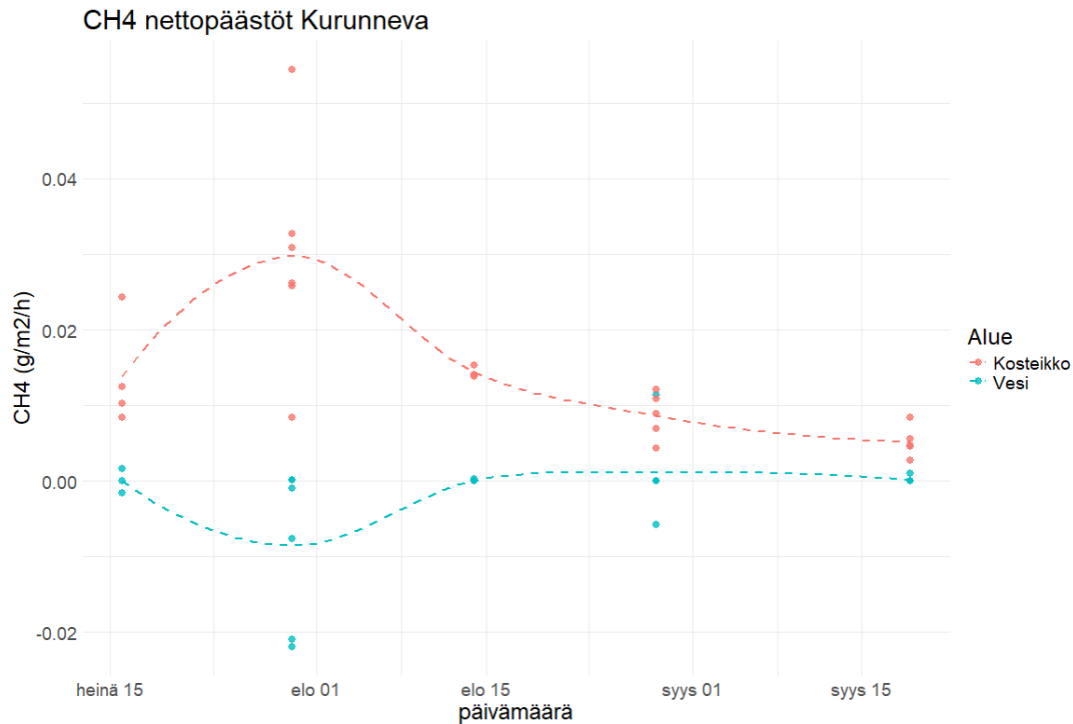
5.2.1 Metaani

Kurunnevalla mitattiin metaanin nettopäästöjä kosteikolta ja avovedestä. Metaanipäästöt olivat kosteikolla pieniä ja suurimmillaan ne olivat heinä-elokuun vaihteessa, jolloin päästöt olivat 0,03 g/m²/h. Vesipisteillä puolestaan mitattiin metaanin sitoutumista, jota tapahtui niin ikään eniten heinä-elokuun vaihteessa, jolloin metaanin nettopäästöt vedessä olivat noin -0,01 g/m²/h. Syksyä kohden sekä kosteikolla että vedessä metaanipäästöt olivat nollan tuntumassa. (

CH₄ nettopäästöt Kurunneva



Kuva 13).

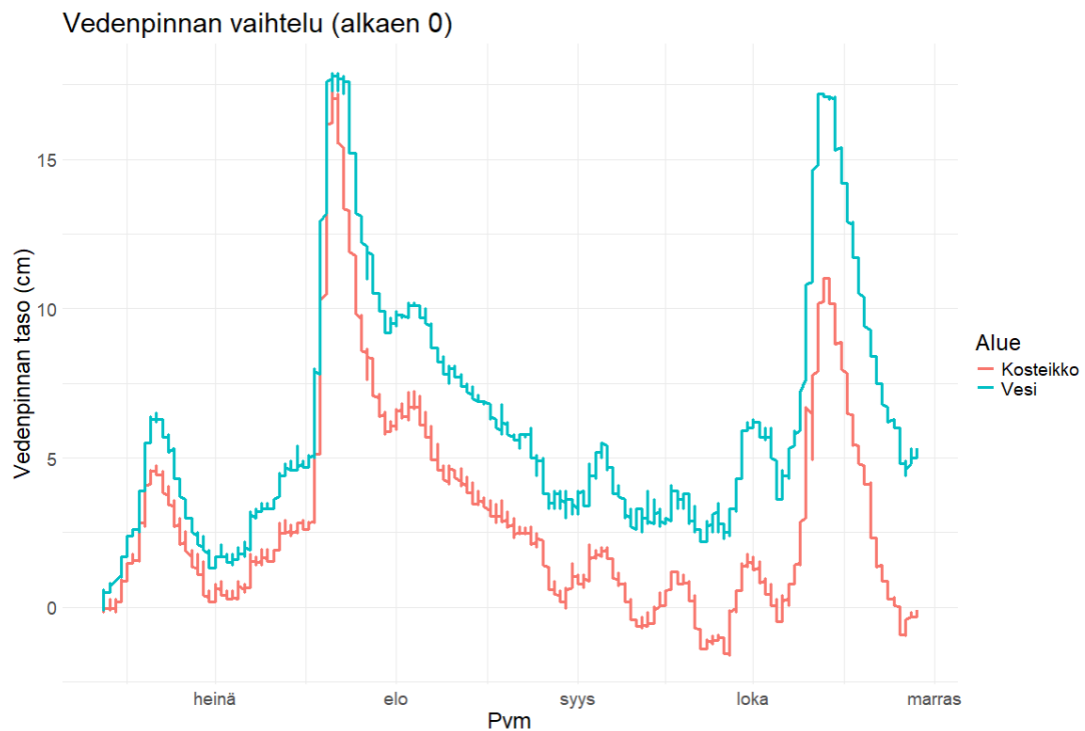


Kuva 13. Metaanin nettopäästöt Kurunnevalla kosteikolta ja avovedestä mitattuna kasvukaudella 2024.

