

Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)

**Maa- ja metsätalousojituksen pohjavesivaikutteisuuden
kartoittaminen Harjavallan ja Köyliönjärven välisellä har-
jualueella**

Roosa Åkerman

Opinnäytetyö, joulukuu 2023



Karelia
AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ

Joulukuu 2023

Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9

80200 JOENSUU

+358 13 260 600

Tekijä

Roosa Åkerman

Nimeke

Maa- ja metsätalousojituksen pohjavesivaikutteisuuden kartoittaminen Harjavallan ja Köyliönjärven välisellä harjualueella

Toimeksiantaja

Suomen Pohjavesitekniikka Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Harjavallan ja Köyliönjärven välisen pohjavesialueen ja sen liepeiden ojitusten vaikutuksia alueen pohjaveden pinnankorkeuteen. Pohjaveden pinnankorkeudet ovat olleet alueella pitkäaikaisessa laskussa. Työn tavoitteena oli kerätä yksityiskohtaista tietoa alueen ojista sekä pohjaveden purkautumispaikoista. Toimeksianto oli osa Vesitasehanketta, joka tähtää löytämään pohjavesialueen pinnankorkeuden laskun syyt ja parantamaan vesitasetilannetta.

Aineistoa kerättiin haastattelemalla tutkimusalueen maanomistajia sekä maastotutkimuksella. Ojien syvyyksiä mitattiin ja arvioitiin sekä pohjaveden purkautumispaikkoja inventoitiin lämpökamerakuvauksen avulla. Saatua aineisto koottiin paikkatietoineen yhteen ja siitä analysoitiin, missä kaikkialla pohjaveden mahdollista purkautumista havaittiin.

Epäiltyä pohjavesivaikutteisuutta havaittiin pitkin tutkimusaluetta. Maastotutkimuksen perusteella viitteitä pohjaveden purkautumisesta löytyi niin ojitetuilla kosteikkoalueilla, peltojen avo-ojissa kuin niiden salaojissakin. Työssä annettiin myös suosituksia jatkotöidenpiteistä sekä ehdotettiin maastotutkimuksen perusteella koe-ennallistamiskohdetta, joka tukee hankkeessa aiemmin tehtyä mallinnettua ennallistamisen vaikutusarviointia.

Kieli
suomi

Sivuja 90
Liitteet 1
Liitesivumäärä 1

Asiasanat

ojitus, pohjavesialue, vesitase



THESIS
December 2023
Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author
Roosa Åkerman

Title
Mapping the Groundwater Impact of Agricultural and Forestry Drainage in the Ridge Area Between Harjavalta and Köyliönjärvi

Commissioned by
Suomen Pohjavesitekniikka Oy

Abstract

In this thesis, the effects of drainage on the groundwater level in the groundwater area between Harjavalta and Köyliönjärvi and its surroundings were investigated. Groundwater levels in the area have been on a long-term decline. The goal of the work was to gather detailed information about the area's ditches and groundwater discharge locations. The assignment was a part of the Water Balance project, which aims to find the reasons for the decrease in the groundwater level and to improve the water balance situation.

The material was collected by interviewing the landowners of the research area and by a field survey. The depths of the ditches were measured and evaluated, and the locations of groundwater discharge were inventoried with the help of thermal imaging. The obtained material was gathered together with location data and it was analyzed to determine where possible discharges of groundwater were observed.

Suspected groundwater influences were observed throughout the study area. Based on the field survey, indications of groundwater discharge were found in drained wetland areas, open ditches in fields, and in their subsurface drains. The work also made recommendations on further measures and suggested a trial restoration site based on the field survey, which supports the modelled restoration impact assessment made earlier in the project.

Language
Finnish

Pages 90
Appendices 1
Pages of Appendices 1

Keywords
drainage, aquifer, water balance

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Tutkimuksen tietoperusta	7
2.1	Pohjaveden muodostuminen, purkautuminen ja pinnankorkeus	7
2.2	Maa- ja metsätalouden ojituksista	8
2.2.1	Ojitusten vaikutuksista pohjaveden pinnankorkeuteen	10
2.3	Harjavallan ja Köyliönjärven välisestä pohjavesialueesta ja sen ympäristön maankäytöstä	11
2.4	Maastotyöskentely osana pohjaveden purkautumisselvitystä	14
2.4.1	Lämpökameratekniikan käyttö pohjavesitutkimuksessa	16
2.5	Tutkimusajankohdan sääolosuhteista	18
2.6	Vesitasehankkeen ennallistamisvaikutusten arvioinnista	18
3	Aineistot ja menetelmät	20
4	Tulokset ja niiden tarkastelu	23
4.1	Järilänvuoren itäpuoliset peltoalueet	23
4.2	Rausenkulma	31
4.2.1	Rausenkulma 1	31
4.2.2	Rausenkulma 2	38
4.3	Pökönhohkan kosteikkoalue	51
4.4	Koomankankaan koillispuoliset peltoalueet	55
4.5	Tuomaala	62
4.5.1	Tuomaala 1	63
4.5.2	Tuomaala 2	69
4.6	Ilmiinjärvi: Ilmiinnummen kosteikkoalue	74
4.7	Ränkimyssuo	79
5	Pohdinta	84
5.1	Tutkimusalueen ojitusten pohjavesivaikutteisuuden viitteet maastotarkastelun perusteella	84
5.2	Jatkotoimenpide-ehdotukset	86
5.3	Koe-ennallistamiskohteen ehdotus	86
5.4	Työn merkitys	87
5.5	Tutkimuksen luotettavuus	88
6	Loppusanat	88
	Lähteet	89

Kuvat: Roosa Åkerman, ellei toisin ole mainittu.

Liitteet

Liite 1. Köyliönjärvi-Harjavalta: Pohjaveden päävirtaussuunnat

1 Johdanto

Harjavallan ja Köyliönjärven välissä sijaitsee yhtenäinen harjujakso, jonka pohjavesialueilla on seurattu pohjaveden pinnankorkeutta 1970-luvulta asti. Etelä-Satakunnan alueen kunnat, vedenottajat sekä paikalliset yksityishenkilöt ovat olleet huolissaan havaitusta pohjaveden pitkäaikaisesta pinnankorkeuden laskusta (1–3 m). Harjujaksolla on kaksi suurta 1. luokan vedenhankintaa varten tärkeää pohjavesialuetta, ja niiden pinnankorkeuksien lisäksi myös alueen pohjavesivaikutteisten järvien (Piikajärvi, Pitkäjärvi (kuva 1) ja Ilmiinjärvi) pinnat ovat laskeneet. Alueen kunnalliset vedenottamot perustuvat harjujaksolle vuotuisesti muodostuvien pohjavesivarojen hyödyntämiseen. Vedenpintojen lasku vaikeuttaa vedenottoa ja heikentää järvien vedenlaatua sekä näin niiden virkistyskäyttöä. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2020.)



Kuva 1. Pitkäjärveä pohjoispäästä kuvattuna toukokuun 2023 lopussa.

Vuonna 2020 käynnistettiin Vesitasehanke, jossa selvitetään Harjavalta-Hiittenharju-Järilänvuori-Kooma-Ristola-harjujaksoson vesitilannetta. Pinnankorkeuden

laskun syytä on alustavasti selvitetty vuosina 2018–2021, ja vedenotto tai sademäärät eivät voi selittää laskua. Hankkeen 1. vaiheessa on saatu viitteitä siitä, että pohjavettä purkautuu harjujakson reunoilla sijaitseville alueille. Nämä suurimmilta osin yksityisomisteiset maa- ja metsätalousvaltaiset alueet ovat enimmäkseen ojitettuja. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2020.)

Hankkeen rahoituksesta vastaa Varsinais-Suomen ELY-keskus ja alueen vesilaitokset. Hankkeen toteuttajina ovat Suomen Pohjavesitekniikka Oy ja Pyhäjärvi-instituutti. Hanke tähtää löytämään alueen pohjaveden pinnankorkeuden laskun syyt ja seuraukset ja tavoittelee keinoja ja ratkaisuja tilanteen parantamiseksi eli pohjaveden pinnankorkeuden alenemisen kääntämiseksi nousuun. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2020). Ratkaisuina voivat toimia erilaiset ennallistamismenetelmät kuten veden pidätyskyvyn parantaminen ja ojitettujen soiden ennallistaminen sekä peltojen vesienhallinnan parantaminen. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2021).

Hanke toteutetaan vaiheittain, ja sen 1. vaiheessa on kerätty tietoa harjujakson pohjavesialueiden vesitilanteesta parantamalla pohjavesiputkiverkostoa ja asentamalla pohjaveden purkautumisalueilla sijaitseviin ojiin ja uomiin virtaamamittauspatoja. Lisäksi on tehty maastokartoitusta alueen ojista ja mahdollisista pohjaveden purkautumispaikoista. Opinnäytetyön toimeksianto sijoittuu osaksi hankkeen 2. vaihetta, jonka aikana on laadittu mm. pohjavesialueen kattava pohjaveden virtausmalli.

Opinnäytetyön toimeksiantotehtävä oli jatkaa 1. vaiheessa aloitettua maastokartoitustyötä. Työn tarkoituksena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Löytyykö tutkimusalueen ojista pohjavesipurkaumaa? Missä sekä millaisia volyymeja?
2. Millaisia purkutasoja tutkimusalueen ojissa on?

Opinnäytetyön tavoitteena on siis tuottaa yksityiskohtaista tietoa pohjavesialueen liepeiden ojitusten syvyyksistä ja epäillyistä pohjaveden purkautumispaikoista. Yksityiskohtaisemmillä ojatiedoilla voidaan parantaa pohjaveden virtausmallinnusta, jonka pohjalta on tehty ojien ennallistamisen vaikutusarviointia.

Lisäksi opinnäytetyö tekee jatkotoimenpide- sekä koe-ennallistamiskohteiden ehdotuksia maastotarkastelun perusteella.

Työn toimeksiantaja on Suomen Pohjavesitekniikka Oy.

