



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**VESISTÖNKUNNOSTUS VALUMA-ALUEIDEN
NÄKÖKULMASTA; CASE KIESILÄNJOEN
VALUMA-ALUE**

Valtteri Arkko

YMPÄRISTÖTEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Diplomityö

Joulukuu 2025

TIIVISTELMÄ

Vesienkunnostus valuma-alueiden näkökulmasta; Case Kiesilänjoen valuma-alue

Valtteri Arkko

Oulun yliopisto, Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö 2025, 109 s. + 6 liitettä

Työn ohjaaja yliopistolla: TkT Hannu Marttila

Työn ohjaaja Saimaan Vesiensuojeluyhdistyksellä: FM Mikael Kraft

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää kokonaiskuva Kuolimon suurimman kuormittajan, Kiesilänjoen valuma-alueen vedenlaadusta monipuolisen vesinäytteenoton, maastohavaintojen ja karttatarkastelujen avulla. Työ tehtiin osana Saimaan Vesiensuojeluyhdistyksen Kiesilänjoen valuma-alueen kunnostuksen suunnitteluhanketta. Työn lähtökohtana oli valuma-alueelähtöinen suunnittelu, jonka periaatteena on kohdentaa vesiensuojelutoimia merkittäville kuormitusalueille. Kuolimon heikentyneet vedenlaatuhavainnot ja paikallisten huoli järven tilan muutoksista loivat tarpeen tarkentaa valuma-alueelta tulevan kuormituksen syitä ja keskeisiä ongelma-alueita.

Vedenlaadun tutkimus toteutettiin neljän näytteenottokierroksen sarjana vuosina 2024–2025. Vesinäytteistä analysoitiin ravinnepitoisuudet, kiintoaine, sameus, väri, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisorgaaninen hiili, sähkönjohtavuus ja pH. Lisäksi suoritettiin lisäanalyysseja, kuten UV254-absorbanssiin perustuvat SUVA-indeksit sekä stabiili-isotooppimääritykset ($\delta^{18}\text{O}$ ja $\delta^2\text{H}$), joiden avulla arvioitiin orgaanisen aineksen laatua ja veden alkuperää. Vesinäytteenoton ohella hyödynnettiin jatkuvatoimista anturimittausta vedenlaadun lyhytaikaisen vaihtelun seuraamiseksi sekä mittausvenekartoituksia ja näkösyvyysmittauksia, jotka täydensivät järven tilaa kuvaavaa aineistoa. Valuma-alueen tarkastelussa hyödynnettiin paikkatietotyökaluja ja hydrologisia analyyseja.

Tulosten perusteella Kiesilänjoen valuma-alueelta tunnistettiin useita kuormituksen ongelma-alueita, erityisesti niiltä osavaluma-alueilta, joilla maankäyttö ja valuntareitit

lisäävät kiintoaineen ja ravinteiden kulkeutumista alapuoliseen vesistöön. Niiden alueiden tunnistaminen mahdollistaa vesiensuojelutoimien, kuten kosteikkojen, laskeutusaltaiden ja eroosiosuojauksien, kustannustehokkaan kohdentamisen. Tulokset vahvistavat valuma-aluelähtöisen tarkastelun merkityksen Kuolimon erinomaisen ekologisen tilan turvaamisessa.

Työssä toteutettiin vahvasti myös hanketavoitteena ollutta viestintää. Aktiivisella viestinnällä ja alueellisella vuorovaikutuksella lisättiin paikallisten ihmisten tietoutta valuma-alueen kuormituksista ja aktivoitiin heitä osallistumaan vesiensuojelutyöhön. Parasta vesiensuojelua on vesistökuormitusten ennaltaehkäiseminen ja tässä viestinnällä sekä ihmisten tietoisuudella on merkittävä rooli.

Asiasanat: Kuolimo, valuma-alue, vedenlaatu, vesienkunnostus, vesiensuojelu

ABSTRACT

Watershed-based approaches to lake restoration: Case study of the Kiesilänjoki Catchment

Valtteri Arkko

University of Oulu, Degree Programme of Environmental Engineering

Master's thesis 2025, 109 pp. + 6 Appendixes

Supervisor at the university: D.Sc. (Tech) Hannu Marttila

Supervisor at the Saimaa Water Protection Association: MSc Mikael Kraft

The purpose of this master's thesis was to examine the overall water quality of the Kiesilänjoki catchment area, which is the largest external loading source to Lake Kuolimo, through comprehensive water sampling methods, field observations and spatial analyses. The work was conducted as part of The Restoration Planning Project of the Kiesilänjoki catchment area, coordinated by the Saimaa water protection association. The study was based on a catchment-scale planning approach, which aims to focus water protection measures on areas with the greatest loading potential. Observed declines in Kuolimo's water quality and concerns expressed by local residents regarding changes in the lake's condition created a clear need to identify the sources and key problem areas of catchment-derived loading.

The water quality assessment consisted of four sampling periods conducted in 2024–2025. The collected water samples were analyzed for nutrient concentrations, suspended solids, turbidity, colour, CODMn, TOC, electrical conductivity and pH. Additional analyses included SUVA indices based on UV254 absorbance and stable isotope measurements ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^2\text{H}$) to evaluate the quality of organic matter and the origin of water. Complementary methods included continuous water quality monitoring, survey work carried out with a measurement boat, and Secchi depth measurements, which provided additional information on the water condition of project area. Catchment-scale assessment was supported by GIS-based tools and hydrology analyses.

Based on the results, several problem areas contributing to the loading of the Kiesilänjoki catchment were identified, particularly sub-catchments where land use and runoff pathways increase the transport of suspended matter and nutrients to downstream waters. Identifying these areas enables the cost-effective targeting of water protection measures such as wetlands, sedimentation basins and erosion control structures. The findings highlight the importance of catchment-based assessment in safeguarding the excellent ecological status of Lake Kuolimo.

The project also included extensive communication activities, which were an essential part of achieving the project goals. Through active communication and local engagement, awareness of catchment-derived loading was increased and residents were encouraged to participate in water protection efforts. The most effective water protection is based on preventing loading and in this context communication and public awareness play a crucial role.

Keywords: Lake Kuolimo, catchment area, water quality, lake restoration, water protection

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty osana Saimaan Vesinsuojeluyhdistyksen Kiesilänjoen valuma-alueen kunnostuksen suunnitteluhanketta. Hanke toteutettiin toukokuun 2024 ja marraskuun 2025 välisenä aikana. Haluan kiittää hankkeen rahoittajia Etelä-Savon ELY-keskusta, Etelä-Karjalan Säästöpankkisäätiötä, Mikkelin Kaupunkia, Savitaipaleen kuntaa ja Korpijärvi-Kuolimon kalatalousaluetta panostuksesta työhön puhtaiden luonnonvesien puolesta.

Haluan kiittää Oulun yliopistoa ja Saimaan Vesinsuojeluyhdistystä mahdollisuudesta yhdistää diplomityö osaksi käytännön vesinsuojeluhanketta. Työ tarjosi ainutlaatuisen näkökulman opinnäytetyön ja työelämän rajapintaan sekä mahdollisuuden oppia vesinsuojelusta aidossa projektikokonaisuudessa. Kiitos erityisesti ohjaajilleni Hannu Marttilalle ja Mikael Kraftille ohjauksesta ja avusta työhön, unohtamatta työkavereiden tukea hanketyössä.

Onnistunut vesinsuojeluhanke ei rakennu ilman aktiivista sidosryhmäyhteistyötä ja osoitan kiitoksen hankkeen ohjausryhmälle ja erityisesti Pro Kuolimolle sekä muille hankkeessa mukana olleille paikallisille toimijoille. Antoisa yhteistyö eri sidosryhmien välillä loi vahvan perustan vesinsuojelun jatkuvuudelle alueen hyväksi.

Haluan kiittää myös opiskelukavereitani Oulun Yliopistossa, LUT-yliopistossa ja National University of Singaporessa yhteisöllisyydestä, tuesta opiskeluun sekä unohtumattomista kokemuksista ja opiskeluvuosista. Lämmin kiitos kuuluu myös perheelleni hyvästä kasvatuksesta, joka on antanut erinomaiset valmiudet jatkaa työelämässä opintovuosien jälkeen.

Lappeenrannassa, 9.12.2025

Valtteri Arkkio

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

MERKINNÄT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	10
2 VESIEN TILA JA VESISTÖNKUNNOSTUS SUOMESSA, VESISTÖKUORMITUKSEN SYNTY SEKÄ VESIENSUOJELUTOIMET	13
2.1 Suomen vesistökehityksen historia.....	13
2.2 Vesistöjen tila nyt.....	15
2.3 Vesistökuormituksen synty	17
2.3.1 Mitä eri vedenlaatuparametrit kertovat vedestä	21
2.4 Vesistöjen kunnostus Suomessa	26
2.4.1 Vesistöjen kunnostuksen historia	26
2.4.2 Vesistöjen kunnostuksen nykytila	27
2.4.3 Ilmastokestävä vesienhoito	27
2.5 Valuma-alueen vesistöjen kunnostusprosessi	28
2.5.1 Kunnostustarpeen määrittäminen	29
2.5.2 Kohteen kartoitus	30
2.5.3 Suunnitelman laatiminen.....	30
2.5.4 Toteutus ja seuranta.....	31
2.6 Valuma-alueen vesistöjen kunnostustoimet	31
2.6.1 Kosteikko	32
2.6.2 Pintavalutuskenttä	32
2.6.3 Eroosiosuojaus	33
2.6.4 Kelluva kosteikko.....	34
2.6.5 Kaivu- ja perkauskatko.....	35
2.6.6 Kaksitasouoma	35
2.6.7 Puupuhdistamo	36
2.6.8 Laskeutusallas	37
2.6.9 Putkipato, V-pato, pohjapato, settipato, munkkipato	37
2.6.10 Suon ennallistaminen.....	39
3 KIESILÄNJOEN VALUMA-ALUEEN KUNNOSTUKSEN SUUNNITTELUHANKE	40

3.1 Kuolimo.....	40
3.2 Kiesilänjoen valuma-alue	42
3.2.1 Aikaisemmat vedenlaatumittaukset valuma-alueella	44
3.3 Hankkeen tavoitteet	49
3.4 Hankkeen toimenpiteet	50
3.4.1 Vesinäytteenotot	50
3.4.2 Jatkuvatoiminen EXO-mittausanturi.....	51
3.4.3 SYKE mittausvene	52
3.4.4 Lisänäytteenotot Oulun Yliopisto	52
3.4.5 Näkösyvyysmittaukset	55
3.4.6 Viestintä	56
4 HANKKEEN TULOKSET	57
4.1 Vedenlaadun seuranta.....	57
4.1.1 Vesinäytteenottokierrokset.....	57
4.1.2 Jatkuvatoiminen EXO-mittausanturi.....	67
4.1.3 SYKE mittausvene	69
4.1.4 Lisänäytteenotot Oulun Yliopistolla	73
4.1.5 Näkösyvyysmittaukset	76
4.2 Viestintä.....	80
5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	82
5.1 Kuormitusalueiden paikantaminen	84
5.2 Kohdennetut vesiensuojelutoimet	93
6 YHTEENVETO	97
LÄHDELUETTELO.....	99

LIITEET:

Liite 1. Hankkeen yleisötilaisuudessa jaettu tiedonkeruulomake.

Liite 2. Virmajärven koko valuma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma.

Liite 3. Virmajärven eteläpuolen osavaluma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma Ruokosalmen purkupisteestä.

Liite 4. Näytepisteen 21 (Pohjapäänlahti Kurkoronniittu) osavaluma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma.

Liite 5. Näytepisteen 20 (Rahettavanjoki) valuma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma.

Liite 6. Karttakuva näytepisteiden 9, 19 ja 20 sijainneista.

MERKINNÄT JA LYHENTEET

YKSIKÖT

g	gramma
ha	hehtaari
km	kilometri
km ²	neliökilometri
l	litra
m	metri
mg	milligramma
µg	mikrogramma
µS/cm	mikrosiemensiä senttimetrissä

VEDENLAADUN SUUREET

COD	kemiallinen hapenkulutus (Chemical Oxygen Demand)
CODMn	kemiallinen hapenkulutus permanganaattimenetelmällä
DOC	liuennut orgaaninen hiili (Dissolved Organic Carbon)
FTU	Formazine Turbidity Unit
SUVA	Spesifinen UV-absorbanssi (Specific Ultraviolet Absorbance)
TOC	kokonaisorgaaninen hiili (Total Organic Carbon)
δ ² H	deuteriumin delta-arvo
δ ¹⁸ O	happi-18 isotoopin delta-arvo

ORGANISAATIOT JA MUUT LYHENTEET

ELY	Elinkeino-, Liikenne, ja Ympäristökeskus
SYKE	Suomen ympäristökeskus
VPD	vesipuitedirektiivi / Vesipolitiikan puitedirektiivi (2000/60/EY)
WWF	World Wildlife Fund

1 JOHDANTO

Suomi tunnetaan tuhansien järvien maana ja tarjoaa otolliset lähtökohdat valuma-alue lähtöiseen vesiensuojeluun. Mikäli haluamme pitää maineestamme kiinni, on meidän kiinnitettävä huomiota maankäyttöön ja valuma-alueiden ongelmien ratkaisuun sekä ennaltaehkäisyyn, ettei Suomesta puhuta tulevaisuudessa tuhansien rehevien ja tummien järvien maana. Puhdas järviluonto ja vesi tulee olemaan tulevaisuudessa yhä arvokkaampi voimavara niin kansallisesti kuin globaalistikin, kun mietitään asemaamme ilmastomuutoksen ja väestönkasvun kuormittamalla planeetalla.

Vesistöillä on merkittävä yhteiskunnallinen ja kulttuurillinen merkitys Suomen historiassa. Vesistöjä on hyödynnetty kulkuväylinä, energiantuotannossa, kalastuksessa, maataloudessa, teollisuudessa ja arjen perustoiminnoissa, mutta samalla ne ovat toimineet jäte- ja likavesien sijoituspaikkoina vielä pitkälle 1900-luvulle. Vasta kun veden laadun heikkeneminen alkoi näkyä, haista ja maistua, ymmärrettiin vesien suojelun välttämättömyys. Suomessa pistekuormitus on sittemmin vähentynyt merkittävästi jätevesien käsittelyn tehostumisen myötä, mutta samalla valuma-alueilta tulevan hajakuormituksen suhteellinen merkitys on kasvanut. Maa- ja metsätalouden tehostuminen lisää vesistökuormaa ja samalla esimerkiksi suometsissä tehdyt ojitukset kuormittavat vesistöjä vielä vuosikymmenten jälkeenkin. (Hallanaro ym., 2017) Tämä muutos vesistöjen pistekuormituksista hajakuormituksiin on korostanut tarpeen tarkastella vesistöjen tilaa aiempaa laajemmin ja ymmärtää kuormituksen syntyä valuma-alueen näkökulmasta.

Valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, jolta vesistö kerää vetensä. Sen maankäyttö ja ominaisuudet määrittävät pitkälti vesistön veden laadun – järveä voidaankin kuvailla valuma-alueensa peiliksi (Haakana 2018). Valuma-alueelähtöinen vesiensuojelu on keskeinen lähestymistapa, koska se puuttuu vesistöjen tilaa heikentävien muutosten juurisyihin. Pelkät järven sisäiseen kuormitukseen kohdistuvat kunnostustoimet tuottavat usein vain tilapäisiä vaikutuksia, ellei ulkoista kuormitusta hallita valuma-alueella. Kestävän vesiensuojelun kannalta olennaista on vähentää vesistökuormitusta, kuten ravinne- ja orgaanisen hiilen kuormitusta sen syntypaikoilla sekä parantaa veden pidättymistä ja eroosion hallintaa koko valuma-alueen tasolla. (Rytkönen ym., 2024) Tämä mahdollistaa myös sisäisen kuormituksen hallintatoimien paremman

vaikuttavuuden. Valuma-aluelähtöinen suunnittelu tarjoaa tehokkaan tavan kohdentaa toimenpiteet sinne, missä niillä saavutetaan suurin hyöty.

Tämä diplomityö on toteutettu osana Kiesilänjoen valuma-alueen kunnostuksen suunnitteluhanketta. Työn tavoitteena oli selvittää kokonaiskuva Kuolimon suurimman kuormittajan, Kiesilänjoen valuma-alueen vedenlaadusta monipuolisen vesinäytteenoton, maastohavaintojen ja karttatarkastelujen avulla. Ekologiselta tilaluokitukseltaan erinomaisessa tilassa olevan Kuolimon heikentyneet vedenlaatuhavainnot erityisesti veden väriluvun ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta sekä paikallisten huoli järven tilan muutoksista loivat tarpeen selvittää valuma-alueelta tulevan kuormituksen keskeisiä ongelmia alueita.

Kuolimon ja valuma-alueen vedenlaatatietoja on saatavilla vuosikymmenten takaa ja esimerkiksi Kiesilänjoen valuma-alueen kuormittava vaikutus Kuolimolle todettiin sedimenttitarkkailussa jo vuosia sitten (Saukkonen 1997). Vedenlaatuhavaintoja on alueelta vuosikymmenten ajalta, mutta koko Kiesilänjoen isoa valuma-aluetta koskevaa vedenlaatuselvitystä ei ole tehty aiemmin. Kiesilänjoen aluetta koskeva Pro Gradu -tutkielma on tehty Helsingin Yliopistossa (Simpura 2017), jossa tarkasteltiin lähinnä maankäytön yhteyttä Kiesilänjoen hydromorfologiaan ja pohjaelimestöön sekä alueen vedenlaatuun. Kiesilänjoen suurelle valuma-alueella työssä ei kuitenkaan tehty näytteenottoa Korpijärveltä tulevan vesireitin ulkopuolelta. Kuolimon vesiensuojelun yleissuunnitelmassa (Ahola 2018) Kiesilänjoen valuma-alue todettiin vesistömallinnusohjelma VEMALA:lla Kuolimon suurimmaksi kuormittajaksi.

Diplomityön tavoitteena oli tutkia valuma-alueen vesistöjen tilaa ja vesistönkunnostusta Suomessa valuma-aluelähtöisestä näkökulmasta. Tavoitteena oli vastata hanketavoitteisiin ja koostaa laaja tutkimustieto Kiesilänjoen valuma-alueesta. Tietopankki koostuu sekä vanhasta tutkimusaineistosta, että uudesta aineistosta erimittauksien ja paikallistiedon pohjalta. Hankkeen vedenlaatuaineistoa kerättiin vesinäytteenottokierroksilla, joissa analysoitiin ravinnepitoisuudet, kiintoaine, sameus, väri, kemiallinen hapenkulutus, kokonaisorgaaninen hiili, sähkönjohtavuus ja pH. Lisäksi suoritettiin lisäanalyyskejä, kuten UV254-absorbanssimittauksia sekä perustuvat SUVA-indeksit sekä veden isotooppimäärittäyksiä, joiden avulla arvioitiin orgaanisen aineksen laatua ja veden alkuperää. Vesinäytteenoton ohella hyödynnettiin jatkuvatoimista anturimittauksia vedenlaadun lyhytaikaisen vaihtelun seuraamiseksi sekä

mittausvenekartoituksia ja näkösyvyysmittauksia, jotka täydensivät järven tilaa kuvaavaa aineistoa. Valuma-aluetta analysoitiin paikkatietopohjaisten menetelmien ja hydrologisten tarkastelujen avulla.

Koostetun tutkimustiedon pohjalta tavoitteena oli löytää valuma-alueen kuormituksellisia ongelmakohtia ja kohdentaa toimenpiteitä havaituille kuormitusalueille. Osaan kohdennetuista alueista suunniteltiin hankkeen aikana vesiensuojelurakennesuunnitelmia ja suunnitelmat on tarkoitus laittaa käytäntöön tämän suunnitteluhankkeen pohjalta alkavassa jatkohankkeessa.

Diplomityö on rajattu käsittelemään nimenomaan valuma-alueelähtöistä vesiensuojelua ja sen keinoja. Vesistön hajakuormituslähteistä on keskitytty suurelta osin hankkeen metsävaltaisen valuma-alueen keskeiseen kuormituslähteeseen metsätalouteen sekä maatalouteen. Järvien sisäiseen kuormitukseen ei tässä työssä syvennyttä tarkemmin. Vesiensuojelullinen lähtökohta vaihtelee alueittain. Tällä hankealueella kyseessä on tilanne, jossa Kuolimolla vedenlaadullisesti ekologisesti erinomaisen tilan pysyvyydestä ollaan huolissaan ja pyritään toimimaan ennaltaehkäisevästi.

Parasta vesiensuojelua on ennaltaehkäistä kuormituksia. Tämän vuoksi vesiensuojelun vaikuttavuus ei kuitenkaan synny pelkästään teknisistä toimenpiteistä, vaan myös alueellisesta vuorovaikutuksesta ja tiedon jakamisesta. Hankkeessa keskeisessä roolissa oli viestintä, jonka tavoitteena oli lisätä paikallisten ihmisten ymmärrystä valuma-alueen kuormituksesta ja vahvistaa heidän osallisuuttaan vesiensuojelutyöhön. Avoimen viestinnän ja yhteisöllisen osallistamisen avulla pyrittiin rakentamaan pitkäjänteistä sitoutumista järven tilan parantamiseen järjestämälle alueen ihmisille tilaisuuksia ja tapahtumia alueen vesiensuojelun ympärille. Tehokas viestintä tuki näin sekä hankkeen tavoitteiden saavuttamista, että vesiensuojelun jatkuvuutta tulevaisuudessa.

2 VESIEN TILA JA VESISTÖNKUNNOSTUS SUOMESSA, VESISTÖKUORMITUKSEN SYNTY SEKÄ VESIENSUOJELUTOIMET

Tässä luvussa tarkastellaan työn kannalta keskeisiä teoreettisia lähtökohtia. Aluksi käsitellään vesistökehityksen historiaa, joka on taustalla vesistöjen tilaan tämän hetken Suomessa. Vesistöjen tilan käsittelyn yhteydessä käsitellään vesistökuormituksen syntyä ja vesistökuormitusta määritteleviä parametreja. Vesistökuormituksen tarkastelun ohella käsitellään vesistönkunnostusta Suomessa etenkin valuma-aluelähtöisestä näkökulmasta.

Vesistökuormitusta määrittelevistä vedenlaatuparametreista on käsitelty kemiallista hapenkulutusta, veden väriä, kokonaisorgaanista hiiltä, humusta, pH:ta, sähkönjohtavuutta, kiintoainetta, sameutta, fosforia ja typpeä sekä klorofylliä. Valuma-alueen vesistönkunnostustoimista puolestaan kosteikkoa, pintavalutuskenttää, eroosiosuojausta, kelluvaa kosteikkoa, kaivu- ja perkauskatkoa, kaksitasouomaa, puupuhdistamoa, laskeutusallasta, patorakenteita sekä suon ennallistamista.

2.1 Suomen vesistökehityksen historia

Suomen vesistöjen tila ja vesistönkuormitus määrä sen lähteiden tavoin ovat vaihdelleet merkittävästi sekä ajassa, että alueellisesti. Suomessa hajakuormitus on edelleen merkittävä ongelma, kun taas pistekuormitus on vuosikymmenten aikana selvästi vähentynyt. Vielä 1900-luvun jälkipuolella vesistöjä likasivat erityisesti pistekuormitus tehtaiden ja yhdyskuntien jätevesien muodossa. 1980-luvun lopulla tämä pistekuormitus alkoi vähetä, sillä jätevesien käsittelystä tuli tehokkaampaa ja teollisuusprosessit paranivat. Pistekuormituksen vähentyessä valuma-alueilta tulevan hajakuormituksen merkitys vesiensuojelussa on kasvanut, ja siitä on muodostunut keskeinen haaste Suomen vesienhoidossa. (Hallanaro ym., 2017)

Metsätalouden vesistökuormitus on ollut Suomessa vuosien saatossa hyvin merkittävää ja on sitä edelleen. Metsätalouden vesistökuormitus pohjautuu metsänkäyttöön, lannoitukseen, metsäojituksiin, hakkuihin sekä metsämaan käsittelyyn. Metsien tuhka- ja fosforilannoitus huipentui 1970-luvun puolivälissä ja se aiheutti vesistöihin huomattavan määrän fosforikuormitusta. Myöhemmin lannoituksesta lähes luovuttiin, mutta 2000-luvulla se on tehnyt paluuta, joskin pienemmillä pinta-aloilla sekä uusilla

lannoitustekniikoilla päästöjä voidaan nykyään hillitä. Vaikka lannoitusten fosforikuormitukset vähentyvät, muuten metsätalouden ravinnekuormitukset erityisesti typpikuormitusten osalta ovat edelleen kasvussa. Tämä johtuu erityisesti lisääntyvästä ravinteiden huuhtoutumisesta ojitetuilta alueilta. Ojitusten, erityisesti turvemailta, on huomattu lisäävän kuormitusta vesistöihin vuosikymmenten ajaksi. (Vesi.fi, 2022b) Vanhojen ojitusten aiheuttama kuormitus on arvioitu moninkertaiseksi esimerkiksi lannoitusten tai hakkuiden aiheuttamiin kuormituksiin nähden. Ojitukset aiheuttavat merkittävää kuormitusta orgaanisen hiilen liukenemisen takia ja metsien käytöstä aiheutuu lähes aina myös kiintoainekuormitusta vesistöihin. (Sarkkola ym., 2022).

Suomessa alettiin sotien jälkeen ojittaa soita ja suometsiä, yli miljoonan kilometrin verran. Ojituksissa vilkkaimmat vuosikymmenet olivat 1960- ja 1970-luvut. Ajatus taustalla oli ymmärrettävä ja siinä ajassa tärkeä, kun kansalle haluttiin varallisuutta köyhien sotavuosien jälkeen metsänkasvun turvalla. Soiden ojituksessa ideana on, että kasvumaasta saadaan kuivempi ja puunkasvulle mahdollinen. Suurin osa soiden ojituksista tuottikin tulosta ja talousmetsien määrä kasvoi. Kaikki soiden ojitukset eivät kuitenkaan suinkaan olleet menestyksekkäitä ja lopputuloksena oli turha pilattu suo ilman metsänkasvua. Metsänomistajia kannustettiin ojituksiin ja uskomus siihen aikaan oli, että suo-ojien huuhtoumat hiipuvat nopeasti ojituksien jälkeen. Nykytiedon valossa tiedämme kuitenkin, että 1960- ja 1970-lukujen ojitukset tummentavat ja rehevöittävät järviä yhä. On myös todettu kuormituksen jopa kasvavan, kun ojituksesta kuluu enemmän aikaa. (Hallanaro ym., 2017; Nieminen ym., 2021)

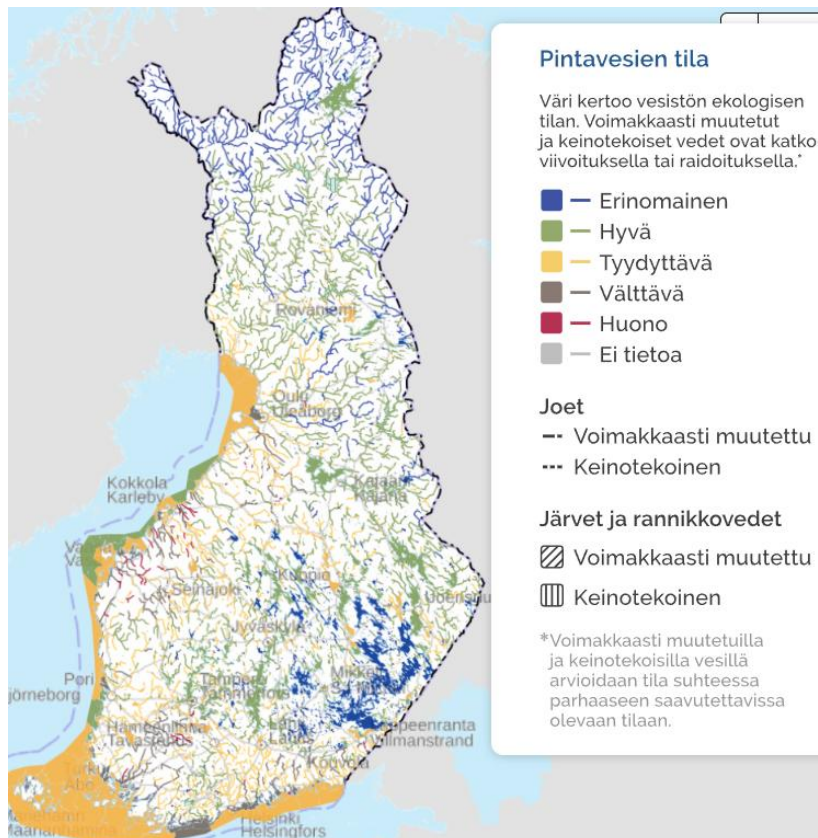
Maatalous on ollut metsätalouden ohella merkittävä hajakuormituksen lähde Suomen sisävesille, ja sen vaikutukset ovat vaihdelleet vuosikymmenten aikana. 1950–1970-luvuilla maatalouden tehostuminen lisäsi lannoitteiden käyttöä, mikä johti erityisesti fosforin ja typen huuhtoutumiseen pelloilta vesistöihin. Tämä kehitys näkyi monien järvien ja jokien rehevöitymisinä (Puustinen ym., 2007). 1980-luvulta alkaen ympäristötietoisuus lisääntyi, ja 1990-luvulla käyttöön otetut ympäristötukijärjestelmät sekä viljelykäytäntöjen muutokset vähensivät ravinteiden kuormitusta. Erityisesti fosforikuormat ovat pitkällä aikavälillä pienentyneet, kun lannoitemääriä ja peltojen fosforitaseita on onnistuttu laskemaan merkittävästi (Äijö & Paasonen-Kivekäs 2010; Turtola & Kemppainen 1998).

Sisävesien kuormituksen osalta kuitenkin erot eri ravinteiden välillä ovat olleet huomattavia. Fosforipitoisuudet ovat monilla alueilla kääntyneet laskuun, kun taas typpikuormitus on paikoin kasvanut etenkin peltoviljelyn ja karjatalouden keskittymisen seurauksena. Lisäksi salaojituksen yleistyminen ja sateisuuden lisääntyminen ovat lisänneet ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Keskimäärin maatalous vastaa yli puolesta sisävesien ihmistoiminnan aiheuttamasta typpi- ja fosforikuormituksesta, tehden siitä edelleen keskeisen vesiensuojelun kohteen Suomessa (Äijö & Paasonen-Kivekäs 2010).

Tänä päivänä muuttuvalla ilmastollamme on huomattu myös olevan vesistöjen kuormituspaineita lisäävä vaikutus. Se lisää erityisesti kunnostus- ja sopeutumistoimenpiteiden tarvetta, kun alueiden vesitaloudessa tapahtuu muutoksia. Sadannan kasvaessa ja yhä useammin esiintyvien rankkasateiden vaikutuksesta ravinteiden huuhtoutuminen kiihtyy. Tämä korostuu erityisesti leutoina talvina, jolloin vesien rehevöityminen voimistuu. Lämpötilan ja valun kasvu on todettu olevan yhteydessä vesien tummumiseen. Vesien lämpeneminen ja rehevöityminen voivat edelleen lisätä vesistöistä vapautuvia kasvihuonekaasuja. Lämpöolosuhteiden muutokset ja elinympäristöjen muokkaantuminen aiheuttavat sekä suoria että välillisiä muutoksia lajistossa. Ilmaston lämmetessä tulvien ennakoitaan muuttuvan epäsäännöllisemmiksi, ja erityisesti talvitulvien yleistyvän. Toisaalta kuivuusongelmien arvioidaan lisääntyvän suuressa osassa Suomea, mikä vaikuttaa ekosysteemeihin ja yhtä lailla myös yhteiskunnan toimintaan. Erityisesti pienet vesistöt ovat alttiita tällaisille ympäristömuutoksille. (Ahopelto ym. 2024)

2.2 Vesistöjen tila nyt

Vesistöjen tilaa arvioidaan Suomessa isossa kuvassa muun muassa pintavesien ekologisen tilan kautta. Suomessa pintavesien ekologinen tila on enimmäkseen hyvä (Kuva 1), suuren osan vesistöistä ollessa kuitenkin tyydyttävässä tilaluokituksessa. Osa vesistöistä luokitellaan ekologisen luokituksen osalta erinomaisiksi ja niissä pääpainona onkin pitää tila erinomaisena. Myös luokituksestaan huonoiksi katsottuja vesistöjä löytyy.



Kuva 1. Kuvassa pintavesien ekologinen tila Suomessa, sininen kuvaa erinomaista, vihreä hyvää, keltainen tyydyttävää, ruskea välttävää ja punainen huonoa tilaa. (Vesi.fi, 2024)

Ekologista tilan luokittelua pintavesien osalta koskevat laadulliset tekijät ovat biologiset-, hydrologiset-, morfologiset-, kemialliset- ja fysikaaliset tekijät sekä erityiset pilaavat aineet, joiden vesimuodostumaan päästämisestä aiheutuu pilaantumista (VPD 2000/60/EY). Järven tilaa arvioitaessa, luokittelu tapahtuu pääosin biologisten laatutekijöiden kautta. Näitä pintavesien ekologista tilaa määrittäviä laatutekijöitä ovat kasviplankton, piilevät, vesikasvit, makrolevät, pohjaeläimistö ja kalasto. Myös fysikaaliskemialliset tekijät sekä hydrologis-morfologiset tekijät otetaan huomioon luokittelussa, koska ne tukevat biologisia laatutekijöitä ja yleensä muuttuvat ihmistoiminnan vaikutuksesta, jonka seurauksena biologinen tila kärsii. Fysikaaliskemiallisilla tekijöillä tarkoitetaan esimerkiksi ravinneoloja, näkösyvyyttä, suolaisuutta sekä lämpö- ja happioloja. Hydrologis-morfologisia tekijöitä ovat puolestaan muun muassa virtausolot, esteettömyys, pohjan ja rantavyöhykkeen rakenne sekä niiden yhteys pohjaveteen. (Aroviita ym., 2019)

Järven ekologisen tilan luokittelu jakautuu tyypillisesti seuraaviin laatuluokkiin; erinomainen-, hyvä-, tyydyttävä-, välttävä- tai huono tila. Erinomaisesta tilasta puhutaan,

jos kyseessä olevan pintavesimuodostuman arvioidaan olevan sellainen, kuin se olisi häiriintymättömissä olosuhteissa. Hyvän tilan osalta sallitaan hieman ihmistoiminnasta aiheutuvia muutoksia suhteessa katsottuihin häiriintymättömiin olosuhteisiin. Ekologisen tilan ollessa tyydyttävä biologisten laatutekijöiden arvot saavat erota kohtalaisesti häiriintymättömistä olosuhteista. Tila on puolestaan välttävä, jos laatutekijöiden arvoissa havaitaan suurehkoja muutoksia ja huono jos tekijöissä on vakavia muutoksia, suhteessa edellä mainittuun häiriintymättömään olosuhteeseen. (VPD 2000/60/EY.)

Ekologista tilaa määrittäville laatutekijöille on määrätty myös yksityiskohtaiset, ohjeelliset viitekehykset siitä, mihin ekologisen tilan laatuluokkaan eri tilanteissa kuulutaan. Pintaveden ekologinen luokittelu tehdään kuitenkin ottaen huomioon kaikki biologiset tekijät yhdessä hydrologis-morfologisten- ja fysikaaliskemiallisten tekijöiden kanssa. Luokittelu tapahtuu ekologisenä laatusuhteena, jossa laatusuhteella osoitetaan siis vaikuttavien tekijöiden poikkeamaa vertailuoloista. (VAVJ 1040/2006.)

Selvää on, että monelle järven käyttäjälle ja mökkiläiselle ekologisen luokituksen sijasta omat aistihavainnot järven tilasta kertovat paljon. Onko järvi rehevöitynyt, näkeekö uudessa pohjan tai onko järven pohja esimerkiksi liettynyt? Näihin havaintoihin voidaan lisätä osalla mukaan ajallinen perspektiivi siitä, miten oma mökkiranta on esimerkiksi vuosien tai vuosikymmenten saatossa muuttunut. Näihin muutoksiin löytyy useasti syyt vesistökuormitusten saralta.

2.3 Vesistökuormituksen synty

Suomessa merkittävin pintavesiin liittyvä vedenlaatuongelma on rehevöityminen, joka johtuu pääasiassa liiallisista ravinnepäästöistä, erityisesti typen ja fosforin kulkeutumisesta vesistöihin. Rehevöitymisen seurauksena veden laatu heikkenee: järvien ja merenlahdilla esiintyy leväkukintaa, vesi muuttuu sameaksi, särkikalojen määrä lisääntyy, rannat kasvavat kaislikkoa ja lahdet alkavat kasvaa umpeen. Vaikka rehevöityminen on osin luonnollinen prosessi, ihmisen toiminta kiihdyttää sitä monilla alueilla merkittävästi. (Äijö & Paasonen-Kivekäs 2010)

Kaikilta valuma-alueilta valuu vesistöihin luonnostaan erilaisia ravinteita, kuten typpiä- ja fosforia sekä kiintoainetta. Tämä luonnonhuuhtoumana vesistöihin päätyvä ravinnekierto saa aikaan vesistöjen ekologisen luonnontilan. Luonnonhuuhtouman

vastapainona vesistökuormituksesta puhutaan silloin, kun se aiheutuu ihmisen toiminnasta. Se muuttaa pohja- ja pintavesien tilaa muutoksen ollessa sitä voimakkaampaa, mitä suurempaa kuormitus on ja se voidaan jakaa piste- ja hajakuormitukseen. Pistekuormitus voidaan kohdistaa hyvinkin tarkasti esimerkiksi johonkin teollisuuslaitokseen, jätevedenpuhdistamoihin tai turvetuotantoon. Puolestaan hajakuormituksen lähdettä ei voida tarkasti kohdistaa tiettyyn pisteeseen ja sitä tulee esimerkiksi maataloudesta, metsätaloudesta, hulevesistä ja haja-asutuksesta. (ELY-keskus 2021)

Vesistökuormituksen voidaan katsoa jakautuvan ulkoiseen ja sisäiseen kuormitukseen. Ulkoinen vesistökuormitus on juuri esimerkiksi piste- ja hajakuormitusta vesistöihin jokien, purojen ja ojien kautta ravinne- ja kiintoainekuormituksena. Näiden aiheuttama kuormitus on Suomessa edelleen merkittävää ja aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä laajasti. Sisäinen kuormitus tarkoittaa tilannetta, jossa järven pohjasedimenttiin aiemmin sitoutuneet ravinteet vapautuvat takaisin veteen ja ylläpitävät veden rehevöitymistä, vaikka ulkoinen kuormitus vähenisi. Ilmiö on tyypillisesti seurausta pitkäaikaisesta ja merkittävästä ulkoisesta kuormituksesta. Esimerkiksi fosfori voi vapautua sedimentistä, kun pohjan lähellä oleva vesi muuttuu hapettomaksi runsaan levätuotannon ja pohjalle kertyvän orgaanisen aineksen hajotessa. Sisäistä kuormitusta voi ylläpitää myös resuspensio, jossa tuuli, virtaus tai kalojen toiminta sekoittaa pohjasedimenttiä ja nostaa siihen sitoutuneita ravinteita takaisin vesipatsaaseen. (Yao X ym., 2023; Vesi.fi 2025b)

Vesistökuormitusta syntyy monesta lähteestä ja vaihtelee valuma-aluekohtaisesti sen mukaan, mitkä ovat alueen pääasialliset maankäyttömuodot ja toimintatavat. Vesistökuormitusta syntyy siis esimerkiksi maa- ja metsätaloudesta, teollisuudesta, haja-asutuksesta, hulevesistä, turvetuotannosta, yhdyskunnista, kalankasvatuksesta sekä luonnonhuuhtoumana ja laskeumana. Keskitytään tässä työssä tarkemmin kohdealueena olevan Kiesilänjoen valuma-alueen pääasiallisiin kuormituslähteisiin eli metsätalouteen ja maatalouteen.

METSÄTALOUS

Suomi on hyvin metsävaltainen maa ja kokonaispinta-alastamme 78 % on metsätalouden maata. Puolestaan 29 % maapinta-alastamme on soita ja hieman yli puolet näistä (53%) on ojitettuja. Ravinteita ja orgaanista hiiltä metsätalouden kulkeutuu vesistöihin sekä

luonnonhuuhtoutumana, että metsätaloustoimenpiteiden vaikutuksesta. (Finer ym. 2020) Metsätalous vaikuttaa merkittävästi vesistökuormitukseen etenkin hakkuiden, lannoitusten ja ojitusten kautta. Metsäalueilta peräisin oleva kuormitus koostuu pääasiassa kiintoaineesta, orgaanisesta aineksesta ja ravinteista, kuten fosforista ja typestä. Näiden pääsy vesistöihin heikentää veden laatua, tummentaa vesiä ja lisää vesistöjen rehevöitymistä (Metsätieteen aikakauskirja 2020; SYKE 2015)

Suomessa suuri osa soista on ojitettu metsätalouden käyttöön, joka on merkittävä muutos luonnon vesitaloudessa. Ojitusten myötä pohjaveden pinta laskee, mikä altistaa turvekerroksen hapettumiselle. Tämä kiihdyttää turpeen hajoamista ja vapauttaa aiemmin sitoutuneita ravinteita, erityisesti typpeä ja liukoista orgaanista hiiltä, jotka sitten kulkeutuvat valumavesien mukana vesistöihin (Valtioneuvosto 2020; Metsätieteen aikakauskirja 2020). Lisäksi hapettuneet suot voivat vapauttaa myös metalleja, kuten rautaa ja mangaania, jotka voivat aiheuttaa vesistöissä haitallisia happamuus- ja väriongelmiä. Metsäojituksen vaikutukset voivat jatkua vuosikymmeniä. Tutkimusten mukaan ojitetut suoalueet voivat edelleen tuottaa huomattavasti suurempia määriä kiintoainetta, liuennutta orgaanista hiiltä ja ravinteita kuin luonnontilaiset suot. (Metsätieteen aikakauskirja 2020; Luonnonvarakeskus 2016).