Kurunnevan avovedessä metaanivuo meni nollan alapuolelle heinä-elokuun vaihteessa. Syksyllä metaanipäästöt olivat lähes olemattomat pysytellen nollan pinnassa. Myös Kurunnevalla turpeen määrä veden alla on luultavasti vähäinen, eikä metaanin muodostumista tapahdu. Kurunnevan vesialue on hyvin järvimäinen ja veden syvyys voi laiturin ympärillä olla paikoitellen liian syvä metaanin tuotannon kannalta. Avoveden mittauspaikalla ei myöskään ollut merkittävästi kasvillisuutta, joka olisi toiminut metaanin vapautumisen tehostajana.

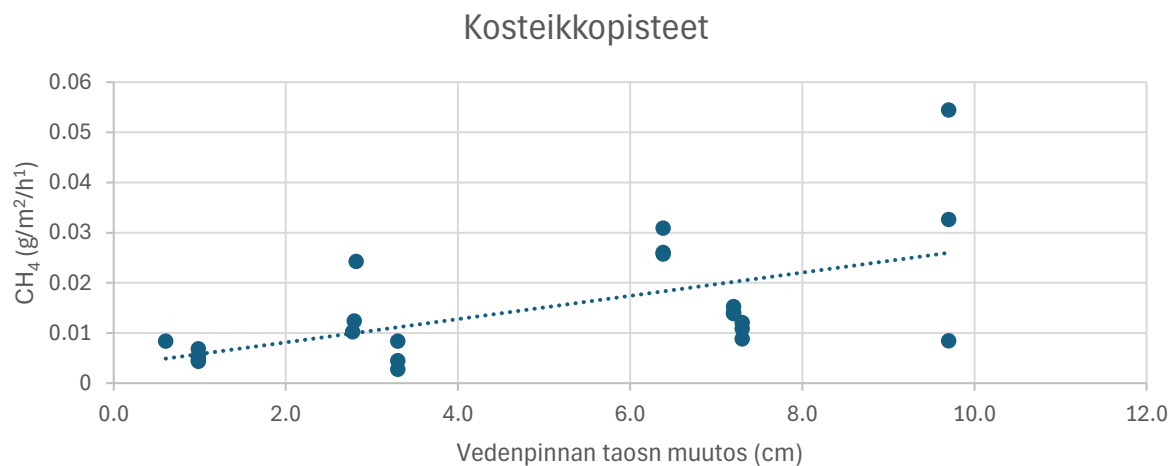
Kosteikkopisteiden kasvihuonekaasumittaukset tehtiin rantakasvillisuudesta. Metaanipäästöt olivat kosteikolla pieniä ja suurimmillaan ne olivat heinä-elokuun vaihteessa, jolloin päästöt olivat 0,03 g/m²/h. Ero avovesimittauksiin oli tällöin suurimmillaan. Syksyä kohti päästöt laskivat lähemmäs nollaa, mutta olivat koko ajan korkeammat kuin avovedestä mitatut. Kaiken kaikkiaan metaanipäästöt olivat kuitenkin hyvin pieniä, joten todennäköisesti kosteikolla ei ole paljoa jäännösturvetta, jossa metaania voisi muodostua. Kesällä, jolloin mitattiin korkeimmat metaanipitoisuudet, vedenpinnan taso kävi korkeammalla, jolloin edellytykset metaanin muodostumiselle olivat otollisemmat. Toisaalta syksyllä veden pinnan käydessä koholla ei vastaavaa metaanipäästöjen nousua mitattu.

Kurunnevalla vedenpinnan tason vaihtelua mitattiin sekä kosteikolla että avovedessä. Kosteikon vedenpinnan tason mittaus tehtiin läheltä kosteikon kammiomittauspisteitä ja avoveden pinnan tason mittaukset samalta laiturilta, josta tehtiin avoveden kammiomittaukset. Aineiston lähtötaso 0 on se vedenpinnan taso, joka oli loggereiden asennusajankohtana. Sekä kosteikolla että avovedessä havaittiin vedenpinnan nousun ensimmäinen pienempi huippu heti mittausten alettua kesä-heinäkuun vaihteessa, toinen suurempi huippu loppukesästä heinä-elokuun vaihteessa ja kolmas syksyllä lokakuussa (Kuva 14).