2 Tutkimuksen tietoperusta

2.1 Pohjaveden muodostuminen, purkautuminen ja pinnankorkeus

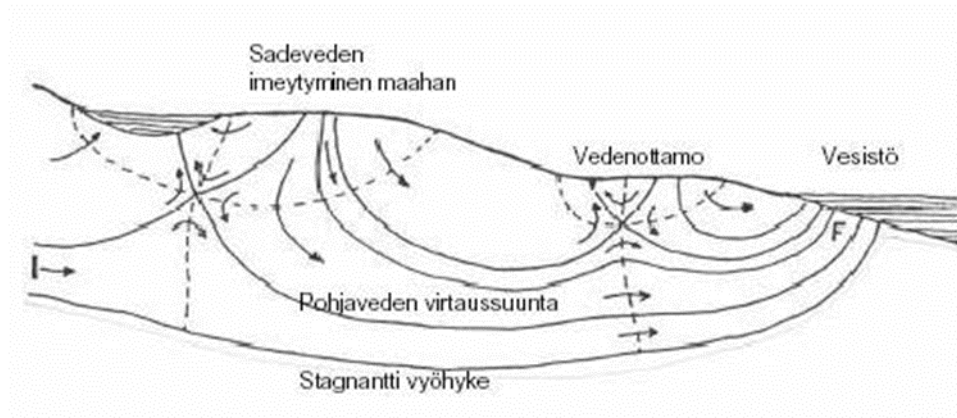
Sadevesi on tärkein pohjaveden muodostumisen lähde. Maaolosuhteiden ollessa tarpeeksi huokoiset, eli maaperän hydraulisen johtavuuden (veden läpäisevyyden) ollessa suurempaa, usein harjualueella ja sen välittömässä läheisyydessä, sadevesi suotautuu pohjavedeksi (Mälkki 1999, 67–68).

Pohjavettä purkautuu maan pinnalle luonnollisesti harjuvyöhykkeiden tasaisilla sivuilla, usein pieninä lähteinä tai tihkuina. Suuremmat lähteet sijaitsevat painanteissa harjuvyöhykkeiden sivuilla ja niiden poikki menevien painanteiden alueilla. Myös joki- ja puroomien leikkauksissa ja harjujen juuriosien vesistöissä pohjavettä purkautuu usein. (Mälkki 1999, 75.)

Pohjaveden pinta on korkeimmillaan lumen sulamisen aikaan, laskee kesällä haihdunnan vuoksi ja nousee syysateiden aikaan. Talvella sade tulee lumena ja routa estää veden imeytymisen, jolloin pinta laskee alimmalle tasolle. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 38.)

Pohjaveden pinta noudattaa pääpiirteissään maanpinnan korkokuvaa virraten kohti maaston alimpia kohtia. Se yhtyy maanpintaan lähteinä, soilla, vesijätöillä ja vesistöissä (kuva 2). Pohjaveden pinta näkyy kaivoveden pintana. Suomessa pohjaveden pinta on tavallisesti 2–4 m syvyydessä, paitsi ympäristöstään koivilla harjualueilla, missä se voi olla jopa 30–50 m syvyydessä. Eniten

pohjavesivarastoa ja pohjaveden pinnan tasoa muuttavat muutokset sadanassa ja haihdunnassa. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 37.)



Kuva 2. Havainnekuva pohjaveden maanalaisten liikkeiden periaatteista. Kuva: Niini & Niini 1995.

Ilmanpaineen muutokset, vedenotto, rakentaminen, ojittaminen, vuorovesi-ilmiö ja tuulet vaikuttavat jonkin verran pohjaveden pinnan tasoon. Riittävän pitkällä aikavälillä tarkasteltuna pohjavesivarasto on tasapainotilassa: tulovirtaama ja pohjaveden purkautuminen ovat samat. (Korkka-Niemi & Salonen 1996, 38.)

Pohjaveden pinnankorkeutta ja purkautumista tutkitaan ja tarkkaillaan erilaisin tekniikoin: hydrogeologisella tulkinnalla erilaisista kartoista, virtaamamittauksin ja purkautumisselvityksin, maaperäkairauksella, sekä havaintoputkien, virtaamamittauspatojen ja koepumppauksien avulla (Mälkki 1999, 268–269).

2.2 Maa- ja metsätalouden ojituksista

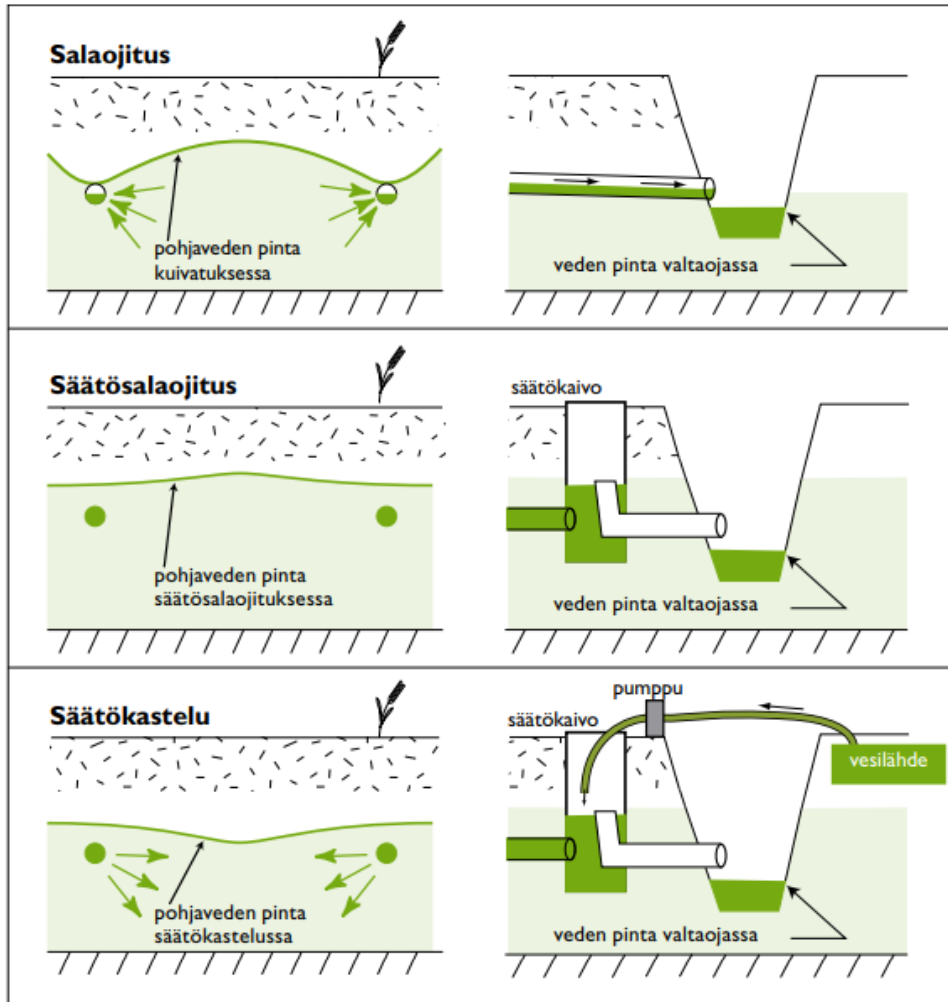
Suomessa soita on ojitettu laajasti 1960–70-luvuilla. Ojituksen tarkoituksena on kuivattaa maata peltoviljelyä tai metsänkasvatusta varten. Riittävä ojitus takaa olosuhteet taloudelliselle ja tuottavalle maa- ja metsätalouden harjoittamiselle. (Pajula & Järvenpää 2007, 13, 16–17.)

Metsäojituksen tavoitteena on alentaa maaperän vesipintaa, jolloin happea pääsee syvemmälle turpeeseen ja puiden juurten kasvuolot paranevat (Britschgi

ym. 2022, 103). Metsäojitus on nykyisin lähes kokonaan täydennys- ja kunnostusojitusta, jolla tarkoitetaan ennestään ojitettujen alueiden ojien perkaamista. Uudisojitusta ei juurikaan enää tehdä. (Pajula & Järvenpää 2007, 19.)

Peltoviljelyssä maan liiallinen kuivuus ja toisaalta kosteus heikentävät kasvua. Märkyys estää ilman pääsyn maahan, jolloin juuret eivät saa riittävästi happea, eikä hapettomassa maassa ole kasvin ravinnonsaannin kannalta tärkeää bakteeritoimintaa. Märkä maa on myös keväällä pidempään kylmänä, jolloin kasvukauden alku viivästyy. Sitten etenkin maatalouskoneet ovat vaatineet kuivempaa ja sen myötä kantavampaa maata, sillä märällä pellolla ajaminen voi tiivistää maata ja muuttaa sen rakennetta pysyvästi. Märällä pellolla myös pinta-valunta, eroosio ja fosforin huuhtoutuminen lisääntyvät. (Pajula & Järvenpää 2007, 16–17, 30.)

Nykyisin viljelyssä on yleistynyt salaojitus mm. sen suotuisten ympäristövaikutusten vuoksi. Sitä on kehitetty edelleen säätösalojituksiksi, jossa kuivatustehokkuutta voidaan säätää sekä kasvuston että ympäristön kannalta edullisemmaksi. Salaojien toimivuuden edellytys on, että valtaojat ovat kunnossa ja ne ovat niin syviä, että salaojituksen toteutus voidaan varmistaa tarkoituksenmukaisella tavalla. (Pajula & Järvenpää 2007, 16–17, 30.) Salaojitusta on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3. Salaojituksen havainnekuva. Kuva: Pajula & Järvenpää 2007.

2.2.1 Ojitusten vaikutuksista pohjaveden pinnankorkeuteen

Suomessa on tutkittu soiden ja kosteikkojen ojitusten vaikutuksia pohjavesialueen pinnankorkeuksiin ennen vesitasehanketta muutamassa tutkimuksessa (mm. Rossi ym. 2012, Rossi ym. 2014). Tutkimustulosten mukaan pohjavesialueen läheiset ojitukset voivat vaikuttaa vesitaseeseen kahdella tavoin: pohjavettä voi purkautua pohjavesiesiintymästä ojaan ja sadevesi purkautuu nopeammin ojia pitkin pois alueelta, jolloin sadevedestä muodostuu vähemmän pohjavettä. Pohjavesivaikutusten suuruusluokkaan vaikuttavat ojitusten syvyys, korkeusasema suhteessa pohjaveteen, pohjamaalajin vedenjohtavuus sekä ojitusten tiheys.