Metsien hakkuut muuttavat myös metsämaan vesitaloutta. Avohakkuulla tarkoitetaan metsänkäsitelymenetelmää, jossa puusto poistetaan tietyltä alueelta kokonaan, lukuun ottamatta monimuotoisuuden tukemiseksi jätettäviä säästöpuita. Avohakkuun jälkeen alueelle perustetaan uusi taimikko istuttaen, luontaisesti tai kylväen. (Versowood 2017). Hakkuiden jälkeen pintavalunta hakkuualueella luonnollisesti kasvaa. Avohakkuut nostavat pohjaveden pintaa, lisäävät maaperän eroosiota ja kasvattavat esimerkiksi liuenneen orgaanisen hiilen kuormitusta vesistöihin (Nieminen ym. 2017). Avohakkuiden lisäksi metsänhoidossa käytetään myös jatkuvan metsänkasvatuksen menetelmää. Tässä menetelmässä metsän puusto säilytetään peitteisenä eikä avohakkuita tehdä. Metsän uudistuminen perustuu hakkuun jälkeen luontaisesti syntyviin taimiin sekä olemassa olevaan alikasvostaimikkoon. (Metsänhoidonsuositukset.fi 2025) Vesiensuojelullisesti pitkällä ajanjaksolla tarkasteltuna jatkuvan kasvatuksen mukainen metsänhoito on aina tasaikäistä metsänkasvatusta eli avohakkausta parempi vaihtoehto. (Nieminen ym., 2023)

MAATALOUS

Maatalous on Suomessa metsätalouden ohella merkittävin vesistökuormituksen aiheuttaja. Kuormitusta aiheuttavat erityisesti peltoviljely sekä kotieläintalous. Peltujen eroosiosta ja kulkeutuvista ravinnehuuhtoutumista suurin osa tapahtuu niin sanotun kasvukauden ulkopuolella eli keväisen lumiensulamisen jälkeisinä valumahuippuina tai runsaiden syyssateiden aikana. Eroosion ja kiintoaineiden mukana kulkeutuvan ravinnekuormituksen eli pääasiassa typen ja fosforin määrään vaikuttaa ratkaisevasti se, muokataanko peltoa esimerkiksi erimerkiksi syksyisin, vai pidetäänkö pelto kasvipeitteisenä ympäri vuoden. Pelloilla tapahtuvien toimenpiteiden aikataulutuksen ohella, kuormitusten määrään vaikuttavat myös muun muassa peltujen maalaji, vesitalous ja kaltevuus. (Tattari ym., 2015)

Maatalouden vesistökuormitus on hajakuormitusta, eikä jokaisen kuormitusta tuovan uoman suulle ole mahdollista rakentaa vedenpuhdistamoja tai vesiensuojelurakennetta. Tämän takia on ensiarvoisen tärkeää keskittyä pitämään mahdollisimman suuri osa ravinteista sen syntypaikallaan pelloilla. Näitä toimenpiteitä ovat pellon kasvukunnosta huolehtiminen, kasvien tarpeenmukainen lannoitus, kasvipeitteisyys, ravinnetaseet sekä maanparannusaineet. (MTK, 2025)

Maan kasvukunnosta ja kasvien hyvän kasvun mahdollistamisesta pidetään huolta maan rakenteen, vesitalouden ja viljavuuden turvin. Hyväkuntoinen maa pidättää vettä kasvien käyttöön, liian veden kulkeutuessa kuitenkin pois. Kasvien lannoitus perustuu kasvien ravinnetarpeeseen, eikä lannoituksella voida korvata esimerkiksi maan heikkoa rakennetta. Kasvien ylimääräinen ravinnetarpeen ylittävä lannoitus on riski sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti. Ravinteiden kohdalla erityisesti kasvien kannalta niiden oikeanaikainen saatavuus sekä lannan typpi-fosfori suhteen merkitys korostuvat. Syyslevitys ilman kasvustoa ei ole järkevää niin ympäristöllisistä kuin taloudellisistakaan näkökulmista. Jos kasvit eivät ole pidättämässä ravinteita, niin ravinteet pääsevät helposti huuhtoutumaan kasvukauden ulkopuolella. Ratkaisuna tähän on suojavyöhykkeet ja kasvipeitteisyys, joka suojaa maata eroosiolta ja vähentää ravinteiden huuhtoutumista. Myös ravinnetaseita ja maanparannusaineita hyödyntämällä voidaan hyödyttää maatalouden vesistönäkökulmaa. (MTK, 2025)

2.3.1 Mitä eri vedenlaatuparametrit kertovat vedestä

Tässä työssä vesistökuormitusta määrittelevistä vedenlaatuparametreista on käsitelty kemiallista hapenkulutusta, veden väriä, kokonaisorgaanista hiiltä, humusta, pH:ta, sähkönjohtavuutta, kiintoainetta, sameutta, fosforia ja typpeä sekä klorofylliä.

KEMIALLINEN HAPENKULUTUS (COD_M)

Kemiallisella hapenkulutuksella (COD) tarkoitetaan sitä happimäärää, jonka vedessä olevat aineet kuluttavat. Vesistössä olevat orgaaniset aineet kuluttavat happea ja täten kemiallinen hapenkulutus kertoo niiden määrästä vedessä. Siten kemiallinen hapenkulutus on myös vahvasti yhteydessä vesistön humuspitoisuuteen. Eloperäiset aineet vedessä voivat olla humuksen lisäksi peräisin jätevedestä, luonnonhuuhtoumasta tai karjataloudesta. (Luonnontila 2023; Vesi.fi, 2022)

VEDEN VÄRI

Veden väri voi kertoa paljon vesinäytteen laadusta ja sen sisältämistä aineista. Usein veden väri on indikaattori liuenneista humusaineista. Näitä humusaineita irtoaa oilta ja maaperästä. Myös rauta ja muut metallit voivat vaikuttaa veden väriin. Rauta voi värjätä vettä punaruskeaksi, kun esimerkiksi kupari antaa puolestaan sinertävän sävyn. (Xiao ym., 2015; Hongve & Åkesson 1996)

KOKONAISSORGAANINEN TIILI (TOC) JA HUMUS

Tyypillisesti vesistössä oleva orgaaninen aine mitataan orgaanisena kokonaishiilenä (TOC) tai liuenneena orgaanisena hiilenä (DOC). Kokonaishiilen arvo sisältää DOC:n lisäksi myös partikkelimaisen orgaanisen hiilen arvot (POC). Nousevat TOC-arvot kertovat esimerkiksi metsätalouden toimenpiteistä, koska metsien hakkuut ja ojitukset lisäävät orgaanisen aineen huuhtoutumista vesistöihin. (VESITALOUS 2024)

Humusaineet ovat peräisin kasvien hajoamistuotteista ja ovat syynä veden tummaan väriin. Veden näkösyvyys, väri ja orgaanisen hiilen määrä vedessä sekä liuenneen orgaanisen hiilen (DOC), että orgaanisen kokonaishiilen (TOC) osalta kertovat humuksen määrästä. Yhtä lailla myös kemiallinen hapenkulutus (COD) kertoo humuspitoisuudesta, mutta on muistettava, että siihen on yhteydessä myös vahvasti esimerkiksi

jätevesipäästöt. Tummempia ja humuspitoisia valumavesiä syntyy turvemailta, kun kivennäismaat puolestaan pidättävät paremmin humusaineita. Maankäyttö metsä- ja suo-
ojituksineen lisäävät humuksen huuhtoutumista. (Haakana 2018)

Humuksella on monia merkittäviä vaikutuksia veden fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Tumma humuksinen päällysvesi lämpenee nopeasti, jolloin tummissa järvissä veden lämpötilakerrostuneisuus muodostuu kirkkaita vesistöjä nopeammin. Kerrostuneisuusajan ollessa pitkä myös riski hapettoman pohjavyöhykkeen muodostumiselle kasvaa. Samalla järven tuottavan kerroksen paksuus voi jäädä pieneksi, kun valo ei pääse ulottumaan syvälle tummassa humusvedessä. Humus vaikuttaa myös veteen laskemalla sen pH-arvoa yleensä 6–6,5 tasolle. Humuksen mukana valuma-alueilta vesiin valuu myös elohopeaa. Elohopean rikastuu ravintoketjussa ja kertyy lopuksi sen petoihin. (Haakana 2018)

pH

Veden pH-luku kuvaa happamuutta. Veden pH:n ollessa 7 vesi on neutraalia, alle 7 arvot kuvaavat veden olevan hapanta ja arvon ollessa yli 7 puhutaan emäksisestä vedestä. Suomessa luonnonvedet ovat yleensä lähellä neutraalia ja monesti tumman humusveden arvot ovat hieman alle pH 7. Sadeveden pH on luonnostaan hieman hapanta noin pH 5 paikkeilla. Rehevissä vesissä pintavesi voi olla hieman emäksistä runsaan yhteyttämisen vaikutuksesta. (Haakana 2018) Vesiemme pH tasoa alentaa myös hapan laskeuma. Silloin jos veden veden puskurointikyky (alkaliteetti) on huono, tämä ongelma korostuu. Vesien eliöstä on tottunut elämään pH-alueella 6-8 ja arvojen laskiessa alle 6 alkaa happamoituminen tuntua eliöstössä. Ensin katoaa simpukat, ravut ja kotilot. Myös pH:n laskiessa alle 5,5 alkaa lisääntyminen särjen ja lohikalojen osalta häiriintyä. (Oravainen 1999)

SÄHKÖNJOHTAVUUS (mS/m)

Veden sähkönjohtavuus kertoo veteen liuenneiden suolojen määrää. Yksikkönä käytetään mS/m (millisiemensia per metri) ja mitä suurempi arvo, sen suurempi suolapitoisuus on. Sisävesistöissä sähkönjohtokykyä nostaa kaliumin, natriumin, magnesiumin ja kalsiumin pitoisuudet sekä sulfaatit ja kloridit. Nämä suolapitoisuutta lisäävät aineet ovat monesti peräisin erilaisista peltolannoitteista sekä jätevesistä. Suolapitoinen jätevesi kertyy

monesti vesistöjen syvänteisiin, koska se on luonnonvettä raskaampaa. (Haakana 2018) Järven pinnalta pohjaa kohti siirryttäessä sähkönjohtavuus siis kasvaa. Orgaanisen aineen hajotessa hajotessa suoloja pääsee vapautumaan veteen, joka lisää sähkönjohtavuutta. Sähkönjohtavuuden raja-arvot vedenlaatuluokituksessa ovat alhaiselle johtokyvyllä <5 mS/m, sisävesille 5–10 mS/m ja jätevesille 50-100mS/m. (Oravainen 1999; Ympärisö.fi n.d)

KIINTOAINE (mg/L)

Valuma-alueilta päätyy vesistöihin myös kiintoainetta. Sillä tarkoitetaan maasta huuhtoutunutta, pientä hiukkasnaista ainetta. Nämä hiukkaset voivat olla joko eloperäistä tai epäorgaanista ainesta. Eloperäistä ainesta ovat esimerkiksi ojituksen seurauksena turvemaisesta maaperästä irronnutta kuollutta kasviainesta. Hiukkasten alkuperän ollessa epäorgaanisista aineista puhutaan esimerkiksi hiesusta tai savesta. Myös elävä kasviplankton lasketaan mukaan kiintoaineeseen, ja tämä korostuu esimerkiksi kesäaikaan otetuissa näytteissä järvien päällysvesistä. Jokivesissä kiintoainepitoisuudet voivat vaihdella paljon eri aikoina ja erityisesti rankkasateiden sekä tulvien jälkeen kiintoainepitoisuudet voivat olla runsaita. Kiintoainepitoisuus aiheuttaa suurina pitoisuuksina pohjan liettymistä ja veden samentumista. Järvissä kiintoaines laskeutuu pohjaan ja talven aikana kertyvä kiintoaines vaikeuttaa syyskutuisten kalojen, kuten siian ja muikun kutua. Jokiin ja puroihin kertyvä kiintoaines samaan tapaan aiheuttaa sorapohjan liettymistä ja täten vaikeuttaa lohikalojen kutua. (Haakana 2018)

SAMEUS (FTU)

Veden sameuden aiheuttaa siinä olevat hiukkaset, joita voivat olla esimerkiksi savi-, siltti- ja hiekkapartikkelit, mikronit ja muu orgaaninen aines. Suuri sameus nostaa veden lämpötilaa, vähentää liukoista happea ja heikentää valon läpäisyä, mikä heikentää kasvien fotosynteesiä. Pitkäkestoisena sameus hankaloittaa myös kalojen kidusten toimintaa sekä pohjaeläinten kehitystä. Sameutta aiheuttaa muun muassa maaperän eroosio, pohjalta syövät kalat ja liiallinen levien kasvu. (US EPA, 2012). Sameuden yksikkönä käytetään joko FTU (”Formazine Turbidity Unit”) tai FNU (”Formazine Nephelometric Units”) riippuen käytettävästä mittausjärjestelmästä. (1 FTU =1 FNU). Yleensä kirkkaan järven sameuden arvot ovat alle yhden, ja tyypillisesti sameusarvot ovat korkeampia järvien syvänteissä. Luonnonympäristöissä tyypillisesti sameusarvot vaihtelevat 1-2 välillä ja

runsaasti sedimenttiä sisältävissä jokivesissä 10-20 välillä. Esimerkiksi kevättulvien aikana sameuden arvot voivat nousta jopa 100 FTU. (Haakana 2018; In-Situ 2022).

FOSFORI

Fosfori on yksi vesiekosysteemien keskeisimmistä ravinteista. Vesistöjen fosforipitoisuutta tarkastellaan yleisimmin kokonaisfosforin (kok.P) avulla, joka kertoo vesistön rehevyydestä ja se kuvaa molempien sekä kiintoaineeseen sitoutuneen että liuenneen fosforin määrää vedessä yhteensä. Kokonaisfosforin ohella on mahdollisuus tarkastella fosfaattifosforia ($\text{PO}_4\text{-P}$), jolla tarkoitetaan kokonaisfosforin liuenutta osaa, jota kasviplanktonit pystyvät käyttämään. Tyypeen verrattuna fosfori on yleensä sisävesissä ravinnekokonaisuuksia tarkastellessa määräävä minimiravinne mikä tarkoittaa, että sen saatavuus rajoittaa eliöiden, erityisesti levien ja kasviplanktonin, tuotantoa herkemmin kuin typen saatavuus sisävesissä. Suurin osa kokonaisfosforista on kesäaikana sitoutunut pintaveden eläin- ja kasviplanktoniin osan ravinteista valuessa kuitenkin pohjaan sedimentoituvaan aineeseen sitoutuneena. Jos alusvedessä on happea sedimentoitu fosfori pidättyy järven pohjaan. Puolestaan jos alusvesi menee hapettomaksi, fosforia sitovat yhdisteet pelkistyvät ja sedimenttiin varastoitunutta fosforia vapautuu uudelleen veteen. (Oravainen 1999; Haakana 2018)

Fosforia pääsee kulkeutumaan veteen ihmistoiminnan vaikutuksesta maa- ja metsätaloudessa sekä turvetuotannon, asutuksen, kalankasvatuksen ja teollisuuden jätevesistä. Luonnonhuuhtoumana fosforia pääsee kulkeutumaan vesistöön esimerkiksi rapatumalla fosforipitoisista kivistä. Kokonaisfosforinäytteet otetaan päällysvedestä avovesikaudella. Fosforipitoisuuden yksikkönä käytetään mikrogrammaa fosforia per litra ($\mu\text{g P/l}$). Tyypillisiä kokonaisfosforipitoisuuksia kirkasvetiselle järvelle ovat $<10 \mu\text{g P/l}$, humusvetiselle järvelle $10\text{--}15 \mu\text{g P/l}$ ja rehevöityneelle järvelle $20\text{--}50 \mu\text{g P/l}$. (Haakana 2018; Ympärisö.fi n.d)

TYPPI

Typpi on fosforin ohella järvien rehevöitymiskehitystä säätelevä perusravinne, ja sen kokonaismäärä sekä eri esiintymismuodot kertovat vesistön ravinnetilasta. Kokonaistyyppi (kok.N) sisältää sekä kiintoaineeseen sitoutuneen että liuenneen typen ja sen avulla muodostetaan yleiskuva vesistön ravinnetilasta. Typen fraktioista nitraatti- ja

nitriittityppi ($\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$) ovat hapellisissa oloissa tyypillisimpiä, kun taas ammoniumtyppi ($\text{NH}_4\text{-N}$) korostuu erityisesti hapettomissa alusvesissä. Sen pitoisuudet voivat olla merkki lannoitteiden käytöstä, turvetuotannon ja metsätalouden valumista tai jätevesipäästöistä. Erona fosforiin tyypellä löytyy myös kaasumainen olomuoto N_2 . Jotkut sinilevät pystyvät sitomaan tätä ilmakehän tyyppiä ja kukintojen aikaan kokonaistyyppipitoisuudet päällysvedessä voivat moninkertaistua. Samoin kuten fosforin kohdalla suurin osa tyypestä on sitoutuneena pintaveden eläin- ja kasviplanktoniin, mutta osa valuu pohjaan sedimentoituvaan aineeseen sitoutuneena. Alusveden ollessa hapettomassa tilassa typpi esiintyy ammoniumina ja sitä pääsee vapautumaan pohjalietteestä. Tyyppiä pääsee vesistöihin valumavesien, jätevesien sekä sadevesien mukana. Mahdollinen peltovaltaisuus valuma-alueella lisää typpikuormitusta. (Oravainen 1999; Haakana 2018)

Tyyppipitoisuuden laskennassa käytettävä yksikkö on mikrogrammaa tyyppiä per litra ($\mu\text{g N/l}$). Tyypillisiä kokonaistyyppipitoisuuksia kirkasvetiselle järvelle ovat $< 200\text{-}500 \mu\text{g N/l}$, humusvetiselle järvelle $< 400\text{-}800 \mu\text{g N/l}$ ja hyvin humuspitoiselle järvelle $1000 \mu\text{g N/l}$. (Haakana 2018)

KLOROFYLLI

Klorofylli kertoo järven rehevyystasosta. Kasviplankton sisältää lehtivihreää eli a-klorofylliä, jolla kasvit ja levät muun muassa yhteyttävät. Tätä a-klorofylliä mittaamalla voidaan määrittää vedessä olevien levien määrä ja sitä mitataan juuri järven päällysvedestä. Vuodenajalla ja säällä on suuresti merkitystä a-klorofyllin esiintymiseen, jonka takia luotettavan tuloksen saamiseksi sitä tulisi tarkastella useista kesäaikaan otetuista näytteistä. Myöhään syksyllä tai aikaisin keväällä otetut näytteet eivät anna luotettavaa kuvaa järven rehevyystasosta. Tulos ilmoitetaan yksikössä mikrogrammaa litrassa ($\mu\text{g/l}$) ja luokitteluasteikon arvot $< 3 \mu\text{g/l}$ kertoo järven olevan karu. Arvot välillä $3 < 7 \mu\text{g/l}$ kertovat järven olevan lievästi rehevä ja pitoisuuden ollessa yli $7 \mu\text{g/l}$ puhutaan rehevästä, kunnes $< 40 \mu\text{g/l}$ mentäessä luokitus muuttuu erittäin reheväksi. (Haakana 2018)

2.4 Vesistöjenkunnostus Suomessa

Vesi ja vesistöt ovat aina olleet vahva osa suomalaisuutta. Vesi on tärkeä osa kulkuväyliämme, energiatuotantoa, kalastusta, maataloutta, teollisuustuotantoa, hygieniaa, uimavettämme ja maisemaa sekä historiassa se oli myös paikka, johon likavedet ja jätteet sijoitettiin. Vähitellen ymmärrettiin, että veden määrän ohella myös sen laatu on ratkaisevaa, kun heikentyneen vedenlaadun vaikutukset alkoivat näkyä, haista ja maistua. Tämä johti vesiensuojelun tarpeen tunnistamiseen. (Hallanaro ym., 2017) Ei tarvitse mennä kauas historiaan, kun Suomessa johdettiin vielä puhdistamattomia jätevesiä suoraan vesistöihin. Nykyään pistekuormitukset esimerkiksi jätevesien osalta ovat paremmin hallinnassa, ja vesistöjen osalta huomio on kiinnittynyt valuma-alueilta tuleviin hajakuormituksiin esimerkiksi rehevöittävien ravinteiden osalta.

2.4.1 Vesistöjenkunnostuksen historia

Ennen viemäriverkostojen rakentamista, jätevedet ohjattiin ojiin yhdessä sadevesien kanssa. Asukkaat Suomessa olivat itse vastuussa jätevesistään ja jätteistään, ja monesti jätteet heitettiin vain pihojen nurkille. Vähitellen 1800–1900 lukujen vaihteessa vesien johtaminen muuttui kaupunkien keskitetyiksi viemärijärjestelmiksi. Jätevesistä tutut kadunvarret siistiytyivät ja kaupunkialueet raikastuivat. Jätevesiongelmia ei suinkaan kuitenkaan ratkaistu vaan niitä vain siirrettiin lähimpiin vesistöihin. Jätevesien johdon seurauksena haisevista rantavesistä tuli julkinen häpeäpilkku ja puheenaihe. Vesien pilaantumisesta huolestuttiin ja ensimmäiset jätevedenpuhdistamot valmistuivat 1910-luvulla. (Juuti, Katko & Rajala 2017)

Vuoteen 1962 tultaessa ja ennen vesilain voimaantuloa Suomen kaupunkeihin oli rakennettu 20 jätevedenpuhdistamo. Tämä tarkoitti, että suurin osa asutuksen ja teollisuuden jätevesistä päätyi vieläkin ilman käsittelyä suoraan vesistöihin. Vesilaki astui voimaan 1962 ja sen pohjalta kuntien tuli hakea lupaa laskea puhdistettuja jätevesiään purkuvesistöihin. Vesiensuojelu nosti myös päätään Suomessa näihin aikoihin 1960-luvulla yhdessä muiden länsimaiden tavoin, kun ympäristönsuojeluun herättiin. Vuonna 1974 Suomessa voimaan astui jätevesimaksulaki, joka nosti vesimaksut yli kaksinkertaisiksi. Tätä korotusta ei kuitenkaan siinä määrin vastustettu, koska ihmiset olivat nähneet omin jätevesien pilanleen vesistöjä. Seuraavien vuosikymmenien aikana koko maan kattava jätevesiverkosto rakennettiin ja samalla luotiin pohjaa vesiensuojelulle. Vuonna 2000 voimaan astui EU:n vesipolitiikan

puitedirektiivi (VPD 2000/60/EY), jonka seurauksena ruvettiin laatimaan vesienhoitosuunnitelmia tarkoituksena saada Suomen vesistöt hyvään tilaan. (Juuti, P & Juuti, R 2022; Suomen vesistösäätiö, 2024)

2.4.2 Vesistöjenkunnostuksen nykytila

Suomen vesienkunnostusta ohjaa nykyiselläänkin EU:n vesiputedirektiivin toimeenpano ja sen pohjalta laaditut vesienhoitosuunnitelmat (2022–2027). Ympäristöministeriö sekä Maa- ja Metsätalousministeriö linjaavat valtakunnallisen ohjauksen, mutta toimeenpanoa koordinoivat alueellisesti ELY-keskukset yhdessä kuntien ja muiden toimijoiden kanssa. Käytännön toteutus on Suomessa vahvasti hankevetoista. Kunnostuksia valmistellaan ja toteutetaan paikallisten osakaskuntien, yhdistysten ja kuntien yhteistyönä ELY-keskusten ohjauksessa. Valtakunnallinen Vesistökunnostusverkosto kokoaa toimijat ja jakaa käytännön ohjeistusta sekä rahoituspolkua. Vesienhoidon dokumentit korostavat, että alueelliset ja paikalliset hankkeet, kuten virtavesi- ja järvikunnostukset ovat vesienhoidon keskeisiä toimeenpanovälineitä. (Vesi.fi, 2025; Vaikuta vesiin, 2024)

Vesistönkunnostusmenetelmät valitaan tapauskohtaisesti. Vesistönkunnostustoimet voivat liittyä vesistökuormituksen hillintään, monimuotoisuuden lisäämiseen, ennallistamiseen tai kuten yleensä nykyään ne ovat monitavoitteisia ottaen huomioon useamman näkökulman tarpeet. Valuma-alueella toimia ovat kiintoaine- ja ravinnekuormituksen vähentäminen ja tehokkainta on puuttua juuri päästöjen alkulähteeseen. Itse vesistössä tapahtuvia kunnostustoimiakin on monenlaisia, puhutaan esimerkiksi ravintoketjukunnostuksista tai vesikasvien niitoista. Juuri valuma-aluelähtöinen vesistönkunnostus on nykyisin keskeisessä asemassa, sillä pysyvien parannusten saavuttaminen edellyttää ulkoisen kuormituksen hallintaa valuma-alueella. (VESITALOUS 4/2021; Vesi.fi, 2021)

2.4.3 Ilmastokestävä vesienhoito

Lisääntyvät kasvihuonekaasut vahvistavat kasvihuoneilmiötä ja muuttavat maapallon ilmastoa. Kasvihuonekaasujen tärkeimpien lähteiden tunnistaminen hyödyttää päästöjen hallitsemista. Makean veden lähteitä kuten järviä, jokia ja tekoaltaita pidetään merkittävänä kasvihuonekaasujen lähteenä, koska vesistöissä ja sedimenteissä on varastoituneena suuria määriä orgaanista ainesta. Rehevöityminen vaikuttaa nostamalla kasvihuonekaasujen päästöjä merkittävästi erityisesti metaanin (CH₄) ja dityppioksidin

(N₂O) osalta, fotosynteesin takia vesistöjen hiilidioksidi (CO₂) -päästöt eivät kasva metaanin tapaan. (Li ym., 2021)

Ilmastokestävä vesienhoito on olennainen osa Valtioneuvoston valuma-alueiden tiekarttaa 2030, jossa painotetaan vesienhoidon ja valuma-alue suunnittelun merkitystä ilmastonmuutokseen sopeutumisessa. Tavoitteena tiekartassa on edistää vesivarojen kestävää käyttöä, vähentää ilmastopäästöjä sekä lisätä monimuotoisuutta vesiympäristöissä. (Ahopelto ym., 2024)

Maankäyttösektorin suurimmat ilmastopäästöjen vähennystavoitteet keskittyvät suometsätalouden käytäntöihin, turvemaiden vesitalouteen ja vedenpinnan nostamiseen. Suometsien ilmastopäästöjä voidaan vähentää säätämällä maaperän vesitaloutta ja metsänhoitotoimin. Suosimalla peitteistä metsänkasvatusta voidaan vähentää vesistö- ja ilmastohaittoja aiheuttavaa ojien kaivamista ja ylläpitää riittävää kuivatustilaa metsässä. Nostamalla turvepeltojen pohjaveden korkeutta voidaan edistää vesiensuojelua, tulvienhallintaa ja luonnon monimuotoisuutta sekä samalla vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Huonosti tuottavista turvepelloista saadaan tehtyä kosteikkoalueita. Maanviljelyn keskeisiä ilmastotoimia ovat juuri turvemaiden pellonraivauksien lopettaminen ja kosteikkoviljelyt. (Ahopelto ym., 2024)

2.5 Valuma-alue lähtöinen vesistönkunnostusprosessi

Vesistönkunnostus on monivaiheinen prosessi, joka tähtää vesistöjen ekologisen tilan parantamiseen sekä ihmistoiminnan aiheuttamien haittojen vähentämiseen. Prosessi etenee tyypillisesti vaiheittain: kunnostustarpeen määrittämisestä kohteen kartoitukseen, toimenpiteiden suunnitteluun, toteutukseen sekä seurannan järjestämiseen (Vesi.fi 2025; Aroviita ym. 2019). Suunnittelussa keskeistä on kokonaisvaltainen valuma-alue lähtöisyys, koska suurin osa vesistöjen ongelmista johtuu ulkoisesta kuormituksesta (Rytönen ym., 2024).

Järvet, joet ja purot keräävät vetensä valuma-alueilta. Valuma-alueella tarkoitetaan aluetta, jolle satanut vesi päättyy tiettyyn vesistöön ja rajat valuma-alueille määräytyvät maaston korkeussuhteiden mukaan. Valuma-alue pitää sisällään kaikki maankäyttömuodot ja ympäristötyypit alueeltaan, metsien, soiden, vesialueiden, peltojen, kallioiden sekä rakennetun ympäristöjen osalta. (Vesi.fi 2025a) Vesien tilaan valuma-

alueella vaikuttavat sen ominaisuudet, huomioiden maankäytön, pinta- ja pohjavesivarat, pinnanmuodot sekä maaperän laadun. Vesi ja sen kulku valuma-alueen hydrologissa kytkee eri maankäyttömuodot alueella toisiinsa ja valuma-aluesuunnittelun tarkoituksena onkin yhteensovittaa eri tahojen ja maankäyttömuotojen intressit alueella. (Rytkönen ym., 2024)

Järvi heijastaa valuma-alueensa ominaisuuksia ja järvistä voidaankin puhua valuma-alueidensa peileinä. Vesistöjen tila on seurausta valuma-alueella tapahtuvista prosesseista ja maankäytöstä. Valuma-alueen geologia, maaperän ominaisuudet, soiden ja vesistöjen osuus, maankäyttömuodot sekä hydrologiset muutokset määrittävät, millaisia aineita vesi kuljettaa järveen ja miten nopeasti muutokset näkyvät vesistössä. Soiden runsaus ja toimenpiteet siellä tuottavat tummavetisiä ja humuspitoisia järviä, kun taas karut moreenialueet synnyttävät kirkasvetisiä ja vähäravinteisia vesistöjä. (Haakana 2018)

Valuma-aluesuunnittelu palvelee hyvin moninaisia tavoitteita ja se tarjoaa ratkaisuja esimerkiksi maa- ja metsätalouden sekä yhdyskuntien vesienhallintaan. Sillä vaikutetaan pinta- ja pohjavesien tilaan ja kalakantoihin sekä muuhun vesiympäristön monimuotoisuuteen. Isossa mittakaavassa voidaan puhua myös maankäyttösektorin ilmastopäästöjen hillitsemisestä. Valuma-alueelähtöisyyden ajattelulla voidaan suunnittelussa parantaa vaikuttavuutta ja olla kustannustehokkaampia, kun toimia saadaan keskitettyä merkittävälle alueelle. (Rytkönen et al, 2024)

Toimenpiteet vesien tilan parantamisesta, maankäytöstä, turvemaiden hoidosta sekä muuttuviin sää- ja vesiolosuhteisiin sopeutuminen linkittyvät vahvasti toisiinsa. Laajojen kokonaisuuksia tarkastelu yksittäisten kohteiden sijaan parantaa toimenpiteiden vaikuttavuutta monella tapaa. Esimerkiksi elinympäristökunnostusten osalta monimuotoisuuden säilyminen on olennaisesti liitoksissa elinympäristöjen kytkeytymiseen ja eri luontotyyppien vuorovaikutukseen. Yhtä lailla myös maa- ja metsätalouden vesihallinta edellyttää laajempaa kuin tila- tai lohkotason tarkastelua. (Rytkönen et al, 2024)

2.5.1 Kunnostustarpeen määrittäminen

Kunnostustarpeen arvioinnissa voidaan vesistön tilaa lähestyä monesta näkökulmasta. Voidaan esimerkiksi selvittää vesistön ekologinen tila ja siihen vaikuttavat kuormituslähteet. Tämä perustuu usein vedenlaatumittauksiin, biologisiin

indikaattoreihin sekä käyttäjien havaintoihin (Aroviita ym. 2019). Muun muassa ekologisen luokittelun menetelmät (VPD 2000/60/EY) tarjoavat yhtenäisen viitekehyksen kunnostustarpeen arviointiin. Lisäksi huomioidaan paikalliset tavoitteet, kuten virkistyskäytön edellytykset ja kalataloudelliset tarpeet. Kunnostustarve voi olla myös hyvin vahva ekologiselta tilaltaan hyvän ja erinomaisen tilan vesistöissäkin, jos huolena on tilaluokituksen heikentyminen tulevaisuudessa. Vesistökunnostushankkeen käynnistymisen taustalla on yleensä vesistössä havaittu ongelma, kuten virkistyskäyttöä haittaava runsas vesikasvillisuus, pohjan liettyminen, veden samentuminen tai ruskettuminen, veden heikko laatu, vesieliöiden liikkumista estävät rakenteet tai pinnankorkeuden vaihteluun liittyvät haasteet (ELY-keskus, 2025).

2.5.2 Kohteen kartoitus

Kun kunnostustarve on todettu, valuma-alueen ominaisuudet, kuormituslähteet ja vesiekosysteemin tila kartoitetaan tarkemmin. Kartoitus sisältää sekä maastohavainnot että mallinnukseen perustuvat arvioinnit. Esimerkiksi vedenlaatutiedot, maaperän ominaisuudet, ojitusaste, uomien morfologia ja valumavedet vaikuttavat siihen, minkälaiset kunnostustoimet ovat tarkoituksenmukaisia (Tattari ym. 2015; Finer ym. 2020). Kohteiden kartoituksena paikallisten havainnot ja tiedot omista lähialueistaan ovat äärimmäisen tärkeitä. Alueilta kerätty vedenlaatu- ja muu paikkatietoaineisto eivät sisällä kaikkea tärkeää tietoa kohteiden kartoitusvaiheessa. Tässä vaiheessa valuma-aluelähtöisessä työssä korostuu paikallistiedon merkitys ja yhteisön aktiivisuus sen esille tuomisessa.

2.5.3 Suunnitelman laatiminen

Suunnitteluvaiheessa määritellään soveltuvat toimenpiteet, joilla paikannettujen ongelmakohtien kuormituksiin voidaan puuttua. Suunnitelmat laaditaan usein yhteistyössä alueen sidosryhmien, kuten maanomistajien ja osakaskuntien kanssa, jotta toimenpiteet voidaan toteuttaa käytännössä. Toimenpiteet voivat olla valuma-alueelle sijoittuvia kuormituksen vähentämistoimia, kuten kosteikkojen perustamista, kaksitasouomia, laskeutusaltaita tai peltöjen kasvipeitteisyyden lisäämistä (Joensuu ym. 2019; MTK:n ja SLC:n vesiohjelma 2020) Suunnitelmissa tulee huomioida myös ilmastonmuutoksen tuomat muutokset hydrologiaan ja kuormitukseen (Ahopelto ym. 2024).

2.5.4 Toteutus ja seuranta

Suunnitelmien toteutus järjestään usein hankkeiden muodossa hankesuunnitelmien ja lupien mukaisesti. Toteutuksessa keskeistä on käytännön kustannustehokkuus sekä maanomistajien sitouttaminen. Toteutettujen toimien vaikutuksia arvioidaan pitkäjänteisen seurannan avulla, joka kattaa sekä vedenlaadun, biologiset indikaattorit että rakenteiden toimivuuden. Seuranta mahdollistaa toimien vaikuttavuuden arvioinnin ja antaa tietoa mahdollisista lisätoimien tarpeesta. Seurantatieto on myös keskeistä kansallisen ja EU-tason raportoinnin kannalta. Hankkeet kattavat yleensä suunnittelun ja rakenteiden toteuttamisvaiheet, mutta kohdennettuja seurantahankkeita on harvemmin. Tämä tarkoittaa sitä, että seuranta on toistaiseksi pääosin laajemman kokoluokan kansallista seurantaa. (VPD 2000/60/EY; ELY-keskus, 2025; Koljonen ym.2020).

2.6 Valuma-alueen vesistönkunnostustoimet

Valuma-alueen vesistönkunnostustoimista parhaita ovat ennaltaehkäisevät toimet valuma-alueen maankäytössä, jotka ehkäisevät kuormituksen muodostumista jo sen alkuvaiheessa. Nykylähestymistapa perustuukin ennaltaehkäisevään maankäyttöön, jossa suunnittelulla ja käytännön toimilla pyritään rajoittamaan kuormituksen syntyä ennen kuin se pääsee kulkeutumaan vesistöihin. Toimia maankäyttösektorilla tulisi huomioida aina kaikissa toimissa valuma-alueella, kuten maa- ja metsätaloudessa, ojituksissa sekä rakentamisessa. Maataloudessa tulisi huomioida peltojen ravinnetasapaino ja kylvöjen ajankohta, jotta ravinnehuuhtoutumia tulisi mahdollisimman vähän (Tattari ym., 2015). Metsätaloudessa keinona on esimerkiksi jättää riittävät suojakaistat hakkuiden ja vesistöjen välille. Avohakkuiden tiedetään lisäävän maaperän eroosiota ja kasvattavat esimerkiksi liuenneen orgaanisen hiilen kuormitusta vesistöihin (Nieminen ym., 2017).

Vesistönkunnostustoimia voidaan tehdä myös järvikohtaisesti esimerkiksi hoitokalastuksella tai vesikasvillisuutta niittämällä. Hoitokalastuksessa ideana on kunnostaa järven ravintoverkkoa poistamalla ravinteita ja biomassaa lähinnä särkikalojen, kuten pienien lahnojen ja särkien muodossa (Søndergaard ym., 2007). Vesikasvillisuuden niitolla voidaan puolestaan parantaa veden virtausta ja samalla biomassan poisto voi lyhytaikaisesti vähentää ravinnekuormitusta (Kuiper ym., 2017). Nämä kunnostustoimet eivät ole varsinaisia valuma-alueen kunnostustoimia, kun ongelmia yritetään parantaa järven sisäisesti. Niillä on kuitenkin myös epäsuoria

vaikutuksia alapuolisten vesistöjen tilaan, veden virratessa edelleen valuma-alueen läpi. Tässä työssä tarkastellaan kuitenkin tarkemmin itse valuma-alueilla tapahtuvia toimia, joiden vesistönkunnostusratkaisuja ja -rakenteita on kuvattu myöhemmin tässä työn luvussa.

2.6.1 Kosteikko

Kosteikot toimivat monimuotoisina vedensuodattimina ja niitä rakennetaan maa- ja metsätalousmaille. Kosteikkojen tarkoituksena on hidastaa veden virtausnopeutta ja pidättää täten kiintoainetta ja ravinteita. Veden puhdistuksen ja kosteikkoluonnon elvyttämisen lisäksi isoimmilla turvepelloille muodostetuilla kosteikoilla tavoitellaan myös ilmastohyötyjä. Samalla se lisää luonnon monimuotoisuutta, kuten myös alueen riistanhoidollista arvoa. Kosteikko muodostuu kaivamalla tai patoamalla avovesipintainen vesiensuojelurakenne ja sen kustannus muodostuu alle jäävän maan tuottoarvosta, sekä toteutettavien rakenteiden kustannuksista. Maa- ja metsätalouden aiheuttama vesistökuormitus on tunnistettu ongelma, johon kosteikoilla haetaan ratkaisua. (Joensuu ym. 2019; Loimu 2025)

Vesiensuojelullisesti toimiva kosteikko on riittävän suuri ja ruohovartisen kasvillisuuden peittämä alue, josta löytyy erisyvyisiä vesipintoja. Vesiensuojelukosteikon pinta-alan laskennallinen suositus on <1% sen yläpuolisesta valuma-alueesta. Veden viivytyksellä on tärkeä merkitys ja monesti kosteikoilla vettä ohjaillaan kosteikon pinnanmuodoilla hitaasti siten, että se virtaa vähitellen kosteikon osista toiseen. Riittävän viipymän aikana veden mukana kulkevalla kiintoaineella ja ravinteilla on aikaa laskeutua kosteikon pohjalle. Kosteikolla oleva kasvillisuus ottaa myös osan ravinteista itselleen ja samalla mahdollisesti kosteikkoon lisätty puuainees, muodostaa pinnoilleen leväkasvustoa, joka johtaa yhtä lailla biofilmin ravintosiippaukseen. (Loimu 2025)

2.6.2 Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskentissä ideana on johtaa vettä pintavalutuskenttänä toimivalle suolle tai kivennäismaa-alueelle, jossa vesi pääsee suodattumaan maan pintakerrosten läpi sekä pintakasvillisuuden sekaan. Tavoitteena on kiintoaineen ja ravinteiden pidättäminen, kustannuksen muodostuessa käytetyn maapohjan arvon alenemasta. (Joensuu ym., 2019)

Veden johtaminen suolle toimii myös pintavalutuskentän tapaisena vesiensuojeluratkaisuna, sillä erotuksella, että vesiensuojelun lisäksi tavoitteena on kuivuneen suon luontoarvojen palauttaminen. Vettä voidaan johtaa kuivuneelle suolle valuma-alueelta, joka on suurempi kuin kuivuneen suon luontainen valuma-alue. Vesiensuojeluratkaisuna voidaan käyttää myös vedenpalautusta suolle, joka eroaa veden johtamisesta suolle vielä siten, että siinä suolle johdetussa vesimäärässä pyritään palauttamaan luontainen vesimäärä, jota suolle on virrannut ennen ojituksia. (Joensuu ym., 2019)

Metsätaloudessa vesistöjen suojakaistat toimivat pintavalutuskenttinä. Ideana on, että vesistöjen ja lähteiden varteen kiintoaine- ja ravinnekuormitusta pysäyttävä suojakaista. Suojakaistalla kasvillisuuden kerroksellisuus ja kaistalla ei tehdä maanmuokkauksia, lannoitusta, kantojen korjuuta eikä kemiallista torjuntaa kasvinsuojeluaineilla, puiden poimintahakkuut kuitenkin sallitaan. Lainsäädäntö ei tällä hetkellä Suomessa edellytä vesistöjen suojakaistojen säilyttämistä muuta kuin määritellyillä pienvesien erityisen tärkeillä elinympäristöillä, kuten lammilla, noroilla ja lähteillä välittömine lähiympäristöineen. Tämän takia vesistöjen varsinaiset suojakaistat perustuvat pääosin vapaaehtoiseihin metsänhoitosuosituksiin ja metsien sertifiointijärjestelmien, kuten PEFC:n ja FSC:n vaatimuksiin. PEFC-sertifikaatissa vesistöjen suojakaista on sisällöltään hyvin samankaltainen avosoiden suojakaistan kanssa ja suojakaistan tulee olla maaston muoto ja rannan kasvillisuus huomioon ottaen vähintään 5–10 metriä. (TAPIO 2023)

2.6.3 Eroosiosuojaus

Eroosiosuojauksen keskeisenä tavoitteena on estää maaperän kulumisen veden, tuulen ja muiden ulkoisten voimien vaikutuksesta. Suojaustoimenpiteillä pyritään ehkäisemään sedimentin irtoamista ja kulkeutumista vesistöihin, mikä vähentää maaperän hedelmällisyyttä ja aiheuttaa eroosiota. Eroosiosuojaus on erityisen tärkeää maa- ja vesirakentamisessa, jossa sen avulla voidaan ehkäistä haitallisia vaikutuksia sekä luonnonympäristöön että infrastruktuuriin. (Näreaho ym., 2006)

Ojan muoto ja kaltevuus vaikuttavat ratkaisevasti siihen, kuinka tehokkaasti vesi kulkee ojassa aiheuttaen eroosiota. Ojien sivuluiskien ollessa kaltevuudeltaan matalia, esimerkiksi 1:2 tai 1:3 voidaan eroosioriskiä pienentää veden virtausnopeuden ja maanvyörisen pienentyessä, suhteessa U tai V-muotoisiin ojiin. Ojamuotojen lisäksi virtausnopeuden hallintaan voidaan käyttää myös pohjakynnyksiä ja virtausesteitä.