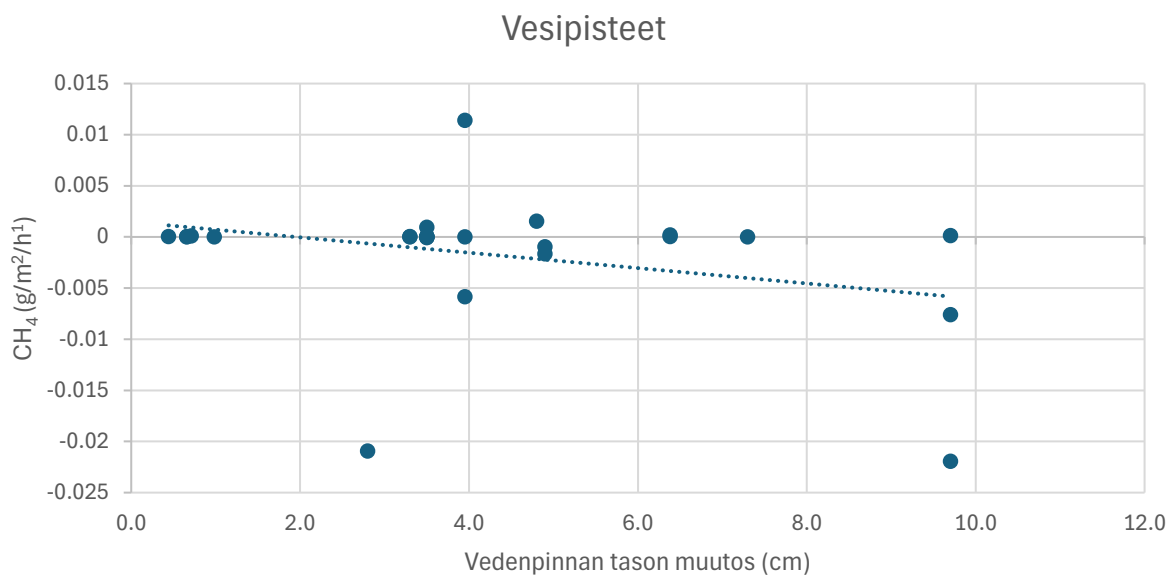


Kuva 14. Vedenpinnan tason vaihtelu Kurunnevan avovesialueella kasvukaudella 2024. Lähtötilanteen 0-taso on se hetki, kun loggerit on asetettu alueelle mittausten aloitushetkellä. Loggerit mittasivat tästä tapahtunutta muutosta vedenpinnan tasossa.

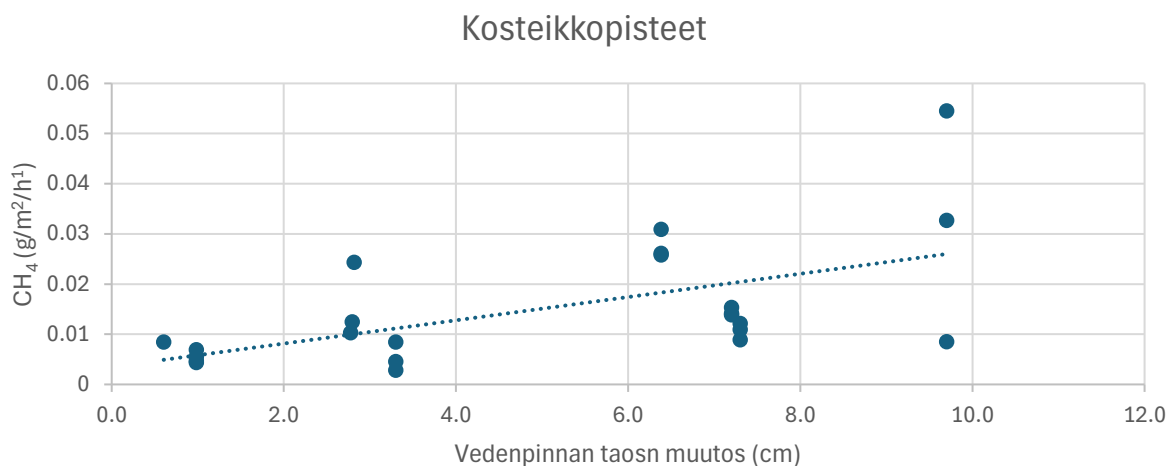
Kurunnevan mittaustulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että kun vedenpinnan taso nousee, metaania vapautuu avovesialueilla vähemmän (Kuva 15). Kosteikolla puolestaan riippuvuus on positiivinen, eli kun vedenpinnan taso nousee, myös metaanipäästöt lähtevät nousuun (



Kuva 16).



Kuva 15. CH₄-vuon suhde vedenpinnan tason muutokseen Kurunnevan avovedessä.