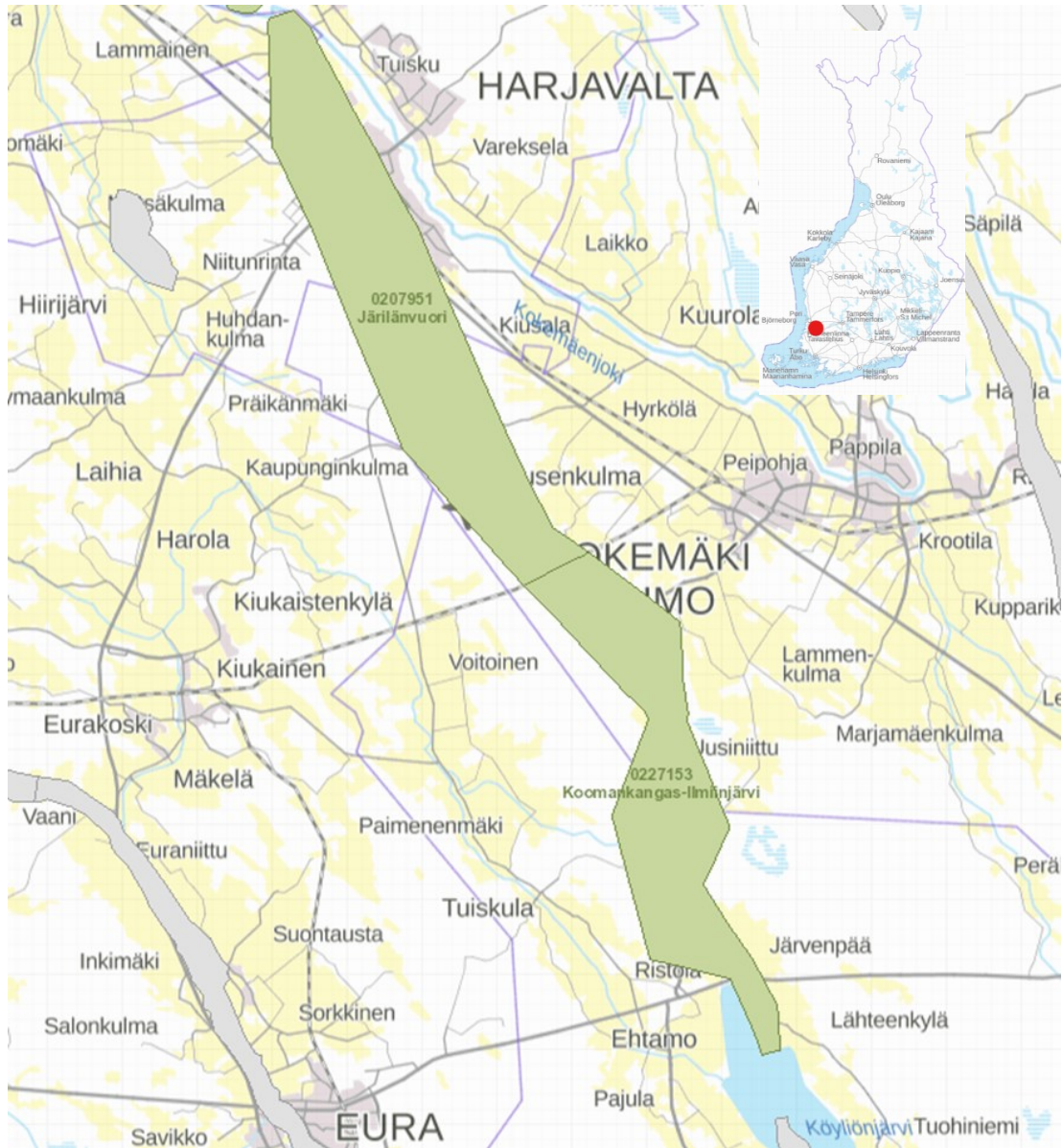
Esimerkkinä Patamäen alueella pohjaveden pinnankorkeutta tarkkailtiin avohakuun ja ojien kunnostuksen jälkeen, jolloin havaittiin pohjaveden pinnankorkeuden laskua 30–40 cm huomioiden kuivien vuosien aiheuttama vaikutus (Britschgi ym. 2022). Rokuan alueella pohjaveden määrällistä tilannetta on arvioitu pohjavesimallinnuksella, jossa tultiin tulokseen, että pinnankorkeuksiin suurin vaikuttava tekijä on luontainen ilmaston vaihtelu, mutta myös metsäojituksella arvioitiin olevan vaikutusta pitkällä aikavälillä (Rossi ym. 2014). Samansuuntaisia tuloksia, jotka indikoivat pohjaveden purkautumista ojiin, on saatu myös muun muassa Ruokolahdella (Mustonen & Seuna 1971, 63), sekä Norfolkissa Englannissa (Simpson, Holman & Rushton 2011, 116–128).

2.3 Harjavallan ja Köyliönjärven välisestä pohjavesialueesta ja sen ympäristön maankäytöstä

Tutkimuskohteen harjualue on osa Pusulasta Oripään, Säskylän ja Köyliön kautta Poriin kulkevaa Lounais-Suomen pisintä harjumuodostumaa. Harjualueen ympäristössä on paljon suomaista maata. Alueella on pohjavedenoton lisäksi intensiivistä maa- ja metsätaloutta (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2017, 16), kuten voidaan tarkastella kuvasta 4. Kuvassa 5 näkyy tutkimusalueen pohjavesialueen rajat.



Kuva 4. Tutkimusalueen ilmakekuva. Kuva: Paikkatietoikkuna 2023.



Kuva 5. Harjavalta-Hiittenharju-Järilänvuori-Kooma-Ristola-harjujakson pohjavesialueet. Kuva: GTK Lähde-karttapalvelu 2023.

Aiempien pohjavesitutkimuksien perusteella pohjavesialue purkaa vettä erityisesti sitä ympäröiville suoalueille sekä Kokemaenjokeen, Ilmiinojaan, Mustaojaan ja Köyliönjärveen. Vedenottoilta pumpattava vesimäärä vähentää pohjavesialueelta ulos virtaavaa määrää. Alueen maa- ja metsätalouden kuivatusojitusten epäillään siirtävän pohjavesipurkaumia luontaisilta alueilta ojitetuille paikoille alentaen samalla pohjaveden pinnankorkeutta ojituksen vaikutuspiirissä. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy 2017, 7.) Alueen pääasialliset pohjaveden virtaussuunnat näkyvät liitteessä 1.

2.4 Maastotyöskentely osana pohjaveden purkautumisselvitystä

Pohjavesitutkimusta täydennetään tarvittaessa maastotutkimuksella. Maastotutkimusten tarve korostuu etenkin, kun maastokartta ei ole tarpeeksi kuvaava alueen toiminnoista, ja maastohavaintoja tarvitaan jatkotutkimuksiin. Yhtenä tärkeimmistä maastoselvityksistä pohjavesitutkimuksessa pidetään pohjaveden purkautumisen selvitystä, joka käsittää purkautumiskohtien inventointia ja purkautuvien vesimäärien sekä laadun selvitystä (Mälkki 1999, 130–131). Purkautumiskohtien inventointi tulee kyseeseen tässä tutkimuksessa. Lisäksi tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella valikoidaan vesinäytteenottoaikoja Vesitasehankkeeseen.

Hankkeen 1. vaiheessa Suomen Pohjavesitekniikka Oy on jo tehnyt toimeksianton kaltaista tutkimusta tutkimushaastatteluin ja maastohavainnoin, mutta pienemmässä mittakaavassa. Pohjaveden virtausmallinnus on tehty hankkeen 2. vaiheessa ja siitä saadun aineiston perusteella on valittu erityisesti kartoitettavat alueet.

Purkualueiden paikallistaminen auttaa pohjaveden virtausmallinnusta. Koska pohjaveden purkautuminen voi olla hyvinkin paikallista, voi purkualueiden syvämmä kartoitus täydentää virtausmallinnusta merkittävästi.

Purkautuvia vesimääriä voidaan mitata esimerkiksi yleisesti käytettävillä puroon asennettavilla mittapadoilla. Mittapadossa on tavallisesti senttimetriasteikko, josta vedenkorkeus voidaan lukea ja näin laskea virtaama. (Mälkki, E. 1999, 258).



Kuva 6. Thompsonin pato, ns. V-pato. Kuva: harjureitti.fi.

Ojavesistä voidaan ottaa myös vesinäytteitä, jotta voidaan nähdä, onko ojassa virtaavassa vedessä laatuvaihtelua ja sen myötä alueen pohjavedelle tyypillisiä piirteitä ja näin ollen viitteitä pohjavesipurkaumista.

Vain osa maastosta havaittavista lähteistä on merkitty karttoihin. Pohjavesipurkaumia tai lähteitä voidaan havainnoida maastossa silmämääräisesti sekä veden lämpötilan mittauksella. Lähteitä luokitellaan eri tavoin ja erilaisilla lähdetyypeillä on erilaisia purkautumistapoja. Purolähteissä lähde alkaa pohjaveden purkautumiskohdasta, allikkolähteissä vesi purkautuu vaihtelevan kokoiseen altaaseen ja hetteikkölähteissä vesi muodostaa tihkupinnan. (Kuusisto 2014, 5.) Luonnontilaisen pohjaveden lämpötila Suomessa vaihtelee noin 3,5–6,6 °C välillä (Backman ym. 2009). Pohjavesivaikutteisuutta siis indikoivat maastotarkastelussa kylmä ja/tai virtaava kirkas vesi, hyvin vettä johtava ojan pohjamaalaji (kuva 7) sekä etenkin tiettyjen sammaleiden läsnäolo (Ulvinen, Syrjänen & Anttila 2002, 54–56).

Maa- tai kivilaji	Vedenjohtavuus K (m s ⁻¹)
Soramoreeni	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷
Hiekkamoreeni	10 ⁻⁶ - 10 ⁻⁸
Hietamoreeni	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁹
Savimoreeni	< 10 ⁻⁸
Sora	10 ⁻¹ - 10 ⁻³
Karkea hiekka	10 ⁻² - 10 ⁻⁴
Hieno hiekka	10 ⁻³ - 10 ⁻⁵
Karkea hieta	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁶
Hieno hieta	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷
Hiesu	10 ⁻⁷ - 10 ⁻⁹
Savi	< 10 ⁻⁹
Kalkkikivi, dolomiitti	10 ⁻¹ - 10 ⁻¹⁰
Karkea-keskikarkea hiekkakivi	10 ⁻¹ - 10 ⁻⁵
Hienorakeinen hiekkakivi	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁹
Saviliuske, hietakivi	10 ⁻⁷ - 10 ⁻¹¹
Basaltti	10 ⁻¹ - 10 ⁻¹⁰
Porfyriitti	10 ⁻⁵ - 10 ⁻¹¹
Graniitti, gneissi	10 ⁻⁴ - 10 ⁻¹¹

Kuva 7. Maa- ja kivilajien vedenjohtavuuksia. Kuva: Airaksinen 1978.