Pohjakynnykset voidaan rakentaa kivistä, sorasta tai puusta ja niiden avulla nostetaan uoman vedenkorkeutta ja hidastetaan sen virtausnopeutta, siten se toimii kiintoaineen pidättäjänä ja eroosion vähentäjänä. (Keto 2022)

Varsinaisessa eroosiosuojauksessa pyritään käyttämään luonnonmukaisia, kestäviä ratkaisijoita, jotka minimoivat ympäristövaikutuksia. Uoman rantojen peittäminen moreeni- ja kiviaineksella on todettu tehokkaaksi eroosiosuojaksi. Luiskattu kiviverhous on Suomessa yleisimpiä eroosiosuojauksia. Asennetut kivet tai murskeen tulee olla raekooltaan sellaista, ettei virtaama saa niitä liikkeelle ja kivien alle on hyvä asentaa suodatinkangas estämään hienon maa-aineksen liikkuminen kiviverhouksen raoista. Oikeanlaista rantakasvillisuutta suosimalla voidaan eroosiota myös torjua varsin tehokkaasti. Samoin mahdollisuutena rinne-eroosion ehkäisyssä on käyttää myös geotekstiilejä, joiden luonnonkuidut hajoavat luontoon noin 2–5 vuodessa, ja jonka aikana rinteen kasvillisuus ehtii juurtua. (Keto 2022)

2.6.4 Kelluva kosteikko

Kelluvat kosteikot ovat kosteikkolauttoja, jotka kelluvat lammessa, järvessä tai hitaasti virtaavassa vesiväylässä (Kuva 7). Kelluva kosteikko koostuu vesikasveista, kuten kosteikoilla esiintyvistä ruohoista, saroista tai kaisloista, jotka kasvavat vesiväylässä kelluvalla keinotekoisella matolla. Kosteikkokasvien juurien on saatava tarvitsemansa ravinteet vedestä ja ne imevät kasvaessaan vedestä juuri esimerkiksi typpeä ja fosforia. Elinympäristön biologinen monimuotoisuus myös paranee vesikasvien, niiden juurien ja lisääntyneen varjostuksen ansiosta. (Livingwater.net.nz, 2015)



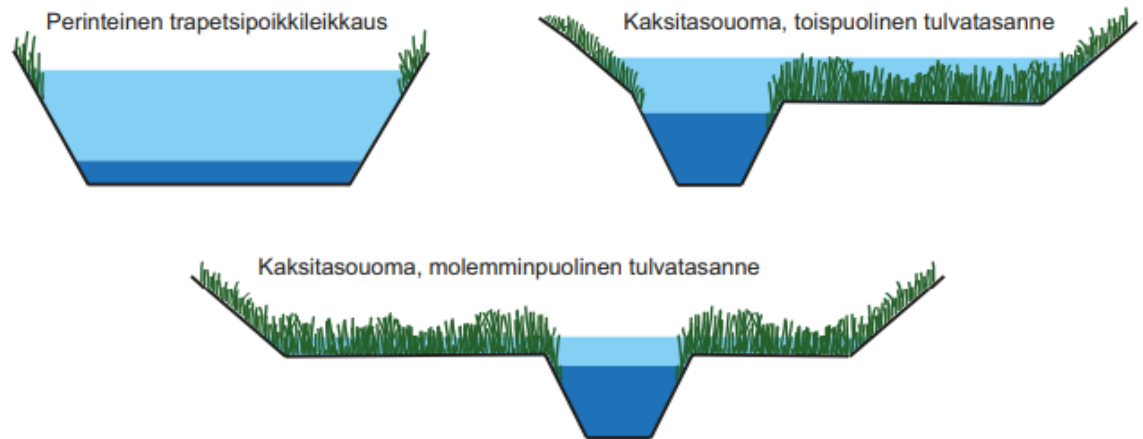
Kuva 7. Kuvassa kelluva kosteikko, joka koostuu vesikasveista kelluvalla keinotekoisella matolla. (Livingwater.net.nz, 2015)

2.6.5 Kaivu- ja perkauskatko

Kaivu- ja perkauskatkoilla pyritään virtausnopeuden hidastamiseen ja pohjakulkeutumana liikkuvan karkean kiintoaineen pidättämiseen kaivuuajana. Nämä katkot toimivat muun muassa ojien kunnostuksissa vesiensuojelun rakenteina. (Joensuu ym., 2019)

2.6.6 Kaksitasouoma

Kaksitasouomalla tarkoitetaan pääuomasta ja tulvatasanteesta koostuvaa uomaa, jolla kuivatus- ja ympäristönäkökulmat voidaan yhteensovittaa. Ideana on, että pienempienkin virtaamien aikana alivesiuomassa eli pääuomassa säilyy kohtuullinen vesisyvyys, kun tulvatilanteissa vesi voi hallitusti nousta tulvatasanteille (Kuva 2; Kuva3). Tarkoituksena on, että tulvatasanteen kasvillisuuden ja kaksitasouoman geometrian säätelyllä voidaan vaikuttaa hienojakoisen sedimentin kulkeutumiseen sekä kasautumiseen. Sopiva kasvillisuus kaksitasouoman tulvatasanteella voi parantaa vedenlaatua erityisesti alentamalla sedimentin pitoisuushuippuja ylivirtaamien aikana ja sitomalla ravinteita sekä toimien eroosiosuojana. (Västilä & Järvelä 2015; LUVY 2025)



Kuva 2. Kuvassa kaksitasouoman erilaiset poikkileikkauskuvat, jossa alla kaksitasouoma molemminpuolisella tulvatasanteella. (Västilä & Järvelä 2015)



Kuva 3. Kuvassa kaksitasouoma luonnonympäristössä. (MTK, 2025)

2.6.7 Puupuhdistamo

Niin sanotuissa puupuhdistamoissa ideana on, että metsätalouden puroihin, ojiin (Kuva 4) tai laskeutusaltaisiin lasketaan puuainesta esimerkiksi puunrankanippujen muodossa. Nämä pidättävät kiintoainetta ja ravinteita, vähentävät eroosiota sekä tarjoavat uusia suojapaikkoja vesieliöstölle, jolloin myös monimuotoisuushyödyt ovat ilmeiset.

Havupuut ovat selvästi parhaat puunrankanippujen toteutukseen. Myös koivujen pinnalle muodostuu päällyskasvustoa, mutta selvästi havupuita vähemmän. (Vuori ym., 2021)



Kuva 4. Puunrankaniput asennettuna Saimaan Vehtataipaleen ojakohteessa. (Vuori ym., 2021)

2.6.8 Laskeutusallas

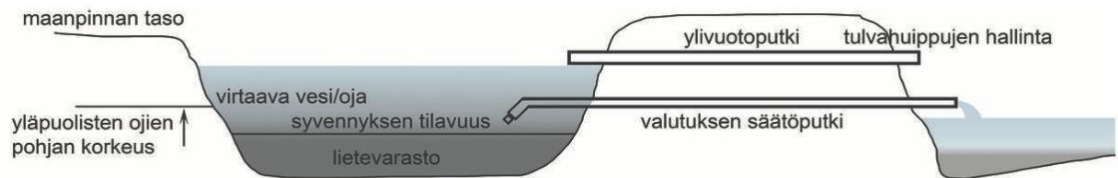
Laskeutusaltaissa tavoitteena on veden virtausnopeuden hidastaminen ja, että vesi seisautuu altaaseen ennen kuin jatkaa matkaansa, jolloin karkea kiintoaines laskeutuu altaan pohjalle. Laskeutusaltaissa tulee huomioida, että se soveltuu keskikarkeiden ja karkeiden maalajien alueille, koska on mahdollista, että hiesu, humus ja liuenneet ravinteet kulkevat veden mukana altaan ylitse. (Joensuu ym., 2019)

2.6.9 Putkipato, V-pato, pohjapato, settipato, munkkipato

Vesiensuojelussa on käytössä monenlaisia eri patorakenteita. Patorakenteet hidastavat esimerkiksi ojitusalueilta tulevaa veden virtausta ja pidättävät kuormitusta syntypaikalleen. Ne vähentävät myös uomien eroosiota erityisesti alavirrassa pienentämällä virtaamahuippuja. (Joensuu ym., 2019)

Putkipato (Kuva 5) on tehokas vesiensuojelurakenne, joka hidastaa virtaamaa ja varastoi vettä padon yläpuolelle ylivirtaamien aikana. Se vähentää uomaeroosiota ja pidättää kiintoainetta erityisesti ojitusalueilla, joilla esiintyy virtaamapiikkejä. Rakenne koostuu

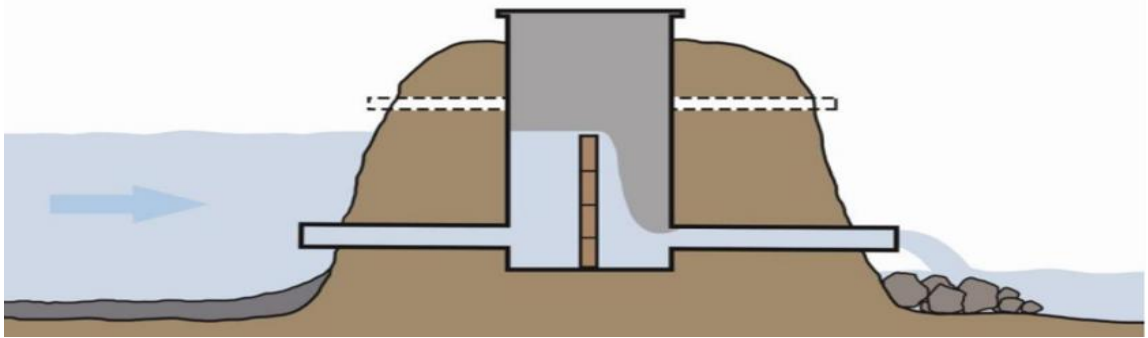
alaputkesta ja ylivuotoputkesta tai -uomasta. Putkipato sopii kohteisiin, joissa ojien kaltevuus on loiva ja padon yläpuolelle saadaan riittävästi vesitilaa. Rakentamisessa hyödynnetään paikallista maa-ainesta, ja padon toimivuus varmistetaan huolellisella suunnittelulla ja mitoituksella. (Joensuu ym., 2019)



Kuva 5. Kuvassa putkipadon toimintaperiaate. (Joensuu ym., 2019)

V-pato on nimensä mukaisesti ikään kuin V-kirjaimen muotoinen, ja se voidaan tehdä esimerkiksi vanerista. V-aukkoinen levy kaivetaan maan sisään ja se voidaan tukea esimerkiksi kivillä. Maa tulee tiivistää hyvin rakentamisen yhteydessä, jottei vesi alkaisi kiertää vaneria sivuilta tai sen alta sekä varmistamaan padon kestävyys myös tulvavirtaamien aikana. Myös pohjapadoilla hidastetaan myös vedenvirtausta. Ne ovat ojien pohjille kivistä, puusta tai muusta materiaalista tehtyjä patorakenteita. Pohjapadot on monesti myös maisemallisesti hienoja elementtejä ja niillä saadaan pysäytettyä esimerkiksi karkeaa kiintoainetta, joka liikkuu pohjakulkeumana. Veden virtausnopeuden hidastamisella on pohjapadoissa paljon hyötyä myös ojien eroosion kannalta ja suurin hyöty saadaan jos rakenteita saadaan toteutettua useita, jolloin voidaan puhua pohjapatosarjasta. (Joensuu ym., 2019)

Settipadon ideana on veden korkeuden säätö. Se on yleensä metallista valmistettu kehikko rummun yhteydessä siten, että kehikkoon voidaan asettaa lankkuja veden virtaussuuntaan nähden poikittain, pysäyttämään veden virtausta. Munkkipadon (Kuva 6) ideana on yhtä lailla settipadon tapaan vedenkorkeuden säätö. Se perustetaan yleensä patopenkereeseen säätökaivoksi, johon vesi tulee putkella. Säätökaivo eli munkki on voi olla esimerkiksi kaivonrenkaasta tehty ja sieltä vesi ohjataan lähtöojan tasoon asennettua putkea pitkin. Vedenkorkeutta munkissa säädellään levyn avulla mekaanisesti ja tulvien varalle patopenkereeseen kannattaa rakentaa tulvaputket. (Joensuu ym., 2019)



Kuva 6. Kuvassa munkkipato, jolla voidaan säätää vedenpinnan korkeutta. (Joensuu ym., 2019)

2.6.10 Suon ennallistaminen

Kun suo ennallistetaan, tavoitteena on palauttaa ojituksen heikentämä suoekosysteemi mahdollisimman lähelle sen alkuperäistä tilaa. Käytännössä tämä tarkoittaa esimerkiksi ojien tukkimista ja puuston poistoa, jotta vedenpinta pääsee kohoamaan, suon luontainen lajisto palaa ja turpeen muodostuminen sekä hiilen sitominen voivat jälleen jatkua. Suot toimivat monimuotoisen elämän ylläpitäjinä, vedenpuhdistajina, hiilipankkeina ja tulvien tasaajina, niiden ennallistaminen onkin konkreettinen toimi kohti parempaa vesitaloutta. (Suomen Luonnonsuojeluliitto 2024)

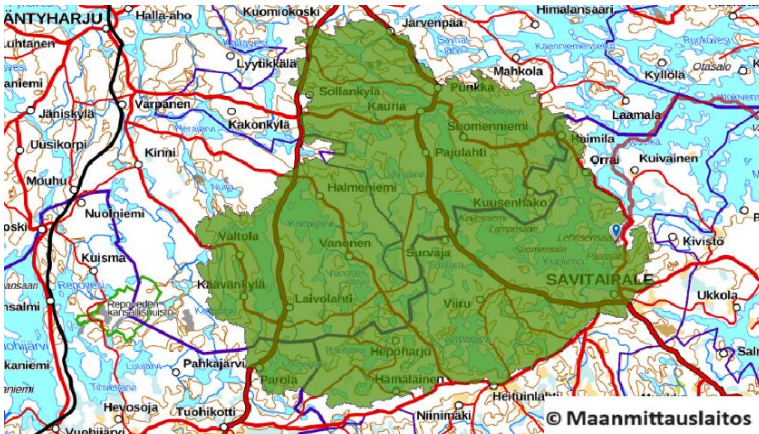
Suo toimii luonnon omana suodattimena, joka kerää vesissä kulkeutuvia ravinteita ja kiintoainetta ja hyödyntää niitä esimerkiksi sammalten kasvussa. Näin nämä aineet eivät siis pääse kuormittamaan ja rehevöittämään vesistöjä. Kun soiden vesitasoa lasketaan eli suota kuivatetaan ojittamalla niin esimerkiksi liukoisen orgaanisen hiilen DOC:n konsentraatiot nousevat merkittävästi valumissa ja maaperän huokosvesissä. Veden pinnan nostolla voidaan ehkäistä tätä DOC:n valumien osuutta. Erityisesti rehevien soiden ennallistaminen saattaa kuitenkin aluksi aiheuttaa haitallisia vaikutuksia vesiin, joten nämä riskit otetaan tarkasti huomioon toimenpiteitä suunniteltaessa. Toisin kuin ojitus, joka usein vaatii toistuvia huoltotoimia, ennallistaminen tehdään tavallisesti vain kerran. (Strack ym., 2008; Suomen Luonnonsuojeluliitto 2024)

3 KIESILÄNJOEN VALUMA-ALUEEN KUNNOSTUKSEN SUUNNITTELUHANKE

Saimaan Vesiensuojeluyhdistys käynnisti toukokuussa 2024 Kiesilänjoen valuma-alueen kunnostuksen suunnitteluhankkeen, joka jatkuu marraskuuhun 2025. Hankkeen taustalla oli valuma-alueen sekä Kuolimon heikentyvä vesistökehitys ympäristöhallinnon- sekä kansalaishavaintojen perusteella. Veden kemiallinen hapenkulutus ja väri ovat esimerkiksi lisääntyneet vesistössä, joka viittaa vahvasti suo- ja metsäojituksiin (Ahola 2018). Humuksen ja värin nopea lisääntyminen vesistössä heikentää myös alkuperäisten vesieliöiden populaatiota sekä virkistyskäyttöä. Ekologisesti erinomaisessa kunnossa olevan Kuolimon näkösyvyys on heikentynyt, ja vesi tummunut. Käydään tässä osiossa läpi hankealue, hankkeen tavoitteet ja toimenpiteet.

3.1 Kuolimo

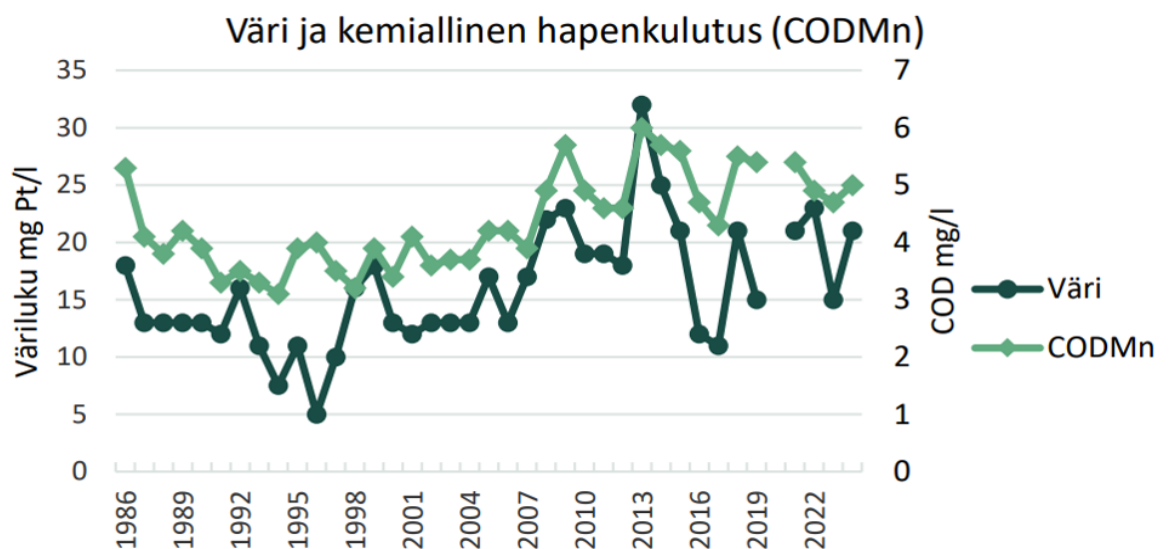
Kuolimo on iso ja karu järvi Mikkelin ja Savitaipaleen kuntien alueella kuuluen Vuoksen päävesistöön. Kuolimo luokitellaan suureksi vähähumuksiseksi järveksi ja sen pinta-ala on 79 km², keskisyvyyden ollessa 9,8 metriä. Järven valuma-alueen pinta-ala on puolestaan 863 km². (Kuva 8; Suomen Ympäristökeskus 2025) Poikkeuksellisen karuna ja suurena järvenä Kuolimo kuuluu Natura 2000-verkostoon. Kirkkaan vetensä sekä pitkän viipymän takia järvi on kuitenkin herkkä rehevöitymiselle ja muutoksille. (Ympäristöministeriö 2018) Kuolimon vedet laskevat Saimaaseen Savitaipaleella sijaitsevien Partakosken ja Kärnäkosken kautta.



Kuva 8. Kuvassa Kuolimon valuma-alue, jonka pinta-ala on 86 000 hehtaaria. (Scalgo Live 2025)

Kuolimo on myös viimeisiä Saimaan nieriän elinalueita ja laji onkin luokiteltu äärimmäisen uhanalaiseksi sen ollessa saimaannorppaakin uhanalaisempi laji. Nieriää on esiintynyt Saimaan vesistöissä viime jääkaudesta asti eli noin kymmenen tuhannen vuoden ajan. Vuosien saatossa nieriä katosi kuitenkin suuresta osasta Saimaan vesistöä ja siitä tuli uhanalainen. Saimaan nieriä viihtyy kylmässä ja happipitoisessa järvivesissä. Toisin kuin useimmat lohikalat, se kutee järvessä eikä virtavesissä. Lajin taantumista on selitetty muun muassa liiallisella kalastuksella sekä vesistön rehevöitymisen ja siitä seuranneen happipitoisuuden heikkenemisellä. (WWF Suomi, 2024; WWF Suomi, 2019)

Paikalliset ihmiset Kuolimon alueella ovat kertoneet olevansa huolissaan Kuolimon heikkenevästä suunnasta ja ovat kertoneet havaintojaan esimerkiksi limoittuvista kalastuspyydyksistään ja veden tummumisesta. Vedenlaadun pitkäaikaisseurannassa tämä näkyy esimerkiksi veden värin ja kemiallisen hapenkulutuksen (CODMn) pitoisuuksien nousevassa trendissä Kuolimon Isoselän näytepisteellä (kuva 9).



Kuva 9. Kuolimon Isoselän veden väriluku ja kemiallinen hapenkulutus (CODMn) vuosina 1986–2024. (SKYT 2025)

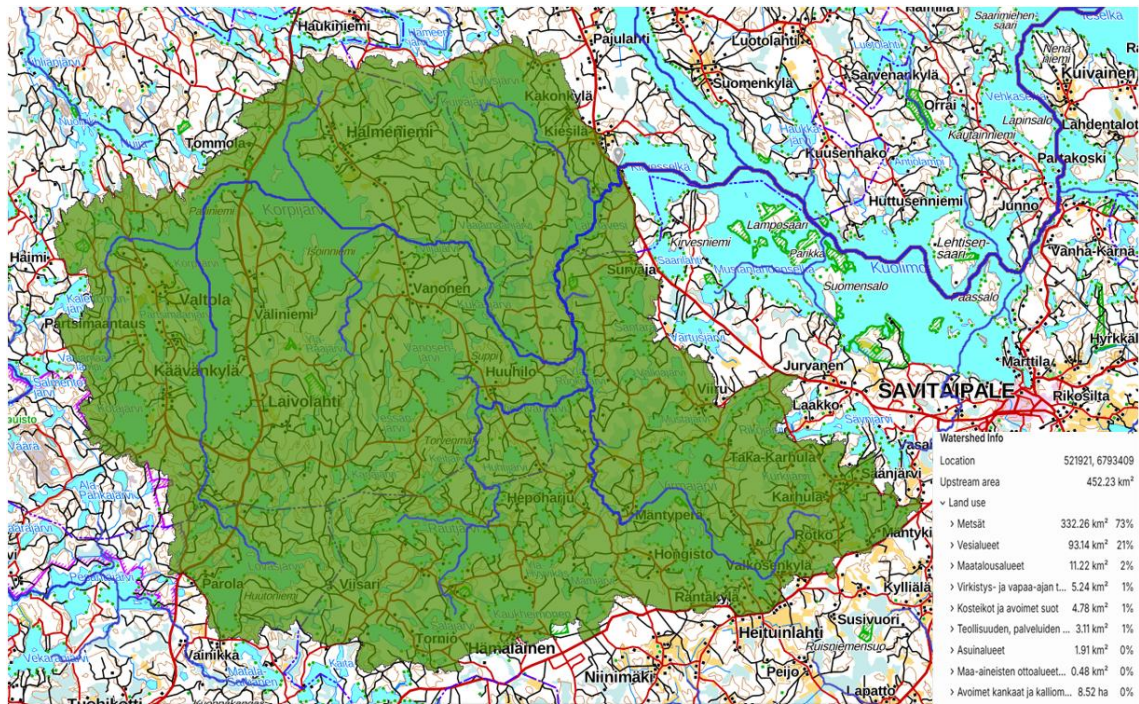
Kuolimo on yksi Suomen puhtaimpia ja kirkkaimpia vesistöjä, mutta sen vedenlaatu on siis vaarassa muuttua. Sen vedenlaatu on heikentynyt 2000-luvulla, ja muutokset näkyvät selvimmin edellä mainittujen veden värin ja CODMn lisäksi veden sameuden ja humuspitoisuuksien muutoksina. Kuolimon pääasiallinen kuormitus on hajakuormitusta metsätaloudesta ja luonnonhuuhtoumasta. Osansa kuormituksessa on myös

maataloudella ja asutuksella. Pistekuormituksen osuus on kuitenkin vähäisempi. (Ahola 2018) Kuolimon Isoselän näytepisteillä, jotka kuuluvat järven pitkäaikaistarkasteluun kokonaistypen ja -fosforin arvot eivät ole kuitenkaan kehityssuunnaltaan kasvussa. Poislukien vuodet 2005-2012, jolloin kokonaistypen pitoisuudet kasvoivat ja nousivat hetkellisesti lievästi rehevälle vedelle ominaiselle tasolle ($>400 \mu\text{g/l}$). (SKYT 2025)

Kuolimon valuma-alue jakautuu eri osavaluma-alueisiin. Kolmannen jakovaiheen tarkkailussa alue jakautuu 8 osavaluma-alueeksi. Näistä seuraavat kolme eli 04.141 Kuolimon lähialue, 04.148 Ryöpänjoen valuma-alue ja 04.145 Uuhijoen valuma-alue ovat Kiesilänjoen valuma-alueen ulkopuolisia, loput viisi kolmannen jakovaiheen osavaluma-alueita kuuluvat Kiesilänjoen valuma-alueeseen. (Hertta 2025) Osavaluma-alueet kukin kuormittavat Kuolimoa, mutta kuormituksen laatu ja suuruus riippuvat osavaluma-alueen maaperästä ja maankäytöstä. Suurimpana valuma-alueena Kiesilänjoen tuoma kuormitus on merkittävin Kuolimolle. Kiesilänjoen tuomat kuormitukset valuma-alueelta on havaittu jo vuosikymmeniä sitten esimerkiksi sedimenttitarkkailuissa (Saukkonen 1997).

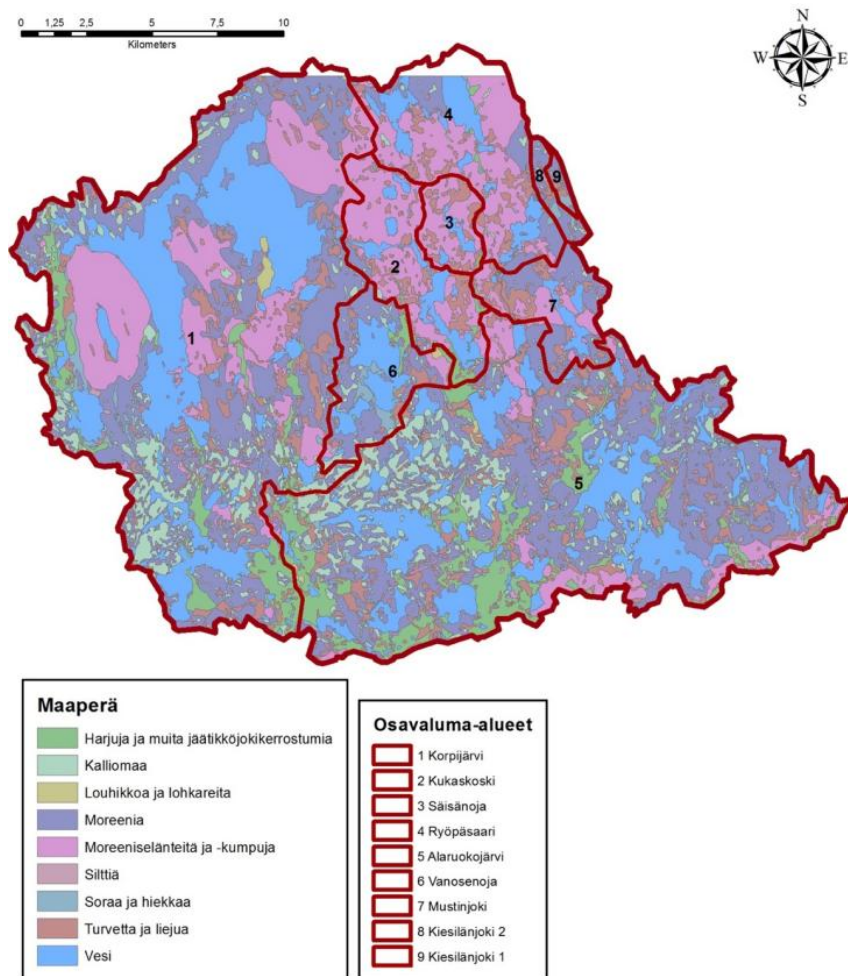
3.2 Kiesilänjoen valuma-alue

Kiesilänjoen valuma-alue ulottuu Mikkelin, Savitaipaleen ja Mäntyharjun kuntien alueelle Kaakkois-Suomessa sijoittuen Etelä-Karjalan, Etelä-Savon ja Kymenlaakson maakuntien liitoskohtaan. Hankealue sijoittuu tälle valuma-alueelle, jonka pinta-ala on 452 km^2 ja se on täten yli puolet koko Kuolimon valuma-alueesta. Kiesilänjoen valuma-alue on hyvin metsävaltainen ja metsätalousalueet kattavatkin 73 % (332 km^2) valuma-alueen pinta-alasta. Vesialueiden osuuden ollessa 21% (93 km^2) ja maatalousalueiden osuuden puolestaan 2% (11 km^2) (Kuva 10). Kiesilänjoen valuma-alueen kuormitus on suurin Kuolimon valuma-alueista, katsottaessa vesistömallinnusohjelma VEMALA:n tuloksia esimerkiksi kokonaistyyppi- ja fosforikuormituksen osalta (Ahola 2018). Valuma-alueita kuormittavat pääosin metsien ja soiden ojitukset sekä muu hajakuormitus.



Kuva 10. Kuvassa Kiesilänjoen valuma-alue, jonka pinta-ala on 45 000 hehtaaria ja siten yli puolet koko Kuolimon valuma-alueesta sekä alueen maankäyttömuodot. (ScalgoLive 2025)

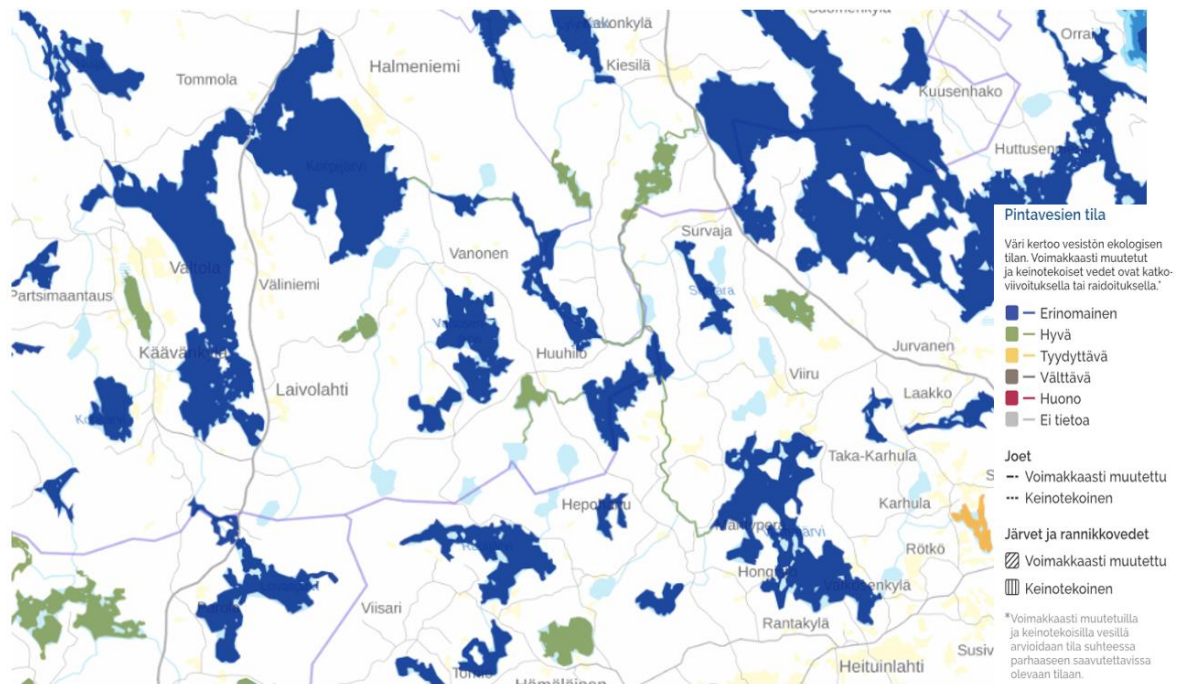
Kiesilänjoen suuri valuma-alue itsessään jakautuu vielä useisiin osavaluma-alueisiin, joista isoimmat Korpijärven ja Alaruokojärven valuma-alueet. Alueen maaperä on pääosin sora- ja hiekkamoreenia. Lisäksi valuma-alueella on jonkin verran turvekerrostumia, harjuja ja kalliomaata. Turvealueita löytyy kauttaaltaan valuma-alueelta, mutta suurimmat esiintymät niissä on Lahnaveden ja Kukasjärven välillä, Korpijärven eteläpuolella sekä Virmajoen ja Valkiajärven välisellä alueella (Kuva 11).



Kuva 11. Kiesilänjoen osavaluma-alueet ja niiden maaperä. (Simpura 2017)

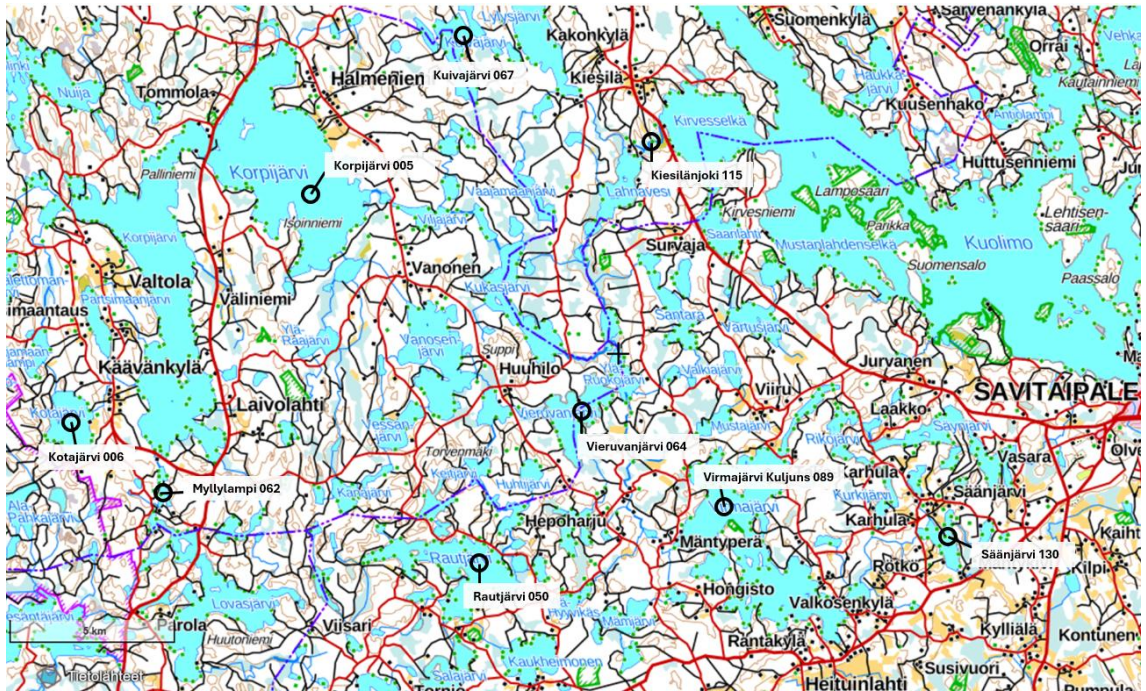
3.2.1 Aikaisemmat vedenlaatumittaukset valuma-alueella

Kiesilänjoen valuma-alueelta ja Kuolimolta on saatavilla vedenlaatumittauksia useamman vuosikymmenen takaa. Pintavesien ekologisen tilan luokittelun mukaan valuma-alueen ja Kuolimon vedet ovat pääasiassa tilaluokitukseltaan erinomaisessa tilassa (Kuva 12). Tämä korostaa sitä, että tämän valuma-aluehankkeen lähtökohta on erilainen, kuin joissain todella rehevöityneiden valuma-alueiden tapauksissa. Lähtökohtana tällä alueella on ylläpitää erinomainen tila vesistöissä ja huolta aiheuttavat nyt viimeaikaiset merkit heikentyvästä kehityksestä. Kaikki valuma-alueen vedet eivät suinkaan ole erinomaisessa tilaluokituksessa sillä hyvään tilaan kuuluvia pienempiä järviä valuma-alueella on myös useita, kuten Lahnavesi, Kaukheimonen, Vaajamaanjärvi, Ylä-Raajärvi sekä Partsimaanjärvi. Valuma-alueen luokittelussa mukana olevista vesistä Säänjärvi on ainoa, jossa tilaluokitus on hyvää huonompi ollen tyydyttävä. Täytyy muistaa, että luokittelussa ei ole mukana valuma-alueen useat pienemmät järvet.

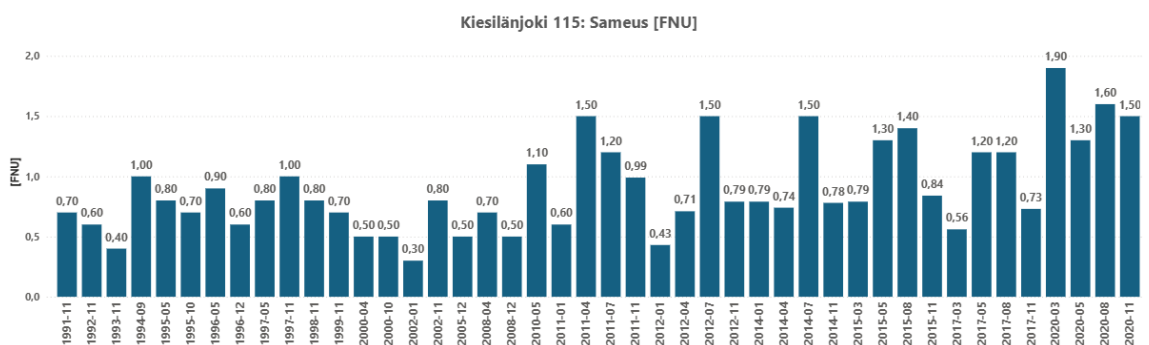


Kuva 12. Kuolimon ja Kiesilänjoen valuma-alueen pintavesien ekologisen tilan luokitus, jossa sininen väri kuvaa erinomaista, vihreä hyvää ja keltainen tyydyttävää tilaa. (Vesi.fi, 2024)

SYKE ylläpitää Ympäristötiedon hallintajärjestelmä Herttaa, josta löytyy tietoa pintavesien tilasta ja vedenlaadusta. Hertan tietoja tarkastelemalla voidaan tarkastella pitkän aikavälin trendejä valuma-alueen vedenlaadun osalta. (Hertta 2025) Valuma-alueen vedenlaatutietoja löytyy vaihtelevasti vuosilta 1967–2025 ja eri näytepisteistä, joista osa on nostettu esiin tämän työn tarkastelussa (Kuva 13). Vanhimpia mittauksia löytyy esimerkiksi Korpijärven 005 ja Vieruvanjärven 064 mittauspisteiltä. Vedenlaatutiedot ja näytteenottovuodet ja -aika vaihtelevat suuresti näytepisteittäin, joistain alueen näytepisteistä löytyy vain yksi näyte ja joistain useampia. Kiesilänjoen suussa olevalta näytepisteeltä Kiesilänjoki 115, löytyy mitattuja sameuden arvoja vuodesta 1989 lähtien (Kuva 14). Sameuden arvot ovat olleet nousussa viime vuosikymmeninä nouden mittaushistorian alun 0,7 [FTU] arvoista yli 1,8 [FTU] arvoihin 2020-luvulla. Hertan vedenlaatutietoja on käsitelty tässä opinnäytetyössä Power Bi -ohjelmalla.

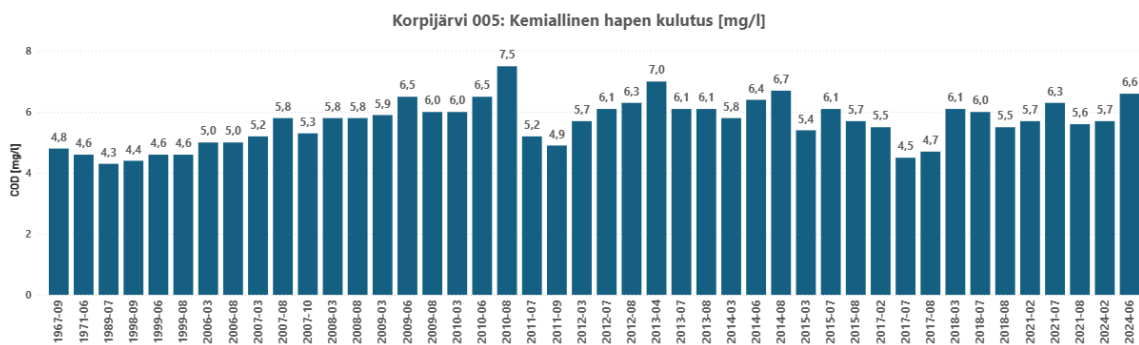


Kuva 13. Valuma-alueen vedenlaatumittauksien näytepisteitä ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertasta.