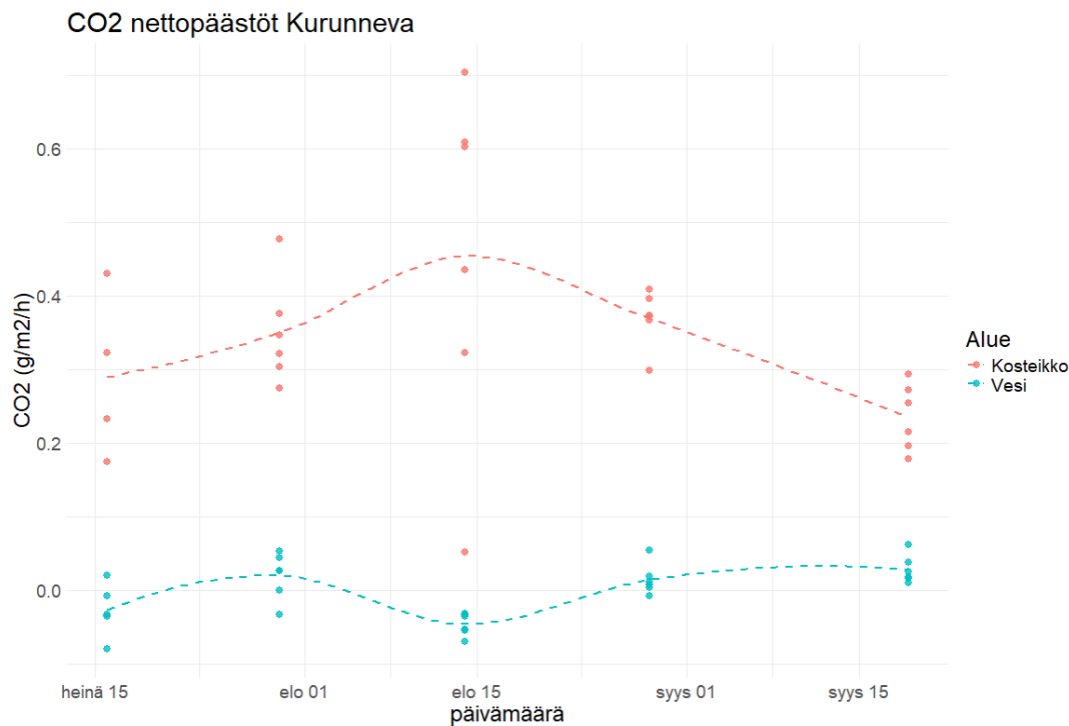


Kuva 16. CH₄-vuon suhde vedenpinnan tason muutokseen Kurunnevan kosteikolla.

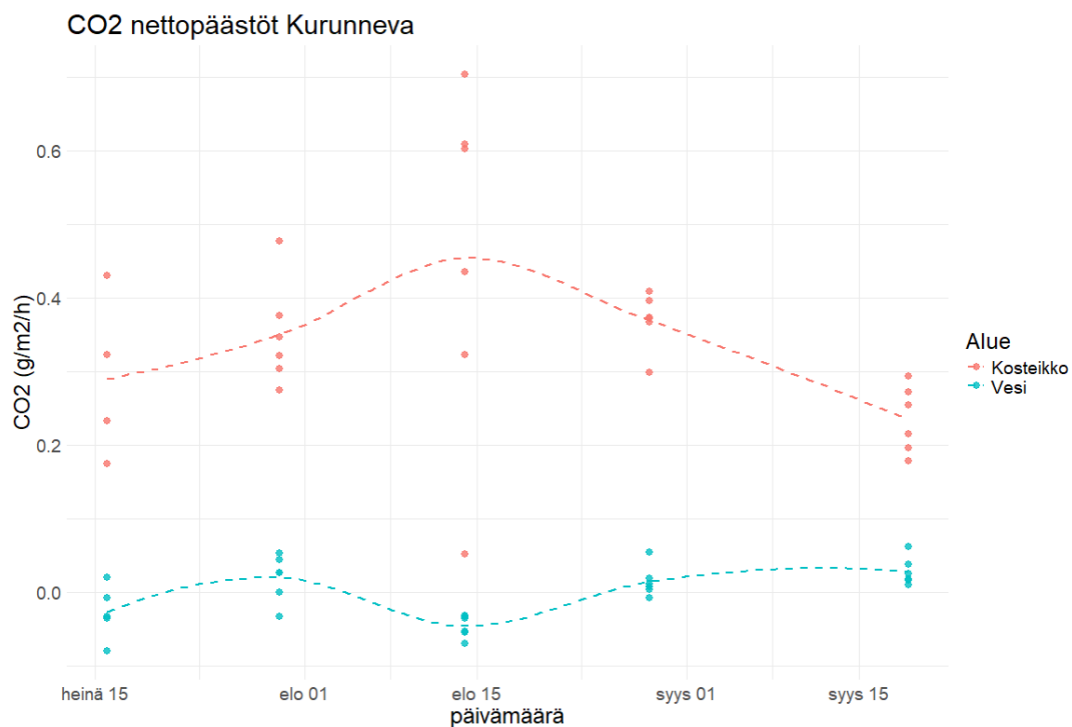
Veden lämpötilaa mitattiin HOBO-loggereilla avovedestä ja kosteikolta. Mittaustuloksia saatiin yhteensä 18 kappaletta, suurin osa syksyltä. Lämpötilat vaihtelivat 12,4–14,8 °C asteen välillä. Keskiarvo mitatuista lämpötiloista oli 13,8 °C. Lämpötilan ja metaanin ja hiilidioksidin vapautumisen välisestä suhteesta ei tehty syvällisempää analyysiä.

5.2.2 Hiilidioksidi

Kurunnevan avovedessä ei koko kasvukaudella tapahtunut merkittävästi hiilidioksidin vapautumista. Kosteikolta mitatut hiilidioksidilukemat olivat korkeimmillaan elokuun puolivälissä, jolloin vapautui keskimäärin 0,45 g/m²/h hiilidioksidia.