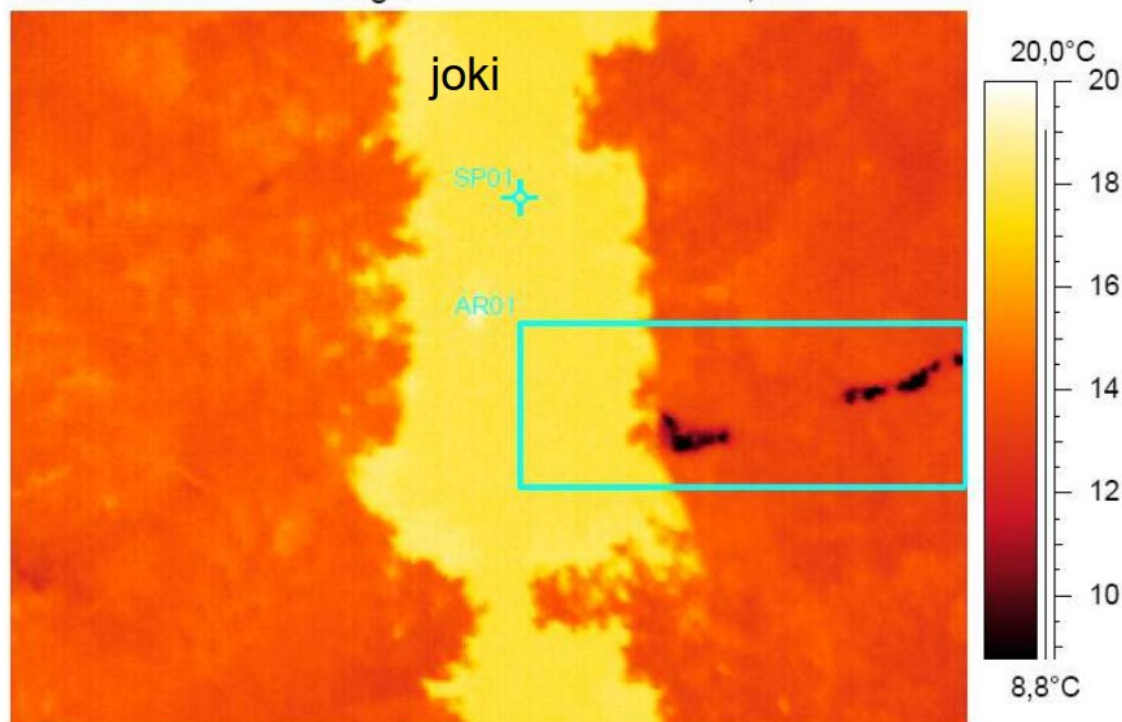
2.4.1 Lämpökameratekniikan käyttö pohjavesitutkimuksessa

Purkautumispaikkojen havainnoinnissa voidaan käyttää lämpökameraa. Lämpökameratekniikasta pohjaveden purkautumistutkimuksessa on jonkin verran näyttöä. Aiheesta löytyy tietoa ja kokemuksia tutkimusjulkaisuista ja teoksista. Eniten julkaisutietoa löytyy lämpökameralentokuvauksista, joissa lämpökamerakuvaa otetaan ilmastasta käsin isoilta alueilta kerralla. Niissä pistemäinen pohjaveden purkautuminen on pystytty määrittämään parhaiten. Tällaisia kuvauksia on tehty Suomessa esimerkiksi Karvianjoella ja Vantaanjoella (Kivimäki ym. 2013).

karvia050809436.FFF

ThermoVision

image from 4.8.2009 22:15:02,697



Kuva 8. Karvianjoen lämpökamerakuvaa ilmasta käsin. Pohjavesipurkauma joen pohjoisrannalla. Kuva: Ikäheimo 2010.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa tarkemmin yksittäisten alueiden purkautumista eikä niinkään laajoja joki- tai uomaverkostoja. Siten kannettavalla lämpökameralla kuvaus soveltui paremmin hankkeen toteuttamiseen.

Lämpökameran tekniikka perustuu lämpötilaerojen havaitsemiseen, jolloin saadaan esimerkiksi kesäaikaan tietoa mahdollisista pohjaveden purkautumispaikoista pohjaveden lämpötilan ollessa alhaisempi kuin pintaveden (Briggs, Hare, Boutt, Davenport & Lane 2016).

Lämpökamera havaitsee veden pinnan lämpötilan. Pinnan alla tapahtuvat pohjaveden pienet purkautumiset, jotka sekoittuvat vuolaampana virtaavaan veteen, eivät välttämättä näy selvästi lämpökamerakuvassa. Tulkintaa tulee käyttää esimerkiksi silloin, jos ojaveden lämpötila vaihtelee eri pisteiden välillä.

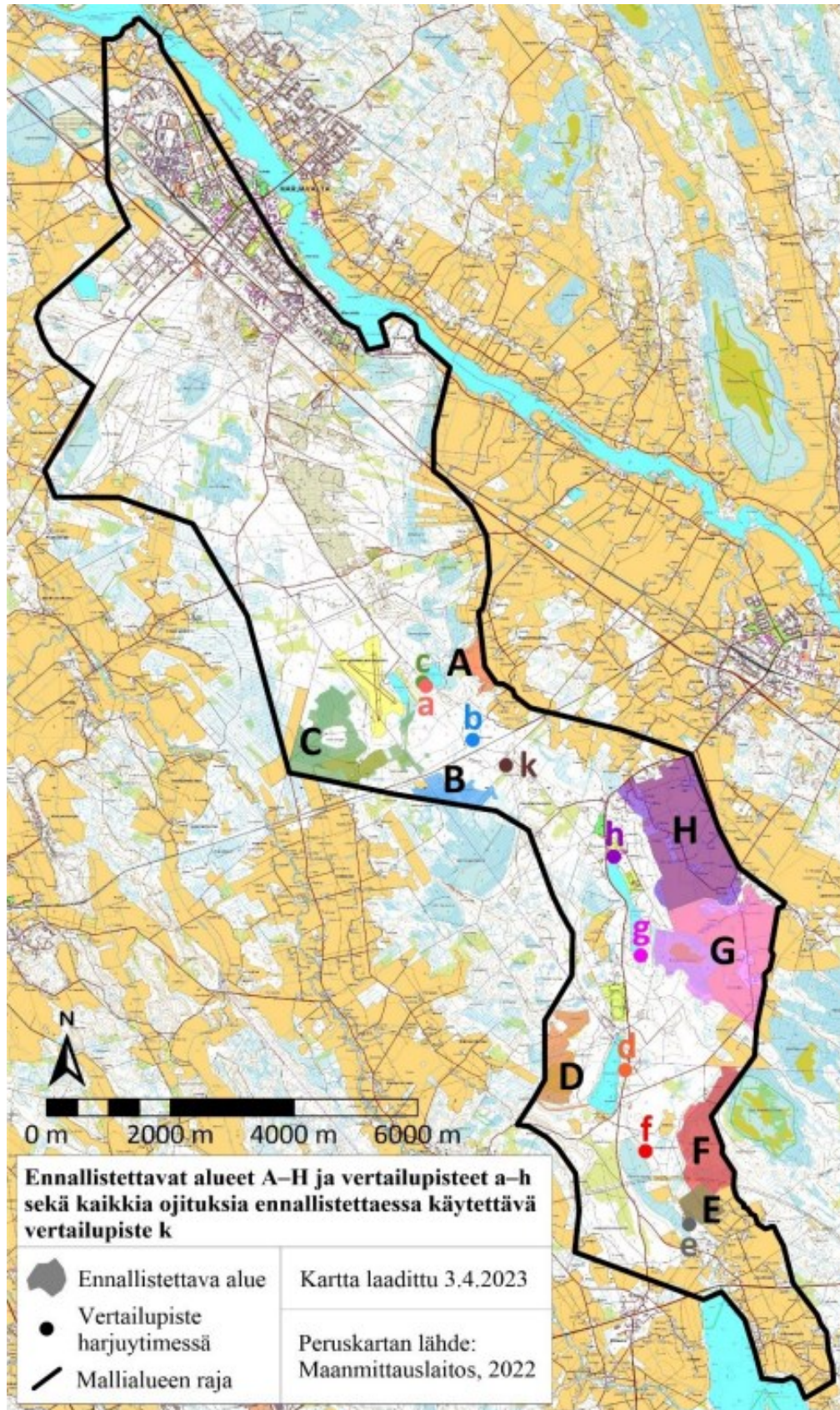
2.5 Tutkimusajankohdan sääolosuhteista

Tutkimusajankohta 16.-31.5.2023, toukokuu 2023 kokonaisuudessaan sekä huhtikuu 2023 olivat Porissa keskimääräistä vähäsateisempia. Huhtikuun sademäärä oli 18,2 mm, mikä on vuosien 1991–2020 keskiarvosta 60 %. Toukokuun sademäärä oli 22,6 mm, mikä oli edellä mainittujen vuosien keskiarvosta 58 %. (Ilmatieteen laitos, 2023.) Maltillisen sateen päiviä tutkimusajankohdalle sattui kaksi. Näin ollen voidaan olettaa, että sademäärät ovat vaikuttaneet tutkimusajankohdan maastohavainnointiin vähäisessä määrin.

2.6 Vesitasehankkeen ennallistamisvaikutusten arvioinnista

Ojia voidaan ennallistaa niiden kuivatusvaikutusten ja samalla pohjavesivaikutusten vähentämiseksi. Menetelminä voi olla ojien patoaminen tai täyttäminen. (Aapala, Similä & Penttinen 2013, 140.)

Vesitasehankkeen 2. vaiheessa on tehty tutkimusalueelle ennallistamisen vaikutusarviointia pohjaveden pinnankorkeuksiin virtausmallinnuksen avulla. Mallinnuksessa nousi esiin kaksi potentiaalista sijaintia, joissa ennallistamistoimia kannattaisi kokeilla. (Bergholm 2023.) Eri alueiden ennallistamisvaikutuksia on esitelty Bergholmin diplomityössä, ja koe-ennallistamiskohteita on virtausmallin perusteella ehdotettu kuvassa 9 esitetyille alueille C ja H.