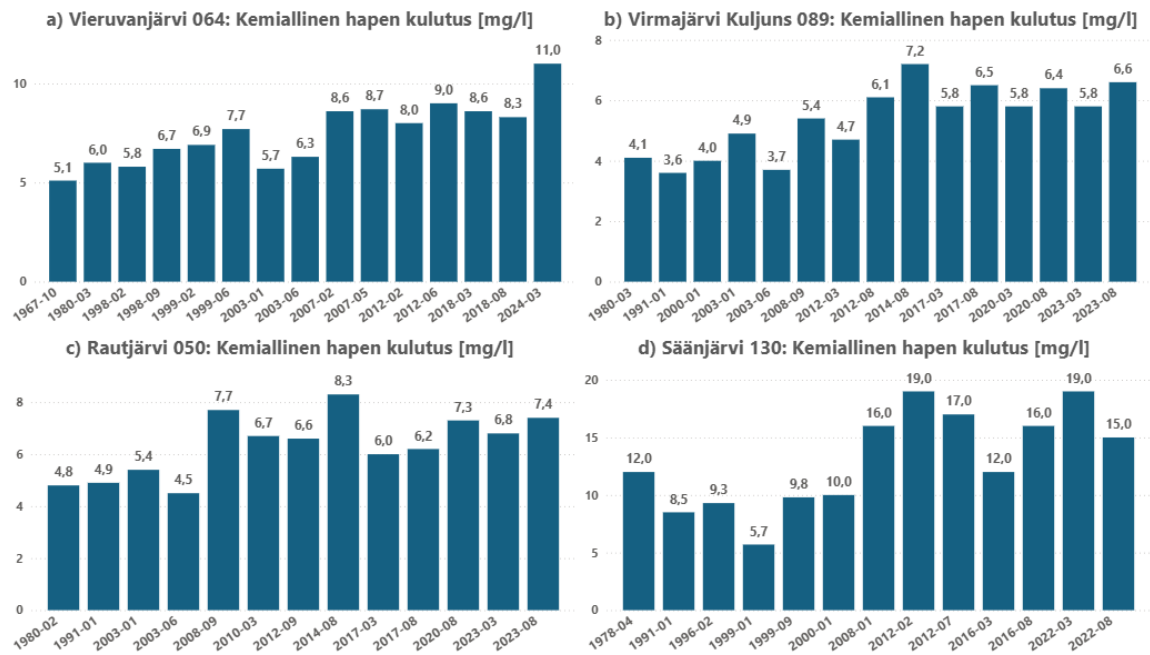
Kuva 14. Kuvassa sameuden arvoja Kiesilänjoki 115 näytepisteeltä, jossa x-akselilla on näytteen vuosiluku sekä kyseessä ollut kuukausi.

Veden tummuminen on ollut ongelmana valuma-alueen vedet kokoavalla Kuolimojärvellä. Kuvassa 15 alla on kemiallisen hapenkulutuksen arvoja valuma-alueen suurimmalta järveltä Korpiljärveltä ja sen Hertan näytepisteestä Korpiljärvi 005, joka sijaitsee Korpiljärven Halmeniemenselällä vuodesta 1967 vuoteen 2024 saakka. Kemiallisen hapenkulutuksen suhteen arvoissa ei ole tässä näytepisteessä suurta trendiä suuntaan tai toiseen tuloksien vaihdella 4,5 [mg/l] ja 7,5 [mg/l] välillä.



Kuva 15. Kuvassa kemiallisen hapenkulutuksen arvoja Korpijärven 005 näytepisteellä vuosina 1967–2024, jossa x-akselilla on näytteen vuosiluku sekä kyseessä ollut kuukausi.

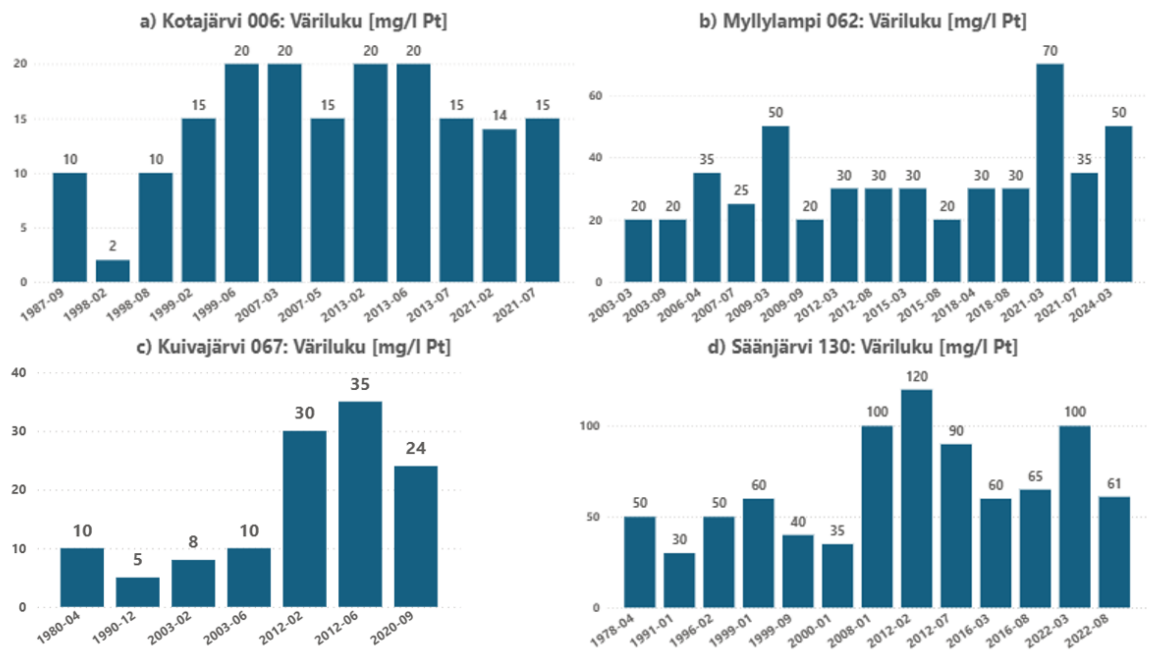
Kemiallinen hapenkulutus on kasvanut eri puolella valuma-aluetta edellisten vuosikymmenien aikana. Kuvassa 16 alla on kuvattu Hertan näytepisteiden Vierujanjärvi 064 (a), Virmajärvi Kuljuns 089 (b), Rautjärvi 050 (c) ja Säänjärvi 130 (d) osalta kemiallisen hapenkulutuksen arvojen muutosta. Vierujanjärven (a) kohdalta löytyy näiden pisteiden osalta vanhin mittaushistoria, kun ensimmäinen mittausarvo kemialliselle hapenkulutukselle on vuodelta 1967 arvon ollessa 5,1 [mg/l]. Viimeisin mittaus on vuodelta 2024, jolloin kemiallisen hapenkulutuksen arvo oli kasvanut yli puolet nousten arvoon 11,0 [mg/l]. Virmajärvi Kuljuns 089 (b) näytepisteen osalta arvot ovat olleet suhteellisen tasaisessa nousussa nousten vuoden 1980 mittausarvosta 4,1 [mg/l] arvoon 6,6 [mg/l] vuonna 2023. Rautjärvi 050 näytepisteen (c) osalta mittaustulokset ovat nousseet myös suhteellisen tasaisesti vuoden 1980 arvosta 4,8 [mg/l] vuoden 2023 arvoon 7,4 [mg/l]. Säänjärven 130 (d) näytepisteestä Hertan mittausdataa kemiallisen hapenkulutuksen tuloksia on saatavilla vuodesta 1978 alkaen, jolloin mittausarvot olivat 12,0 [mg/l]. Tuon vuoden jälkeen mittaustulokset laskivat, ollen alhaisimmillaan vuonna 1999 arvossa 5,7 [mg/l], jonka jälkeen arvot kääntyivät nousuun ollen viimeisimmässä mittauksessa vuonna 2022 korkeimmillaan 15,0 [mg/l]. Kyseisissä eri puolella valuma-aluetta sijaitsevista pisteistä huomataan kaikkien kohdalla nouseva trendi kemiallisen hapenkulutuksen arvoissa.



Kuva 16. Kuvassa on kemiallisten hapenkulutusten arvoja valuma-alueen Hertan näytepisteiltä Vieruvanjärvi 064 (a), Virmajärvi Kuljuns 089 (b), Rautjärvi 050 (c) ja Säänjärvi 130 (d).

Samaan tapaan, kuin kemiallinen hapenkulutus on kasvanut eri puolella valuma-aluetta niin myös veden väriluvun mittausarvot edellisten vuosikymmenien aikana olleet kasvussa. Kuvassa 17 alla on kuvattu Hertan näytepisteiden Kotajärvi 006 (a), Myllylampi 062 (b), Kuivajärvi 067 (c) ja Säänjärvi 130 (d) osalta veden väriluvun arvojen muutosta. Kotajärven 006 (a) näytepisteen tuloksia on vuodesta 1987 lähtien, jolloin veden väriluvuksi mitattiin 10 [mg/l Pt]. Viimeisin mittaustulos kertoo veden väriluvun noussut arvoon 15 [mg/l Pt] vuodelle 2021. Myllylammen 062 (b) mittauspisteellä mittaustuloksia löytyy vuodesta 2003 alkaen, jolloin väriluku oli 20 [mg/l Pt] ja viimeisimmässä mittauksessa vuodelta 2024 arvo oli 50 [mg/l Pt]. Näytepisteestä Kuivajärvi 067 (c) mittaustuloksia on saatavilla vuodesta 1980, jolloin väriluvun tulokseksi mitattiin 10 [mg/l Pt]. Vuonna 2012 väriluku oli korkeimmillaan 35 [mg/l Pt] ja viimeisimmältä mittaussajankohdalta vuodelta 2020 mitattu väriluku oli 24 [mg/l Pt]. Mittauspisteeltä Säänjärvi 130 (d) mitattua vedenlaatatietoa on Hertasta saatavilla vuodesta 1978 alkaen, jolloin väriluku oli 50 [mg/l Pt]. Viimeisin mittaustulos on vuodelta 2022, jolloin väriluvun arvo oli 60 [mg/l Pt]. Mittaushistorian aikana Säänjärven mittauspisteen arvot vaihtelivat paljon vuosien välillä ja korkeimmillaan väriluku oli vuoden 2012 mittaushetkellä ollen arvossa 120 [mg/l Pt]. Kyseisissä eri puolella valuma-

aluetta sijaitsevista pisteistä huomataan kaikkien kohdalla nouseva trendi veden väriluvun arvoissa.



Kuva 17. Kuvassa on veden väriluvun arvoja valuma-alueen Hertan näytepisteiltä Kotajärvi 006 (a), Myllylampi 062 (b), Kuivajärvi 067 (c) ja Säänjärvi 130 (d).

3.3 Hankkeen tavoitteet

Hankkeen tavoitteena on valuma-alueen ongelma-alueiden tunnistaminen vedenlaadun tarkkailulla, tutkimustiedon koostaminen sekä alueen toimijoiden tiedottaminen ja aktivoiminen. Kerätyn vedenlaatutiedon pohjalta on tavoitteena myös kohdistaa vesiensuojelurakennesuunnitelmia havaituille valuma-alueen kuormitusalueille. Kuolimon alueelta löytyy paljon aiemmilta vuosilta kerättyä tutkimustietoa, joiden merkitys on oleellinen alueen tulevaisuuden kannalta. Tämä historiallinen tutkimustieto vuosien varrelta on tarkoitus yhdistää uuteen hankkeen pohjalta laadittuun tutkimustietoon, jolloin kerätystä tiedosta saadaan kaikki hyöty irti. Alueen ihmisten tiedottaminen ja aktivoiminen on onnistuneen vesiensuojelun elinehto, jota on tavoitteena toteuttaa monipuolisella viestinnällä ja tilaisuuksia järjestämällä. Paikallisilla ihmisillä on yleensä paljon tietoa omasta lähialueestaan ja tätä tietoa on tavoitteena myös kerätä hankkeessa. Suunnitteluhankkeen pohjalta on tavoitteena laatia myös laajempi toimenpidehanke suunnitteluhankkeen jatkoksi.

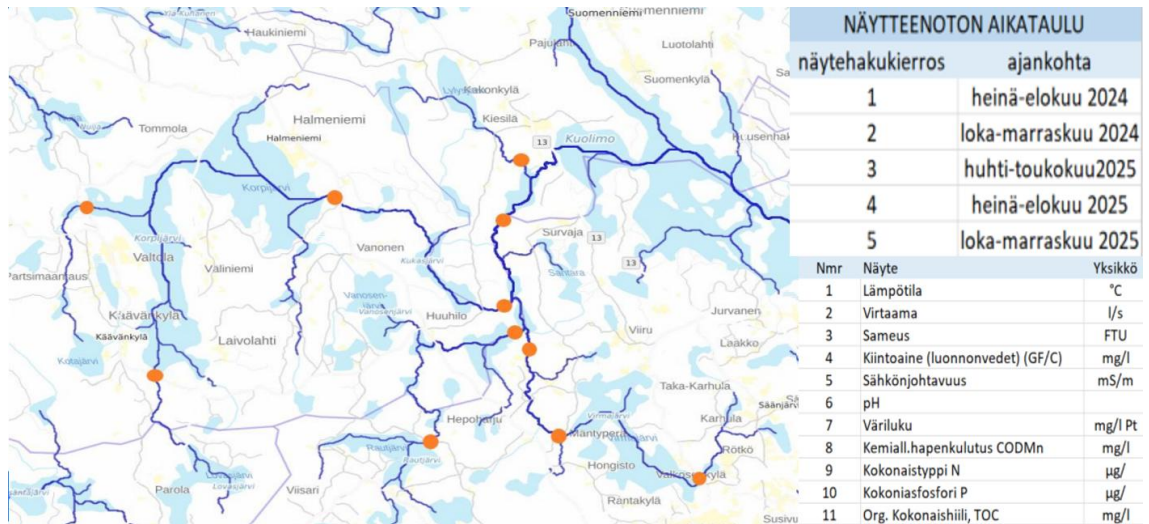
3.4 Hankkeen toimenpiteet

Tavoitteisiin pääsemiseksi tarvittiin laaja-alaisia toimia ja yhteistyöhön perustuva, myönteinen ilmapiiri hankkeen ympärille. Konkreettisia toimia olivat hankkeen viestintä, tiedonkeruu, erilaiset vedenlaadun mittaukset tutkimustuloksineen ja niiden analysointi sekä vesiensuojelurakennesuunnitelmat. Hankkeen vesinäytteenottoa suoritettiin monipuolisesti varsinaisilla vesinäytteenottokierroksilla, jatkuvatoimisella mittausanturilla, SYKE:n mittausveneellä ja erilaisilla lisänäytteenotoilla sekä analyyseillä.

Hankkeessa tehtiin myös maastokäyntejä, joiden yhteydessä kerättiin arvokasta paikallistietoa esimerkiksi valuntareiteistä ja maankäytön historiallisista muutoksista. Lisäksi hyödynnettiin paikkatietoaineistoja, kuten korkeusaineistoja sekä historiallisia ilmakuvia (Paikkatietoikkuna 2025), joiden avulla pystyttiin hahmottamaan valuma-alueen kuormitukseen vaikuttavia piirteitä. Maastohavainnot, paikkatietoaineistot ja historialliset ilmakuvat täydensivät vesinäytteenoton tarjoamaa tietoa ja muodostivat keskeisen osan menetelmäkokonaisuutta.

3.4.1 Vesinäytteenotot

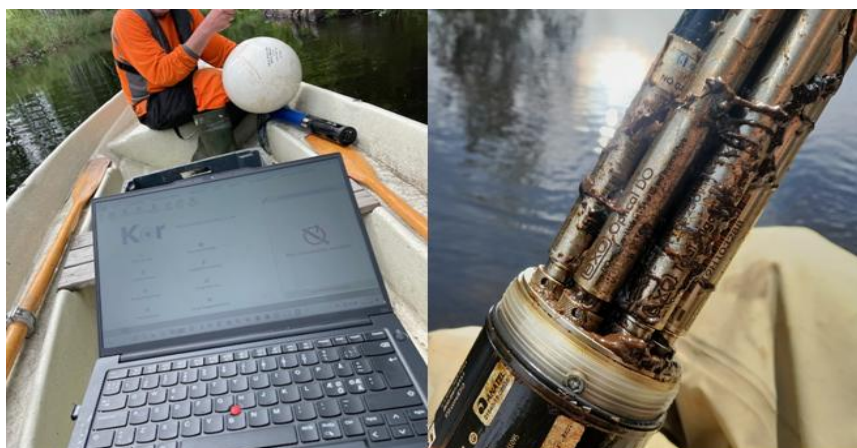
Hankkeen varsinaisen vesinäytteenoton ja vesinäytteenottokierrokset laboratorioanalyysineen toteutti Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy hankkeessa tehtyjen vesinäytteenottosuunnitelmien ja määritettyjen näytepisteiden mukaan. Hankkeen näytteenottokierrokset oli suunniteltu toteutettavaksi 5 ajankohtana. Ensimmäinen näytekierros suunniteltiin kesälle 2024, toinen näytteenottokierros syksylle 2024, kolmas näytteenottokierros keväälle 2025, neljäs kesälle 2025 ja viimeinen viides näytteenottokierros syksylle 2025. Näytteenoton yhteydessä suunniteltavan analysoitavan veden fysikaalisia ja kemiallisia ominaisuuksia. Mitattavia muuttujia ovat veden lämpötila, virtaama, sameus (FTU), kiintoainepitoisuus, sähkönjohtavuus, pH, väriluku, kemiallinen hapenkulutus (CODMn), kokonaistyyppi (N), kokonaisfosfori (P) sekä orgaaninen hiili (TOC). Näytepisteet on määritetty valuma-alueen virtauskohtiin, joita pidetään edustavina vedenlaadun ja kuormituksen tarkastelun kannalta aluksi osavaluma-alueittain (Kuva 18). Myöhemmin valuma-aluelähtöisessä suunnittelussa on tarkoitus kohdentaa näytepisteitä havaituille kuormittaville osavaluma-alueille.



Kuva 18. Kuvassa vesinäytteenoton suunniteltuja pisteitä ensimmäisille vesinäytteenottokierroksille valuma-alueen virtaamakohtien haarautumista, näytteenoton suunniteltua aikataulua sekä mitattavia vedenlaatuominaisuuksia.

3.4.2 Jatkuvatoiminen EXO-mittausanturi

Jatkuvatoimista EXO2-mittausanturia (YSI EXO2 -multiparameter sonde) oli tarkoitus käyttää hankkeessa pidemmän aikasarjan mittaustuloksien saamiseksi (Kuva 19). Tavoitteena oli selvittää, kuinka esimerkiksi kuormitukset vaihtelevat syksyllä tai keväällä, kun oletettavasti virtaamat vesistöissä lisääntyvät. Mittausanturi asennettiin mittaamaan vedenlaatuparametreja tunnin välein. Mitattavia parametreja ovat lämpötila, pH, sameus, sähkönjohtavuus ja liuennut happi.



Kuva 19. Kuvassa vasemmalla jatkuvatoimisen EXO-mittausanturi asennusta Kiesilänjokeen 20.6.2024 ja kuvassa oikealla nähdään anturin limoittumista Kiesilänjoella, jonka seurauksena anturia tuli käydä puhdistamassa aika ajoin.

3.4.3 SYKE mittausvene

Suomen Ympäristökeskus (SYKE) mahdollisti hankkeelle käyttöön uudella teknologialla varustetun mittausveneen. SYKE:n ja Freshwater Competence Centren:n omistama TIETO I on liikkuva mittausalusta, joka on suunniteltu vesistöjen tilan seurantaan ja ilmastomuutoksen tutkimiseen. Mittausveneessä on ideana, että se mittaa jatkuvatoimisesti paikkatietoon liitettyjä parametreja vedenlaadusta, kun sillä ajetaan pitkin vesistöä. Riippuen siitä, mitä antureja veneeseen kiinnitetään, voidaan validoida saatavat tiedot. Mahdollisuuksia on paljon, sillä eri antureilla on mahdollista mitata vedenlaatuparametrien lisäksi ilmastokaasuja, säätä, säteilyä sekä erilaisilla lisälaitteilla myös virtausta ja planktoneita. Tässä hankkeessa venettä hyödynnettiin vedenlaatuparametrien mittaukseen (Kuva 20). Myöhemmin mittaustulokset vedenlaadun osalta käsiteltiin QGIS paikkatietojärjestelmällä.



Kuva 20. Paikallistuntemuksesta oli iso apu vesillä navigoidessamme paikoin matalillakin ja kivisillä ranta-alueilla mittausvenepäivinä. Kuvassa vasemmalla ollaan Virmajärvellä ja kuvassa oikealla Kuolimolla.

3.4.4 Lisänäytteenotot Oulun Yliopisto

Diplomityössä tehtiin hankkeelle lisänäytteenottoja veden isotoopeista ja uv-absorbanssista, jotka analysoitiin Oulun Yliopistolla. Ensimmäisellä

näytteenottokierroksella 3.7.2024 keräsimme 100 ml mittapulloihin vesinäytteet kaikista näytepisteistä. Näytepullot otettiin aivan täyteen, jotta ilmatilaa ei niihin jää ja niitä säilytettiin kylmässä sekä pimeässä ennen syksyn analysointia.

VEDEN ISOTOOPPIMITTAUKSET

Luonnonvesissä vety ja happi esiintyvät useina stabiileina isotooppeina. Merkittävimmät veden isotooppitutkimuksissa käytetyt muodot ovat vedyn isotoopit protium (^1H) ja deuterium (^2H) ja hapen isotoopit ^{16}O ja ^{18}O . Tässä työssä tarkasteltiin ^2H ja ^{18}O isotooppeja. Isotooppien suhteita mitataan veden H_2O -molekyyleistä, ja tulokset esitetään delta-arvoina ($\delta^2\text{H}$ ja $\delta^{18}\text{O}$), jotka kuvaavat isotooppisuhteen poikkeamaa kansainvälisestä vertailustandardista VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). Isotooppisuhteet muuttuvat erityisesti veden kierto- ja kiertokulussa luonnollisten prosessien seurauksena. Isotooppianalyysi auttaa erottamaan pintaveden ja pohjaveden lähteet, sekä se on varsin tehokas tapa veden viipymän ja reitin tunnistamiseen. (IAEA 2024).

Pohjavedet edustavat usein isotooppisesti tasaisempaa ja kevyempää koostumusta, toisin sanoen arvot ovat enemmän miinuksella, sillä ne ovat peräisin pitkäaikaisesti suodattuneesta sateesta tai lumesta, eivätkä ole päässeet merkittävästi haihtumaan. Pintavesien kohdalla tilanne on puolestaan se, että ne voivat rikastua isotoopeilla erityisesti kesäisin ja korostetusti alueilla, joissa haihdunta on suurempaa. Toisaalta huomionarvoista on myös se, että jos valunta tapahtuu nopeasti ilman pidempää viipymää tai haihtumista, esimerkiksi lumensulannasta keväällä, veden isotooppikoostumus voi pysyä kevyenä. Isotooppisesti kevyemmät arvot voivat myös liittyä vahvempaan pohjavesivaikutteisuuteen. (Clark & Fritz 1997)

Valmistelin näytteet veden isotooppimittauksia varten 13.9.2024 yliopiston Geolabrassa. Näytteiden vesi pipetoitiin isotooppimittauksia varten pieniin pulloihin. Pulloihin merkattiin teipillä näytteen koodi (Kuva 21). Näytteet jätettiin tämän jälkeen kylmiöön odottamaan, koska laboratorihenkilökunta suorittaa yliopistolla varsinaisen mittauksen.



Kuva 21. Näytteet pipetoitiin pieniin pulloihin isotooppimittauksia varten.

UV-ABSORBANSSIMITTAUS

UV-absorbanssimittaus, joka tyypillisesti suoritetaan aallonpituudella 254 nm (UV₂₅₄) on yksi käytetyimpiä menetelmiä luonnon orgaanisen aineen (NOM) pitoisuuden arvioimiseen vesinäytteissä. Sen perusta on Beer-Lambertin laki, jonka mukaan liuoksen absorboima valon määrä on suoraan verrannollinen sen konsentraatioon. UV-absorbanssimittaus antaa viitteitä humuspitoisuudesta, koska UV₂₅₄-mittaus korreloi aromaattisten humusaineiden kanssa. (Matilainen ym. 2011).

SUVA-indeksi (Specific Ultraviolet Absorbance) saadaan jakamalla mitattu UV₍₂₅₄₎-absorbanssi näytteen liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuudella. Indeksillä kuvaa orgaanisen aineksen laatua. Korkeammat SUVA-arvot viittaavat suurempaan aromaattisten ja suurimolekyylisten humusaineiden osuuteen, kun puolestaan matalammat arvot ilmentävät pääosin pienimolekyylistä ja vähemmän aromaattista orgaanista hiiltä. Tyypillisesti jaottelu on >4 SUVA-arvojen kohdalla puhutaan Korkeasta aromaattisuudesta eli esimerkiksi humuspitoisesta maaperäisestä orgaanisesta aineesta. Havaitaan metsien ja soiden valuma-alueilla tyypillisesti. SUVA-arvojen ollessa 2-4

puhutaan keskitasoisesta ja <2 SUVA:n kohdalla matalasta aromaattisuudesta eli vähemmän humuspitoisesta arvosta. (Weishaar ym. 2003; Matilainen ym. 2011)

UV-abs näytteiden analysoinnin suoritin yliopiston biolabrassa 17.9.2024. Näytteet siirrettiin ruiskuilla näytepulloista kyvetteihin. Kyvetteissä näytteet siirrettiin mittalaitteeseen, joka suoritti kyvettimittauksen (Kuva22). Analyysin tulokset tulivat Excel-taulukkomuodossa.



Kuva 22. Näytteet siirrettiin ruiskulla näytepulloista kyvetteihin ja mittauksessa käytettiin kuvassa oikealla näkyvää SPECTROstarNANO -mittalaitetta.

3.4.5 Näkösyvyysmittaukset

Näkösyvyys kuvaa veden valonläpäisykykyä ja toimii yksinkertaisena indikaattorina veden optisista ominaisuuksista. Näkösyvyys määritetään yleisesti niin sanotulla Secchi-levyllä (Kuva 23), joka antaa arvion siitä, kuinka syvälle valo tunkeutuu vesipatsaassa. Näkösyvyyden ja valon vaimenemiskertoimen välillä vallitsee käänteinen suhde eli mitä suurempi valon vaimeneminen vedessä on, sitä pienempi on mitattu näkösyvyys. Näkösyvyyttä voidaanakin siten käyttää arvioimaan veden sameutta, levämäärää ja humuspitoisuutta, jotka kaikki vaikuttavat valon etenemiseen vedessä. (Wetzel 2001)

Mittauksessa valkoinen näkösyvyys- eli Secchi-levy lasketaan veteen varjon puolelta, kunnes se juuri ja juuri katoaa näkyvistä. Tämän jälkeen levy nostetaan hitaasti, kunnes se jälleen ilmestyy näkyviin. Näkösyvyudeksi kirjataan häviämis- ja ilmestymissyvyyden keskiarvo, joka luetaan vedenpinnan tasolta. Mittauspaikan tulee olla riittävän syvä eikä mittalevy saa koskettaa pohjaa, kun se katoaa näkyvistä. (Leo Lauramaa 2024)



Kuva 23. Näkösyvyysmittaukset suoritetaan Secchi-levyllä ja narulla.

Hankkeen aikana Pro Kuolimo suoritti näkösyvyysmittauksia, jotka ovat tuoneet arvokasta lisäaineistoa hankkeelle alueen vedenlaadusta. Pro Kuolimo on yhdistyksen vapaaehtoisten noin 20 henkilön turvin ylläpitänyt 30 mittauspisteen verkostoa, jota on havainnoitu vuosineljänneksittäin. Näytepisteet sijaitsivat eri puolella Kuolimoa ja sen valuma-aluetta. Ensimmäinen näkösyvyysmittauksien kierros toteutettiin kesäkuussa 2024. Sen jälkeen kierroksia on toteutettu, elokuussa 2024, lokakuussa 2024, maaliskuussa 2025, kesäkuussa 2025, elokuussa 2025 ja lokakuussa 2025.

3.4.6 Viestintä

Vesiensuojeluhankkeissa viestinnällä on suuri rooli. Viestinnän tavoitteena on lisätä sidosryhmien ja paikallisten toimijoiden tietoisuutta hankkeen etenemisestä sekä vahvistaa yhteistyötä valuma-alueen toimijoiden välillä. Viestintää tehdään sekä sisäisesti hankkeen osapuolten kesken että ulkoisesti eri kanavien kautta, kuten tiedotteilla, tilaisuuksissa, verkkosivuilla ja paikallismedian avulla. Viestintä tukee myös tiedonvaihtoa, osallistumista ja sitoutumista hankkeen tavoitteisiin.

4 HANKKEEN TULOKSET

Tässä luvussa tarkastellaan sekä näytteenoton tuottamaa aineistoa, että hankkeen viestinnällistä toteutusta ja sen tavoittavuutta. Hankkeen tavoitteena oli selvittää monipuolisella vesinäytteenotolla valuma-alueen kuormituksen ongelma-alueita ja kohdentaa havaituille alueille vesiensuojelurakennesuunnitelmia. Tavoitteena oli myös alueen ihmisten tiedottaminen vesiensuojeluasioista ja aktivoiminen toimimaan omien kotivesien puolesta. Varsinainen ja tarkempi kuormitusten ongelma-alueiden paikantaminen ja vesiensuojelurakenteiden kohdentaminen on käsitelty työn seuraavassa luvussa 5 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.

Osana tulosaineiston tarkastelua hyödynnettiin myös paikkatietoaineistoja, kuten historiallisia ilmakuvia, joiden avulla voitiin arvioida maankäytön kehitystä ja kuormitukselle altistuneita valuma-alueita. Ilmakuvien ajallisella vertailulla oli mahdollista havaita esimerkiksi ojitettujen suoalueiden laajuuden muutoksia sekä uomien eroosio- ja sedimentaatiokehitystä. Menetelmä täydensi varsinaista vedenlaatuaineistoa ja auttoi paikantamaan valuma-alueita, joissa kuormitus on kumuloitunut pitkäaikaisesti ja näkyy siten vedenlaadun heikkenemisenä. Ilmakuvien tulkinnan merkitys korostuu erityisesti niissä kohteissa, joissa maankäytön historia selittää mitattujen vedenlaatuparametrien nousua paremmin kuin yksittäinen pistemäinen kuormituslähde.

4.1 Vedenlaadun seuranta

Hankkeen vedenlaadun seuranta tehtiin monipuolisesti eri menetelmillä. Vesinäytteenoton aineistoa on tarkasteltu tässä luvussa vesinäytteenottokierrosten, jatkuvatoimisen EXO-mittausanturin, SYKE:n mittausvenedatan, Oulun Yliopiston lisänäytteenottojen sekä näkösyvyysmittausten osalta.

4.1.1 Vesinäytteenottokierrokset

Hankkeessa suoritettiin 4 vesinäytteenottokierrosta, joista ensimmäinen suoritettiin kesällä 2024, toinen syksyllä 2024, kolmas keväällä 2025 ja neljäs kesällä 2025. Näytteenottokierrosten tulokset on kuvattu alla näytekierroksittain. Kuvassa 25 alla on kuvattu kaikilla hankkeen vesinäytteenottokierroksilla käytetyt havaintopaikat.

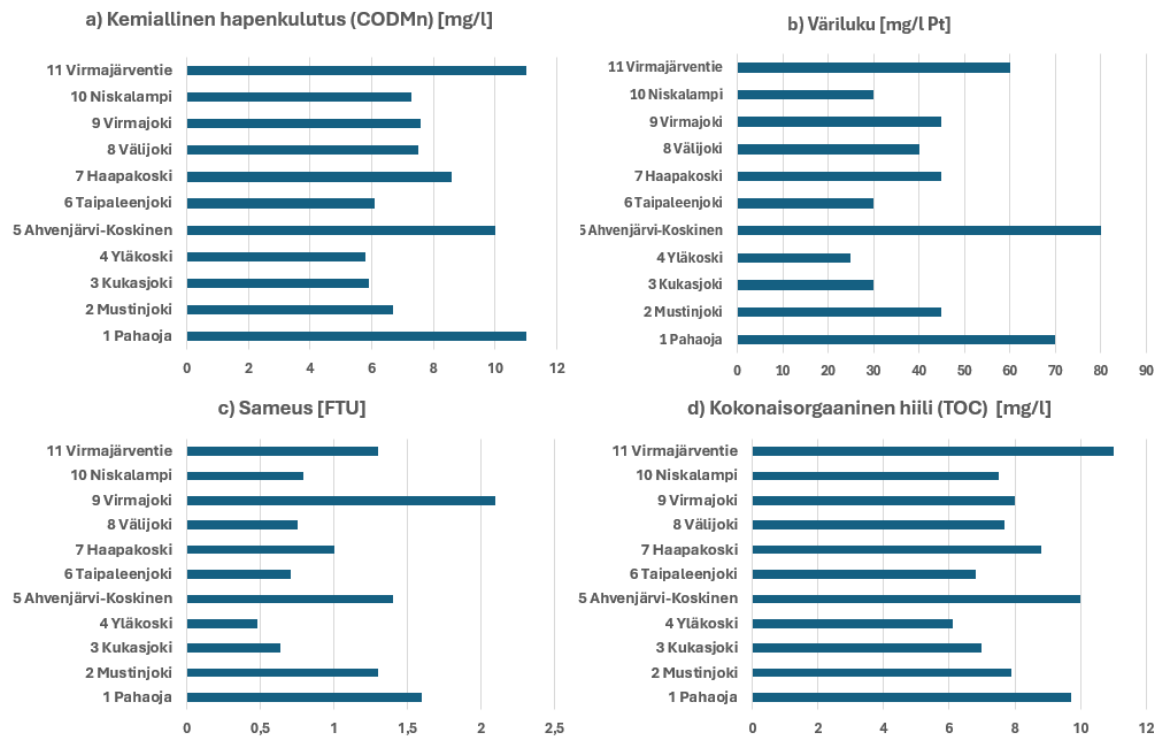


Kuva 25. Kuvassa hankkeen näytekierrosten näytteenottopaikat.

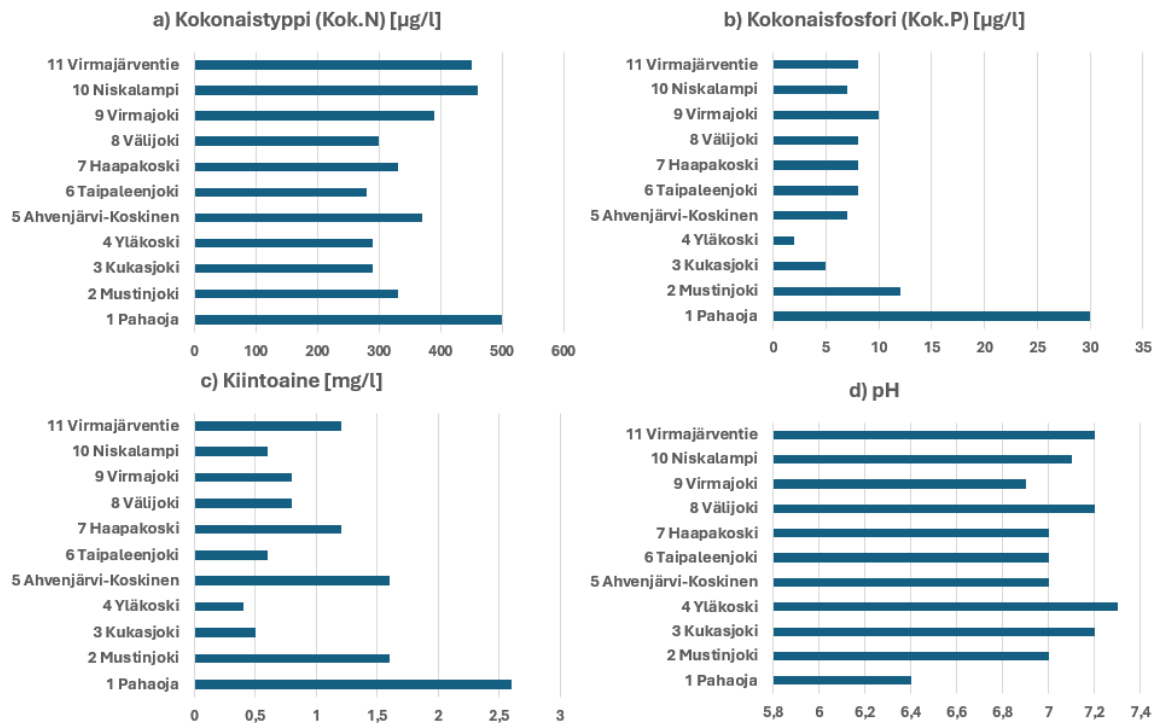
1. näytteenottokierros 3.7.2024 tulokset:

Kiesilä-hankkeen ensimmäinen vesinäytteenottokierros tehtiin Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy:n toimesta 3.7.2024. Havaintopaikkoja oli 11 ja mitattavia vedenlaatuparametreja 11 kpl niin ikään.

Ensimmäisen näytteenottokierroksen tuloksissa kolme näytepistettä nousi erityisesti esiin useiden vedenlaatuparametrien osalta. Näytepisteet 1 Pahaoja, 5 Ahvenjärvi-Koskinen sekä 11 Virmajärventie erottuivat selvästi alla esimerkiksi veden väriluvussa, kemiallisessa hapenkulutuksessa, kokonaisorgaanisessa hiilessä, sameudessa sekä kiintoaineessa (Kuva 26; Kuva 27). Vedenlaatuoluokituksen raja-arvojen (Ympäristö.fi, n.d) mukaan kyseisten kolmen näytepisteiden vesi luokitellaan kemiallisen hapenkulutuksen mukaan humusvedeksi ja veden värin osalta myös humuspitoiseksi. Sameuden osalta arvot ovat lievästi samean puolella. Fosforipitoisuuden osalta 1 Pahaojan näytepiste arvioidaan reheväksi muiden 10 näytepisteiden arvojen ollessa luokittelultaan karun puolella. Kokonaistypen osalta arvot ovat lievästi reheviä 1 Pahaojan, 10 Niskalammen ja 11 Virmajärventien näytepisteissä muiden ollessa luokittelultaan karuja.



Kuva 26. Kuvassa kemiallisen hapenkulutuksen (a), väriluvun (b), sameuden (c) ja kokonaisorgaanisen hiilen (d) tulokset ensimmäiseltä näytteenottokierrokselta 3.7.2024.



Kuva 27. Kuvassa kokonaistypen (a), Kokonaisfosforin (b), kiintoaineen (c) ja pH:n (d) tulokset ensimmäiseltä näytteenottokierrokselta 3.7.2024.

Näytepisteiden 14 Säänjärvenjoki ja 15 Kurkijärvi näytteet haettiin 28.8.2024 ja ne toimivat lisänäytteenottona kosteikkopaikan kartoituksessa. Säänjärvenjoen näytepisteen tuloksista (Taulukko 1) huomataan, että vesi on lähes kaikkien mitattujen parametrien osalta valuma-alueen rehevintä mitattuihin näytepisteisiin verrattuna.

Taulukko 1. Ensimmäisen näytteenottokierroksen 3.7.2024 tulokset ja näytepisteiden 14 Säänjärvenjoki sekä 15 Kurkijärvi tulokset lisänäytteenottokerralta 28.8.2024.

	sähkönj	pH	väri	CODMn	Kok.N	Kok.P	TOC	Sameus	Kiintoaine
	[mS/m]		[mg/l Pt]	[mg/l}	[µg/l]	[µg/l]	[mg/l]	[FTU]	[mg/l]
1 Pahaoja	4,8	6,4	70	11	500	30	9,7	1,6	2,6
2 Mustinjoki	4,8	7	45	6,7	330	12	7,9	1,3	1,6
3 Kukasjoki	5,1	7,2	30	5,9	290	5	7	0,6	0,5
4 Yläkoski	5,1	7,3	25	5,8	290	2	6,1	0,5	0,4
5 Ahvenjärvi-Koskinen	3,7	7	80	10	370	7	10	1,4	1,6
6 Taipaleenjoki	5,1	7	30	6,1	280	8	6,8	0,7	0,6
7 Haapakoski	3,8	7	45	8,6	330	8	8,8	1,0	1,2
8 Välijoki	3,8	7,2	40	7,5	300	8	7,7	0,7	0,8
9 Virmajoki	5,0	6,9	45	7,6	390	10	8	2,1	0,8
10 Niskalampi	4,9	7,1	30	7,3	460	7	7,5	0,8	0,6
11 Virmajärventie	4,7	7,2	60	11	450	8	11	1,3	1,2
14 Säänjärvenjoki	4,7	7	70	15	750	21	15	17,7	4,7
15 Kurkijärvi(suuri)	3,7	7	30	7,6	620	7	19,3	19,3	1,6

2. Näytteenottokierros 27.11.2024 tulokset:

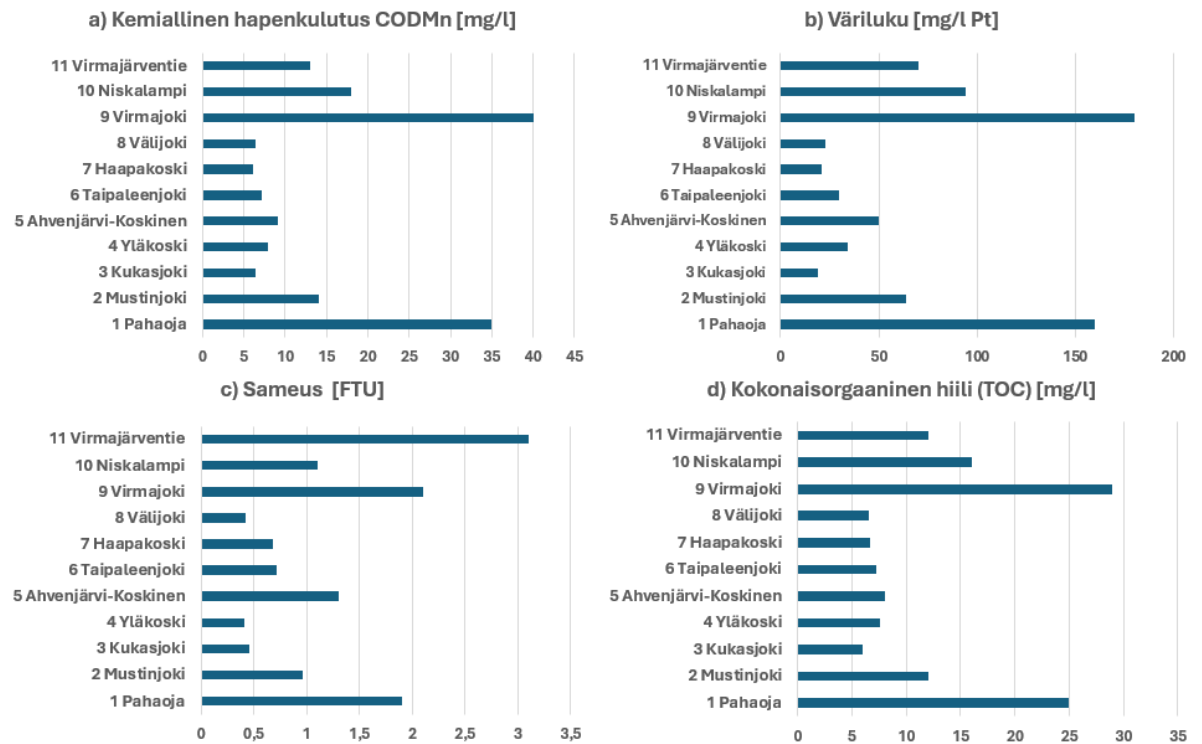
Savo-Karjalan Ympäristötutkimus haki hankkeen toisen kierroksen vesinäytteet 27.11.2024. Havaintopaikat sekä mitattavat parametrit pysyivät samoina myös toiselle näytteenottokierrokselle. Suunnitelmassa syksyn -24 vesinäytteet oli aikataulutettu lokamarraskuulle, mutta kuivan alkusyksyn johdosta päädyimme odottamaan marraskuun lopulle saakka. Syynä syyssateiden odottelussa oli, että näytteet voisivat kertoa uutta tietoa kesäkauden näytteiden lisänä, kun näytepisteet pysyivät kierroksilla kuitenkin samana.