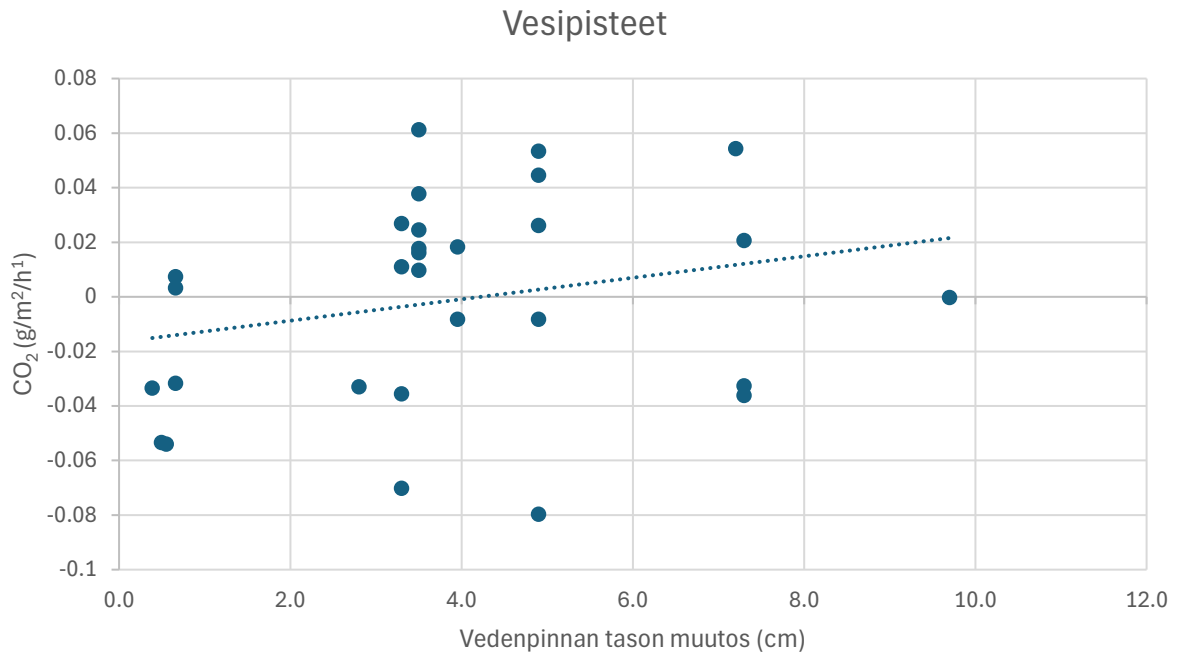


Kuva 17) Elokuun puolessa välissä sen sijaan mitattiin hiilidioksidia $-0,05 \text{ g/m}^2/\text{h}^2$.



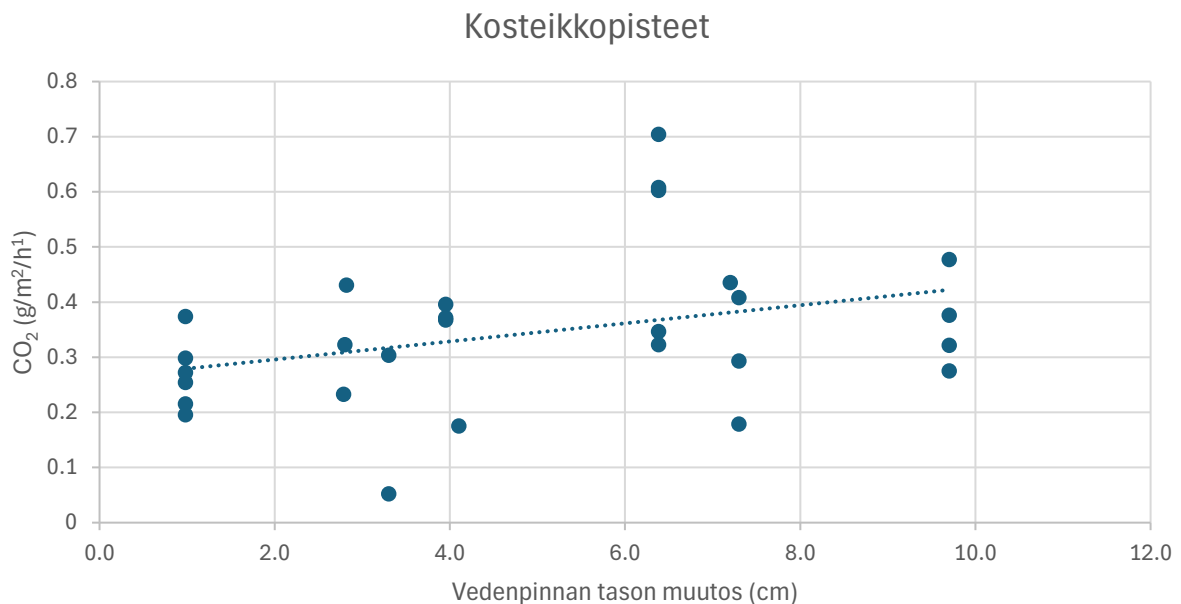
Kuva 17. Hiilidioksidin nettopäästöt Kurunnevalla kosteikolta ja avovedestä mitattuna kasvukaudella 2024.

Hiilidioksidia ei avovedessä vapautunut koko kasvukaudella melkein lainkaan. Hiilidioksidin osalta tulokset näyttävät odotetuilta, eli alueen vesittäminen hillitsee hiilidioksidin vapautumista. Kurunnevan avovesialueella ei ollut merkittävästi kasvillisuutta, joka olisi sitonut tai toisaalta vapauttanut hiilidioksidia. Kuten Karjonevalla, myös Kurunnevalla hiilidioksidin vapautuminen näyttäisi lisääntyvän avovedessä, kun vedenpinnan taso nousee (Kuva 18).



Kuva 18. CO₂ vapautumisen suhde vedenpinnan tason muutokseen Kurunnevan avovedessä.

Kurunnevan kosteikolta mitattu hiilidioksidin vapautuminen oli korkeimmillaan elokuun puolivälissä. Hiilidioksidin vapautuminen oli kosteikolla läpi kasvukauden suurempaa kuin avovedessä. Tämä selittynee kasvillisuuden määrällä, jota kosteikkopisteillä oli runsaasti. Myös kosteikolla hiilidioksidia vaikuttaisi vapautuvan enemmän, kun vedenpinnan taso kohoaa (Kuva 19).