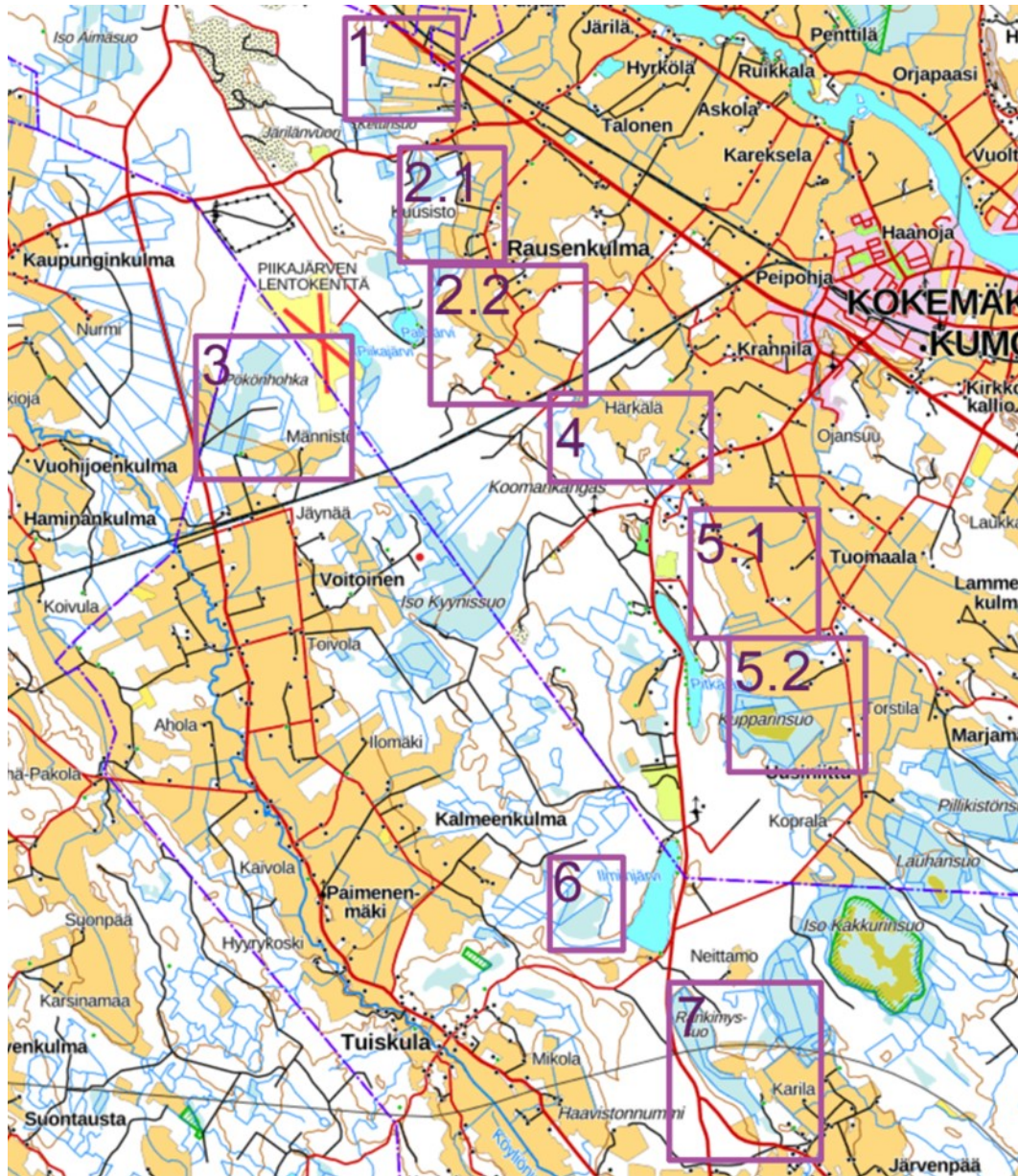


Kuva 9. Alueet, joiden ennallistamisen vaikutuksia on mallinnettu Bergholmin diplomityössä. Kuva: Bergholm 2023.

3 Aineistot ja menetelmät

Tutkimus oli luonteeltaan toiminnallinen kartoitus Harjavallan ja Köyliönjärven välisen harjualueen ympäristön ojituksen vaikutteista harjun pohjavesien purkautumiseen. Kuvassa 10 on esitetty tutkimusalueeseen kuuluvat ojitetut pelto- ja metsäalueet. Tutkimusalueen osat olivat:

- 1 Järilänvuoren itäpuoliset peltoalueet
- 2.1 Rausenkulma 1
- 2.2 Rausenkulma 2
- 3 Pökönhohkan ojitettu kosteikkoalue
- 4 Koomankankaan itäpuoliset peltoalueet
- 5.1 Tuomaala 1
- 5.2. Tuomaala 2
- 6 Ilmiinnummen kosteikkoalue
- 7 Ränkimyssuo



Kuva 10. Tutkimusalueen kartoitetut pelto- ja metsäalat on rajattu ja jaettu osiin kuvan mukaisesti. Karttapohjan lähde: Paikkatietoikkuna 2023.

Valtaosa pohjavesialueen liepeillä sijaitsevista ojitetuista maa-aloista on yksityisomisteisia. Tutkimuksen aineiston keruu aloitettiin tutkimusalueen maanomistajien kontaktoinnilla tutkimuslupien saamiseksi. Tavoitettuja maanomistajia oli hieman yli 20. Aineiston keruussa maanomistajille esitettiin avoimia kysymyksiä, kuten:

- Ovatko olosuhteet maassa olleet märkiä/kuivia?
- Joudutaanko pellolla käyttämään kastelua?
- Onko ojituksessa tai salaojituksessa ollut haasteita?

- Onko tilan alueella oja, jotka ovat sulina ympäri vuoden ja/tai niissä virtaa paljon vettä jatkuvasti?
- Käytetäänkö tilalla säätösalaajitusta tai onko käyttöönottoa suunniteltu?

Suurin osa aineiston keruusta toteutettiin maastokartoituksena. Maastokartoituksella kerättiin tutkimusaineistoa tutkimusalueelta valokuvina, lämpökamerakuvina, ojien syvyysmittauksina ja -arviointeina sekä vedenpinnan korkotason mittauksena ojista ja salaojakaivoista. Maastotutkimuksessa käytettiin lämpökameran ohella äänimittaa salaojakaivojen syvyyksien mittauksiin sekä kameraa maastohavaintojen dokumentointiin. Havaintopisteet kirjattiin Karttaselain-sovelukseen.

Käytetty lämpökamera oli kompakti Flir C5. Lämpökameran mittausparametrejä säädettiin ja arvioitiin kunkin maastokartoituksen aikana.

Kartoituksessa saadusta aineistosta analysoitiin kultakin havaintopisteeltä erikseen, onko ojarpurkauma pohjavesivaikutteista ja miten voimakasta, sekä mistä se voi olla peräisin. Työn kannalta merkittäväksi katsotut havaintopisteet on esitelty kappaleessa 4. Osalle havaintopisteitä pohdittiin jatkotutkimusten tarvetta pohjavesivaikutteisuuksien vahvistamiseksi.

Aineiston analysoinnissa oletettiin, että pohjavesivaikutteinen purkauma ojassa näyttäytyy seuraavasti:

- viileä tai kylmä vesi: esimerkiksi salaojapurusta tuleva valtaojaa viileämpi vesi indikoi pohjavesivaikutteisuuksia salaojien vaikutuspiirissä,
- (kirkas) virtaava vesi: etenkin ilman edeltävää sadetta esiintyvä virtaus ojassa tai salaojassa,
- virtaavan ojaveden muuttuva lämpötila, vaikkei varsinaista selvää purkupaikkaa löydy,
- lajisto purkautumispaikalla,
- helposti vettä läpäisevä maalaji ojan pohjalla,
- oja pysyy sulana talvella.

Analysoinnissa huomioitiin maanomistajien haastatteluissa ilmenneet tiedot vanhojen tai nykyisten epäiltyjen lähteiden sijainneista. Analysoinnissa otettiin huomioon myös epävarmuustekijät, kuten lämpökameran epävakaa toimivuus sadepäivänä ja sateen vaikutus ojiin kerääntyvän veden virtaamaan sekä lämpötilaan.

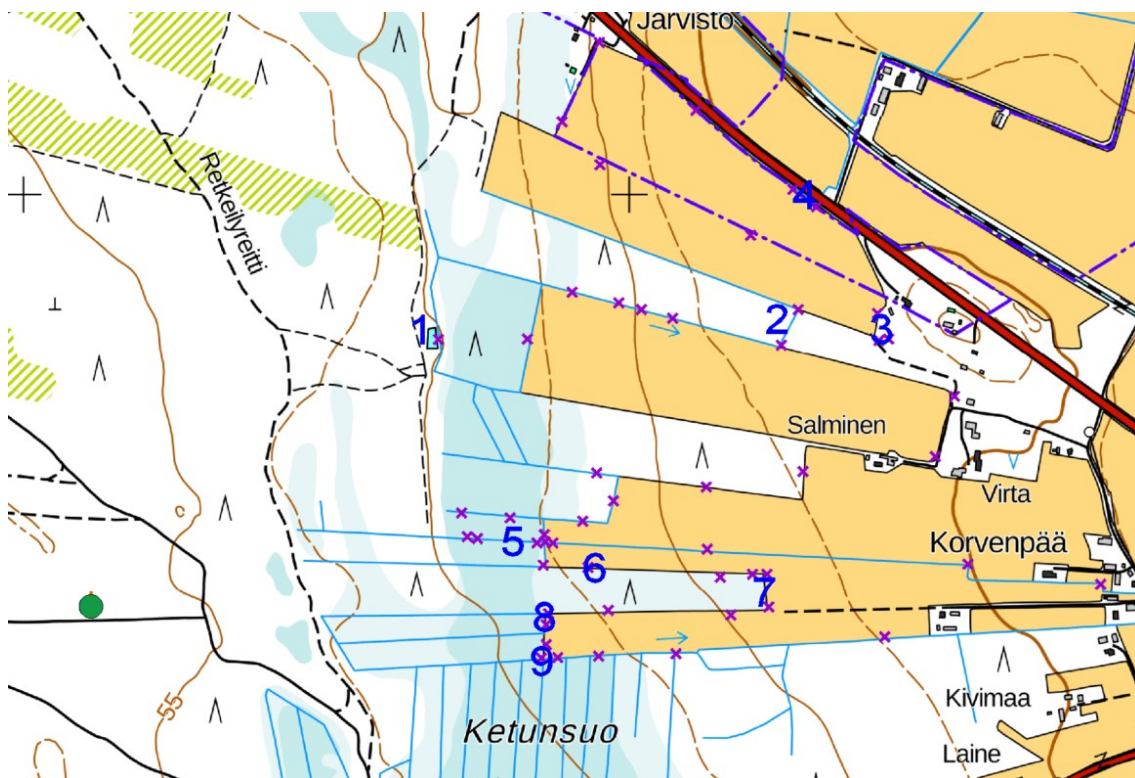
Aineiston analysoinnissa käytettiin apuna myös tutkimusalueen pohjavesien tarkkailuputkien pinnankorkeusaineistoja: läheisten tarkkailuputkien pohjaveden pinnankorkeusasemaa verrattiin ojien purkutasoon. Tarkkailuputkien pinnankorkeusaineistot ovat Kuninkaanmännyn vesi Oy:n, Kokemäen vesihuollon sekä Harjavallan vesilaitoksen keräämiä ja omistamia. Ojien purkutasoa arvioitiin kartalla näkyvien korkeuskäyrien sekä maastossa havaittujen ojasyvyyksien avulla.