Ensimmäisellä näytteenottokierroksella näytepisteet 1, 10 ja 11 erottuivat muista korkeimmilla pitoisuuksillaan. Toisella näytteenottokierroksella näytepiste 9 Virmajoki puolestaan nousi noidenkin ohitse suurimmaksi kuormittajaksi fosforin, typen, CODMn, väriluvun sekä TOC:in osalta (Kuva 28, Kuva 29). Virmajoen näytepiste oli kuormittuneimpien pisteiden joukossa myös sameudessa ja kiintoaineessa heti Virmajärventie 11 näytepisteen jälkeen.

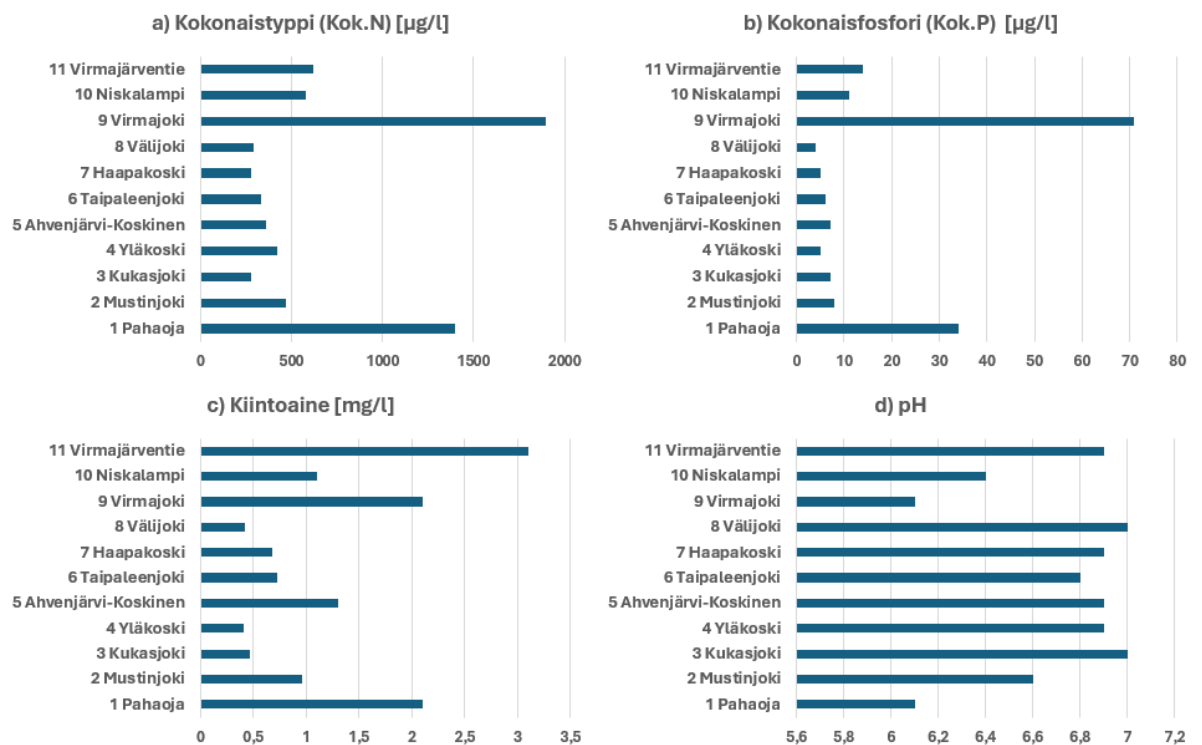
Huomion arvioista verrattaessa näytteenottokierroksen I ja II tuloksia on se, että jälkimmäisellä syksyn kierroksella pitoisuudet eri suureissa ovat huomattavasti korkeammalla tasolla kauttaaltaan. Syyssateiden tuoma pintavalunnan hajakuormitus on tämän ilmiön taustalla. Kevään kolmannella näytekierroksella on myös oletettavissa sama ilmiö lumen sulamisen ja kevättulvien vaikutuksesta. Kevään näytekierrokselle tehtiin muutoksia näytepaikkoihin, kun osa valuma-alueen paikoista oltiin saatu jo otetuilla vesinäytteenotoilla katsastettua koko valuma-alueen laajasta näkökulmasta tarkasteltuna.

Vedenlaatuoluokituksen raja-arvoissa nämä syysnäytteenottojen pitoisuuksien nousut näkyvät siten, että kokonaistypen osalta näytepiste 9 ylitti pitoisuudellaan jo erittäin rehevän $>1500 \mu\text{g/l}$ arvon sen arvon ollessa jo lähellä $2000 \mu\text{g/l}$. Myös näytepisteen 1 osalta typen arvo nousi kolme kertaa kesää suuremmaksi lähestyen jo erittäin rehevän luokitusta sekin. Kokonaisfosforin arvo oli rehevässä myös samaisissa näytepisteissä, huomionarvioista myös, että näytepisteen 9 kohdalla pitoisuus oli noussut kesästä seitsemänkertaiseksi.

Kemiallisen hapenkulutuksen arvot nousivat myös reilusti useassa näytepisteessä kertoen humuspitoisuuden kasvusta, nousun ollessa Virmajoen näytepisteessä nelinkertainen ja Pahaojan näytepisteessä kolminkertainen kesän arvoihin verrattuna. Kokonaisorgaanisen hiilen arvot tuplaantuivat myös kesän arvoista 10 Niskalammen ja 1 Pahaojan kohdalla sekä kolminkertaistui 9 Virmajoen kohdalla. Veden värin luokitteluarvoissa $>100 \text{ mgPt/l}$ luokitellaan erittäin humuspitoiseksi. Tähän ei kesän näytekierroksella päästy yhdenkään suureen osalta, mutta II kierroksella 9 ja 1 näytepisteet ylittivät rajan sekä näytepiste 10 oli lähellä rajan ylittymistä.



Kuva 28. Kuvassa kemiallisen hapenkulutuksen (a), väriluvun (b), sameuden (c) ja kokonaisorgaanisen hiilen (d) tulokset toiselta näytteenottokierrokselta 27.11.2024.



Kuva 29. Kuvassa kokonaistypen (a), Kokonaisfosforin (b), kiintoaineen (c) ja pH:n (d) tulokset toiselta näytteenottokierrokselta 27.11.2024

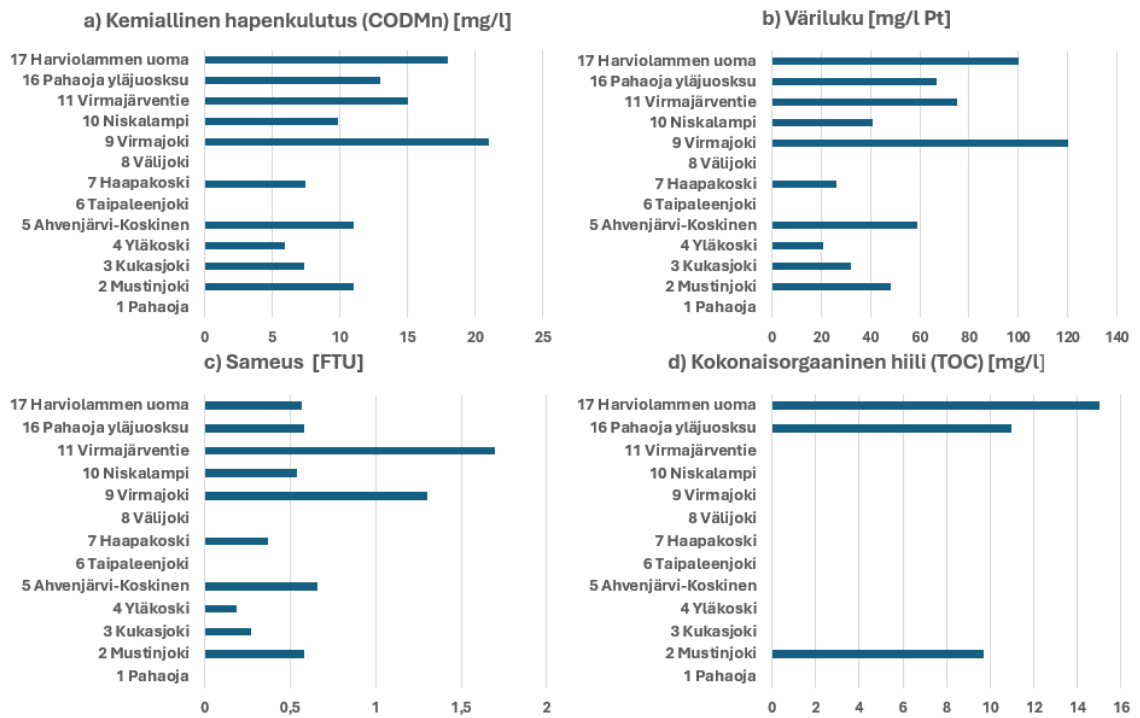
3. Näytteenottokierros 2.4.2025

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus haki hankkeen III kierroksen vesinäytteet 2.4.2025 ja analysoi ne laboratoriossaan. Näytteenoton analyysien tulokset ovat alla (Kuva 30; Kuva 31). Havaintopaikkoihin tuli hieman muutoksia II näytekierrokseen. Näytepisteet 6 ja 9 jäivät pois, koska niistä tulevien kuormitusten määrä suhteessa muuhun valuma-alueen pisteisiin saatiin tarkasteltua jo kahdella ensimmäisellä näytekierroksella. Tilalle tulivat näytepisteet 16 ja 17. Niiden avulla saatiin tarkasteltua näytepisteen 1 Pahaoja yläpuolista valuma-aluetta, koska sen näytepisteen arvot olivat herättäneet huomiota aiemmilla näytteenottokierroksilla. Mitattavat vedenlaatuparametrit pysyivät ennallaan.

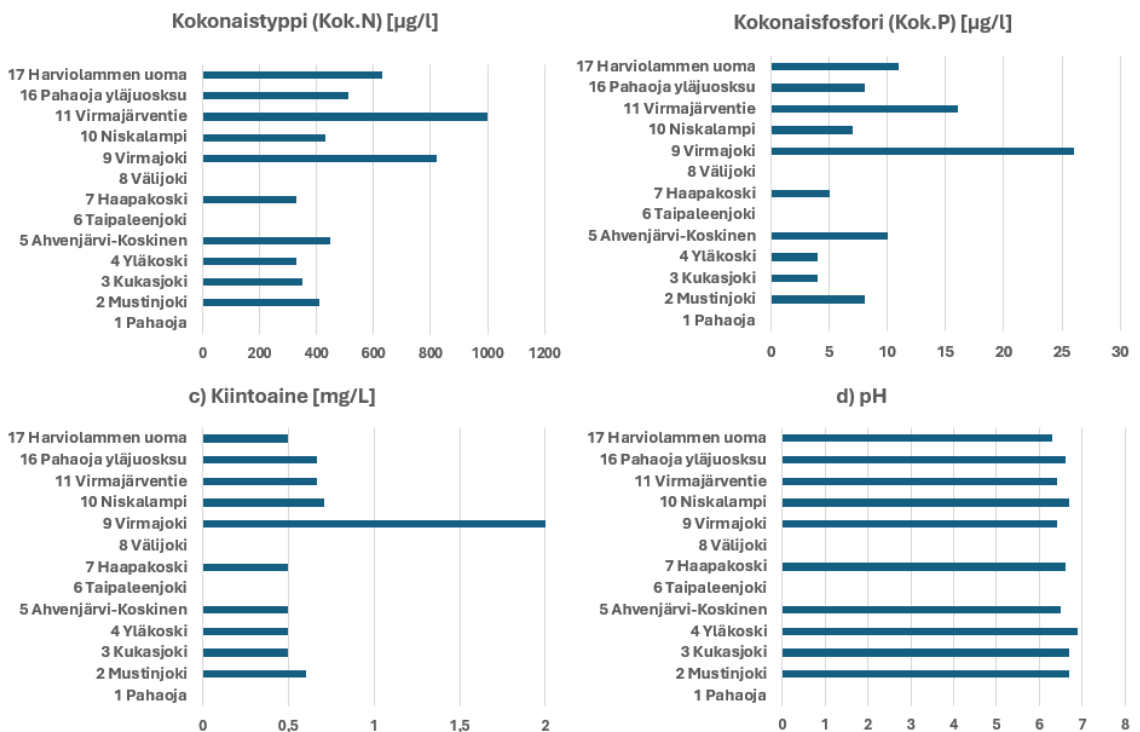
Ideana kolmannelle näytteenottokierrokselle tultaessa oli tehty siis muutama näytepisteiden vaihto tarkoituksena syventyä näytepisteen 1 Pahaoja yläpuoliseen valuma-alueeseen. Harmittavasti kulku näytepisteelle 1 kuitenkin estyi metsäautoteiden lumisuuden johdosta, joten siitä syystä meillä ei ole arvoja siitä. Seuraavalla näytekierroksella piste 1 sisällytetään uudelleen näytteenottoon yhdessä uusien pisteiden 16 ja 17 kanssa, jolloin tämän osavaluma-alueen kuormitusta voidaan tarkastella aiempaa luotettavammin.

Syksyn II näytekierroksella Näytepisteen 9 Virmajoki pitoisuudet nousivat erittäin korkeiksi tämän hankealueen mittapuulla esimerkiksi kemiallisen hapenkulutuksen, väriluvun sekä kokonaisfosforin ja -typen osalta. Edelleen kolmannelle näytteenottokierroksella näytepiste 9 osoitti valuma-alueen korkeimpia pitoisuuksia, vaikka arvot olivatkin laskeneet syksyn tasoista. Toki menneiden vedenlaatuLuokitusten raja-arvoissa (Ympäristö.fi n.d) edelleen rehevälle tasolle kokonaisfosforin ja -typen määrässä. Kokonaistypen määrässä aiemmin jo ilmi nousseet näytepisteen 11 arvot ohittivat myös näytepisteen 9.

Uusien näytepisteiden 16 ja 17 arvot olivat verrattain korkeat muihin näytepisteisiin verrattuna esimerkiksi veden värin ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta. Veden väriluku näytepisteessä 17 Harviolammen uoma vastasi luokitukseltaan erittäin humuspitoista. Mielenkiintoista olisi nähdä miten tämä vertautuisi näytepisteeseen 1, josta näytteet jäivät nyt saamatta. Veden sameuden osalta näytepisteiden tulokset olivat kauttaaltaan alhaisemmat, kuin edellisillä näytekierroksilla ja sama pätee myös kiintoaineeseen.



Kuva 30. Kuvassa kemiallisen hapenkulutuksen (a), väriluvun (b), sameuden (c) ja kokonaisorgaanisen hiilen (d) tulokset kolmannelta näytteenottokierrokselta.



Kuva 31. Kuvassa kokonaistypen (a), kokonaisfosforin (b), kiintoaineen (c) ja pH:n (d) tulokset kolmannelta näytteenottokierrokselta 22.4.2024.

4. Näytteenottokierros 2.7.2025

Hankkeen 4. vesinäytteenottokierros toteutettiin 2.7.2025 ja näytteenoton analyysien tulokset ovat alla (Kuva 32; Kuva 33. Sekä havaintopaikkoihin, että mitattaviin vedenlaatuparametreihin tehtiin muutoksia edelliseen kevään näytekierrokseen verrattuna. Näytepisteet 2 Mustinjoki, 3 Kukasjoki, 4 Yläkoski, 7 Haapakoski, 10 Niskalampi ja 11 Virmajärventie sekä vedenlaatuparametreista veden pH, kokonaisorgaaninen hiili, jätettiin pois. Niiden tilalle tulivat näytepisteet 12 Kiesilänjoki, 19 Virmajoki2, 20 Rahettavanjoki, 21 Pohjanpäänlahti Kurkoronnitty ja 22 Veksuonjoki.

Näytepisteiden vaihdoissa ideana oli kohdentaa näytteenottoa osavaluma-alueille, joista oletettavaa kuormitusta tulisi. Näytepaikoista myös 21 Pohjanpäänlahti Kurkoronnitty ja 22 Veksuonjoki olivat myös alustavia kohdealueita tuleville vesiensuojelukosteikkojen rakennesuunnitelmille. Edellisellä kevään vesinäytteenottokierroksella keliolosuhteiden takia poisjäänyt näytepiste 1 Pahaoja mittaus saatiin nyt suoritettua yhdessä näytepisteiden 16 Pahaojan yläjuoksu ja 17 Harviolammen uoma kanssa sen osavaluma-alueen tulkitsemiseksi. Lisäksi näytepisteiden 9 Virmajoki, 19 Virmajoki2 ja 20 Rahettavanjoki tulkitseminen on hyvin mielenkiintoista, koska ne sijaitsevat kahden jokiuoman risteyskohdissa ja ne yhdistävässä uomassa. Tuloksissa näkyy selvästi, kuinka Rahettavanjoki on hyvin kuormittava sen vesien yhdistyessä näytepiste 19 vesiin niin arvot nousevat tultaessa näytepisteeltä 19 Virmajokea pitkin näytepisteelle 9.

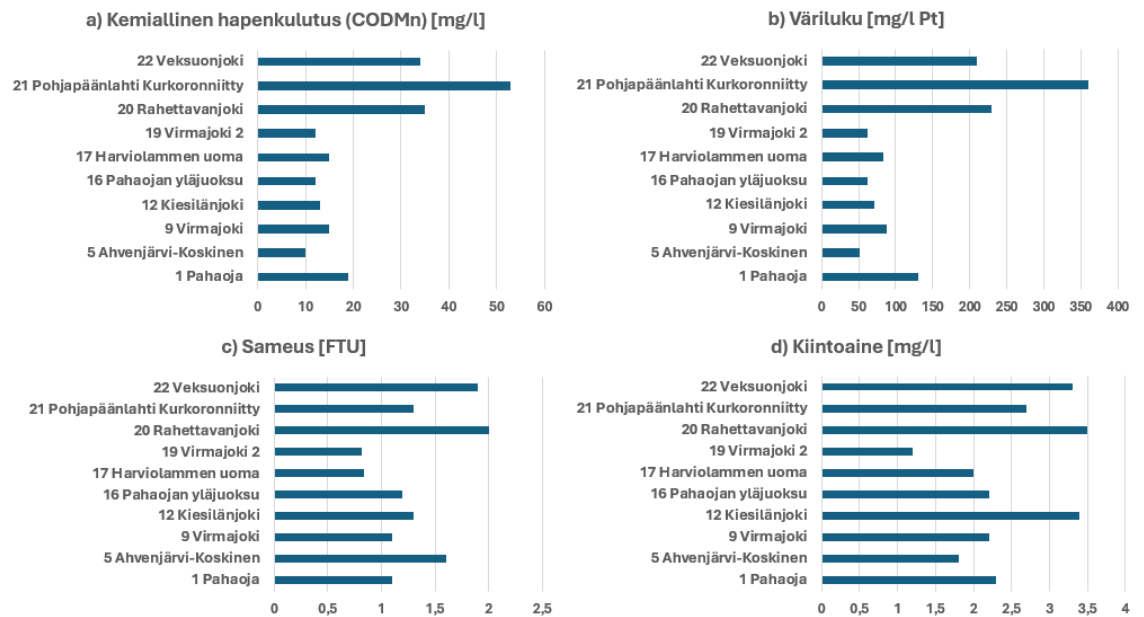
Tällä näytekierroksella ja etenkin näytepisteissä 20, 21 ja 22 nähtiin korkeimmat pitoisuudet useamman parametrin kohdalla tämän hankkeen aikana. Kemiallisen hapenkulutuksen osalta näytepisteessä 21 Pohjanpäänlahti Kurkoronnitty ylitettiin 50 [mg/l] raja. Myös näytepisteissä 20 ja 22 oltiin noin 35 [mg/l] paikkeilla mikä sekin on korkea arvo, kun vedenlaatuokituksen (Ympäristö.fi n.d) raja-arvo humusvesille on 10-20 [mg/l]. Ja kun katsotaan esimerkiksi näytepiste 1 arvoja kemiallisen hapenkulutuksen osalta niin nyt kesäkauden aikaan arvot eivät ole maksimissaan, sillä tällä näytekierroksella Pahaojan CODMn arvo oli vajaa 20 [mg/l] ja toisen näytekierroksen 27.11.2024 aikaan se oli näytepisteessä 1 Pahaoja 35 [mg/l]. (kuva x)

Veden väriluvussa erittäin humuspitoisen veden raja-arvo on [100 mg/l] (Ympäristö.fi n.d). Tämä on ylitetty aiemmin näytekierroksilla näytepisteissä syys- ja kevätnäytteenotoissa ja nyt se ylitettiin näytepiste 1 osalta myös heinäkuussa.

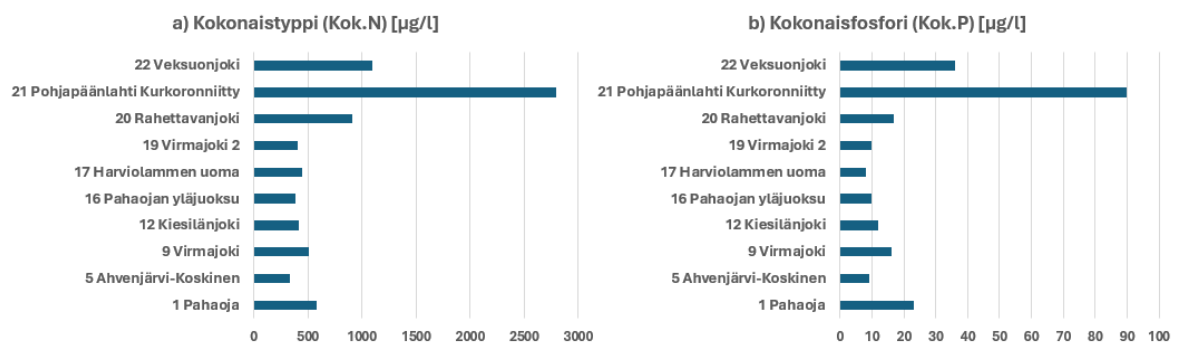
Näytepisteissä 20, 21 ja 22 päästiinkin sitten aivan omille lukemilleen, kun kaikissa mentiin yli 200 [mg/l] ja näytepisteessä 21 jopa yli 350 [mg/l]. Veden sameuksissa ei menty yli 2 [FTU] tällä näytekierroksella. Kiintoainepitoisuuksissakin mitattiin tällä näytekierroksella hankeajan suurimmat pitoisuudet tähänastisista mittauksista näytepisteissä 12 Kiesilänjoki, 20 Rahettavanjoki ja 22 Veksuonjoki arvojen mennessä yli 3 [mg/l].

Samaa trendiä noudateltiin tällä näytekierroksella myös kokonaisfosforin ja -typen kohdalla sillä hankkeen mittauspisteiden korkeimmat arvot saatiin näytepisteeltä 21 Pohjanpäänlahti Kurkoronniitty. Kokonaistypen osalta rehevän raja-arvo on > 600 [mg/l] ja erittäin rehevän >1500 [mg/l] (Ympäristö.fi n.d). Nyt näytepisteessä 21 pitoisuudet nousivat jopa 2800 [mg/l] ja myös rehevän luokitus ylitettiin pisteissä 20 ja 22. Kokonaisfosforin osalta rehevän vedenlaatuluokituksen raja-arvo on >25 [mg/l] ja se ylitettiin näytepisteissä 21 ja 22.

Näytepisteitä vaihdettiin tälle kerrokselle ja yritettiin löytää kohdennetusti kuormittavia osavaluma-alueita siinä onnistuen. Tämän näytekierroksen tulokset vahvistivat alustavien rakennesuunnitelmapaikkojen tarpeellisuuden. Seuraavalla näytekierroksella kohdentamista jatketaan ja ulotetaan seuraaville osavaluma-alueille uusien kuormituspaikkojen havainnollistamiseksi.



Kuva 32. Kuvassa kemiallisen hapenkulutuksen (a), väriluvun (b), sameuden (c) ja kiintoaineen (d) tulokset neljänneltä näytteenottokierrokselta 2.7.2025.



Kuva 33. Kuvassa kokonaistypen (a) ja kokonaisfosforin (b) tulokset neljänneltä näytteenottokierrokselta 2.7.2025 tulokset.

4.1.2 Jatkuvatoiminen EXO-mittausanturi

Jatkuvatoiminen mittausanturi asennettiin Kiesilänjokeen 20.6.2024 tarkoituksena mitata vedenlaatuparametreja tunnin välein. Mittauksia tehtiin 9.2.2025 saakka. Mitattavia vedenlaatuparametreja olivat lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, liuennut happi ja sameus. Lämpötila vaihteli vuodenaikoihin nähden melko tyypillisesti, ollen korkeimmillaan 26,9 °C heinäkuussa 2024. Arvot veden pH:n osalta vaihtelivat 7,05 ja 7,78 välillä. Sähkönjohtavuus (NLF COND) puolestaan vaihteli välillä 50,2 ja 58,5 [µS/cm] välillä.

Liuenneen hapen (DO) osuuksien vaihdellessa 7,41–13,57 [mg/l] välillä ja ollen hyvin pitkälti yhteydessä käänteisverrannollisesti veden lämpötilaan, kun suurin happipitoisuus mitattiin veden lämpötilan ollessa 0,6 °C. Sameuden arvot vaihtelivat puolestaan vuodenaikaan nähden mittauspisteellä.

Kesä-heinäkuussa sameuden arvot pysyivät hyvin tasaisina pois lukien heinäkuun lopulla hieman korkeammat sameudet. Elokuussa mittarin antamat tulokset eivät vaikuttaneet luotettavilta, koska vaihtelua arvoissa oli niin paljon ja oletettavasti anturiin oli tarttunut roskaa, joka häytti sameuden mittaamista. Nämä arvot on poistettu kuvaajasta. Syyskuun lopulla anturi käytiin tarkistamassa ja puhdistamassa, jonka jälkeen mitatut arvot vaikuttivat taas luotettavilta. Syksyn sameuden arvoissa näkee, kuinka arvot nousevat loppusyksystä kohoten huippuunsa marraskuun lopulla 2024 (Kuva 34). Syyssateet ja siten lisääntyneet valumat kuormituksineen ovat tuon taustalla.

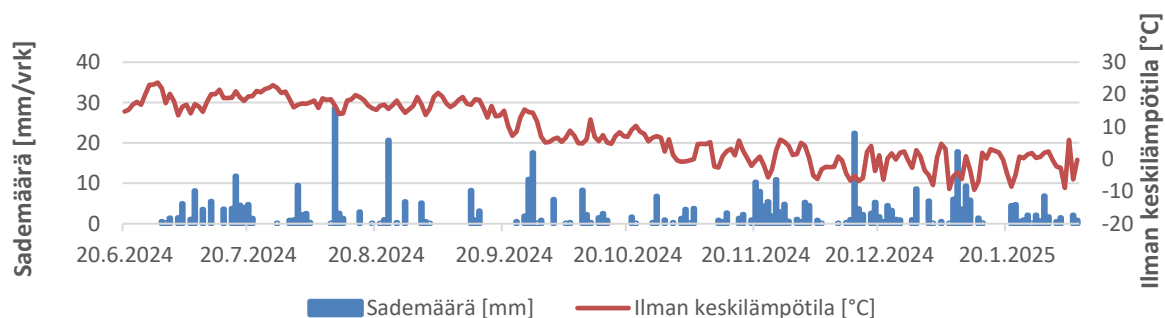
Savitaipaleella ei ole varsinaista sään mittausasemaa, joka antaisi tietoa Kiesilänjoen valuma-alueen sademääristä. Lähin Ilmatieteenlaitoksen mittausasema löytyy Lappeenrannan lentoasemalta, jonka tuloksista (Kuva 35) voidaan tehdä karkeaa arvioita ja vertailua mitattuihin sameusarvoihin (kuva 34). Sademäärät sieltä eivät kuitenkaan anna luotettavaa ja tarkkaa kuvaa sateiden vaikutuksesta hankealueella, koska 50 km matkalla sadanta voi olla aivan toista. Marraskuun lopulla Lappeenrannan sademäärissä näkyvät pidempiaikaiset sademäärät kuitenkin todennäköisesti ulottuivat myös hankealueelle ja nämä nostivat sameuden arvoja mittauspisteellä. Marraskuun lopun korkeiden sameusarvojen jälkeen arvot laskivat tasaisen matalalle tasolle aina joulukuusta helmikuun alulle saakka. Joulukuun neljännestä päivästä alkaen vuorokauden keskilämpötilat Lappeenrannan mittausasemalla painuivat pääosin pakkasen puolelle, joka vähentää valumia ja selittää sameusarvojen laskemista myös Kiesilänjoen näytepisteellä.

Sameuden [FTU] mittausarvoja jatkuvatoimiselta mittausanturilta
Kiesilänjoella kesäkuusta 2024- helmikuuhun 2025



Kuva 34. Kuvassa jatkuvatoimisen EXO-mittausanturin sameuden arvoja Kiesilänjoelta 20.6.2024 - 9.2.2025.

Lappeenrannan sademääriä ja lämpötiloja kesäkuusta 2024-helmikuuhun 2025.



Kuva 35. Sademääriä ja vuorokauden keskilämpötiloja Ilmatieteenlaitoksen Lappeenrannan lentoasemalta 20.6.2024 – 9.2.2025. (Ilmatieteenlaitos 2025)

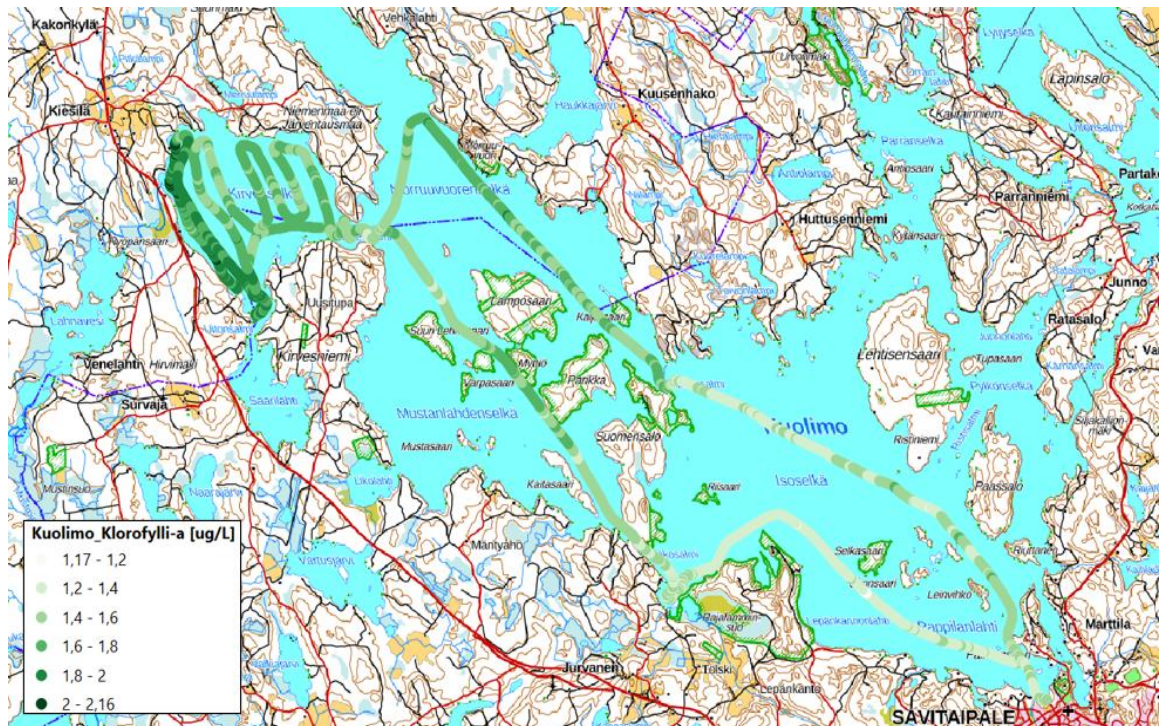
4.1.3 SYKE mittausvene

Suomen Ympäristökeskuksen mittausvene oli hankkeen käytössä kaksi päivää heinäkuussa 2024. Ensimmäisen mittauspäivä oli Kuolimolla 30.7.2024 ja toinen 31.7.2024 Virtajärvellä. Mukana veneessä oli molempina päivinä vesien paikallistuntemusta, koska pelkästään karttaplotterin varassa ei tuntemattomilla ranta-alueilla olisi ollut mahdollista toimia riskittömästi. Paikallistuntemuksesta oli iso apu ja saimme mittauspäivät kunniakkaasti suoritettua. Vene mittasi sekunnin välein jatkuvatoimisella antureilla dataa veneen sijaintipisteeseen sitoutettuna ja alla olevissa

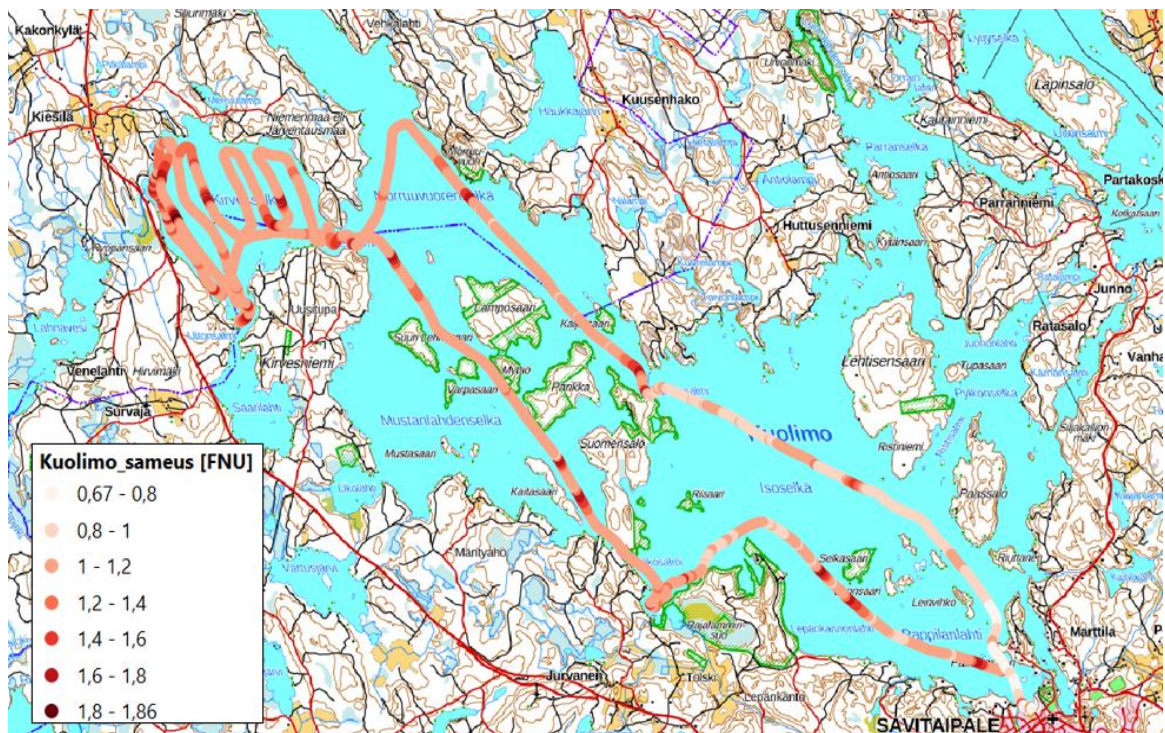
(Kuva 36, Kuva 38) voidaan nähdä klorofyllin pitoisuudet sekä sameudet arvot (Kuva 37, Kuva 39) kartalla tuotuna QGIS-aineistona.

Tummin väri kartoissa tarkoittaa korkeampaa rehevyystasoa klorofyllin osalta ja samoin sameuden kartoissa tummempi väri esittää suurempaa sameuden arvoa vedessä. Sameuden arvoissa yksittäiset tummat alueet ovat osaksi mittausvirhettä sameusanturin pyyhkijästä. Klorofyllin kartassa ei tätä pientä mittavirhettä ole. Kuolimon kartoissa (Kuva 36, Kuva 37) nähdään selvästi Kiesilänjoen vaikutus. Kiesilänjoki ja valuma-alueen purkupiste on juuri Kirvesselän länsirannassa, jossa suurimmat pitoisuudet voidaan kartoissa havaita. Klorofyllin suhteen suurimmat Kiesilänjoen suulta ovat 2,16 mg/L, kun pienimmillään Isoselällä ne olivat vain puolet siitä 1,17 mg/L.

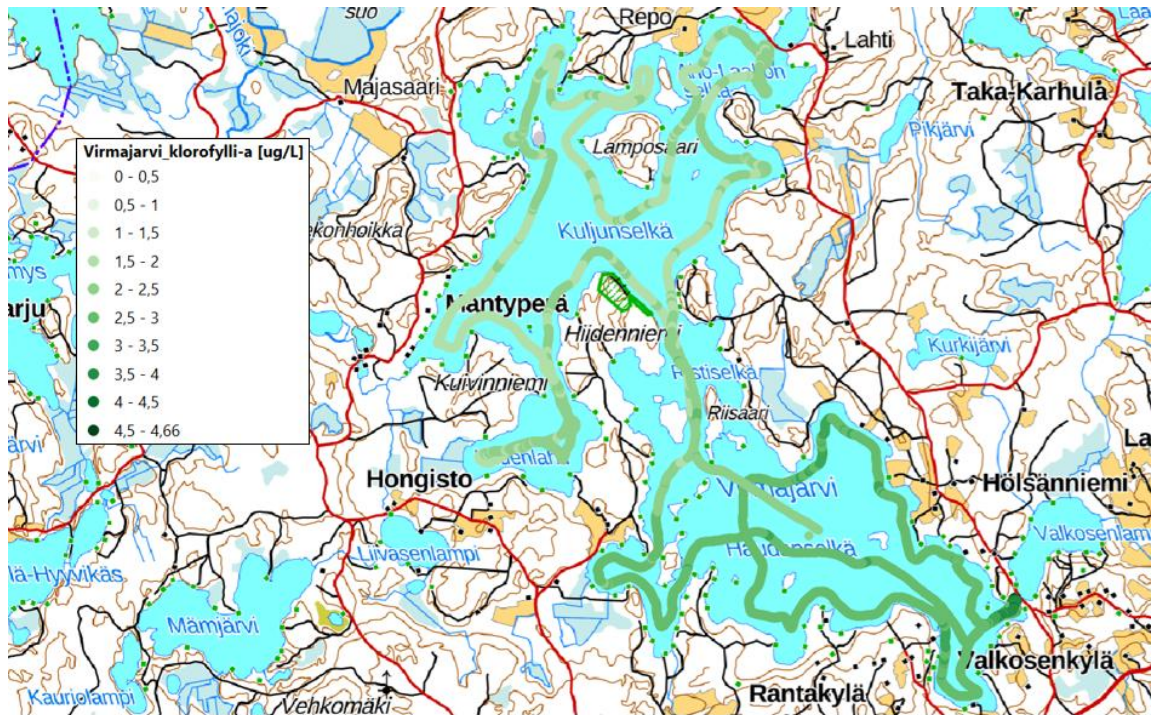
Virmajärven kartoissa (Kuva 38, Kuva 39) havaitaan selvät erot järven etelä- ja pohjoispään välillä. Etelään sijoittuvalla Haudanselällä sekä rehevyystasoa esittävä klorofyllin pitoisuudet että sameuden arvot ovat huomattavasti pohjoispuolen Kuljunselkää suuremmat. Sameusarvoissa yksittäisenä suurimpien sameusarvojen alueena korostuu Hiidenlahti järven länsireunalla, jossa arvot ovat 2,5 FTU:n paikkeilla. Kaikista suurimmat klorofyllin arvot (4,66 ug/L) ja rehevyystasot nähdään lähellä Valkosenlampea, josta vesi virtaa Virmajärveen. Tuossa samaisessa kohdassa on myös näytepiste 11 Virmajärventie, jonka tuloksiin tartutaan kiinni näytteenottokierrosten analysoinnissa. Tuon Valkosenlammen latvavedet ovatkin nyt kiinnittäneet hankkeessa huomion monesta suunnasta ja se toimii selvästi valuma-alueen yhtenä suurimmista kuormittajista. Tuolle valuma-alueelle kohdennamme nyt hankkeen alkuvaiheessa ensimmäisiä rakennesuunnitelmia. Myös alueen paikalliset ihmiset ovat tuoneet ilmi huolensa vuosien varrella tulleesta kuormituksesta ja ovatkin voineet huomata sen rantavesiensä rehevöitymisestä sekä veden tummumisena jopa silmissä.