Kuva 19. CO₂ vapautumisen suhde vedenpinnan tason muutokseen Kurunnevan kosteikolla.

6 Yhteenveto

Tässä raportissa esiteltiin MoVeTu-hankkeessa toteutettujen kasvihuonekaasujen kammiomittausten tuloksia Karjonevan ja Kurunnevan kosteikoilta. Kasvihuonekaasuvoita vertailtiin sekä keskenään että aiempiin mittauksiin muissa hankkeissa. Tuloksia peilattiin ainoastaan aiempiin tutkimuksiin sen suhteen, miltä jo melko vakiintuneet ennallistetut turvetuotantoalueet näyttäytyvät metaanin ja hiilidioksidin nettovaihdon osalta verrattuna luonnontilaiseen suohon, aktiiviseen turvetuotantoon tai hyvin tuoreeseen ennallistamiskohteeseen.

Kun verrataan Karjonevan ja Kurunnevan kosteikkojen vuoden 2024 kasvukauden metaani- ja hiilidioksidivoita aiemmin tehtyihin tutkimuksiin samankaltaisista habitaateista, huomataan, että metaanipäästöt ovat selvästi korkeammat kuin verrokkitutkimuksissa. Hiilidioksidin vaihto on lähempänä muissa tutkimuksissa saatuja arvoja vastaavista koealueilta. (Taulukko 3)

Taulukko 3. Vertailua aiempien tutkimusten ja MoVeTu-hankkeen mittaustulosten välillä. Positiivinen luku tarkoittaa kasvihuonekaasun päästöä ja negatiivinen luku nielua.

	Koeala	CH ₄ (g/m ² /h ¹)	CO ₂ (g/m ² /h ¹)
Pelson suot (Mustamo 2017)	paljas turvepinta	-0,000020	0,134
	luonnontilainen suo	0,00098	0,143
Pikku Saarisuo (Rantanen 2024)	Paljas turve	0,016	0,3
	Kuiva heinä	0,0005	0,6
	Keskikuiva maa	0,0018	0,5
	Märempi kasvipinta	0,005	0,4
	Avovesi	0,003	0,2
MERLIN Komppasuo 2024 (Jokelainen 2025)	Soistaminen	0,00024	0,213
	Kosteikko	0,00098	0,307
	Metsitys	0,00024	0,477
	Kontrollialue (turvepinta)	-0,000010	0,667
MoVeTu 2024 (Karjalainen ym. 2025)	Kosteikko (Karjoneva)	0,0309	0,437
	Kausikosteikko (Karjoneva)	0,0050	0,460
	Avovesi (Karjoneva)	0,0137	0,219
	Kosteikko (Kurunneva)	0,0064	0,220
	Avovesi (Kurunneva)	0,000035	-0,00010

Ennallistetun suonpohjan kasvihuonekaasupäästöt riippuvat ravinteisuudesta, jäännösturpeen paksuudesta ja vedenpinnan tasosta (Minkkinen & Ojanen 2013). Jos vedenpinta nousee, suonpohja voi muuttua hiilinieluksi, mutta kuivana se säilyy hiilen päästölähteenä (Tuittila ym. 1999). Kasvillisuus, erityisesti rahkasammalet, edistää hiilen sidontaa (Tuittila ym. 2000a, Kivimäki ym. 2008). Kurunnevilla avovedessä havaittiin hyvin vähäistä hiilidioksidin vapautumista, mikä viittaa siihen, että kosteikoksi vesittämisellä voidaan vähentää hiilidioksidin vapautumista ilmakehään. Karjonevilla avoveden mittauspisteillä sen sijaan vapautui hieman hiilidioksidia tasaisesti koko kasvukauden ajan. Karjonevan kosteikko on hyvin matalavetinen ja toisaalta hyvin kasvittunut, joten vaikka kasvit sitovat hiiltä, niistä myös vapautuu hiilidioksidia respiraation seurauksena. Osa hiilidioksidista myös liukenee kosteikon veteen.

Hiilidioksidin vapautuminen oli Karjonevan kosteikolla ja kausikosteikolla samaa suuruusluokkaa Komppasuon metsitettävän alueen kanssa sekä Pikku Saarisuon märemmän kasvipinnan kanssa. Karjonevan avoveden hiilidioksidin vapautuminen oli hieman vähäisempää

ja vastasi Pikku Saarisuon avovesialueen lukemia. Myös Komppasuon soistettavalla alueella oli samanlaisia lukemia maahengityksessä. Kurunnevan kosteikolla vapautui hiilidioksidia puolet vähemmän kuin Karjonevalla, eli saman verran kuin Karjonevan avovedestä. Kurunnevan avovedessä sen sijaan ei vapautunut hiilidioksidia käytännössä lainkaan.