4 Tulokset ja niiden tarkastelu

4.1 Järilänvuoren itäpuoliset peltoalueet

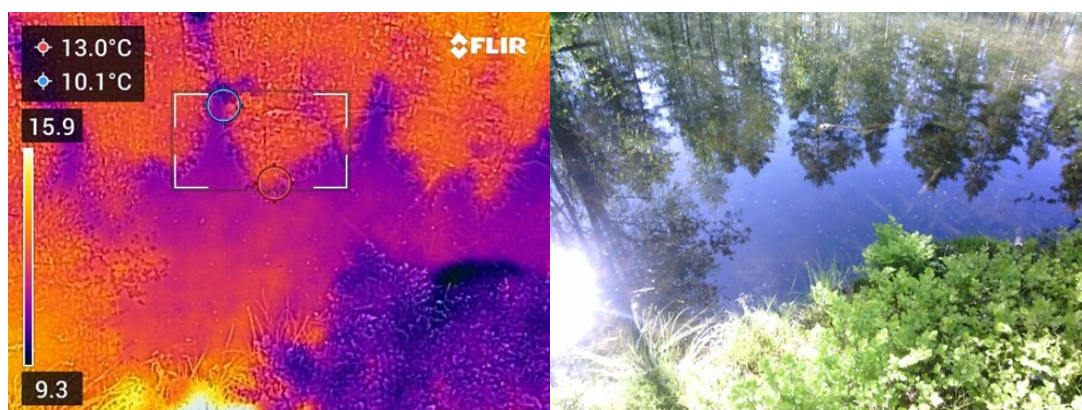
Järilänvuoren itäpuolisten peltoalueiden kartoitettu alue on esitetty kuvassa 11. Läheisestä pohjavesiputkesta (vihreä ympyrä kuvassa 11) mitattiin 5.6.2023 lukema 52,27 m mpy. Ketunsuon ja kartoitetun alueen ojien purkutaso on kartan korkeuskäyrien ja maastohavaintojen perusteella korkeintaan 50 m mpy. Näin ollen pohjavettä voisi purkautua Ketunsuon sekä sen itäpuolen peltoalueiden ojiin.

Alueen kartoitus tehtiin toukokuun 2023 lopulla.



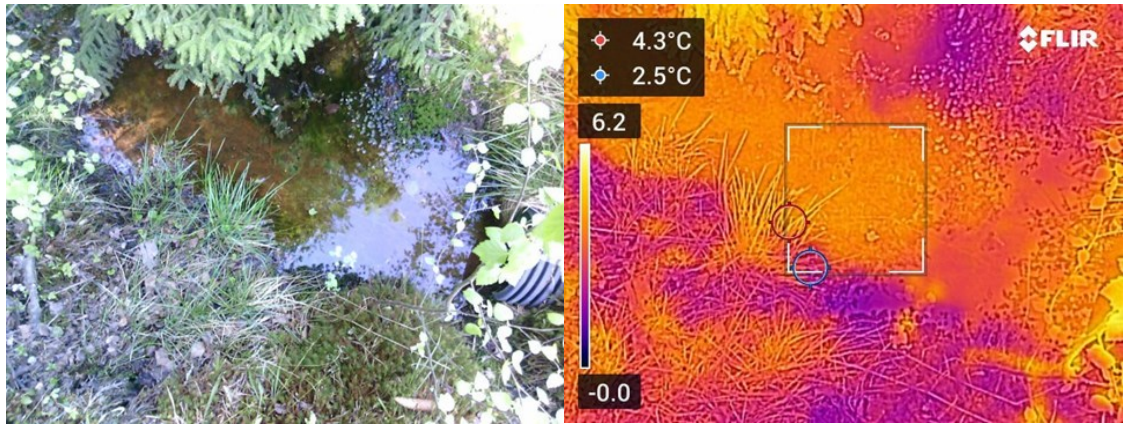
Kuva 11. Kartoitetun alueen havaintopisteiden sijainnit kartalla. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreä ympyrä on pohjavesiputki. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Havaintopisteiden 1–4 ympäristön pellot ovat osin hiekkapohjaisella ruoppaamalla. Eteläisempi pelto on säätösalojitettu, ja maanomistajan mukaan ennen säätösalojitusta pellon olosuhteet olivat kuivat. Säätösalojakaivoista mitattiin vedenpinnankorkeuksia välillä 0,8–1,3 m. Pellon länsipuolella havaintopisteessä 1 käytiin tarkastamassa maanomistajan nimittämä ”Rapulampi” (kuva 12), jota maanomistaja epäili pohjavesivaikutteiseksi ja jonka pinnankorkeus on hänen mukaansa laskenut 10 vuodessa noin puoli metriä.



Kuva 12. Havaintopiste 1. "Rapulampi".

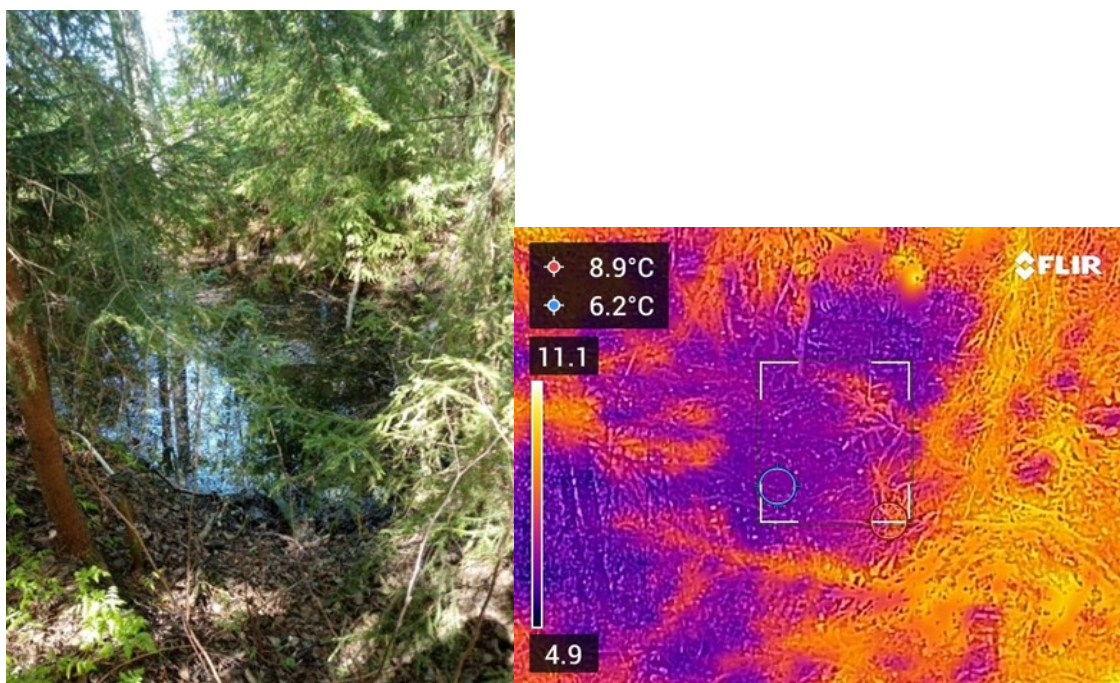
Suurin osa pellon salaojista laskee vetensä havaintopisteen 2 avo-ojaan, joka jatkuu putkitettuna pohjoisemman pellon alitse havaintopisteeseen 4. Avo-ojassa havaintopisteessä 2 havaittiin pientä virtausta ja kovin viileää, hieman yli 4-asteista vettä (kuva13).



Kuva 13. Havaintopiste 2. Ojassa hiljaa virtaava vesi on hieman yli 4-asteista.

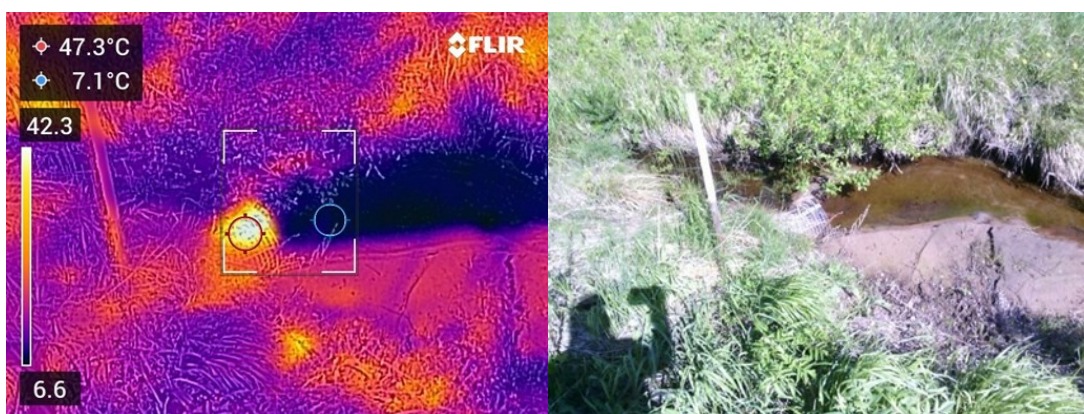
Pohjoisemman pellon salaojat ovat noin metrin syvyydessä, lukuun ottamatta pellon savisempaa ja märempää kaakkoiskulmaa (lähellä havaintopistettä 3), jossa salaojat ovat maanomistajan mukaan arviolta kahdessa metrissä.

Havaintopisteessä 3 havaittiin vesikuoppamainen painauma maassa välittömästi pellon itäpuolella (kuva 14). Kuopan vesi oli viileää, hieman yli 6-asteista.