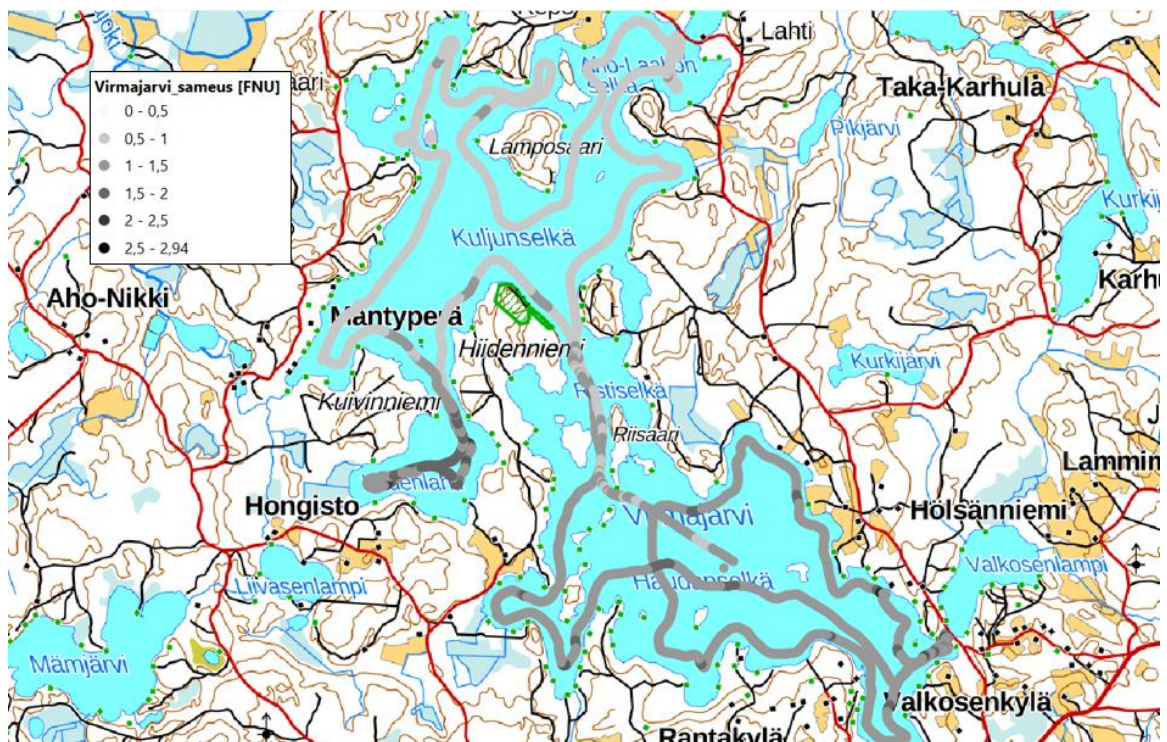
Kuva 36. Klorofylli-a:n pitoisuudet mittausvenedatassa Kuolimolla 30.7.2024, jossa Kiesilänjoen vaikutus näkyy selvästi klorofyllipitoisuuksien nousuna.



Kuva 37. Kuvassa sameuden arvot mittausvenedatassa Kuolimolla 30.7.2024, jossa tummanpunaiset yksittäisen kohdat johtuvat sameusanturin mittavirheestä.



Kuva 38. Klorofylli-a:n pitoisuudet mittausvenedatassa Virmajärvellä 31.7.2024 näkyvät siten, että Haudanselällä rehevyystaso on Kuljonselkää korkeammalla.



Kuva 39. Sameuden arvot mittausvenedatassa Virmajärvellä 31.7.2024, jossa korkeimmat yksittäiset sameusarvot havaittiin järven länsireunan Hiidenlahdessa.

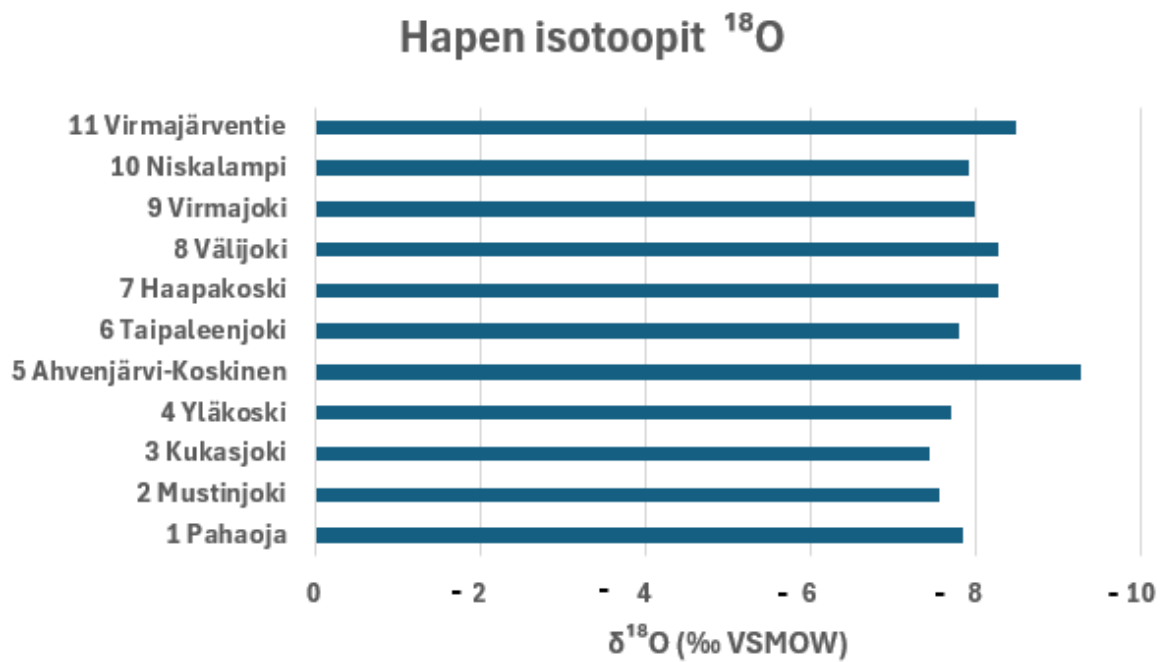
4.1.4 Lisänäytteenotot Oulun Yliopistolla

Diplomityössä tehtiin hankkeelle lisänäytteenottoja Oulun Yliopiston laboratorioissa. Valmistelin näytteet veden isotooppimittauksia varten 13.9.2024 yliopiston Geolabrassa. UV-abs näytteiden analysoinnin suoritin yliopiston biolabrassa puolestaan 17.9.2024

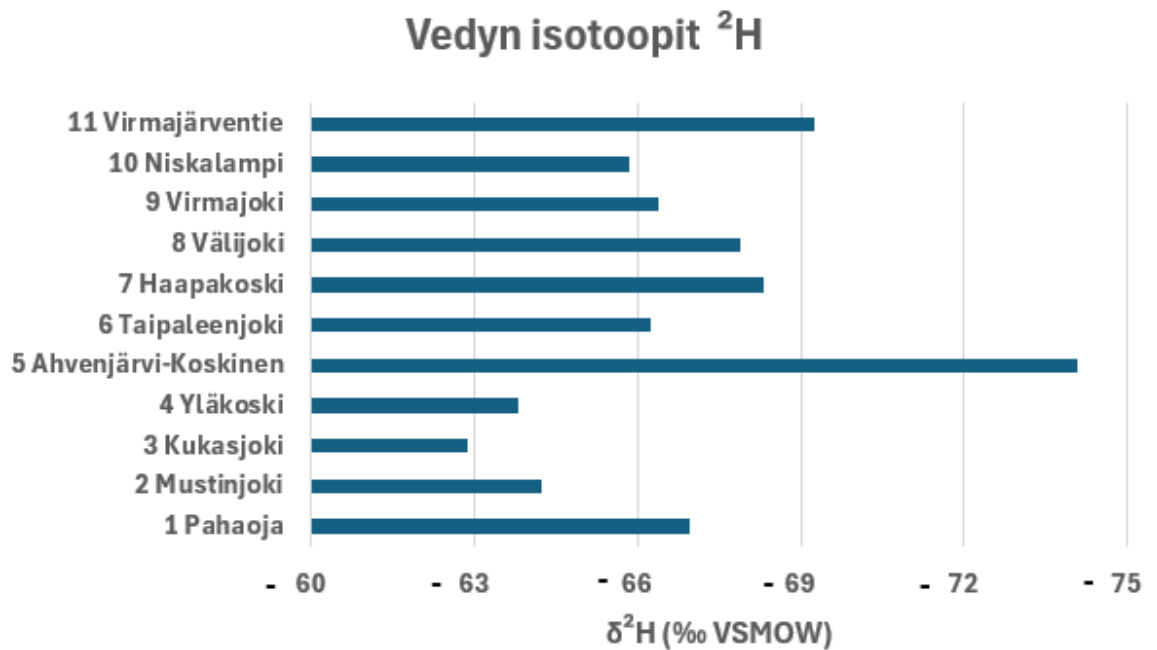
VEDEN ISOTOOPPIMITTAUKSET

Analyysitulokset veden isotooppien jakautumista sekä hapen ^{18}O (Kuva 40) että vedyn ^2H (Kuva 41) osalta ovat alla. Todettakoon aluksi, että molempien kohdalla jakaumat ovat siten hyvin samanlaiset, että näytepiste 5 Ahvenjärvi-Koskinen pienin arvo ja näytepiste 3 Kukasjoki suurin arvo. Näytteenottoaikasta riippuen vaihtelua oli siis havaittavissa, mutta ne kulkevat sekä vedyn, että hapen kohdalla pääasiallisesti samaan tapaan. Ahvenjärvi-Koskinen 5 erottui selvästi isotooppisesti kevyimpänä näytteenä. Arvot ovat enemmän negatiivisen puolella, mikä voi viitata siihen, että kyseessä olisi vähän haihtunut, mahdollisesti keväällä sulaneesta lumesta peräisin oleva valuntavesi. Tällaiset arvot voivat olla tyypillisiä arvoja nopeasta valunnasta, jossa vesi ei ehdi rikastua isotoopeilla. Enemmän negatiivisen puolella olevat arvot voivat kertoa myös siitä, että näytepisteen vedellä on vahvempi pohjavesiyhteys.

Toisessa ääripäässä Kukasjoen näyte edustaa rikastuneinta isotooppikoostumusta. Pintavesissä näytteillä, joilla on pidempi viipymäaika, tavataan monesti haihtumisesta aiheutuvaa isotooppista rikastumista. Tällaisissa ympäristöissä kevyt vesi haihtuu ensin, jolloin jäljelle jäävä vesi rikastuu raskailla isotoopeilla. (Clark & Fritz 1997). Yksi selitys isotooppiselle keveydelle voisi tietyissä näytepisteissä olla myös se, että yksinkertaisesti osavaluma-alueen ollessa pienempi vedellä on vähemmän aikaa ja matkaa tulla haihdutetuksi. Näiden pisteiden vertailussa tämä kävisi sinänsä järkeen, sillä näytepisteen 5 osavaluma-alue on 21 km^2 ja täten pienin osavaluma-alue näytepisteiden osalta.



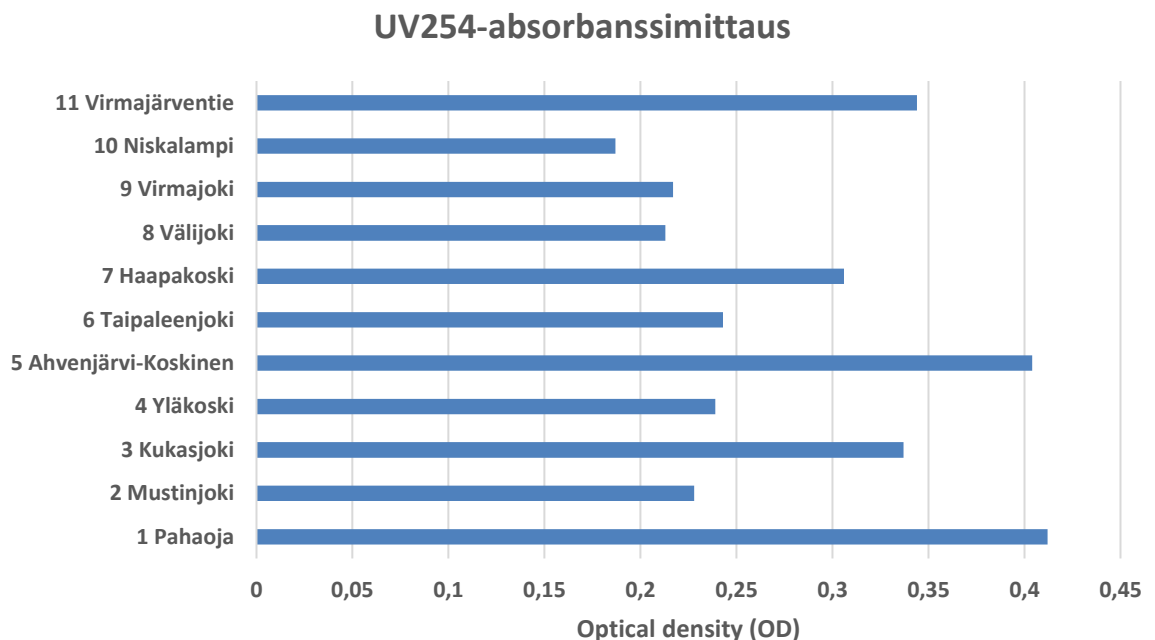
Kuva 40. Hapen isotooppimittauksen ^{18}O tulokset $\delta^{18}\text{O}$ (‰ VSMOW) yksikössä, jossa negatiivisempi luku voi viitata esimerkiksi suurempaan pohjavesivaikutukseen.



Kuva 41. Vedyn isotooppimittauksen ^2H tulokset $\delta^2\text{H}$ (‰ VSMOW) yksikössä.

UV-ABSORBANSSIMITTAUS

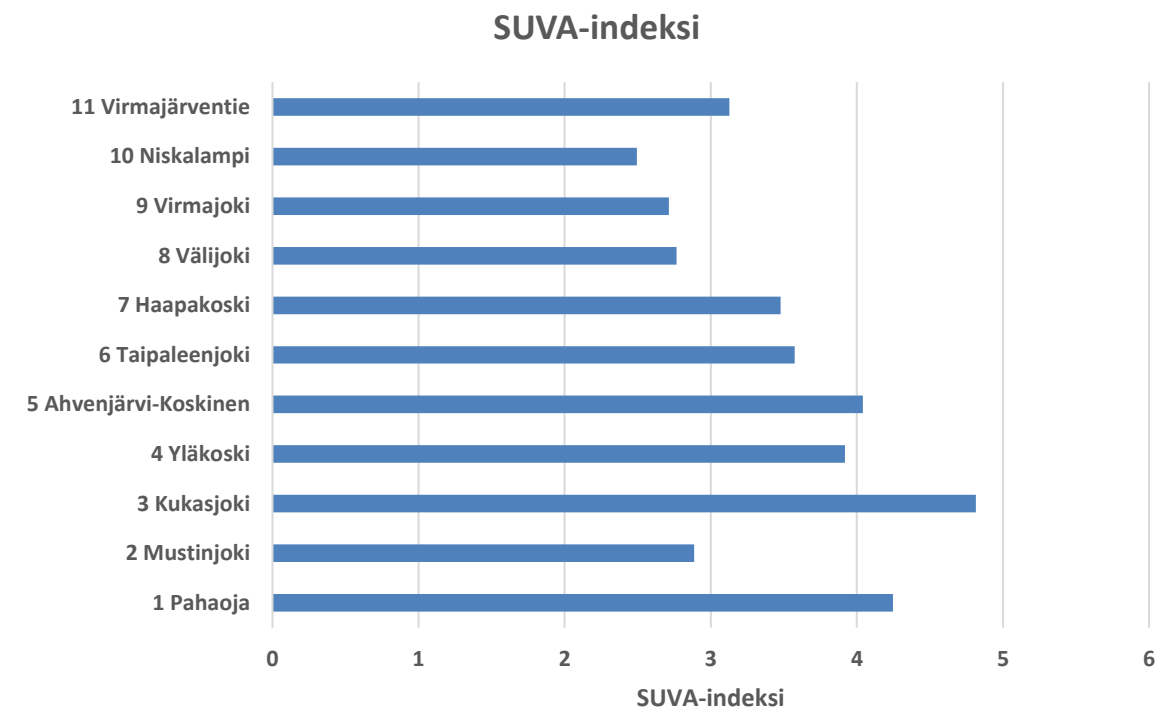
Tiedetään siis, että teorian tasolla UV254-absorbanssimittaus on yhteydessä värillisyyteen, sameuteen ja COD-arvoihin. Tämä voidaan vahvistaa myös näiden näytteiden osalta, koska verrattaessa Savo-Karjalan Ympäristötutkimuksen laboratoriosta saamiemme ensimmäisen näytekierroksen tuloksia näihin voimme todeta, että suurimmat arvot UV254-absorbanssin tapaan löytyvät näytepisteistä 1,5,11 kemiallisen hapenkulutuksen, väriluvun ja kokonaisorgaanisen hiilen osalta (Kuva 42; Taulukko 1). Myös sameuden arvot ovat linjassa, sillä erotuksella, että näytepiste 9 erottuu muita korkeimmilla (2,1 [FTU]) arvoilla.



Kuva 42. UV-absorbanssimittauksen tulokset.

SUVA-indeksi lasketaan yleensä jakamalla UV254-absorbanssimittaus DOC:n (liennut orgaaninen hiili) tuloksella. Hankkeessa ei mitattu DOC arvoja, mutta TOC arvot ensimmäisen hankkeen näytekierrokselta löytyy. Tässä tilanteessa TOC pitäisi sopia myös laskentaan, koska todennäköisesti suurin osa hiilestä on joka tapauksessa liuenneena. Tuloksissa (Kuva 43) on hieman vaihtelua UV-absorbanssituloksiin. Korkeimmat SUVA-indeksin arvot nähdään 1 ja 3, niiden ollessa ainoat, jotka ylittävät korkean aromaattisuuden >4 rajan. Näytepisteen 1 kohdalla tämä ei ole yllättävää sillä, se on arveltu humuspitoisemmaksi, myös muiden vesinäytteiden kohdalla. Näytepisteen

3:n erottuminen puolestaan SUVA-indeksin korkeimpana mitatuista näytepisteistä on mielenkiintoista, koska mittauspisteen muut vedenlaatumuuttujien tulokset eivät osoittaneet sen erottumista muita korkeampana. SUVA-indeksin tuloksen myötä näytepisteen 3 valuma-alueella on syytä tarkkailla mahdollisten humuskulkeutumisen paikantamiseksi.



Kuva 43. Kuvassa UV254-absorbanssiin perustuvat SUVA-indeksit ensimmäisen näytekierroksen tuloksista.

4.1.5 Näkösyvyysmittaukset

Pro Kuolimon toteuttamia näkösyvyysmittausten kierroksia toteutettiin hankeaikana 7 eri ajankohtana. Ensimmäinen kierros toteutettiin kesäkuussa 2024 (Kuva 44) ja sen jälkeen kierroksia on toteutettu, elokuussa 2024, lokakuussa 2024, maaliskuussa 2025, kesäkuussa 2025, elokuussa 2025 (Kuva 45) ja lokakuussa 2025. (Leo Lauramaa 2025) Näkösyvyyden havaintopaikat löytyvät listattuna kirjaimin numerokoodattuna alta taulukosta 2.

Eri näkösyvyysmittaus kierrosten välillä on vuosittaisia ja kuukausikohtaisia vaihteluita, mutta isossa kuvassa näkyvät trendit pysyvät samoina näkösyvyystuloksien arvoissa Kuolimolla ja sen valuma-alueilla. Kuolimolla heikoimmat näkösyvytydet tavataan juuri

Kiesilänjoen valuma-alueen purkupisteen edustalla Kirvesselällä (C1) sekä Savitaipaleen kirkonkylän Kaijanlahdella (B4). Näkösyvyydeltä parhaimpien tuloksien löytyessä näytekierroksilla poikkeuksetta Kuolimon Isoselältä näytepisteiltä (A1;A3). Kuolimon valuma-alueilta puolestaan heikoimpiin tuloksiin päästään ehdottomasti Säänjärvellä (H8;H9), näkösyvyyksien ollessa vain metrin luokkaa. Sen lisäksi myös Virmajärvellä (H4) sekä Vieruvanjärvellä (H7) ollaan heikoimmillaan näkösyvytydessä vain 2 metrin tuloksessa.

Kiesilänjoen valuma-alueen näytepisteitä tarkastellessa muutama toistuva trendi näkyy myös kaikilla näytekierroksilla. Valuma-alueen suurimman järven osalta Korpijärvellä, itäpuolen Halmeniemenselän näkyvyys (H1) on parempi kaikilla näytekierroksilla, kuin länsipuolen Valtolanselällä (H2). Eron suuruus näytepisteiden näkösyvytyden osalta vaihtelee kierroksittain ollen suurimmillaan 1 metri elokuussa 2024, jolloin itäpuolen tulos oli 4,8 m ja länsipuolen 5,8 m. Huomion arvoista on myös Vieruvanjärven pisteen H7 alhaiset näkösyvytydet 2,3 m kesäkuussa 2024 (Kuva 44) ja 2,1 m elokuussa 2025 (Kuva 45).

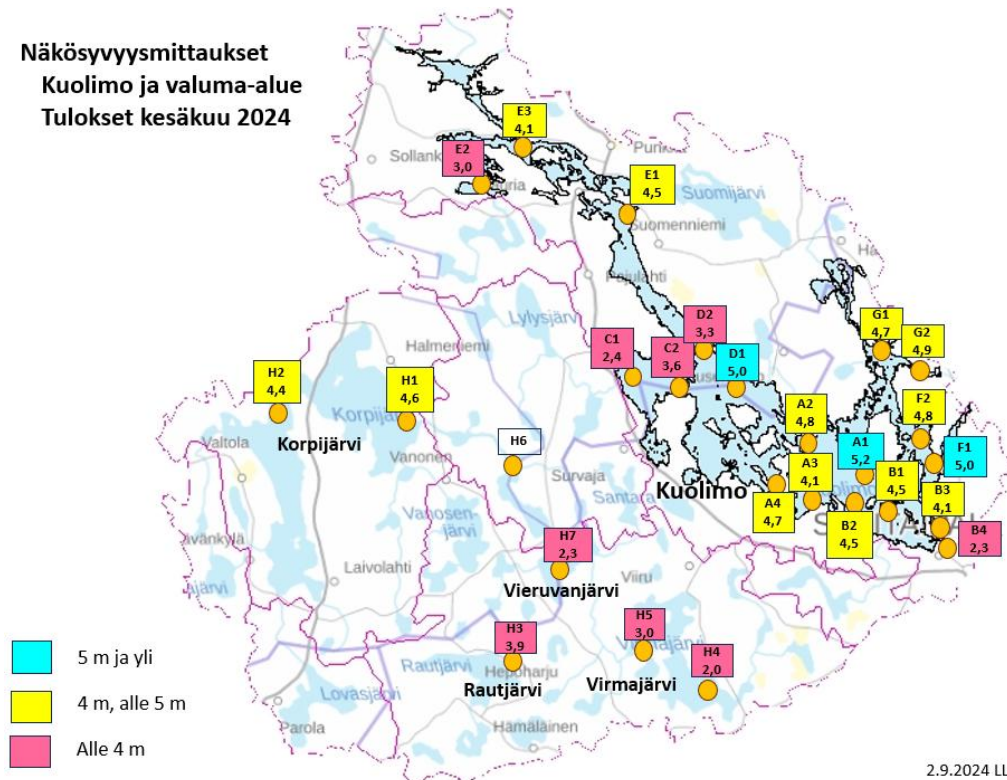
Virmajärven osalta näkösyvytyssmittauksissa toistuva trendi on se, että eteläpuolen Haudanselällä (H4) näkösyvytydet ovat noin metriä pienemmät, kuin pohjoispuolen Kuljunselällä (H5). Suurimmillaan ero oli lokakuun 2024 kierroksella, kun eteläpäässä mitattiin näkösyvytyys 2,0 m ja pohjoispäässä 3,2 m. Ero on suuri, kun ei puhuta pitkästä siirtymästä saman järven sisällä ja kertoo eteläpäähän tulevasta vesistökuormituksesta. Täysin sama trendi on havaittavissa myös tekemissämme SYKE:n mittausvenekartoituksissa (Kuva 38), joissa klorofyllitasot näyttivät samaa trendiä Virmajärven osalta.

Myös Kuolimolla suorittamamme samainen mittausveneellä tehty tutkimus (Kuva 36) oli tuloksiltaan linjassa näkösyvytyssmittaustuloksiin. Heikoimmat vedenlaatutulokset Kiesilänjoen laskupisteen läheisyydessä Kirvesselällä ja siitä vähitellen parempia tuloksia, kunnes Isoselällä näkösyvytydeltään sekä klorofyllipitoisuudeltaan parhaat tulokset.

Taulukko 2. Hankkeen aikana käytössä olleet näkösyvytyden mittauspaikat A1-I2. Mittauspaikat löytyy kartoista (Kuva 44; Kuva 45) kirjainkoodattuna.

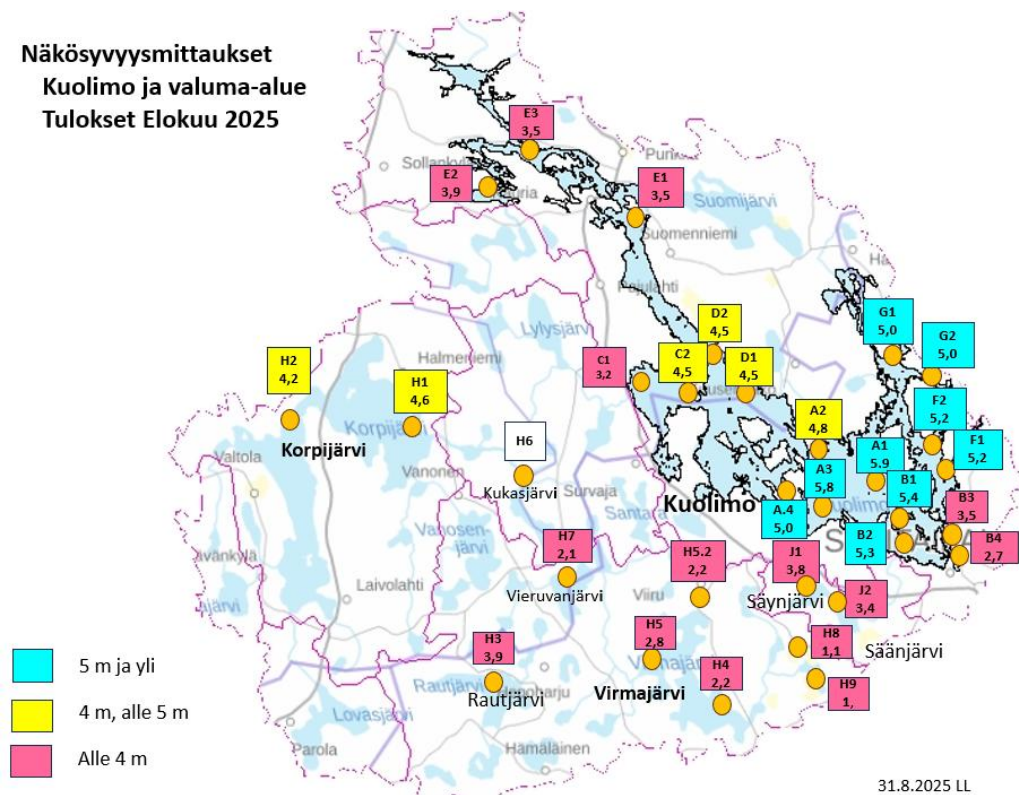
Alue (A-E)	Mittauspaikka (A1-E3)	Alue (F-I)	Mittauspaikka (F1-I2)
A. Isoselkä	A1 Torvisaari läntinen	F. Pylkönselkä- Kärnäkoski	F1 Kärnäkosken suu
	A2 Kuolimosalmen suu		F2 Tupasaari Itä
	A3 Pyhä Paula (puhdistamo)	G. Parranselkä- Partakoski	G1 Orrain suu
	A4 Kinkosalmi luode		G2 Partakosken reitti
B. Pappilanlahti- Kaijanlahti	B1 Lepänkanto	H. Kiesilänjoen valuma-alue	H1 Korpjärvi itä – Sulunlahti länsi
	B2 Leinvihko länsi		H2 Korpjärvi länsi – Sääskisaari länsi
	B3 Uuhijoen suu		H3 Rautjärvi – Kuupponiemi pohjoinen
	B4 Kaijanlahti – etelä		H4 Virmajärvi – Haudanselkä lounas
C. Kirvesselkä	C1 Kiesilänjoen suu		H5 Virmajärvi – Kuljunselkä lounas
	C2 Kirvessalmi		H5.2 Virmajärvi- Pohjanpäänlahti
D. Morovanselkä	D1 Morovanselkä eteläinen		H7 Vieruvanjärvi – Kotisaari itä
	D2 Morovanselkä pohjoinen		H8 Säänjärvi- Hujasenvuori
E. Suomenniemi	E1 Puhdistamon suu		H9 Säänjärvi-Hujasensaari etelä
	E2 Kuhalahti	I. Uuhijoen valuma-alue	J1 Säynjärvi – Suurensaarenselkä
	E3 Muuriaissaari etelä		J2 Säynjärvi – Hiidenlahti

**Näkösivyyssmittaukset
Kuolimo ja valuma-alue
Tulokset kesäkuu 2024**



Kuva 44. Näkösivyyssmittausten tuloksia kesäkuulta 2024. (Leo Lauramaa 2025)

**Näkösivyyssmittaukset
Kuolimo ja valuma-alue
Tulokset Elokuu 2025**



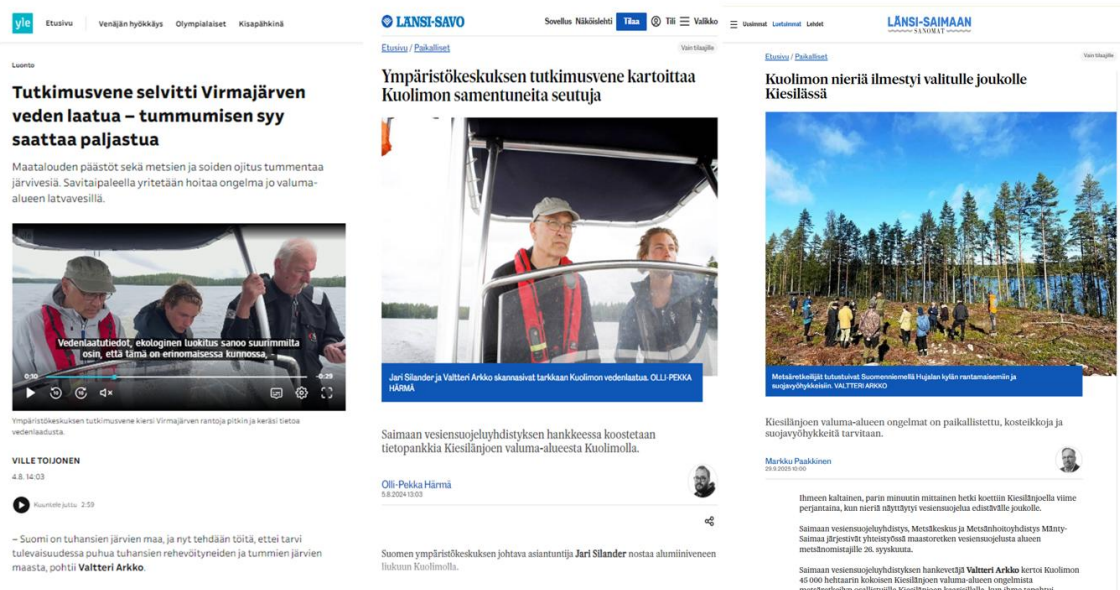
Kuva 45. Näkösivyyssmittausten tuloksia elokuulta 2025. (Leo Lauramaa 2025)

4.2 Viestintä

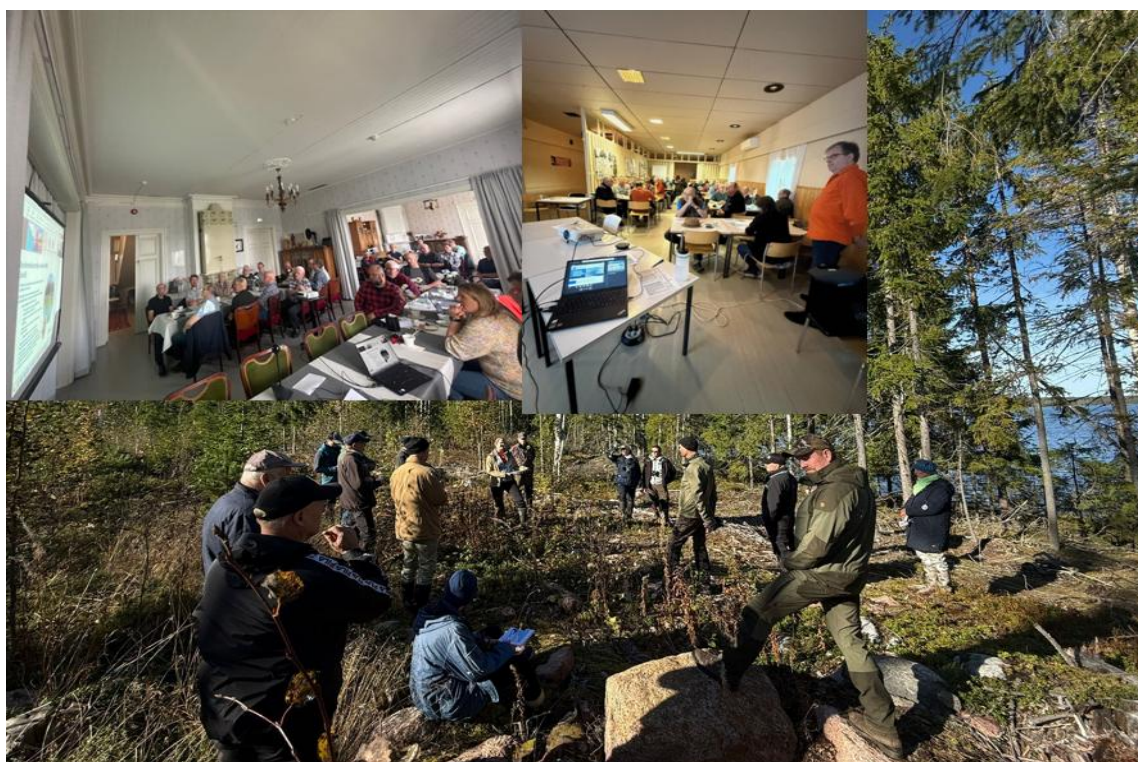
Hankkeessa toteutettiin monipuolista viestintää paikallisille toimijoille sekä sidosryhmille ja yleisesti muille alueen ihmisille. Hankeviestintää tehtiin hankkeen aikana sekä sisäisesti esimerkiksi hankkeen ohjausryhmän kesken, että ulkoisten kanavien kautta. Hankkeen ohjausryhmään on kuulunut Etelä-Savon ja Kaakkois-Suomen ELY-keskukset, Pro Kuolimo, Suomen Metsäkeskus, Metsähallitus, Etelä-Karjalan Kalatalouskeskus, Korpijärvi-Kuolimon Kalatalousalue, Mänty-Saimaan Metsänhoitoyhdistys, Savitaipaleen Kunta, Mäntyhajun kunta sekä Mikkelin Kaupunki. Hankkeen ulkoiseen viestintään kuului tiedottaminen verkkosivuilla, sosiaalisessa mediassa, paikallismedioissa sekä tilaisuuksissa ja tapahtumissa.

Ulkoisen viestinnän avulla pyrittiin lisäämään tietoisuutta valuma-alueen tilasta ja hankkeen etenemisestä sekä tarjoamaan asukkaille ja toimijoille mahdollisuuksia osallistua keskusteluun ja tuoda esiin omia näkemyksiään. Hankkeen verkkosivuilla ilmoitettiin esimerkiksi tulevista tapahtumista ja tietoa kerätyistä vedenlaatuaineistosta. Sosiaalista mediaa hyödynnettiin erityisesti SVSY:n Facebook sivujen kautta, mutta myös LinkedIn palvelinta hyödynnettiin. Paikallismedioissa (Kuva 46) hanke oli uutisissa Länsi-Saimaan Sanomissa (Länsi-Saimaan Sanomat 2025; Länsi-Saimaan Sanomat 2024) ja Länsi-Savossa (Länsi-Savo 2024). Myös YLE teki verkkouutisen hankkeesta SYKE:n mittausvenepäivästä (Yle Uutiset 2024), jolloin mukana oli myös toimittaja tekemässä suoraa radiolähetystä alueuutisiin sekä pätää YLE TV:n alueuutisiin. Vahva näkyvyys paikallismedioissa toi paljon yhteydenottoja alueen ihmisiltä, ja he toivat esille esimerkiksi omia huolenaiheita ja näkemyksiään kuormitusten ongelma-alueista.

Paikallisten ihmisten ja sidosryhmien näkemyksiä sekä paikallistuntemusta hyödynnettäväksi myös järjestettyjen tilaisuuksien ja tapahtumien kautta (Kuva 47). Hankkeessa järjestettiin yleisötilaisuudet alku- ja loppuvaiheessa sekä tupailta, jossa syvennyttiin tarkemmin Virtajärven valuma-alueeseen. Tilaisuudet keräsivät paikanpäälle useamman kymmenen henkilöä tilaisuutta kohden. Tilaisuuksia yhdisti se, että paikallisten tuntemusta ja tietoa omista lähialueistaan kerättiin hankkeen käyttöön, jakamalla valuma-aluekarttoja ja kehottamalla merkkamaan niihin huomion arvoisia alueita (Liite 1). Lisäksi hankkeessa järjestettiin maastoretki-tapahtuma yhdessä Metsäkeskuksen ja Mänty-Saimaan Metsänhoitoyhdistyksen kanssa. Hanke oli myös esillä ja esiteltiin useassa Pro Kuolimon järjestämässä tilaisuudessa.



Kuva 46. Hanke sai näkyvyyttä esimerkiksi Ylellä, Länsi-Savossa ja Länsi-Saimaan sanomissa.



Kuva 47. Hankkeen tilaisuudet keräsivät hyvän määrän alueen ihmisiä koolle.

5 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Kiesilänjoen valuma-alueen vedenlaatutarkastelu osoitti, että kuormituksen kannalta keskeisimpiä ongelma-alueita pääuomista ovat erityisesti näytepisteiden 1 (Pahaoja), 11 (Virmajärventie) ja 20 (Rahettavanjoki) valuma-alueet (Kuva 48), joissa todettiin esimerkiksi korkeimmat ravinteiden, kokonaisorgaanisen hiilen ja kiintoaineen pitoisuudet. Hankkeen vedenlaatutarkastelu vahvisti myös huolta Kiesilänjoen valuma-alueen kuormitusvaikutuksesta Kuolimoon, sillä valuma-alueelta tuleva kuormitus näkyy Kuolimolla suoritetuissa mittausvenetarkasteluissa (Kuva 36; Kuva 37) sekä näkösyvyysmittauksissa (Kuva 44; Kuva 45). Syvennytään tuloksiin tarkemmin myöhemmin tässä työn luvussa 5.

Hankkeessa kerättiin paljon erilaista vedenlaatutietoa sekä analysoitiin myös vanhaa tutkimusdataa tarkoituksena löytää Kuolimoa kuormittavalta Kiesilänjoen valuma-alueelta sen kuormituksellisia ongelma-alueita. Vedenlaatutiedon tarkastelussa on hyvä ottaa huomioon mahdolliset mittautuloksiin liittyvät epätarkkuudet. Varsinaisissa hankkeen vesinäytteenottokierroksissa haettiin näytteet noin 10 näytepisteeltä näytekierrosta kohden. Tämä auttaa tulosten tulkinnessa sen vuoksi, että tuloksia voidaan vertailla näytepisteiden välillä keskenään. Näytepisteeltä 9 Virmajoki haettiin vesinäyte jokaisella näytekierroksella ja tuon näytepisteen arvojen vaihtuvuuden perusteella voi tehdä varovaisia arvioita yleisesti valuma-alueella olevasta valumien määrästä. Toki yksi piste on hyvin vähän ja paras tilanne olisi pitää kaikki näytepisteet ennallaan ja sitten lisätä näytekierroksittain vain uusia pisteitä, mutta tämä ei hankkeen budjetin rajoissa ollut mahdollista.

Jatkuvatoimisen mittausanturin kohdalla tuloksien luotettavuuteen liittyy sameusarvojen osalta (Kuva 34) pientä epävarmuutta. Jatkuvatoiminen anturi keräsi roskaa ja humusta itseensä ja sitä tuli aika välillä käydä puhdistamassa. Esimerkiksi elokuun 2024 tuloksia ei saatu luetettavasti mitattua, koska anturiin oli tarttunut likaa. Syksyllä 2024 anturin puhdistamisen jälkeen anturin tulokset vaikuttivat luotettavilta ja sameusarvot nousivat syksyn virtaamien kasvaessa jatkuvatoimisen mittausdatassa. Epäluottamusta tuloksiin ja sameusarvojen moninkertaisiin nousuun jopa 13 [FTU]:n tasolle herätti kuitenkin samaan aikaan tehty toinen vesinäytteenottokierros, jossa sameuksien arvot (Kuva 28) eivät olleet nousseet läheskään samassa suhteessa. Toki täytyy muistaa, ettei Kiesilänjoelta ollut näytekierroksella näytteenottoa. Jatkuvatoiminen mittausanturi tarvitsee kuitenkin lisää

dataa tulevaisuudessa hankealueelta pystyttäessä sanomaan varmemmin tuloksien luotettavuudesta.

Mittausveneiden anturit kalibroitiin ennen mittauspäiviä käyttäen valmistajan ohjeiden mukaisia standardiliuoksia. Kalibroinnin jälkeen mittaustulosten absoluuttisiin arvoihin liittyy enää tyypillinen pieni sensorikohtainen epävarmuus. Alueiden keskinäinen vertailu on luotettavaa, koska kaikki mittaukset tehtiin saman kalibroidun anturijärjestelmän ja yhtenäisen mittausprotokollan avulla. Toki myös venemittaus aiheutti virhettä mittaustuloksiin, kun sameusanturin oma putsausmenetelmä aiheutti mittaustuloksiin sameuspiikkejä (Kuva 37; Kuva 39). Näkösyvyysmittausten osalta pieni virhemarginaali on puolestaan realistinen, mittaustavan ollessa osittain aistihavaintoon perustuva. Myös sääolosuhteilla ja myös mittaajien välillä voi olla vaihtelevuutta. Tämän vuoksi olisi hyvä, jos mahdollisuuksien mukaan mittaustaikojen mittaajat pysyisivät suhteellisen samoina eri näytekiertoilla.

Työssä tarkasteltiin myös Hertasta löytyvää historiallista mittaustulodataa valuma-alueen vedenlaadusta (Hertta 2025). Osassa mittauspisteistä mitattua dataa on vuosikymmenien ajalta ja suhteellisen samoina mittausaikajaksina (Kuva 14; Kuva 15). Tällöin voidaan nähdä jo vedenlaadun muutoksen trendejä suhteellisen luotettavasti. Kuitenkin esimerkiksi yksi mittaus vuodessa ei kerro kovin paljoa, koska siihen vaikuttaa niin paljon edellisten viikkojen sademäärät ja valumat. Eri vuosien välillä samana päivänäkin tehty mittaus voi antaa aivan erilaisen tuloksen, jos vuosittainen sademäärä käyttäytyy erilaisissa sykleissä. Toisaalta jos mittaustuloksissa puhutaan vuosista kuukausittaisen vaihtelun lisäksi (Kuva 16; Kuva 17) on hyvin vaikea sanoa luotettavasti mihin suuntaan näytepisteen vedenlaatu on kehittyvässä.