Vedenpinnan nousu lisää suonpohjan metaanipäästöjä, erityisesti ravinteikkailla ja paksuturpeisilla alueilla (Tuittila ym. 2000b, Yli-Petäys ym. 2007, Minkkinen & Ojanen 2013). Sarakasvit voivat kiihdyttää metaanin muodostumista vapauttaen jäännösturpeessa muodostuvaa metaania, mikä voi tehdä suosta ilmastoa lämmittävän (Minkkinen & Ojanen 2013, Tuittila ym. 1999). Kuivemmissa oloissa osa metaanista hapettuu hiilidioksidiksi ennen ilmakehään pääsyä (Strack ym. 2016). Karjonevalla metaania ei avovedessä vapautunut merkittäviä määriä, vaan lukemat olivat lähellä nollaa läpi kasvukauden. Kurunnevalla avovedessä sen sijaan tapahtui metaanin sitoutumista kesällä, kunnes alkusyksystä metaania alkoi vapautua. Metaanitasot olivat kaikilla koealoilla selvästi korkeammat kuin Pelsonsuolla, Komppasuolla ja Pikku Saarisuolla. Ainoastaan Pikku Saarisuon paljaalla turvepinnalla oli saman suuruusluokan metaanin vapautumista kuin Karjonevan avovedessä.

Kurunnevan kosteikko on jo melko iäkäs, vuonna 2025 se on ollut olemassa jo 28 vuotta. Tulosten perusteella Kurunnevan ennallistamisella kosteikoksi on ollut odotettuja ilmastohyötyjä siten, että alueen vesittäminen on hillinnyt hiilidioksidin vapautumista. Karjonevan kosteikko on uudempi, vasta 14 vuoden ikäinen vuonna 2025. Hiilidioksidia vapautui avovedestä ja kosteikolta melko saman verran, mutta kosteikolla hiilidioksidin määrä lähti syksyllä nousuun. Kuivalla maalla hiilidioksidia vapautui selvästi enemmän kuin kosteikolla ja vedessä. Metaanipäästöt Karjonevan maapisteillä olivat lähes olemattomat, ja kosteikolla ja avovedessäkin matalat. Avovedestä metaania vapautui enemmän kesällä ja kosteikolla metaania vapautui enemmän syksyllä. Tulokset viittaavat siihen, että myös Karjonevalla vesitys on hillinnyt alueen hiilidioksidipäästöjä, vaikkakaan ei ole täysin poista niitä. Kuivalla maalla hiilidioksidipäästöt olivat odotetusti korkeammat. Metaania vapautui odotetusti enemmän vesitetyillä alueilla kuin kuivalla maalla.

Tämän tutkimuksen tulokset olivat vain suuntaa antavia ja tuloksiin vaikuttavat monet tekijät, joihin ei tässä työssä pystytty perehtymään syvällisemmin. Esimerkiksi kasvillisuuden vaikutuksesta hiilen ja metaanin vaihtoon vanhoilla uusiin maankäyttömuotoihin siirtyneillä turvetuotantoalueilla tarvittaisiin lisää tietoa. Mitatusta datasta pystyttiin tarkastelemaan vedenpinnan tason vaihtelun ja kaasuvoiden välistä yhteyttä. Lämpötilan osalta mittaustuloksia oli vähän ja toisaalta lämpötilat pysyivät vesialueilla melko samansuuruisina läpi kasvukauden, joten tarkempia analyysejä lämpötilan vaikutuksesta kasvihuonekaasujen vaihtoon kohteilla ei tässä raportissa käsitelty.

7 Lähteet

- AFRY 2020. Selvitys turpeen energiakäytön kehityksestä Suomessa. Raportti työ- ja elinkeinoministeriölle, 8/2020. Pöyry Management Consulting Oy / AFRY Management Consulting. 69 s.
- Aro, L., Jylhä, P., Järvenranta, K., Matila, A., Ramstadius, U., Ronkainen, T., Räsänen, ... & Tolvanen, A. 2023. Turvetuotannosta poistuvien alueiden jatkokäytön vaihtoehdot Suomessa sekä arvio niiden ympäristö- ja talousvaikutuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 120/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 71 s.
- Bioenergia ry, 2019. Turvetuotannosta poistuneet suonpohjat ovat jo hiilinieluja – metsitys tärkein jälkikäyttömuoto. Bioenergia ry, tiedote 8.3.2019.
- Davidson, E.A. & Janssens, I.A. 2006. Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. *Nature* 440: 165–173.
- Frolking, Steve 2006. How northern peatlands influence the Earth's radiative budget: Sustained methane emission versus sustained carbon sequestration. *Journal of Geophysical Research* 111: G1: 1–5. <https://doi.org/10.1029/2005JG000091>.
- Goodale, C. L., Apps M. J., Birdsall, R. A., Field C. B., Heath L. S., Houghton R. A., Jenkins, J. C., Kohlmaier G. H., Kurz, W., Liu S., Nabuurs, G., Nilsson, S. & Shvidenko, A. Z. 2002. Forest carbon sinks in the northern hemisphere. *Ecological Applications* 12: 3: 891–899.
- Gorte, R. W. 2009. Carbon Sequestration in Forests. CRS Report RL31432.
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V., Joosten, H., Jurasinski, G., Koebisch, F. & Couvenberg, J. 2020. Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions. *Nature communications* 11: 1644. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15499-z>.
- Hietanen, N. 2024. Maastohavainnot Pohjois-Pohjanmaan entisille turvetuotantoalueille perustetuilla monimuotokosteikoilla. Kandidaatintyö. Oulun yliopisto <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/49798/nbnfioulu-202405213761.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IPCC. 2000. Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D.J. & Dokken D.J. (toim.), Cambridge University Press, UK. 375 s.
- Jobbágy, E.G. & Jackson, R.B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10: 2: 423–436.
- Jokelainen, L. 2025. Merlin seurantar ryhmän kokous 11 – Komppasuon khk-mittaukset. PowerPoint-esitys 5.2.2025. Viitattu 14.3.2025
- Karjalainen, S., Visuri M., Hietanen, N. & Ronkanen, A-K. 2024. Selvitys Pohjois-Pohjanmaan turvetuotannossa olleiden alueiden nykyisistä maankäyttömuodoista paikkatietoanalyysin keinoin. Monimuotokosteikkojen vesistö- ja ilmastovaikutukset turvetuotannosta poistuneilla alueilla (MoVeTu) -hankkeen raportteja. Suomen ympäristökeskus.
- Kivimäki, S. K., Yli-Petäys, M. & Tuittila, E.-S. 2008. Carbon sink function of sedge and Sphagnum patches in a restored cut-away peatland: increased functional diversity leads to higher production. *Journal of Applied Ecology* 45: 921–929.
- Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 121 s.
- Lumperoinen, M. & Hämäläinen, M. 2020. Metsitys kestävästi – paikkatietoanalyysi joutoalueiden metsityspotentialista Suomessa vuonna 2020. Tapio Oy, 23.4.2020, 15 s
- Maa- ja metsätalousministeriö. 2025. Maankäyttösektori osana EU:n ilmastotavoitteita. <https://mmm.fi/lulucf> Viitattu 28.1.2025