Kuva 14. Havaintopiste 3. Vesikuoppamainen muodostuma, jossa viileää vettä, pellon kaakkoiskulman lähetyvillä.

Havaintopisteen 4 pellonalitusputki kerää vesiä myös matkalleen osuvasta sala-ojakaivosta, ja virtaama purussa oli hyvin kohtalaista. Vesi oli viileää, noin 7-asteista, mikä viittaisi siihen, että myös pohjoisemman pellon salaojien vaikutuspiirissä olisi pohjavesivaikutteisuutta. Oja on hiekkapohjainen (kuva 15).



Kuva 15. Havaintopiste 4. Pellonalitusputki, joka kerää vesiä säätösalojitetulta pellolta asti. Putkesta tulee kylmää vettä.

Samassa havaintopisteessä 4 havaittiin myös toinen hieman virtaava salaopurku, joka kerää vesiä pellon märästä kaakkoiskulmasta (kuva 16).



Kuva 16. Havaintopiste 4. Salaojapurku, joka kerää vesiä pellon märästä kaakkoiskulmasta.

Alueen loput eteläisemmät pellot havaintopisteiden 5–9 ympäristössä sijaitsevat maanomistajan mukaan savisemmalla maalla. Niiden virtaama kohdistuu kaakkoiseen uomaan, joka purkautuu Kokemäenjokeen. Salaojitus pelloilla on noin metrin syvyydessä.

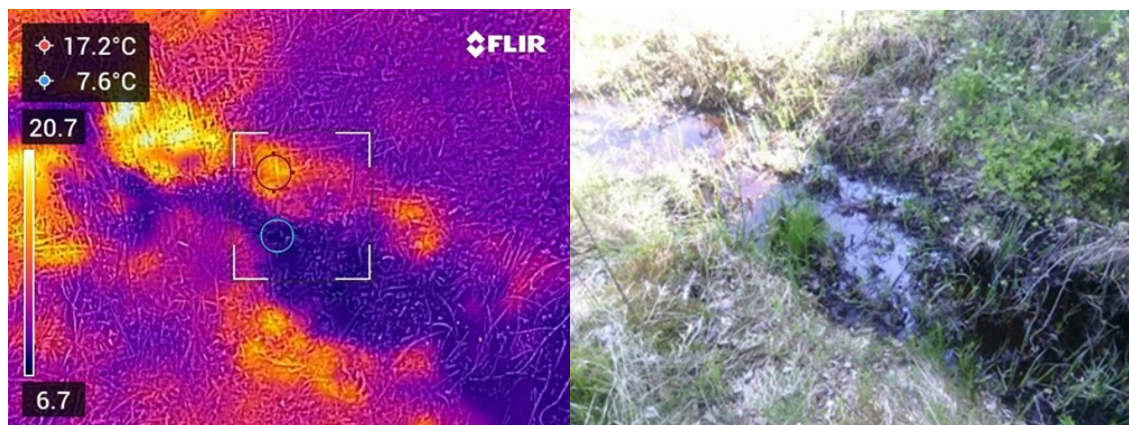
Havaintopisteessä 5 havaittiin heikkoa, kylmää virtaamaa metsäojasta itään pelto-ojaa kohti (kuvat 17–19). Metsäojan syvyys oli lähempänä peltoa n. 1,5 m, lännemmässä oja madaltui ja oli kasvanut umpeen. Ojan pohjaa peitti paikoin rahkasammal ja virtaus voimistui pitkin ojaa.



Kuva 17. Havaintopiste 5. Metsäojaa lähempänä peltoa.



Kuva 18. Havaintopiste 5, metsäojaa pohjavesipurkauman alkupäässä. Etenkin ojan alkupäässä ojan pohjaa peitti rahkasammal. Vesi noin 6-asteista.

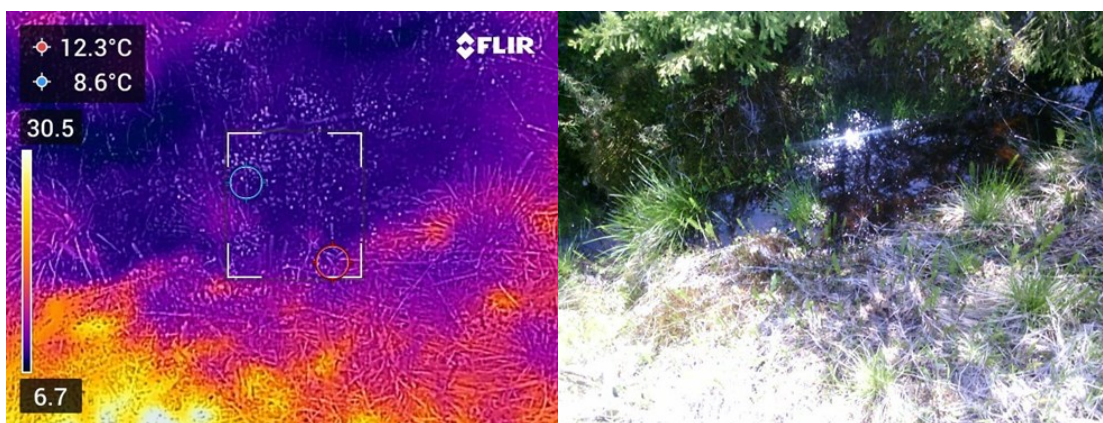


Kuva 19. Havaintopiste 5, metsäoja jatkuu pelto-ojana.

Havaintopisteiden 6 ja 8 välissä avautui hakkuuaukea. Pisteiden 6 (kuvat 20–21) ja 7 (kuva 22) välissä pellon reunoajan virtaama silmämääräisesti arviolta hieman lisääntyi. Ojan vedet padottuivat havaintopisteeseen 7 likimain salaojien tasolle.



Kuva 20. Havaintopiste 6. Hakkuuaukea.

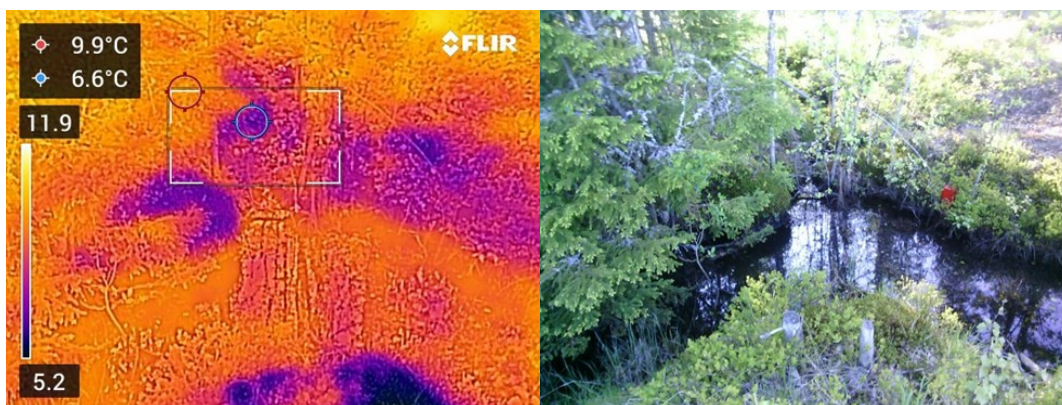


Kuva 21. Havaintopiste 6. Ojavesi oli viileää ja virtaus heikkoa.



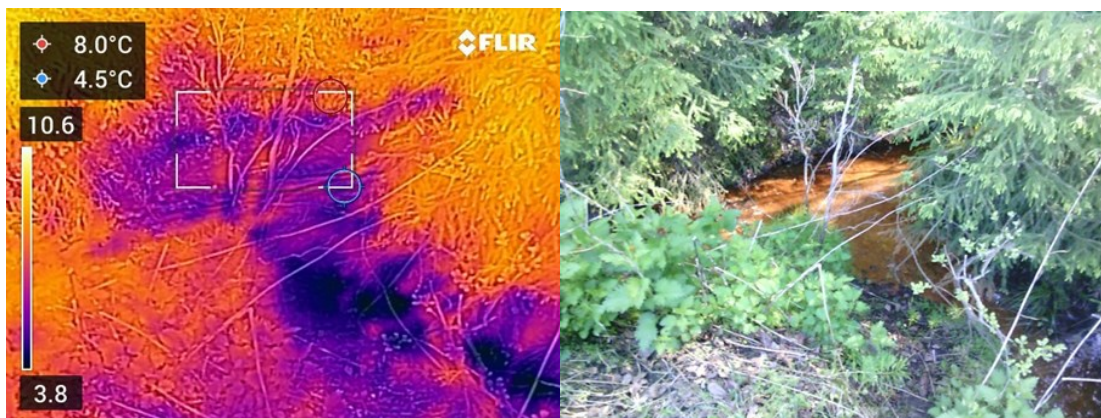
Kuva 22. Havaintopiste 7. Oja padottui salaojien tasoon, mikä puoltaa sitä, että vettä tulee ojaan lisää jatkuvasti.

Havaintopisteessä 8 havaittiin pellon reunaojassa viileää, padottunutta vettä (kuva 23).



Kuva 23. Havaintopiste 8. Ei havaittua virtaamaa.

Havaintopisteessä 9 kuvattiin Ketunsuolta tulevasta metsäojasta hyvin kohta-laista, kylmää virtausta pellon reunaojaan kohti itää (kuva 24).



Kuva 24. Havaintopiste 9. Ketunsuolta tulevaa virtaamaa. Koko oja oli hapettuneen raudan värinen.