Kiesilänjoen valuma-alueella Hertta-tietokannan näytepisteitä on useita, mikä mahdollistaa yksittäisen pisteen sijasta useamman havaintopaikan pitkän aikavälin kehityksen tarkastelun. Tätä lähestymistapaa hyödynnettiin esimerkiksi kemiallisen hapenkulutuksen trendien arvioinnissa Vierujanjärven, Virmajärven, Rautjärven ja Säänjärven kohdalla, joiden kaikkien historiallista dataa yhdisti vedenlaadun heikkemiskehitys, kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulosten nousua viime vuosikymmeninä (Kuva 16). Sama heikkemiskehitys huomattiin myös veden väriluvun osalta tarkastelluissa pisteissä Kotajärvellä, Myllylammella, Kuivajärvellä ja Säänjärvellä (Kuva 17). Edelleen kuitenkin mittaustulostilastoilla voidaan nähdä olevan hyvin suuri

vaikutus pitoisuuksiin. Esimerkiksi Myllylampi 062 mittauspisteellä Väriluvun arvo 70 [mg/l Pt] mitattiin maaliskuussa 2021, kun puolestaan vain 4 kuukautta myöhemmin heinäkuussa 2021 väriluvun arvo oli puolittunut 35 [mg/l Pt] (Kuva 17b). Tämän vuoksi samalla näytekerralla otettujen näytteiden keskinäinen vertailu on luotettavampaa kuin pitkän aikavälin trendien arviointi tilanteissa, joissa mittausvälit ovat harvoja.

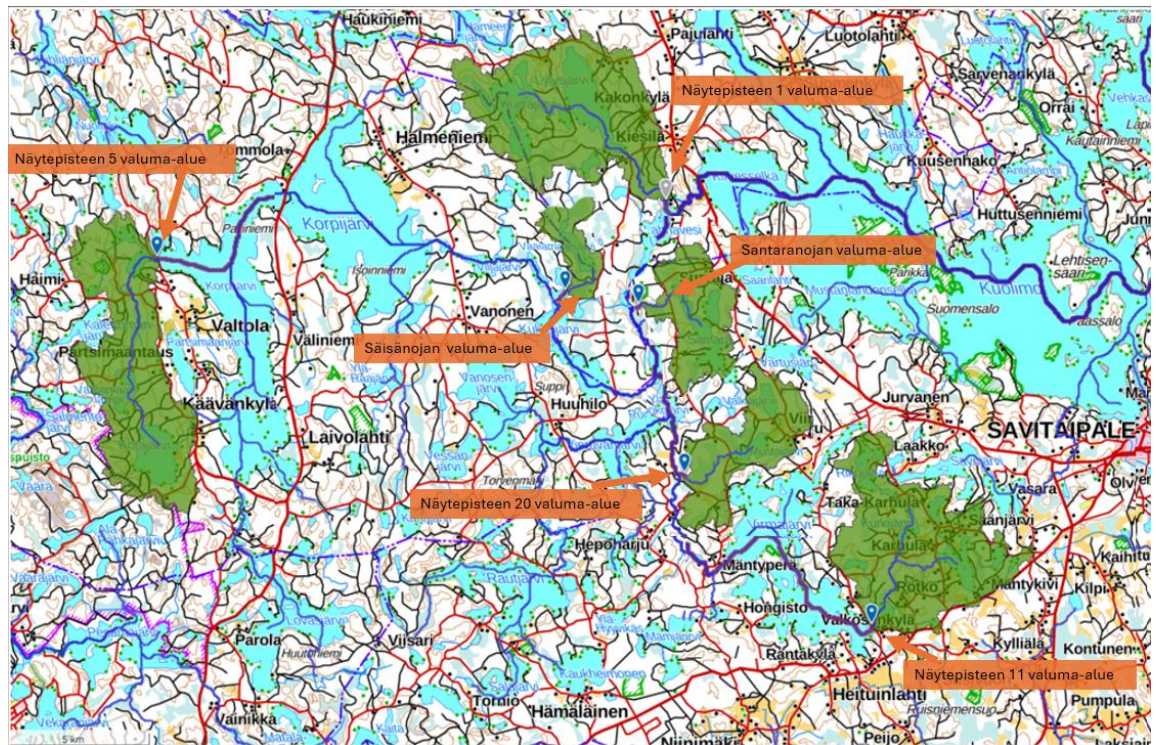
Vedenlaatua voidaan tutkia ja vesiensuojelurakenteita kohdentaa, mutta parhaat vesiensuojelutoimet vesiensuojelurakenteiden sijasta ovat kuitenkin ennaltaehkäistä kuormituksia, ja tämän takia hankkeessa toteutettu viestintä nousi tärkeäksi osaksi kokonaisuutta. Esimerkiksi Suomen lainsäädäntö ei yleisesti tällä hetkellä edellytä vesistöjen suojakaistojen jättämistä paitsi tietyillä määritellyillä alueilla. Tästä syystä vesistöjen suojakaistat perustuvatkin pääosin vapaaehtoiisiin metsänhoitosuosituksiin ja metsien sertifiointijärjestelmiin. Maatalouden aiheuttama vesistökuormitus on luonteeltaan myös hajakuormitusta, minkä vuoksi sen hallinta edellyttää toimenpiteitä jo kuormituksen syntypaikalla, koska jokaisen uoman suulle ei ole realistista ajatella rakentavansa vedenpuhdistamoja tai vesiensuojelurakennetta. Näitä kuormituksen ennaltaehkäisyyn vaikuttavia toimia voidaan onnistuneella hankeviestinnällä edistää.

Monipuolisen viestinnän avulla lisättiin paikallisten toimijoiden tietoisuutta valuma-alueen kuormituksesta ja vahvistettiin heidän osallistumistaan vesiensuojelutyöhön, mikä tuki työn tavoitteita ja edisti toimenpiteiden jatkuvuutta. Näkyvyys mediassa toi myös paljon yhteydenottoja ja tärkeää paikallistietoa saatiin kerättyä alueen ihmisiltä. Paikalliset ovat kuitenkin omien metsiensä ja mökkirantojen parhaat asiantuntijat. He jakoivat esimerkiksi näkemyksiään kuormitusta tuovista uomista ja tiedon perusteella näytteenottoa voitiin ohjata paremmin. Useat maanomistajat ilmaisivat myös, että tulevaisuudessa metsätaloustoimissaan he aikovat huomioida vesiensuojelun entistä tarkemmin.

5.1 Kuormitusalueiden paikantaminen

Työn tavoitteena oli monipuolisella vesinäytteenotolla paikantaa valuma-alueen kuormituslähteitä. Näitä pystyttiinkin paikantamaan hankkeessa neljällä vesinäytteenottokierroksella, lisänäytteenotoilla sekä esimerkiksi mittausveneaineiston sekä paikallistiedon avustuksella. Paikannettuja kuormitusalueita on kuvattu alla kuvassa 48. Kuvassa näkyviä valuma-alueen kuormittavia osavaluma-alueita ovat näytepisteen 1

(Pahaoja), näytepisteen 5 (Ahvenjärvi-Koskinen), näytepisteen 11 (Virmajärventie), näytepisteen 20 (Rahettavanjoki), Santaranojan ja Säisänojan valuma-alueet.



Kuva 48. Hankkeessa paikannettuja valuma-alueen kuormittavia osavaluma-alueita.

Pohjaa valuma-alueen vedenlaatutarkastelulle luotiin jo ensimmäisten Pro Kuolimon näkösyvyysmittausten osalta kesäkuussa 2024 (Kuva 44). Tuloksissa nähdään, että Kiesilänjoen vaikutus Kuolimon näkösyvyyksissä on hyvin selkeä, koska huonoin näkösyvyys 2,4 m mitattiin juuri Kirvesselällä Kiesilänjoen purkupisteen jälkeen. Tuon jälkeen pidemmälle Kirvessalmen ja Kuolimon isommille selille näkösyvytydet paranevat ollen korkeimmillaan Kuolimon Isoselällä 5,2 m. Valuma-alueelle suuntautuvista pisteistä Virmajärven kaksi pistettä H4 ja H5 herättivät huomiota, koska niiden välillä näkösyvyys vaihtuu 2 metristä 3 metriin, niin että eteläpuolen Haudanselällä näkösyvyys on heikompi (Kuva 44).

Ensimmäisellä näytekierroksella heinäkuun alussa 2024 näytepisteet 1–11 jaettiin tasaisesti eri puolella Kiesilänjoen valuma-alueen päävirtausuomia (Kuva 18; Kuva 25) Tuloksissa (Kuva 26; Kuva 27) erottuivat erityisesti kemiallisen hapenkulutuksen, väriluvun, kokonaisorgaanisen hiilen ja kiintoaineen osalta näytepisteet 1 (Pahaoja), 5 (Ahvenjärvi-Koskinen) ja 11 (Virmajärventie). Esimerkiksi vedenlaatuluokituksen raja-

arvojen (Ympäristö.fi, n.d) mukaan kyseisten kolmen näytepisteiden vesi luokitellaan kemiallisen hapenkulutuksen mukaan humusvedeksi näytepisteen 5 arvon oltua 10 [mg/l] ja näytepisteiden 1 ja 11 arvojen oltua 11 [mg/l]. Näiden näytepisteiden valuma-alueet nähtiin verrannollisesti kuormittavina suhteessa muihin näytekierroksella olleisiin näytepisteisiin.

Ensimmäisen näytekierroksen tuloksista tehtiin myös Oulun yliopistolla lisänäytteenottojen tarkasteluja veden isotoopeista ja UV-absorbanssista. Näytepiste 5 (Ahvenjärvi-Koskinen) erottui näytekierroksella isotooppisesti kevyimpänä ja hapen isotoopin arvo -9,3 [$\delta^{18}\text{O}$ ‰ VSMOW] ja vedyn isotoopin arvo oli -74,1 [$\delta^2\text{H}$ ‰ VSMOW]. Isotooppisesti kevyempänä arvo voi viitata siihen, että kyseessä olisi vähän haihtunut, mahdollisesti keväällä sulaneesta lumesta peräisin oleva nopeasta valuntavedestä tai pohjavesivaikutteisuudesta.

Tällaiset arvot voivat olla tyypillisiä arvoja nopeasta valunnasta, jossa vesi ei ehdi rikastua isotoopeilla. Yksi selitys isotooppiselle keveydelle voisi näytepisteissä 5 olla myös se, että osavaluma-alue on sillä näytepisteellä pienin vertailtavista näytepisteistä, jolloin vedellä on vähemmän aikaa tulla haihdutetuksi. Näytepisteen 5 kohdalla kyse voi hyvinkin olla pohjavesivaikutteisuudesta, koska näytepisteen valuma-alueella on laajat harjuaalueet Ahvenjärven, Korpinsuon ja Vaajamaanlammen länsipuolella. Näytepisteen vedenlaatuanalyysit osoittivat ensimmäiseltä näytekierrokselta näytepisteen 5 erottuvan pisteiden 1 ja 11 tavoin, jolloin suuri pohjavesivaikutteisuus meinaisi sitä, että kuormituksella on suurempi painoarvo. Koska suurin pohjavesivaikutteisuus ei auta silti peittämään kuormituksia, koska oletettavasti pohjavesi on aina puhdasta.

UV254-absorbanssimittaustuloksista nähtiin niiden korreloivan veden väriluvun, kemiallisen hapenkulutuksen ja sameuden kanssa, näiden kaikkien parametrien kohdalla näytepisteiden 1 (0,41 [OD]), 5 (0,40 [OD]) ja 11 (0,34 [OD]) arvojen ollessa korkeimmat (Kuva 26; Kuva 42). Tämä korrelaatio varmisti myös mittaustulosten luotettavuutta, koska se oli myös asian teoriapuoleinen oletamus. UV254-absorbanssimittaustuloksissa laskettiin myös SUVA-indeksin arvot. Korkeimmat SUVA-indeksin arvot nähtiin näytepisteissä 1 ja 3, jotka ylittivät ainoina korkean aromaattisuuden >4 rajan. Näytepisteen 3:n erottuminen puolestaan SUVA-indeksin korkeimpana (4,81) mitatuista näytepisteistä on mielenkiintoista, koska mittauspisteen muut vedenlaatumuuttujien tulokset eivät osoittaneet sen erottumista muita korkeampana (Kuva 43). SUVA-indeksin

tuloksen myötä näytepisteen 3 valuma-aluetta on syytä tarkkailla mahdollisten humuskulkeutumisen paikantamiseksi.

Ensimmäisen näytekierron jälkeen heinäkuun lopulla 2024 suoritettiin SYKE:n mittausveneellä tehdyt tutkimuspäivät. Valuma-alueen toiseksi suurin järvi, Virtajärvi, nousi kiinnostavaksi kohteeksi mittausvenetutkimusten näkökulmasta. Kesäkuun 2024 näkösyvyysmittaukset sekä paikallistieto viittasivat siihen, että järven etelä- ja pohjoispuolisten alueiden vedenlaadussa saattaa olla merkittäviä eroja. Lisäksi ensimmäisen vesinäytteenottokierros ja siellä esiin noussut näytepiste 11 verrannollisesti korkeilla arvoilla vahvistivat mittausveneeseen tuomista Virtajärvelle, kun esimerkiksi CODMn:n arvoksi saatiin 11 [mg/l] ja TOC:n 11 [mg/l]. Mittausvenetuloksissa sameuden osalta (Kuva 39) erottuu Haudanselän tulokset Kuljunselkää sameampia. Huomionarvoista, että kaikista korkeimmat sameusarvot (>2,5 [FTU]) sijoittuvat Virtajärven länsireunan Hiidenlahdelle. Kapea Takasalmi erottaa Hiidenlahden Kuljuselästä ja oletettavasti huono veden vaihtuminen lahtialueella samentaa vettä sinne päässeiden lähialueiden suo-ojitusten kuormitusten vaikutuksesta. Tuloksissa rehevyytasojen osalta (Kuva 38) nähdäänkin hyvin selvästi, että eteläpuolen Haudanselän klorofyllipitoisuudet ovat selvästi pohjoispuolen Kuljunselkää korkeammat. Suurimmat rehevyytasot (4,66 [ug/l]) mitattiin lähellä Virtajärventietä, joka erottaa rumpuputkella Valkosenlammen Haudanselästä. Vesi virtaa Valkosenlammelta juuri kohti Haudanselkää tierummun kautta, jonka läheisyydessä mitattiin korkeimmat klorofyllipitoisuudet.

Näillä havainnoilla on selkeä yhteys ravinnekuormitukseen, sillä klorofyllipitoisuus toimii käytännössä leväbiomassan indikaattorina ja heijastaa erityisesti fosforin saatavuutta vedessä. Virtajärven eteläosassa mitatut kohonneet klorofylliarvot viittaavat siihen, että alueelle kulkeutuu järven pohjoisosaa enemmän ravinteita. Myös korkeammat CODMn- ja TOC-arvot kertovat orgaanisen aineksen ja humuskuormituksen vaikutuksesta. Yhdessä tarkasteltuna klorofylli, CODMn, TOC ja ravinteet muodostavat kokonaiskuvan järven rehevöitymispaineista. Ravinteiden lisääntyminen kiihdyttää levätuotantoa, mikä näkyy klorofyllipitoisuuksissa ja edelleen orgaanisen aineksen kasvuna. Maaperän ja maankäytön osalta Virtajärven pohjois- ja eteläosan valuma-alueiden välillä on eroavaisuuksia.

Koko Virmajärven valuma-alueen koko (Liite 2) on Mäntyperänlahden purkupisteeltä mitattuna 5679 ha ja sen maaperästä 486 ha (9 %) on turvemaata. Maatalousalueiden osuus on 295 ha (5 %). Tarkastellessa Virmajärven eteläosan valuma-alueita Ruokosalmen purkupisteestä (Liite 3) osavaluma-alueen pinta-ala on 3459 ha ja sen maaperästä 372 ha (11 %) on turvemaata. Maatalousalueiden osuus on puolestaan 246 ha (7 %). Suhteellisesti turvemaita ja sitä kautta turvemaiden suometsien ojituksia on siis enemmän Virmajärven Haudanselän valuma-alueella, koska lähes kaikki suoalueet ovat valuma-alueella ojitettuja. Myös suhteellisesti suurempi osuus maatalousalueita vaikuttaa osaltaan kuormitukseen. Myös maaperäkartta osoittaa, että turvetta ja liejua esiintyy selvästi enemmän Virmajärven eteläpuolisella osavaluma-alueella (Kuva 11).

Mittausvenekartoitus Kuolimolla vahvisti käsitystä siitä, että Kiesilänjoen valuma-alue ja sen kuormittavat osavaluma-alueet vaikuttavat selvästi Kuolimon vedenlaatuun (Kuva 36). Mittaustulokset osoittivat korkeimmat klorofyllipitoisuudet 2,16 [µg/l] Kuolimoon laskevan Kiesilänjoen suulla, minkä jälkeen arvot laskivat tasaisesti Kirvesselän Kirvessalmea kohti. Vastaavasti alhaisimman rehevyystason alue oli Kuolimon Isoselkä, jossa klorofyllipitoisuus oli mittaushetkellä 1,17 [µg/l]. Samansuuntaisen kuormituskuvan antoi myös kesäkuussa toteutettu näkösyvyysmittaus, jonka perusteella paras vedenlaatu havaittiin juuri Isoselällä ja heikoin näkösyvyys Kirvesselällä lähellä Kiesilänjoen laskukohtaa. Vaikka klorofylli ja näkösyvyys mittaavat eri parametreja, ja näiden mittausten välillä oli noin kuukauden aikaväli, tulokset tukivat toisiaan hyvin ja viittasivat samaan vedenlaadun vaihtelun gradienttiin järviolueella.

Klorofyllipitoisuus kuvaa kasviplanktonin määrää vedessä ja toimii yleisesti rehevöitymisen keskeisenä indikaattorina (Haakana 2018). Näkösyvyys puolestaan heikkenee, kun vedessä on runsaasti levää tai humusta, mikä lisää valon hajontaa ja absorptiota (Wetzel 2001). Tässä työssä molemmat suureet osoittivat rehevöitymisen olevan voimakkainta Kuolimoon laskevan Kiesilänjoen suulla, mikä viittaa valuma-alueelähtöisen kuormituksen vaikutukseen. Kun kaksi toisistaan riippumatonta mittausten menetelmää osoittaa saman suunnan muutokselle voidaan tuloksia pitää vedenlaatuarvion näkökulmasta vahvempina. Kuormituksen vähetessä järven keskiosaa kohti molemmat indikaattorit paranivat, mikä osoittaa, että ulkoisen kuormituksen vaikutus heikkenee etäisyyden kasvaessa valuma-alueelta.

Toisella näytekierröksellä marraskuussa 2024 myös näytepiste 9 erottui tuloksissa (Kuva 28; Kuva 29) selvästi edellisten ensimmäisellä näytekierröksellä havaittujen näytepisteiden 1, 5 ja 11 ohella. Huomion arvoista, että kuitenkin näytepiste 10, joka on hieman ennen näytepistettä 9 Virmajoki ei juuri erottunut vedenlaatuparametrien osalta kuormittavaksi ja arvojen nousu näytepisteen 9 tuloksiin oli merkittävä, ollen oikeastaan yli puolet korkeampi kaikkien mitattujen parametrien kohdalla. Mittauspistettä 9 lähellä olevien peltojen vaikutusta mittaustuloksiin mietittiin, mutta isossa kuvassa suuremmat ongelmat tulevat näytepisteen osavaluma-alueilta.

Samaan ajankohtaan toisen näytteenottokierroksen kanssa marraskuussa 2024 havaittiin myös jatkuvatoimisen EXO-anturin mittauksien sameuden huippuarvot Kiesilänjoelta (Kuva 34). Sameuden arvot kasvoivat jatkuvatoimisen mittaasanturin tuloksissa kesästä 2024 kohoten huippuarvoihinsa juuri marras-joulukuun taitteessa 2024, ennen kuin lämpötilat (Kuva 35) kääntyivät pakkaselle joulukuun alussa ensimmäisen kerran ja sameusarvot laskivat. Exo-anturin tulokset olivat yhteneviä säädatan kanssa, sillä sateisuuden lisääntyminen loppusyksyllä lisäsi valuntaa ja nosti sameusarvoja. Lämpötilojen laskiessa pakkasen puolelle ja sitä kautta sateiden muuttuminen lumeksi joulukuun ensimmäisellä viikolla, pienensivät sameusarvot jatkuvatoimin mittaasanturin tuloksissa.

Toisen näytteenottokierroksen tuloksissa sameuden arvot ovat näytepisteellä 11 yli kaksinkertaiset ensimmäisen näytekierröksen tuloksiin, mutta muuten tulokset sameuksien osalta ovat hieman ristiriidassa EXO-jatkuvatoimisen sameustuloksiin. Jatkuvatoimisen tulokset indikoivat sameusarvojen nousua suhteessa kesän arvoihin, mutta kuitenkin suurimmassa osassa näytepisteitä sameusarvot ovat joko kesän tuloksien tasolla tai jopa hieman alhaisemmat (Kuva 26; Kuva 28). EXO-jatkuvatoimisen sameuslukuihin tulee siis suhtautua pienellä varauksella ja jatkossa tarvitaan lisää samansuuntaisia yhdenaikaisia näytteenottoja tuloksia varmentamaan.

Kolmannella näytekierröksellä huhtikuussa 2025 näytepisteisiin tehtiin muutama muutos. Näytepisteen 1 Pahaojan valuma-alueelle haluttiin saada selvyyttä kuormitusten paikallistamiseksi. Niinpä sen valuma-alueelta näytteenottokierrokselle lisättiin 2 uutta näytepistettä 16 ja 17. Uusista näytepisteistä saatiin tulokset, mutta kokonaisuus ja idea näytepisteiden lisäyksestä ja tuloksien vertaamisesta näytepisteen 1 arvoihin ei onnistunut, koska 1 näytepisteen mittausta ei saatu suoritettua ajokelvottoman tien takia.

Muuten aiemmilta näytekierroksilta tutut näytepiste 9 ja 11 erottuivat edelleen esimerkiksi ravinteiden ja sameuden osalta. Edellisten kahden näytepisteen tavoin uudet näytepisteet 16 ja 17 olivat verrannollisen korkealla veden väriluvun ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta.

Neljännelle näytteenottokierrokselle heinäkuussa 2025 otettiin mukaan uusia näytepisteitä aikaisemmin havaittujen kuormittavien näytepisteiden osavaluma-alueilta. Näytepisteen 11 valuma-alueelta tiedettiin Säänjärvenjoki kuormittavaksi ja nyt mukaan otettiin myös Veksuonjoen näytepiste 22. Näytteenoton tulosten mukaan Veksuonjoki kuormittaa selvästi myös Valkosenlampea ja Virmajärveä (Kuva 32; Kuva 33). Esimerkiksi kemiallisen hapenkulutuksen (34 [mg/l]), kiintoaineen (3,3 [mg/l]) ja ravinteiden arvot ovat hankkeen mittausten kärkeä.

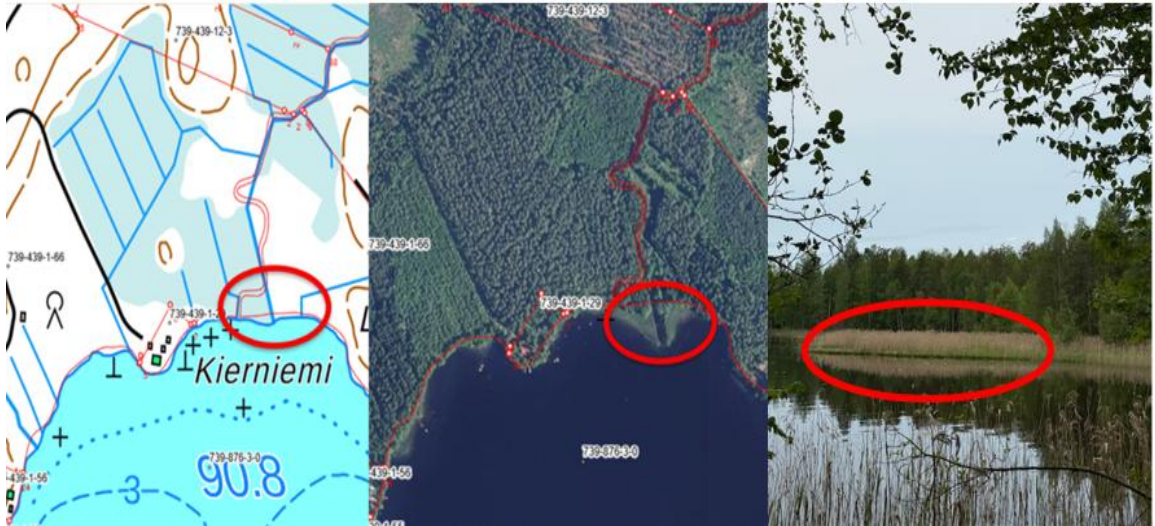
Virmajärven Pohjanpäänlahdesta on paikallisten keskuudessa puhuttu kuormittavana ja sinne vietiin myös vesinäytteenottopiste näkösyvyysmittaispisteen ohella. Vesinäytteenottopiste vietiin isoimpaan lahteen laskevaan uomaan eli Kurkonniitulta laskevaan uomaan. Uoma myös havaittiin tuloksissa kuormittavaksi, kun näytepiste oli mitattujen vedenlaatuparametrin kemiallisen hapenkulutuksen (53 [mg/l]), väriluvun (360 [mg/l]), kokonaistypen (2800 [mg/l]) ja kokonaisfosforin (90 [mg/l]) osalta arvoiltaan korkeimmalla (Kuva 32; Kuva 33). Vedenlaatulokitusten raja-arvojen mukaan (Ympäristö.fi n.d) ravinnetasot olivat näytepisteen typen osalta selvästi erittäin rehevässä luokittelussa ja fosforin osalta hyvin lähellä erittäin rehevän (< 100 [mg/l]) luokittelua. Myös kiintoaineen pitoisuus 2,7 [mg/l] oli korkealla tasolla. Näytepisteen valuma-alue on kooltaan 45 ha ja maankäyttömuodoissa maatalousalueiden suuri osuus 9 ha (20 %) sekä myös maaperätyypeistä turvemaalla on suuri 9 ha ja (20 %) osuus (Liite 4). Maatalousvaltainen maankäyttö lisää tunnetusti ravinteiden ja kiintoaineen kulkeutumista vesistöihin, joka selittää havaittua kuormitusta (Hallanaro ym., 2017).

Lisäksi kun näytepiste 9 Virmajoki oli havaittu kuormittavaksi jo aiemmilla näytekierroksilla, haluttiin päästä selville mistä sen pisteen korkeat vedenlaatuarvot esimerkiksi kemiallisen hapenkulutuksen (21 [mg/l]), väriluvun (120 [mg/l Pt]), kiintoaineen (2 [mg/l]) ja ravinteiden osalta ovat peräisin (Kuva 30; Kuva 31). Virmajoki haarautuu hieman ennen näytepistettä 9 myös toiseksi uomaksi eli Rahettavanjoeksi. Lisäsimme näytepisteet 19 (Virmajoki 2) ja 20 (Rahettavanjoki) joen haarautuvaan kohtaan (Liite 6) ja tuloksista (Kuva 32; Kuva 33) huomaa, että suurin kuormitus tulee

juuri näytepisteen 20 valuma-alueelta. Näytepisteen 20 tuloksissa esimerkiksi kemiallisen hapenkulutuksen (35 [mg/l]), väriluvun (230 [mg/l Pt]) ja typen (910 [mg/l]) arvot olivat huomattavan korkealla. Sieltä tuleva vesi yhdistyy Virtajokeen ja kuormitukset kumuloituvat sitten aina näytepisteelle 9 saakka. Tämän takia oletettavasti myös aiemmin näytepisteen 9 tulokset ovat nousseet esiin ja Rahettavanjoella virtaama, ja sitä kautta kuormitus ovat nousseet aina Virtajoessa saakka. Näytepisteellä 19 (Virtajoki 2) pitoisuudet ovat merkittävästi pienempiä esimerkiksi kyseisten kemiallisen hapenkulutuksen (12 [mg/l]), väriluvun (62 [mg/l Pt]) ja typen (410 [mg/l]) osalta.

Rahettavanjoen näytepisteen 20 valuma-alue on pinta-alaltaan 1100 ha ja siellä on useampia laajoja ojitettuja suoalueita ja maaperä on suurelta osin 361 ha ja 33 % osuudella pääasiallisesti turvemaata (Liite 5). Turvealueiden vahva sijoittuminen alueelle nähdään myös maaperäkartassa (Kuva 11). Alueen ilmakuvilla ja hankkeen maastokäynneillä on todettu, että monilla alueen ojitetuilla suoalueilla puunkasvu on olematonta. Nykyisen tutkimustiedon valossa tiedämme, että ojitetuilta suometsäalueilta huuhtoutuu alapuolisiin vesistöihin esimerkiksi typpeä, fosforia ja orgaanista hiiltä (Finer ym., 2020; Nieminen ym., 2020) ja nämä tekijät selittävät näytepisteen 20 tuloksia alueen maankäyttöön suhteutettuna.

Alueiden kuormittavuuden kevyempää arviointia voidaan toteuttaa joskus myös ilman laboratorioanalyyskejä tai mittausvenejärjestelmää. Näkösyvyysmittaukset ovat yksi silmähavaintoihin perustuva hyvin käytännöllinen tapa. Toinen mahdollisuus on tarkastella esimerkiksi historiallisia ilmakuvia (Paikkatietoikkuna 2025). Näin voidaan tarkastella esimerkiksi ennestään jo ekologisen tilaluokituksenkin osalta valuma-alueen heikkokuntoisimman järven, Säänjärven kuormitusta Säänjärvenjokea ja sen valuma- aluetta pitkin. Säänjärvenjokea pitkin kulkeutuva kiintoaine- ja ravinnekuormitus on vuosien aikana kerrostunut Valkosenlammen jokisuistoon muodostaen lähes niemenkärkeä muistuttavan muodostuman. Varhaisemmissa historiallisissa ilmakuvissa tätä muodostumaa ei vielä esiinny, joten sen voidaan tulkita muodostuneen viime vuosikymmenten kuormituskehityksen seurauksena. (Kuva 49)



Kuva 49. Vuosien saatossa Säänjärvenjoki on tuonut Valkosenlammen rantaan paljon kiintoainetta ja ravinteita.

Hankkeen alkuperäisenä tavoitteena oli suorittaa syksyllä 2025 myös viides näytteenottokierros, mutta hankkeen budjetissa ei ollut enää lopulta siihen varoja. Viides näytteenottokierros olisi ulotettu syvemmälle kuormittaviin osavaluma-alueisiin esimerkiksi näytepisteen 20 valuma-alueelle. Nämä näytteenotot jäävät nyt sitten jatkohankkeelle. Samoin paikallisten ihmisten havaintojen esille tuomat kuormitusalueet Säisänojan valuma-alue sekä Santaranojan valuma-alueet (Kuva 48) olisi ollut tarkoitus selvittää viidennessä näytteenottokierroksessa. Kuitenkin paikallisten havainnot sekä erityisesti Santaranojan valuma-aluetta ja sen kuormittavuutta puoltava Kuolimon vesiensuojelun yleissuunnitelma (Ahola 2018) antavat vahvaa osviittaa valuma-alueiden kuormittavuudesta.

Huomion arvoista on myös Vierujanjärven pisteen H7 alhaiset näkösyvyydet 2,3 m kesäkuussa 2024 (Kuva 44) ja 2,1 m elokuussa 2025 (Kuva 45). Mielenkiintoisen niistä tekee, että hieman ylempänä virtausseitillä Rautjärven mittauspisteellä H5 (Kuva 44; Kuva 45) päästään 3,9 m näkösyvyyteen. Näkösyvyysmittauspisteiden H5 ja H7 välillä vedenlaadulle tapahtuu siis heikentyvä muutos ja yksi selittävä tekijä voi olla Vanosenjoelta tulevat pitoisuudet, jota puoltaa Helsingin Yliopistolla (Simpura 2017) alueesta aiemmin tehty selvitys. Vierujanjärven alhaisen näkösyvyyden selvittämiseksi tarvitaan lisänäytteenottoa.

Muista kuormitusalueista, jotka vaativat lisänäytteenottoa voidaan mainita esimerkiksi Näätäkorvenniitun ojan valuma-alue, Lahnaveden alue sekä uutena mahdollisena painopistealueena Korpijärven osavaluma-alueet. Korpijärven osavaluma-alueista esimerkiksi Pukinojan valuma-alue sekä Partsimaanjärven kanava ovat alueita, joista paikalliset ovat ilmaisseet huolensa.

Lisätutkimuksen tarve seuraavassa hankevaiheessa on siis syventää näytteenottoa syvemmälle kuormittaviin osavaluma-alueisiin sekä myös kartoittaa uusia kuormittavia alueita isolta valuma-alueelta. Osavaluma-alueiden välisiä virtaamia tulee myös vertailla suhteessa niiden kuormituspitoisuuksille. Virtaamien osalta tarkastelua tulee suorittaa sekä vesistönmallinnusohjelmilla, että virtaamien kenttämittauksilla. Kenttämittausten osalta voidaan suhteuttaa mallisohjelmien tuloksien luotettavuutta.

5.2 Kohdennetut vesiensuojelutoimet

Hankkeen isolla valuma-alueella kuormitusalueita on lukuisia ja perusteltuja sijainteja vesiensuojelurakenteille löytyy monelta osavaluma-alueelta. Valuma-alueelähtöisessä työssä on hyvä lähteä liikkeelle kohdennetusti joltain tietyltä osavaluma-alueelta. Työssä edellä kuvatut vesinäytteenottokierrokset, mittausvenetulokset ja näkösyvyysmittaustulokset, paikallisten tietojen tapaan antoivat vahvaa osviittaa siihen, että Virmajärven valuma-alueelle on syytä tehdä vesiensuojelurakennesuunnitelmia. Suunnitelmat kohdennettiin hankkeen alkuvaiheessa tälle valuma-alueelle (Kuva 50).

Kosteikkosuunnitelmien tekijät valittiin hankkeelle tarjouspyyntöjen ja kilpailutuksen kautta. Vesiensuojelutyö vaatii alusta alkaen tiivistä maanomistajayhteistyötä, koska ilman maanomistajien lupaa heidän alueilla ei voida vesiensuojelurakenteita toteuttaa. Tämän takia on hyväksyttävä, että aina vesiensuojelurakennetta ei saada suunnittelua ja toteutettua välttämättä juuri parhaaksi katsotuille alueille. Aktiivinen hankeviestintä auttaa alueen ihmisiä ja maanomistajia ymmärtämään lähivesien tilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä, mikä parantaa myös valmiutta sitoutua vesiensuojelutoimien toteuttamiseen käytännössä.



Kuva 50. Ensimmäiset vesiensuojelurakennesuunnitelmat kohdennettiin suunnitteluhankkeessa Virmajärven valuma-alueelle.

Säänjärvenjoki havaittiin hankkeessa Virmajärveä vahvasti kuormittavaksi tekijäksi. Sekä vedenlaatutiedot (Taulukko1; Kuva 38), että historialliset ilmakuvat (Kuva 49) yhdessä paikallistiedon kanssa tekivät selväksi, että Säänjärveltä Säänjäänjärvenjokea pitkin kohti Virmajärveä tulevaan kuormitukseen on puututtava. Säänjärvenjoen varresta löydettiin kaksi sopivaa kosteikkopaikkaa, joilla voitaisiin vaikuttaa Säänjärveltä kohti Valkosenlampeen tulevaan vesistökuormitukseen, vettä pidättämällä ja kiintoainesta sekä ravinteita sitomalla. Säänjärvenjoen kosteikkosuunnitelma (1,36 ha) toteutettiin Takasuon alueelle. Takasuon peltoalue on alava ja kärsii joen puoleisella reunalla monesti vettymisestä. Säänjärvenjoen kosteikoiden perustamisen tavoitteena on pienentää vesistökuormitusta ja lisätä maatalousympäristön luonnon monimuotoisuutta sekä tehostaa lähipeltojen viljeltävyyttä, mm. kuivavaroja parantamalla. Hankkeen toteuttaminen luo soveltuvia elinympäristöjä etenkin vähentyville vesilintukannoille. Kosteikon perustaminen nostaa myös alueen maisemallisia erityisarvoja.

Joksaaren kosteikko (0,6 ha) on suunniteltu alavalle paikalle Säänjärvenjoen varteen ennen joen yhtymistä Virmajärven Valkosenlampeen. Pää tavoite kosteikon perustamisessa on vesistökuormituksen vähentäminen, luonnon monimuotoisuuden rikastuttaminen sekä virkistys- ja maisema-arvojen lisääminen. Säänjärvenjoki on tuonut vuosien varrella erittäin paljon hienoaainesta Valkosenlampeen. Järven puolelta laskuoja on perattu ja hienoaaine täyttää nyt syvempiä kohtia Valkosenlammesta. Kosteikolla

ehkäistään hienoainesten ja ravinteiden pääsyä Virtajärveen. Samalla luodaan alueelle lisää monimuotoisuutta.

Laakkolan kosteikko (0,19 ha) on suunniteltu nostamaan tulvehtivaa peltoa, joten jatkossa tulva ei huuhtelee peltoa. Kosteikko tulee sijoittamaan pellolla, pajukkoalueella, kiinni laskuojassa. Vedet kosteikolta laskevat Virtajärven Aho-Laakon selän Pohjanpäänlahteen. Uoma on Pohjanpäänlahteen valuvista uomista kuormittavin ja Pohjanpäänlahden vedenlaatu on nähty hankkeessa ja paikallisten ihmisten toimesta huolestuttavana. Hankkeen vesinäytteenottokierroksen tulokset (Kuva 32; Kuva 33) näyttivät erittäin voimakasta kuormitusta esimerkiksi ravinteiden ja kiintoaineen osalta uomaa pitkin kohden Pohjanpäänlahtea. Tavoitteena kosteikolla on vesistökuormituksen vähentäminen juuri erityisesti kiintoaineen ja ravinteiden pidättämisellä, luonnon monimuotoisuuden rikastuttaminen sekä virkistys- ja maisema-arvojen lisääminen. Alueella on runsas pajukko, joka voidaan osin sijoittaa kosteikkoon ja osa pajusta joudutaan läjittämään muualle.

Lepolan kosteikko (0,15 ha) sijaitsee Säänjärven valuma-alueella Huuhajärvestä laskevalla uomalla. Uoman varrella on laajoja Suurisuo ojitusalueita, josta pääsee erityisesti isoimpien valumien aikana kiintoaines- ja humuskuormitusta Säänjärveen. Uoma on Säänjärveen laskevista uomista lähes ainut, jossa on virtausta läpi vuoden. Säänjärvi on koko Kiesilänjoen valuma-alueen rehevimpiä sekä tummimpia järviä ja tällä kosteikolla päästään puuttumaan Säänjärven tulevaan ravinne- ja kiintoainekuormitukseen. Kosteikko tulee sijoittamaan hakkuuaukealla, kiinni laskuojassa. Vedet kosteikolta laskevat Säänjärven Hujasenlahteen.

Niemelän kosteikko/laskeutusallas (0,20 ha) tulee sijoittamaan Veksuonjoen varressa lähellä Valkosenlampea, sieltä vedet virtaavat Virtajärveen. Virtajärven Valkosenlampi on hyvin rehevä koko Kiesilänjoen valuma-alueen mitalla, ja sitä kuormittavat juuri Veksuonjoki ja Säänjärvenjoki todennetusti hankkeen vesinäytteenottoissa. Suunniteltu rakenne tulee sijoittamaan Veksuonjoen reunalla. Suunnitellulla kosteikkopaikalla sijaitsi myös hankkeen näytteenottopiste 22 (Veksuonjoki), jonka vesinäytteenoton tulokset (Kuva 32; Kuva 33) osoittivat esimerkiksi merkittäviä kiintoaine- ja ravinnekuormituksia. Hankkeessa suunniteltiin noin 0,20 ha laskeutusallas huoltopenkereineen Veksuonjoensuuntaisesti. Pohjapadolla ja rummuilla ohjataan joen pohjasta vettä laskeutusaltaaseen saostumaan altaan

pohjaan. Rakenteella ehkäistään muun muassa hienoainesten, kiintoaineen ja ravinteiden muodossa pääsyä Virmajärveen. Samalla luodaan lisää monimuotoisuutta alueelle.

Valuma-alueelähtöisessä vesiensuojeluhankkeessa toimittaessa isolla valuma-alueella kaikista otollisimpien vesiensuojelukosteikkojen rakennuspaikoille ei voida aina rakentaa, esimerkiksi kosteikon pinta-ala suositusten mukaista rakennetta. Tämä on selvää, kun monesti toimitaan esimerkiksi yksityisen maanomistajan mailla, heidän luvillaan ja ehdoilla. Ymmärrettävää on, että esitettäessä maanomistajalle mahdollista suunniteltavaa alaa, he eivät esimerkiksi kokonaista peltoaluetta tai alavaa metsänkohtaa halua kosteikkoalueeksi ja silloin vesipinta-alan suhteen tehdään kompromisseja. Tällaisessa tilanteessa, kun esimerkiksi kosteikon laskennalliset pinta-alat jäävät suositellusta <1% yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta voidaan tilannetta parantaa ketjuttamalla rakenteita eli rakennetaan valuma-alueelle useampia pienempiä ratkaisuja. Tällöin pala kerrallaan päästään myös teoriassa kohti laskennallisia suosituksia. Tämä onkin yleinen tapa, miten valuma-alueelähtöinen vesiensuojelu käytännössä isolla valuma-alueella tapahtuu. Käytännössä jos laskennallisiin pinta-alasuosituksiin pyritään niin rakenteet pitäisi pitää pelkästään hyvin pienillä valuma-alueilla ja latvoilla, jolloin esimerkiksi tässä tapauksessa ei voisi juuri puuttua Säänjärvenjokea pitkin valuma-alueelle tulevaan vahvaan kuormituspaineeseen. Tämän takia valuma-alueelähtöisessä vesiensuojelussa peruseriaatteena on toimintojen keskittäminen ja esimerkiksi rakenteiden ja vesiensuojeluratkaisuiden ketjuttaminen.