- Minkkinen, K. & Ojanen, P. 2013. Pohjois-Pohjanmaan turvemaiden kasvihuonekaasutaseet. Metlan työraportteja 258: 75–111. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2412-2>
- Mustamo, P. 2017. Greenhouse gas fluxes from drained peat soils. A comparison of different land use types and hydrological site characteristics. Väitöskirja. Oulun yliopisto. <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/35707/isbn978-952-62-1461-0.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nissinen, A. 2024. Metaanin talteenoton mahdollisuudet turvesoilla. Opinnäytetyö. Savonia ammattikorkeakoulu.
- Nugent, K.A., Strachan, I.B., Strack, M., Roulet, N.T., Strom, L. & Chanton, J.P. 2021. Cutover Peat Limits Methane Production Causing Low Emission at a Restored Peatland. JGR Biogeosciences 126(12): e2020JG005909. doi: 10.1029/2020JG005909
- Ojanen, P., Minkkinen, K., J. Alm, J. & Penttilä, T. 2010. Soil–atmosphere CO₂, CH₄ and N₂O fluxes in boreal forestry-drained peatlands. Forest Ecology and Management 260: 411–42
- Peronius, Päivi 2024. Päällikkö, turvevarat, Neova Oy. Haastattelu. 16.2.2024
- Pohjala, M. 2014. Mikä on energia- ja kasvuturpeen elinkaaren ilmastovaikutus? Pro gradu - tutkielma. Helsingin yliopisto Metsätieteiden laitos.
- Rantanen, S. 2024. Rakennetun kosteikon kasvihuonekaasunvaihto. Maisterintutkielma. Helsingin yliopisto. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/88b49f86-6402-4d86-a06b-323f5e175e02/content>
- Selin, P. 1999. Turvevarojen teollinen käyttö ja suopohjien hyödyntäminen Suomessa. Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä. 239 s <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-8766-4>
- Statistics Finland 2024. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2022. National Inventory Report under the UNFCCC and the Kyoto Protocol. Submission to the European Union. https://stat.fi/media/uploads/tup/khkinv/fi_nid_eu_2022_2024-03-15_v2.pdf
- Strack, M., Cagampan, J., Hassanpour Fard, G., Keith, A.M., Nugent, K., Rankin, T., Robinson, C., Strachan, I.B., Waddington, J.M. & Xu, B. 2016. Controls on plot-scale growing season CO₂ and CH₄ fluxes in restored peatlands: Do they differ from unrestored and natural sites? Mires and Peat 17: 1–18. DOI: 10.19189/MaP.2015.OMB.216.
- Sundh, I., Mikkilä, C., Nilsson, M. & Svensson B. H. 1995. Potential aerobic methane oxidation in a Sphagnum-dominated peatland—Controlling factors and relation to methane emission. Science direct -tiedejulkaisu. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)00222-M](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)00222-M).
- Tolvanen, A., Saarimaa, M., Ahtikoski, A., Haara, A., Hotanen, J.-P., Juutinen, A., Kojola, S., Kurttila, M., ... & Huotari, N. 2018. Metsätaloustalouteen soveltumattomien ojitettujen soiden jatkokäyttö. LIFEPEATLANDUSE (LIFE12 ENV/FI/000150) 2013–2018 Layman's report. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 48/2018. Luonnonvarakeskus. 16 s.
- Tuittila, E.-S., Vasander, H. & Laine, J. 2000a. Impact of rewetting on the vegetation of a cutaway peatland. Applied Vegetation Science 3: 205–212. <https://doi.org/10.2307/1478999>.
- Tuittila, E.-S., Komulainen, V.-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P.J. & Laine, J. 2000b. Methane dynamics of a restored cut-away peatland. Global Change Biology 6: 569–581
- Tuittila, E.-S., Komulainen, V.-M., Vasander, H. & Laine, J. 1999. Restored cut-away peatland as a sink for atmospheric CO₂. Oecologia 120: 563–574. <https://doi.org/10.1007/s004420050891>
- Turvetyöryhmän loppuraportti. 2021. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:24. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163045/TEM_2021_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yli-Petäys, M., Laine, J., Vasander, H. & Tuittila, E.-S. 2007. Carbon gas exchange of a re-vegetated cut-away peatland five decades after abandonment. Boreal Environment Research 12(2): 177–191