Ketjuttamisessa korostuu myös rakenteiden monipuolisuus. Nyt liikkeelle on lähdetty muutamalla järeämmällä vesiensuojeluratkaisulla eli kosteikoilla, jotka ovat yleensä tehokkain yksittäisratkaisu, kun halutaan kasvattaa veden viipymää. Jatkossa alueelle tullaan suunnittelemaan myös enemmän pienempiä ratkaisuja ja enemmän juuri kuormitusten ennaltaehkäisyä korostavia rakenteita, kuten eroosiosuojauksia ja pintavalutuskenttiä. Myös ojitettujen suometsien ennallistaminen tulee tarpeeseen hankealueella tulevaisuudessa. Esimerkiksi näytepisteen 20 Rahettavanjoen yläpuolisella valuma-alueella tulee selvittää mahdollisten suon ennallistusten toteuttamisen edellytykset niistä aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämiseksi.

6 YHTEENVETO

Suomen vesistöjen kuormitus on muuttunut viime vuosikymmeninä, kun teollisuuden ja yhdyskuntien pistekuormitukset ovat vähentyneet ja valuma-alueilta tulevan hajakuormituksen merkitys on kasvanut. Hajakuormitukseen oman haasteensa tuo lämpenevä ilmasto, yleistyvät sään ääri-ilmiöt ja leudot talvet sateineen, jotka lisäävät kuormituspainetta vesistöihin. Suomen vesistöissä on nähtävissä myös yleisesti esimerkiksi tummumiskehitys, jota vuosikymmentenkin takaiset ojitukset vesistöille aiheuttavat. Vesistöjen tilan parantaminen edellyttää siksi aiempaa vahvempaa keskittymistä kuormituksen syntyyn ja kulkeutumiseen valuma-alueella. Tämä muutos luo perustan valuma-aluekehittämiseen suunnittelulle ja tälle diplomityölle, jonka tavoitteena oli tunnistaa Kuolimon suurimman, Kiesilänjoen valuma-alueen kuormituksen keskeisiä ongelma-alueita.

Ekologiselta tilaluokituksestaan erinomaisessa tilassa olevan Kuolimon heikentyneet vedenlaatuhavainnot erityisesti veden väriluvun ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta sekä paikallisten huoli järven tilan muutoksista olivat hankkeen taustalla. Vesiensuojelussa kirkkaiden järvien kohdalla korostuu ennaltaehkäisy. Kun vähähumuksisen järven tila lähtee heikkenemään, muutosten pysäyttäminen on hidasta ja vaatii laajoja toimenpiteitä valuma-alueella. Järvillä on rajallinen pidätys- ja sietokyky viivästyttää valuma-alueelta tulevaa kuormitusta, mutta kapasiteetin ylittyessä kuormitus alkaa siirtyä vesistöketjussa eteenpäin. Näin ollen yläpuolisten järvien tilan heikkeneminen lisää väistämättä painetta myös alapuolisille vesille, kuten Kuolimolle. Siksi toimenpiteet on tärkeää kohdentaa jo hyvissä ajoin, kun vesistön tila on vielä mahdollista säilyttää erinomaisena. Kiesilänjoen valuma-alueella huomio vesistön ”puskureina” kiinnittyy erityisesti isoihin järviin, kuten Virmajärveen.

Valuma-alueen kuormituksen keskeisiä kuormitusalueita kartoitettiin monipuolisella vedenlaadun seurannalla. Monipuolisessa vedenlaadun tutkimuksessa hyödynnettiin vesinäytteenottokierroksia, jatkuvatoimista anturimittausta, mittausvenetutkimusta sekä näkösyvyysmittauksia. Uuden vedenlaatudiedon ohella hyödynnettiin vanhaa mittausaineistoa hankealueelta sekä paikallistietoa. Valuma-alueen tarkastelussa hyödynnettiin paikkatietotyökaluja ja hydrologisia analyysejä.

Työn vedenlaatutarkastelu vahvisti huolta Kiesilänjoen valuma-alueen kuormitusvaikutusta Kuolimoon, joka todettiin aiemmin vesistömallinnusohjelma VEMALA:n tarkastelussa järven suurimmaksi kuormittajaksi (Ahola 2018). Kiesilänjoen valuma-alueelta tuleva kuormitus näkyi Kuolimolla hankkeessa toteutetuissa mittausvenetarkasteluissa (Kuva 36; Kuva 37) sekä näkösyvyysmittauksissa (Kuva 44; Kuva 45) esimerkiksi siten, että korkeimmat rehevyytasot ja alhaisimmat näkösyvyudet mitattiin lähimpänä valuma-alueen purkupistettä. Työn tulosten perusteella Kiesilänjoen valuma-alueelta tunnistettiin useita kuormituksen ongelma-alueita (Kuva 48). Vedenlaatutarkastelu osoitti, että kuormituksen kannalta keskeisimpiä ongelma-alueita pääuomista ovat erityisesti näytepisteiden 1 (Pahaoja), 11 (Virmajärventie) ja 20 (Rahettavanjoki) valuma-alueet, joissa todettiin korkeimmat ravinteiden, kokonaisorgaanisen hiilen ja kiintoaineen pitoisuudet. Erityisesti näytepisteen 20 valuma-alueella havaitut kuormituspiirteet ovat yhdenmukaisia aiempien tutkimusten kanssa, sillä laajat ojitusalueet ja turvevaltainen maaperä ovat tunnetusti yhteydessä lisääntyneeseen humus- ja ravinnekuormitukseen (Nieminen ym., 2021).

Alueiden tunnistaminen mahdollistaa vesiensuojelutoimien, kuten kosteikkojen, laskeutusaltaiden, eroosiosuojauksien tai ennallistuskohdeiden tehokkaamman kohdentamisen. Tulokset vahvistavat valuma-alueelähtöisen tarkastelun merkityksen Kuolimon erinomaisen ekologisen tilan turvaamisessa. Ensimmäisen vesiensuojelurakennesuunnitelmat valmistuivat suunnitteluhankkeen aikana ja ne kohdennettiin Virmajärven valuma-alueelle. Tässä työssä tarkasteltiin lähinnä valuma-alueen pääuomia ja löydettiin niistä kuormittavia alueita. Seuraavassa hankevaiheessa lisätutkimuksen tarve on syventää näytteenottoa syvemmälle kuormittaviin osavaluma-alueisiin sekä vertailla osavaluma-alueiden välisiä virtaamia suhteessa niiden kuormituspitoisuuksille. Vesistönkunnostusrakenteita tarvitaan alueelle lukuisia ja alueen vesiensuojelutyö vaatii vuosikymmenten panostuksen, eikä kyse ole pikavoitoista.

Parhaat vesiensuojelutoimet vesiensuojelurakenteiden sijasta ovat kuitenkin ennaltaehkäistä kuormituksia, ja tämän takia hankkeessa toteutettu viestintä nousi tärkeäksi osaksi kokonaisuutta. Aktiivisen tiedonvälityksen avulla lisättiin paikallisten ymmärrystä valuma-alueen kuormituksesta sekä vahvistettiin heidän osallistumistaan vesiensuojeluun. Tämä edisti merkittävästi alueellista sitoutumista ja loi pohjaa vesiensuojelutoimien jatkuvuudelle myös hankkeen päättymisen jälkeen.

LÄHDELUETTELO

- Ahola, M (2018). KUOLIMON VESIENSUOJELUN YLEISSUUNNITELMA. OTSO Metsäpalvelut Oy. Saatavissa: http://prokuolimo.fi/wp-content/uploads/2015/05/Kuolimon_yleissuunnitelma.pdf. [Viitattu 5.6.2025]
- Ahopelto, L., Rytkönen, A., Helkimo, J., Olin, S., Keto, A., Leinonen, A., Häggblom, O. (2024) Valuma-aluesuunnittelun tiekartta vuoteen 2030. Valtioneuvosto; Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165409> [Viitattu 22.7.2024].
- Aroviita, J., Mitikka, S. and Vienonen, S. 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. [verkkodokumentti] helda.helsinki.fi. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/306745>[Viitattu 2.9.2025].
- Clark, I. D., & Fritz, P. (1997). Environmental Isotopes in Hydrogeology. [verkkojulkaisu] Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/201996750_Environmental_Isotopes_in_Hydrology [Viitattu 20.5.2025]
- ELY-keskus. (2021). Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022-2027. Saatavissa: <https://www.etpo.fi/fi/etela-savo/osa3/11/11-1/> [Viitattu 15.7.2025].
- ELY-keskus. (2025). Vesistökunnostajan työkalupakki - ELY-keskus - ELY keskus. Hämeen vesistönkunnostusverkosto [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/hameen-vesistokunnostusverkosto/vesistokunnostajan-tyokalupakki> [Viitattu 1.10.2025].
- Finér, L., Lepistö, A., Karlsson, K., Räike, A., Tattari, S., Huttunen, M., Härkönen, L., Joensuu, S., Kortelainen, P., Mattsson, T., Piirainen, S., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Ukonmaanaho, L. (2020). Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus 2020. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162009/VNTEAS_2020_6.pdf?sequence=4&isAllowed=y [Viitattu 4.8.2025]

Haakana, H. (2018) Vesistö- opas. Suomen Luonnonsuojeluliitto Saatavissa: https://www.sll.fi/wp-content/uploads/2024/11/vesisto_opas_netti_2018.pdf [Viitattu 29.5.2025].

Hallanaro, E-L., Santala, E. & Vienonen, S. (toim.) 2017. Vesien vuoksi: Suomalaisen vesiensuojelun vaiheita. Helsinki: Suomen Vesiyhdistys ry.

Hertta. (2025). Ympäristötiedon hallintajärjestelmä. Saatavissa: <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp> [Viitattu 8.10.2025]

Hongve, D. and Åkesson, G. (1996). Spectrophotometric determination of water colour in hazen units. Water Research Saatavissa:doi:[https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(96\)00163-7](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(96)00163-7). [Viitattu 16.7.2024]

International Atomic Energy Agency (IAEA). (2004). Isotopic Composition of Precipitation in the Mediterranean Basin. IAEA TECDOC Series No. 1453. Saatavissa: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1453_web.pdf [Viitattu 20.5.2025.]

Ilmatieteenlaitos. (2025). Havaintojen lataus - Ilmatieteen laitos. [verkkosivu] www.ilmatieteenlaitos.fi. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus>. [Viitattu 20.10.2025]

In-Situ (2022). What are typical turbidity values in natural environments? [verkkosivu] Saatavissa: <https://in-situ.com/us/faq/water-quality-information/turbidity-faqs/what-are-typical-turbidity-values-in-natural-environments>. [Viitattu 31.7.2025]

Joensuu, S., Kauppila, M., Lindén, M. & Tenhola, T. 2019. Metsänhoidon suositukset vesiensuojeluun, työopas. Tapion julkaisuja. [pdf] Saatavissa: <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2020/09/Metsanhoidon-suositukset-vesiensuojeluun-TAPIO-2019.pdf> [Viitattu 17.7.2025]

Juuti, P. S., Katko, T. S. & Rajala, R. P., 2017. Sata vuotta vesihuoltoa Suomessa 1917–2017. Tampere: Tampere University Press. Saatavissa: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/31100/638651.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 4.9.2025]

Juuti, P., Juuti, R. (2020). Kunnallistekniikka Suomessa 1945–2000. Esimerkkinä vesihuolto - Rakennettu hyvinvointi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.rakennettuhyvinvointi.fi/fi/liikenteen-ja-energian-verkostot/kunnallistekniikka-suomessa-1945-2000-esimerkkina-vesihuolto> [Viitattu 4.9.2025].

Keto, K. (2022). Rantaeroosio ja sen torjunta. Opas 1. Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. [pdf] Saatavissa: https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/uploads/2022/04/Eroosioopas_fi_web.pdf [Viitattu 17.11.2025]

Koljonen, S., Sammalkorpi, I., Vilmi, A., Hellsten, S. (2020). Vesistönkunnostusten seurantojen toteuttaminen. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13 I 2020. Saatavissa: <http://hdl.handle.net/10138/314485> [Viitattu 1.10.2025]

Jan Herman Kuiper, Michael H.J. Verhofstad, Louwers, M., Bakker, E.S., Brederveld, R.J., Gerven, van, Annette B.G. Janssen, de, M. and Mooij, W.M. (2017). Mowing Submerged Macrophytes in Shallow Lakes with Alternative Stable States: Battling the Good Guys? 59(4), pp.619–634. Saatavissa: doi:<https://doi.org/10.1007/s00267-016-0811-2>. [Viitattu 13.11.2025]

Leo Lauramaa. (2024). Näkösyvyysmittauksiin liittyvä ohjeistus. Pro Kuolimo. [pdf] Saatavissa: <http://prokuolimo.fi/wp-content/uploads/2025/11/2025-11-19-N%C3%A4k%C3%B6syvyysmittausten-ohjeistus.pdf> [Viitattu 12.11.2025]

Leo Lauramaa. (2025). Näkösyvyysmittaustulokset. Esitysmateriaali Kuolimon valuma-alueen vesiensuojeluilta 12.9.2025. [pdf] Saatavissa: <http://prokuolimo.fi/wp-content/uploads/2025/08/HP-2025-09-12-05-NS-mittaukset-ja-sinilev%C3%A4havainnot.pdf> [Viitattu 12.11.2025]

Li, Y., Shang, J., Zhang, C., Zhang, W., Niu, L., Wang, L. and Zhang, H. (2021). The role of freshwater eutrophication in greenhouse gas emissions: A review. Science of The Total Environment, 768, doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144582>. [Viitattu 22.7.2024]

Livingwater.net.nz. (2015). Floating Wetlands • Living Water. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.livingwater.net.nz/im:87ee6677-8b99-4848-acba-3f8ef6505ade/> [Viitattu 16.7.2025].

Loimu. (2025). Loimu-lehti 3/2025. Luonnon-, ympäristö- ja metsätieteilijöiden liitto. Kosteikot ovat moninmuotoisia vedensuodattimia (s.18-19) [Viitattu 30.5.2025]

Luonnontila. (2023). Kemiallinen hapenkulutus järvissä. [verkkosivu] Saatavissa: <https://luonnontila.fi/indikaattorit-elinymparistoittain/sisavedet/kemiallinen-hapenkulutus/> [Viitattu 15.8.2025].

Luonnonvarakeskus. (2016). Metsänhoito happamilla sulfaattimailla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2016. Helsinki: Luonnonvarakeskus. Saatavilla: https://vesi.fi/aineistopankki/wp-content/uploads/2022/01/luke-luobio_12_2016-1.pdf [Viitattu 16.7.2025].

LUVY. (2025). Kaksitasouoma - Vesientila. Länsi-Uudenmaan vesiensuojeluyhdistys. Länsi-Uudenmaan VESIENTILA. [verkkosivu] Saatavissa: <https://vesientila.fi/vesistokunnostus/maatalouden-vesiensuojelu/kaksitasouoma/>. [Viitattu 17.7.2025]

Länsi-Saimaan Sanomat (2024). Kuolimon samentuneita seutuja selvitettiin täynnä antureita olevalla 200 000 euron veneellä – ‘Tällä mitataan vedestä metaania, hiilidioksidia, ja veden fyysisiä ominaisuuksia’. Olli-Pekka Härmä [online]. Saatavissa: <https://www.lansisaimaa.fi/paikalliset/7325985> [Viitattu 21.10.2025].

Länsi-Saimaan Sanomat. (2025). Kuolimon nieriä ilmestyi valitulle joukolle Kiesilässä. Markku Paakkinen [uutinen]. Saatavissa: <https://www.lansisaimaa.fi/paikalliset/8880935> [Viitattu 21.10.2025].

Länsi-Savo. (2024). Ympäristökeskuksen tutkimusvene kartoittaa Kuolimon samentuneita seutuja. Olli-Pekka Härmä [uutinen]. Saatavissa: <https://www.lansi-savo.fi/paikalliset/7331937> [Viitattu 21.10.2025].

Matilainen, A., Gjessing, E.T., Lahtinen, T., Hed, L., Bhatnagar, A. and Sillanpää, M. (2011). An overview of the methods used in the characterisation of natural organic matter (NOM) in relation to drinking water treatment. *Chemosphere*, [online] 83(11), pp.1431–1442.:Available at: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.01.018>. [Accessed 20.5.2025]

Metsanhoidonsuositukset.fi. (2020). Jatkuva kasvatus metsänkasvatustapana | Metsänhoidon suositukset .[verkkosivu] Saatavissa: <https://metsanhoidonsuositukset.fi/fi/kategoriat/jatkuva-kasvatus-metsankasvatustapana> [Viitattu 16.7.2025].

Metsanhoidonsuositukset.fi. (2024). Vesiensuojelurakenteet ja -ratkaisut - Kuvaus | Metsänhoidon suositukset. [verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://metsanhoidonsuositukset.fi/fi/toimenpiteet/vesiensuojelurakenteet-ja-ratkaisut#section-p1083> [Viitattu 15.7.2024].

Metsätieteen aikakauskirja. (2020). Metsätalouden vesistökuormitus – vaikutukset ja hallintakeinot. [verkkojulkaisu] Saatavilla: <https://metsatieteenaikakauskirja.fi/article/10336> [Viitattu 15.7.2025].

MTK. (2025). Maatalouden vesiensuojelu - MTK. Maa- ja metsätaloustuottajain keskusliitto. [artikkeli] Saatavissa: <https://www.mtk.fi/-/maatalouden-vesiensuojelu> [Viitattu 23.7.2025].

MTK:n ja SLC:n vesiohjelma. (2020). Tavoitteena vesien hyvä tila. Saatavissa:https://www.mtk.fi/documents/20143/199989/MTK_vesiohjelma_A5.pdf/b0186129-ae43-d829-2e13-65caac7e6ee1?t=1607579580005[Viitattu 1.10.2025]

Nieminen, M., Sarkkola, S. and Laurén, A. (2017). Impacts of forest harvesting on nutrient, sediment and dissolved organic carbon exports from drained peatlands: A literature review, synthesis and suggestions for the future. *Forest Ecology and Management*, 392, pp.13–20. Saatavissa: doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.046>. [Viitattu 16.7.2025]

Nieminen, M., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Hazzelquist, E., Laudon, H. (2021). Peatland drainage – impacts on dissolved organic carbon and nutrient transport to watercourses.

University of Helsinki. Saatavilla: <https://helda.helsinki.fi/bitstreams/8adf2201-4a46-4364-911f-2086efac20a5/download> [Viitattu 8.9.2025].

Nieminen, M., Pukkala, T., Stenberg, L., Sarkkola, S., Vihonen, A. and Valkeapää, A. (2023). Metsätieteen aikakauskirja, [verkkojulkaisu] 2023(0). Saatavissa: <https://www.metsatieteen aikakauskirja.fi/article/22001> [Viitattu 16.7.2025].

Nieminen, M., Sarkkola, S., Haahti, K., Sallantausta, T., Koskinen, M., Ojanen, P. (2020). Metsäojitettujen soiden typpi- ja fosforikuormitus Suomessa. Suo 71(1): 1–13. Saatavissa: <http://suo.fi/article/10398> [Viitattu 4.11.2025]

Näreaho, T., Jormola, J., Laitinen, L. & Sarvilinna, A. (2006). Maatalousalueiden perattujen purojen luonnonmukainen kunnossapito. Suomen Ympäristö 52. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/items/bf1e1537-2102-4d68-ab58-6382605ef2c6> [Viitattu 17.11.2025]

Oravainen R. (1999) KVVY. VESISTÖTULOSTEN TULKINTA -OPASVIHKONEN. (1999). Available at: <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf> [Accessed 29 May 2025].

Puustinen, M., Koskiaho, J. & Peltonen, K. (2007). Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate. Agriculture, Ecosystems & Environment. Saatavissa: http://researchgate.net/publication/223657281_Influence_of_cultivation_methods_on_suspended_solids_and_phosphorus_concentrations_in_surface_runoff_on_clayey_sloped_fields_in_boreal_climate [Viitattu 2.9.2025]

Paikkatietoikkuna. (2025). Paikkatietoikkuna. Historialliset ilmakuvat. [verkkosivu] Saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/> [Viitattu 12.11.2025]

Rytkönen, M., Ahopelto, L., Helkimo, J., Olin, S., Keto, A., Leinonen, A., ja Häggblom O (2024). Valuma-alueuunnittelun tiekartta vuoteen 2030. Maa- ja metsätalousministeriö/Ympäristöministeriö, Valtioneuvoston julkaisuja 2024:6. [verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165409> [Viitattu 30.6.2025]

Sarkkola, S., Nieminen, M., Piirainen, S. (2022). Vesistökuormitus metsätaloudessa-Uusia kuormitusmittareita Kansallisen metsästrategian seurantaan. Asiantuntijaselvitys. Saatavissa: <https://jukuri.luke.fi/server/api/core/bitstreams/906e4849-9e6f-47c9-81ff-5732100ebb00/content> [Viitattu 17.11.2025]

Saukkonen P. (1997). Savitaipaleen ja Suomenniemen kuntien alueella sijaitsevasta Kuolimojärvestä tehdyt tutkimukset vuonna 1997. SVSY. Vedenlaaturaportti 17.10.1997. s.2 [Viitattu 9.9.2025]

ScalgoLive. (2025). Mallinnusohjelma. Saatavissa: <https://scalgo.com/fi/>

Simpura, M (2017). Kiesilänjoen valuma-alueen maankäyttö, veden laatu, hydromorfologia ja pohjaeläimistön tila. Pro Gradu -tutkielma; Helsingin Yliopisto. Saatavissa:http://prokuolimo.fi/wpcontent/uploads/2015/05/Kiesil%C3%A4njoen_valuma-alueen_tila-M-Simpura-02052017.pdf [Viitattu 29.7.2024]

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus. 2025. SKYT. Iida Hietamies. Kuolimon vesistötarkkailun yhteenveto vuodelta 2024. Saatavissa: <https://www.svsy.fi/wp-content/uploads/Kuolimon-vesistotarkkailun-yhteenveto-2024.pdf> Viitattu: [8.10.2025]

Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., Skov, C., Van Nes, E. H., Roijackers, R., Lammens, E. & Portielje, R. (2007). Lake restoration: Successes, failures and long-term effects. Journal of Applied Ecology, 44(6), .Saatavissa:<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2007.01363.x> [Viitattu 13.11.2025]

Strack, M., Waddington, J.M., Bourbonniere, R.A., Buckton, E.L., Shaw, K., Whittington, P. and Price, J.S. (2008). Effect of water table drawdown on peatland dissolved organic carbon export and dynamics. Hydrological Processes, 22(17), pp.3373–3385. Saatavissa:<https://doi.org/10.1002/hyp.6931>. [Viitattu 17.9.2025]

Suomen luonnonsuojeluliitto. (2024). Soiden ennallistaminen. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.sll.fi/opi-lisaa/suot/soiden-ennallistaminen> [Viitattu 17.9.2025].

Suomen vesistösäätiö. (2024). Tietoa vesistöistä - Vesistöjen tila ja suojele - Suomen vesistösäätiö. [verkkosivu] Saatavissa: <https://vesistosaatio.fi/tietoa-vesistoista/#vesistojen-tila> [Viitattu 4.9.2025].

Suomen ympäristökeskus (SYKE), 2015. Maankäytön vesistövaikutukset. [pdf] Helsinki: SYKE. Saatavilla: https://energia.fi/wp-content/uploads/2016/08/syke_maankayton-vesistovaikutukset_raportti_3132015.pdf [Viitattu 15.7.2025].

Hertta. (2025). Suomen Ympäristökeskus. Avoimet ympäristötietojärjestelmät - syke.fi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://wwwp2.ymparisto.fi/Vesla/Common/Rules/searchRules.aspx?app=pivet> [Viitattu 16.10.2025].

TAPIO. (2023). PEFC Vaikuttavuusselvitys 2000–2023. [pdf] Saatavissa: <https://cdn.pefc.org/pefc.fi/media/2024-08/72b91957-d14b-4cef-baf7-ad60768d3c3e/d921cb4a-4ecc-5b40-8dff-b1bfaff8754b.pdf> [Viitattu 13.11.2025]

Tattari, S., Puustinen, M., Koskiahho, J., Röman, E., Riihimäki, J. (2015). Vesistöjen ravinnekuormituksen lähteet ja vähentämismahdollisuudet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja ; 35/2015. [verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/items/9281195e-93a6-4b5d-b894-10cfc1f430f1> [Viitattu 23.7.2025]

Turtola, E. & Kempainen, E. (1998). Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. Agriculture and Food Science in Finland, 7, 569–581. Saatavissa: <https://journal.fi/afs/article/view/5614/4813> [Viitattu 2.9.2025]

US EPA. (2012). Water: Monitoring & Assessment[Turbidity Monitoring & Assessment | US EPA. [verkkosivu] Epa.gov. Saatavissa: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms55.html>. [Viitattu 31.7.2025]

Vaikuta vesiin. (2024). Vesienhoidon toimenpiteet - Vaikuta vesiin. [online] Available at: <https://seuranta.vaikutavesiin.fi/vesienhoidon-toimenpiteet/> [Accessed 4 Sep. 2025].

Valtioneuvosto. (2020). Metsistä ja soilta tuleva vesistökuormitus. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:6. [pdf] Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162009> [Viitattu 15.7.2025].

Versowood. (2017). Avohakkuu. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.versowood.fi/fi/puukauppa/puu-ja-metsasanasto/avohakkuu> [Viitattu 16.7.2025].

VESITALOUS. (2014). VESITALOUS-lehti 6/2014 [verkkojulkaisu] Saatavissa: https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/12/Vesitalous_1406_netti.pdf [Viitattu 24.7.2024]

Vesitalous. (2021). VESITALOUS-lehti 4/2021 [verkkojulkaisu] Saatavissa: https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2021/09/Vesitalous_04_2021_LOWRES.pdf?utm_source [Viitattu 4.9.2025]

Vesi.fi. (2025). Valuma-aluesuunnittelu | Vesi.fi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/teemasivu/valuma-aluesuunnittelu/> [Viitattu 30.6.2025]

Vesi.fi. (2025). Aineistopankki. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. Vesi.fi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://vesi.fi/aineistopankki/ulkoisen-kuormituksen-vahentaminen/#:~:text=Ulkoinen%20kuormitus%20koostuu%20jokien%2C%20purojen,ja%20aiheuttaa%20laajasti%20vesien%20rehev%C3%B6itymist%C3%A4.> [Viitattu 15.7.2025]

Vesi.fi. (2021). Järvien kunnostus | Vesi.fi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/vesitieto/jarvien-kunnostus/> [Viitattu 4.9.2025].

Vesi.fi. (2022a). Kemiaallinen hapenkulutus. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/sanasto/kemiaallinen-hapenkulutus/> [Viitattu 4.9.2025].

Vesi.fi. (2022b). Rehevoittävä kuormitus | Vesi.fi. [verkkosivu] Saatavissa: https://www.vesi.fi/vesitieto/rehevoittava-kuormitus/?utm_ [Viitattu 15.7.2025].

Vesi.fi. (2025). Vesistökunnostus | Vesi.fi. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/teemasivu/teemana-vesistokunnostus/> [Viitattu 4.9.2025].

Vesi.fi. (2024). Pintavesien ekologinen tila. Karttapalvelu. [verkkosivu] Saatavissa: <https://www.vesi.fi/karttapalvelu/> [Viitattu 25.7.2024]

VAVJ (1040/2006). Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä.

Vuori, K.-M., Leppänen, M., Koljonen, S., Jämsén, J., Vaso, A., Keskinen, E., Hämäläinen, H., Nieminen, M., Huotari, E. and Soimasuo, J. (2021). Puupohjaisilla uusilla Materiaaleilla tehoa metsätalouden Vesiensuojeluun ja vesistökunnostuksiin PuuMaVesi-hankkeen loppuraportti. [verkkojulkaisu] Saatavissa: <https://www.syke.fi/download/noname/%7B4D2E4C08-E611-47D7-8444-4C984F32EB57%7D/165953> [Viitattu 12.11.2025]

VPD 2000/60/EY. Vesipuitedirektiivi, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 23.10.2023 yhteisön vesipolitiikan puitteista. EYV L 327, 22.12.2000.

Västilä, K. & Järvelä, J. 2015. Kaksitasouomien mahdollisuudet pyrittäessä ympäristöystävällisempään maankuivatukseen. Vesitalous 6/2015. [pdf] Saatavissa: https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2016/01/Vesitalous_06_2015_netti.pdf(ulkoinen linkki) [Viitattu 17.7.2025]

Weishaar, J.L., Aiken, G.R., Bergamaschi, B.A. et al. (2003). *Evaluation of Specific Ultraviolet Absorbance as an Indicator of the Chemical Composition and Reactivity of Dissolved Organic Carbon*. Environmental Science & Technology, 37(20), 4702–4708. Saatavissa: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es030360x> [Viitattu 12.11.2025]

Wetzel, R.G. (2001). Limnology: Lake and River Ecosystems. [verkkojulkaisu] Saatavissa: [https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=no2hk5uPUcMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Wetzel,+R.G.+\(2001\).+Limnology:+Lake+and+River+Ecosystems.+3rd+Edition.+Academic+Press&ots=iHSHkZHQxX&sig=jh5-acx_JvZI25Cfo6Po_rjKQ3Q&redir_esc=y#v=onepage&q=light%20and%20optics&f=false](https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=no2hk5uPUcMC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Wetzel,+R.G.+(2001).+Limnology:+Lake+and+River+Ecosystems.+3rd+Edition.+Academic+Press&ots=iHSHkZHQxX&sig=jh5-acx_JvZI25Cfo6Po_rjKQ3Q&redir_esc=y#v=onepage&q=light%20and%20optics&f=false) [Viitattu 12.11.2025]

WWF Suomi. 2019. WWF Suomen lausunto saimaannierian suojelusta Kuolimolla. Saatavissa: https://wwf.fi/app/uploads/b/q/p/cbwad8nfskxredcdi6b3a/wwf-suomi_lausunto_nieria_kuolimo.pdf [Viitattu 8.10.2025]

WWF Suomi. (2024). Tiitu Saarikoski. Saimaalla sinnittelee norppaakin uhanalaisempi laji – saimaannierian emokalapyynti päättyi onnistuneesti. [verkkouutinen] Saatavissa: <https://wwf.fi/uutiset/2024/12/saimaalla-sinnittelee-norppaakin-uhanalaisempi-laji-saimaannierian-emokalapyynti-paattyi-onnistuneesti/> [Viitattu 8.10.2025].

Xiao, Y.-H., Räike, A., Hartikainen, H. and Vähätalo, A.V. (2015). Iron as a source of color in river waters. Science of The Total Environment. Saatavissa: doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.06.092>. [Viitattu 16.7.2024]

Yao, X., Ding, R., Zhou, Y., Wang, Z., Liu, Y., Fu, D. and Zhang, L. (2023). How internal nutrient loading forms in shallow lakes: Insights from benthic organic matter mineralization. Water Research, [verkkajulkaisu] 245, p.120544. Saatavissa:<https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120544>. [Viitattu 4.10.2025]

Yle Uutiset. (2024). Tutkimusvene selvitti Virtajärven veden laatua – tummumisen syy saattaa paljastua. Ville Toijonen [verkkouutinen][4.8.2024] Saatavissa: <https://yle.fi/a/74-20102511> [Viitattu 21.10.2025].

Ympäristö.fi (n.d) Vedenlaatuluokituksen raja-arvot ja lähteet. Liite 4 Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Liite_5_Vedenlaatu_selitys_rajaaarvot.pdf. [Viitattu 29.5.2025]

Ympäristöministeriö. (2018). Natura 2000 -verkosto. Kuolimo. Tiivistelmä Natura 2000 -alueen suojeluperusteista. [verkkosivu] Saatavissa: <https://ym.fi/natura-2000-verkosto> [Viitattu 29.7.2024].

Äijö, H & Paasonen-Kivekäs, M. (2010). Maatalouden vesistökuormitus - Tietopankki | Salaojituksen yhdistys ry:n jäsenjulkaisu 1/2010. [verkkajulkaisu] Saatavissa: <https://www.tukisaatio.fi/tietopankki/4431/maatalouden-vesistokuormitus/> [Viitattu 23.7.2025]

LIITEET

Liite1. Hankkeessa yleisötilaisuudessa jaettu tiedonkeruulomake.

KIESILÄNJOEN VALUMA-ALUEEN KUNNOSTUKSEN SUUNNITTELUHANKE

YLEISÖTILAISUUS 14.6.2024

Olkkolanhovi, Savitaipale

Osallistujan tiedot:

Nimi:

Puhelinnumero:

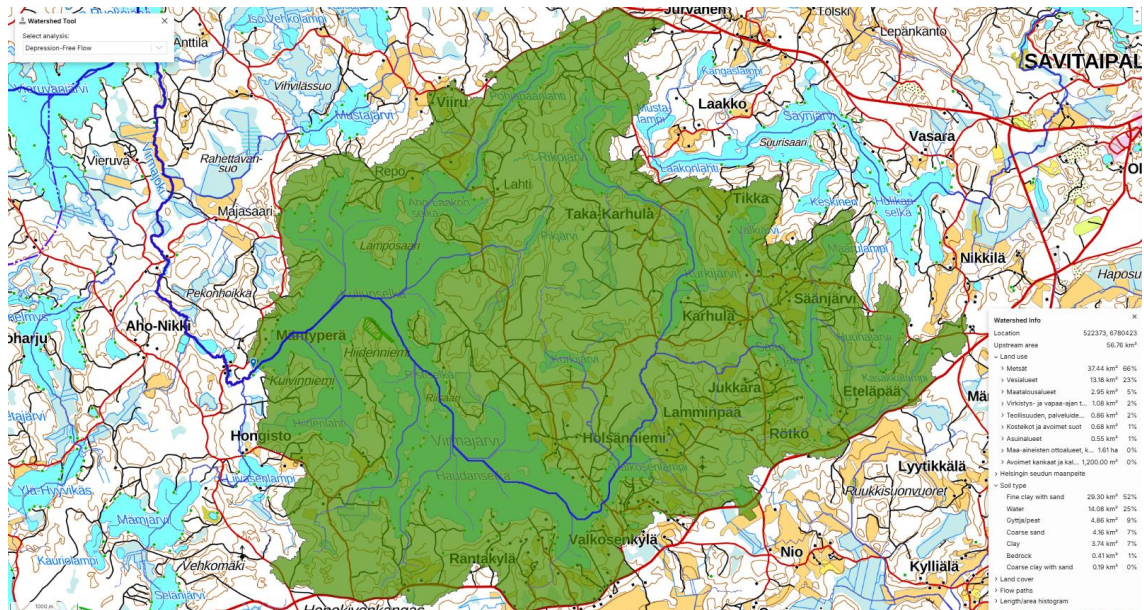
Sähköposti:

Osallistujan asema (esim. mökkiläinen/maanomistaja/osakaskunta/ELY):

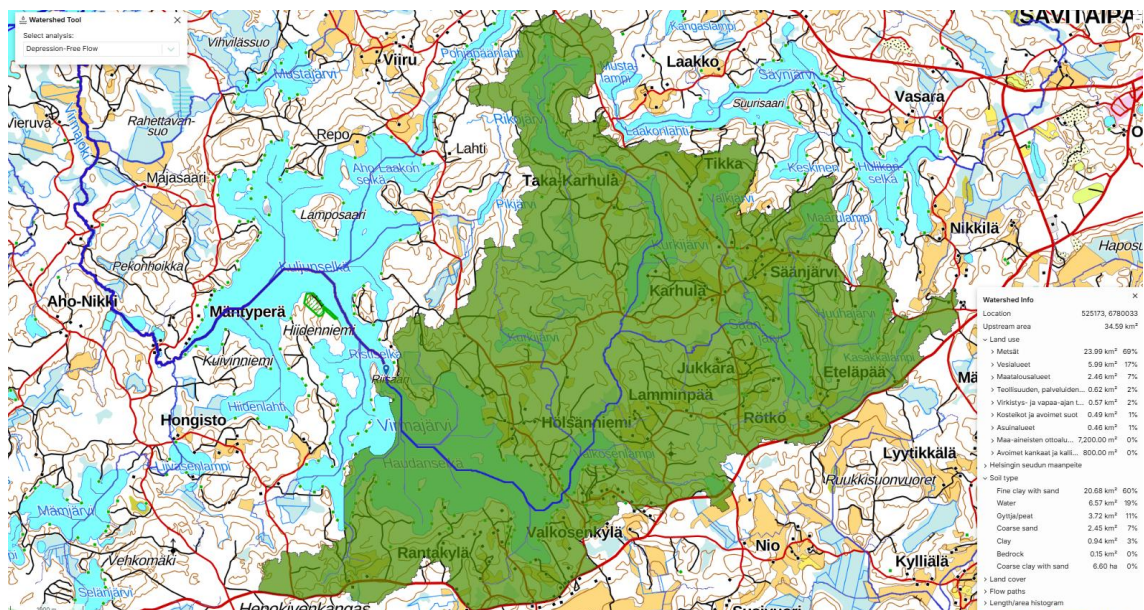
Merkkaa valuma-alueen ongelmakohtia kartalle. Lisätietoja voi antaa kartan
kääntöpuolelle



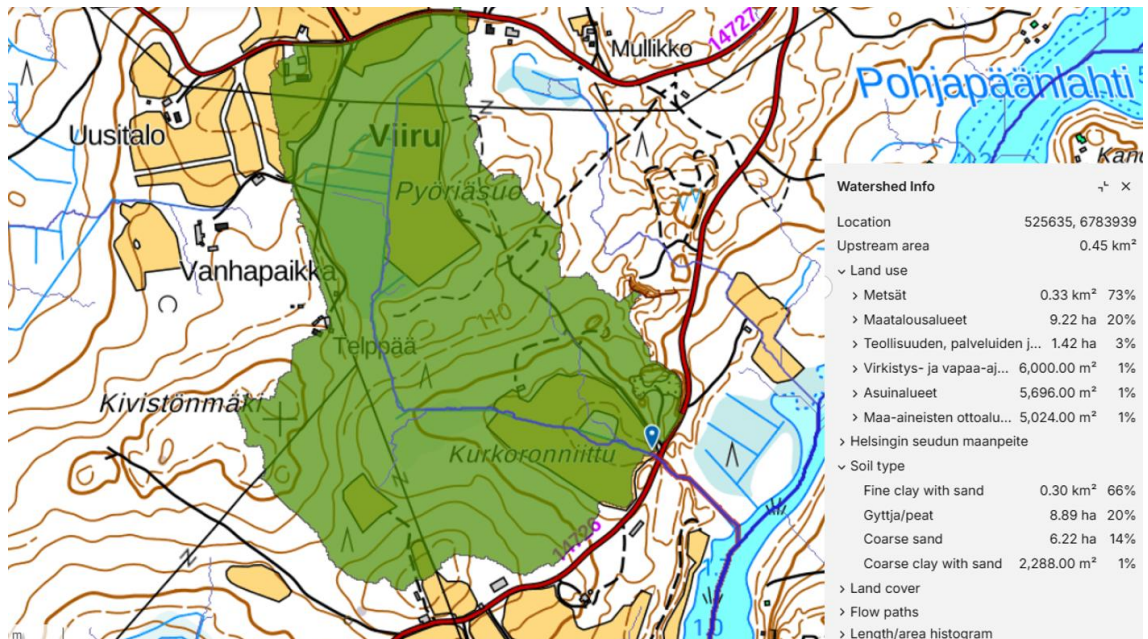
Liite 2. Virmajärven koko valuma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma. (Scalgo Live 2025)



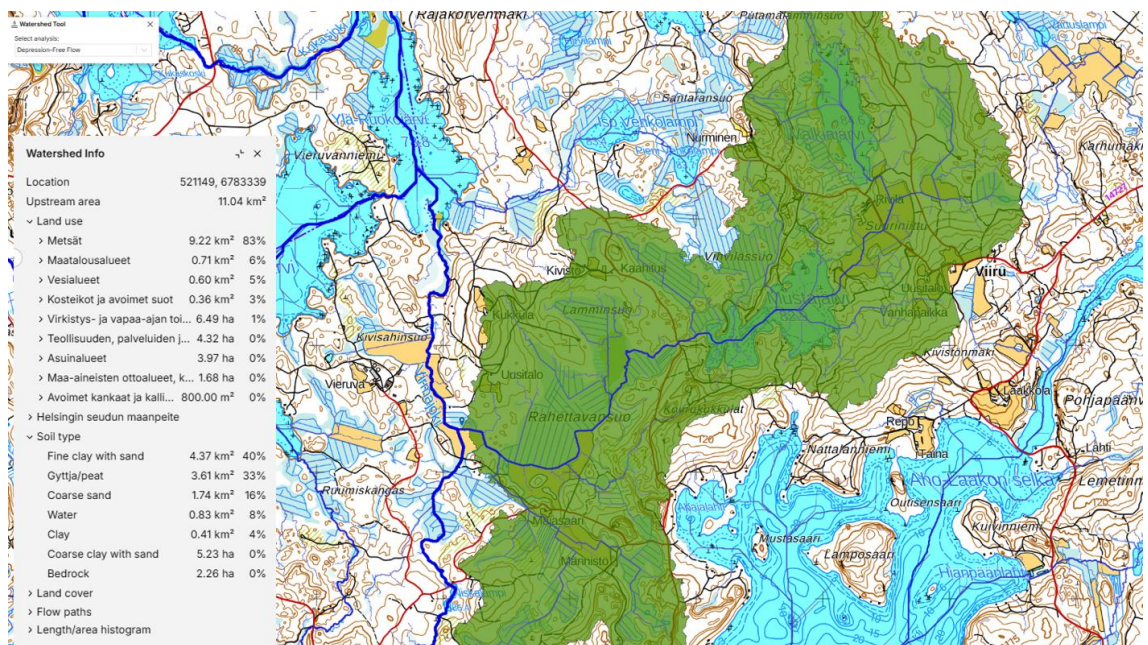
Liite 3. Virmajärven eteläpuolen osavaluma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma Ruokosalmen purkupisteestä. (Scalgo Live 2025)



Liite 4. Näytepisteen 21 (Pohjapäänlahti Kurkoronniittu) valuma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma. (Scalgo Live 2025)



Liite 5. Näytepisteen 20 (Rahettavanjoki) valuma-alue, maankäyttömuodot sekä maaperäjakauma. (Scalgo Live 2025)



Liite 6. Karttakuva näytepisteiden 9, 19 ja 20 sijainneista.