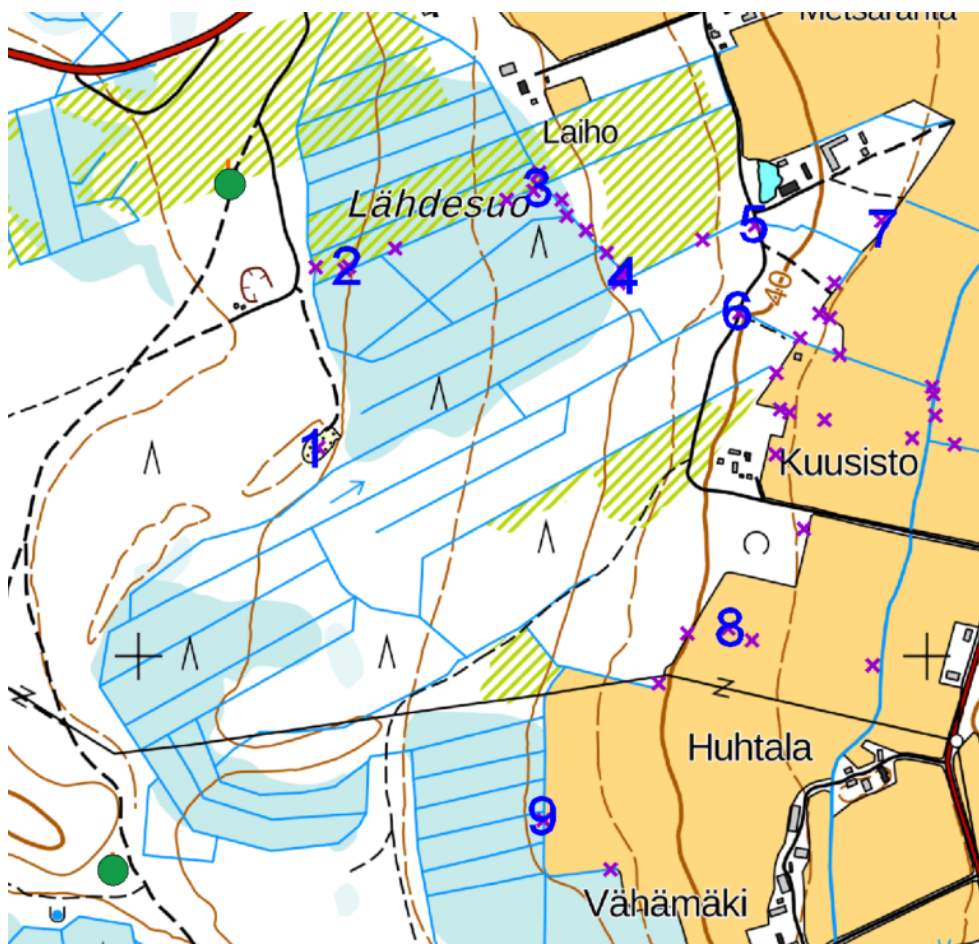
Alueella havaittiin virtaavien viileiden ojavesien sekä maanomistajien kertomusten perusteella mahdollista pohjavesivaikutteisuutta sekä osan salaojitusten vaikutuspiirissä, että Ketunsuolta tulevissa metsäojissa.

4.2 Rausenkulma

Rausenkulman maanomistajista osa oli sitä mieltä, että alueen vesimäärät eivät ole merkittävästi vähentyneet. Alueella on heidän mukaansa runsasta lähteisyyttä ja pihakaivoja, joilla on merkittävä antoisuus ja joiden vettä käytetään talousvetenä. Kaikki kartoitetut peltoalueet on salaojitettu. Salaojien syvyydet vaihtelevat 0,8 metristä yli 1 metriin.

4.2.1 Rausenkulma 1

Rausenkulma 1:n kartoitettu alue on esitetty kuvassa 25. Karttoitus tehtiin toukokuun 2023 lopulla.

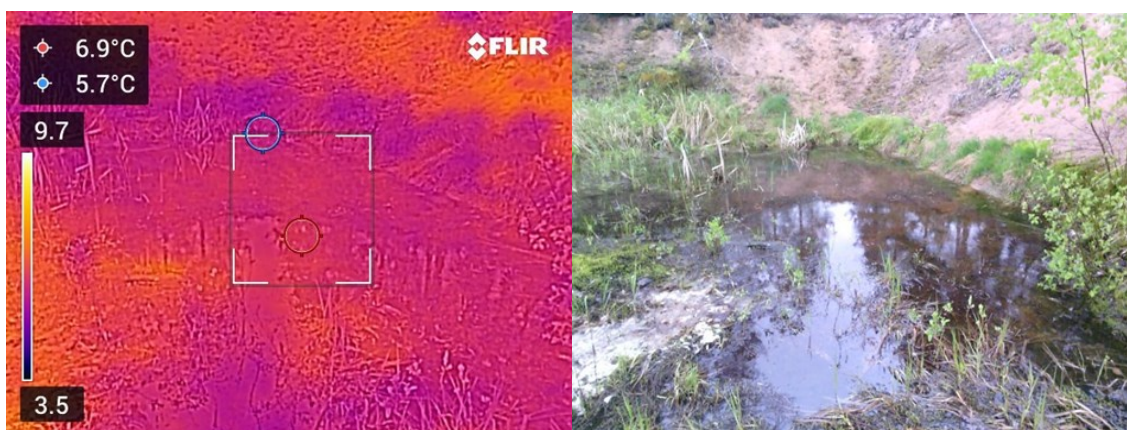


Kuva 25. Rausenkulma 1 kartoitetut havaintopisteet. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022

Havaintopisteessä 1 dokumentoitiin hiekkakuoppa (kuvat 26–27), jossa epäiltiin olevan pohjavettä.



Kuva 26. Havaintopiste 1. Hiekkakuoppa.



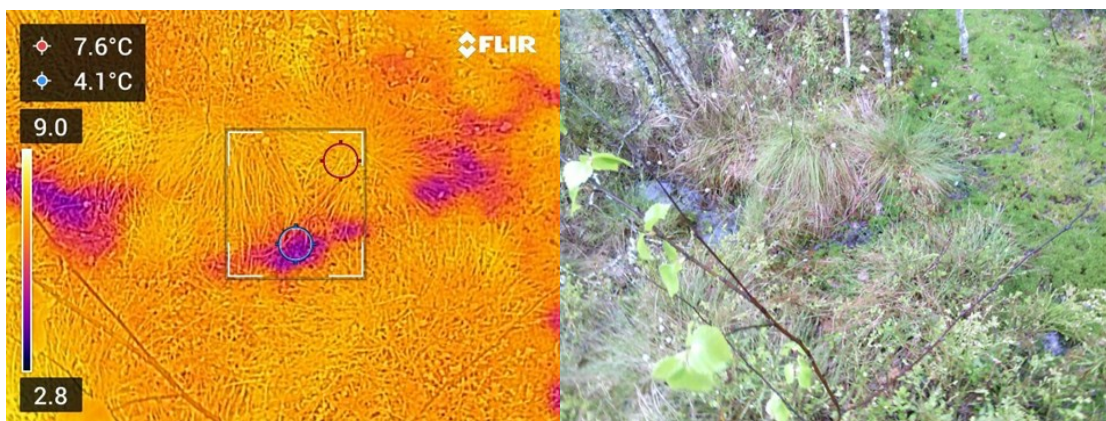
Kuva 27. Havaintopiste 1. Hiekkakuopan vesi oli viileää, noin 6–7-asteista.

Havaintopisteessä 2 epäiltiin lähteisyyttä. Lähdesuo on kuivempi pohjoista latvaansa kohden, ja iso osa suon itäisen reunaosan virtaamasta havaittiin tulevan pisteestä 2. Pisteessä sijaitti sammaloitunut kuoppa (kuvat 28–29), josta

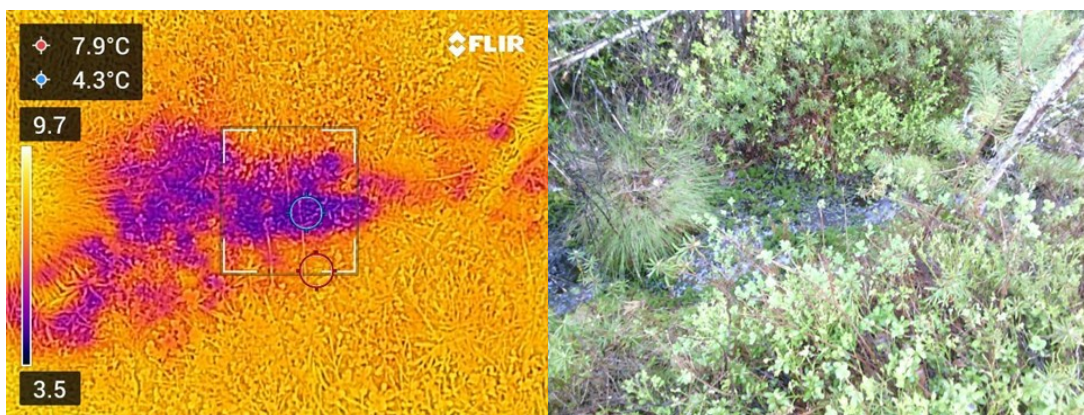
havaittiin lisääntyvää kylmää virtausta kohti havaintopistettä 3 (kuva 30). Pohjavesiputkessa Lähdesuon länsipuolella (kuva 25, ylempi vihreä ympyrä) mitattiin 30.5.2023 lukema 50,26 m mpy, ja Lähdesuon ojien purkutaso on kartan korkeuskäyrien sekä maastohavaintojen perusteella 47,5 m mpy tai matalampi.



Kuva 28. Havaintopiste 2. Pisteestä laskeva oja oli pitkältä matkalta sammalten peitossa.

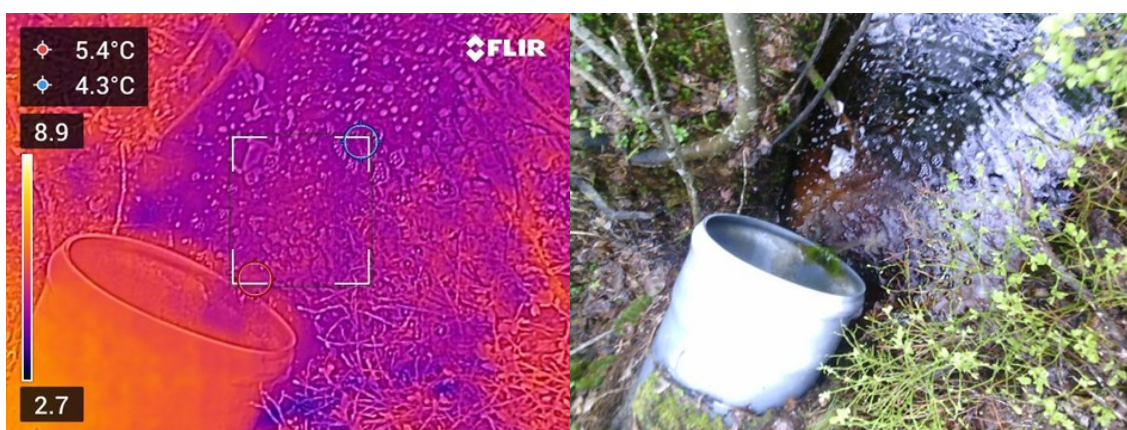


Kuva 29. Havaintopiste 2. Pisteessä n. 4 m halkaisijaltaan oleva sammalten peittämä kuoppa, jossa lähde-epäily.



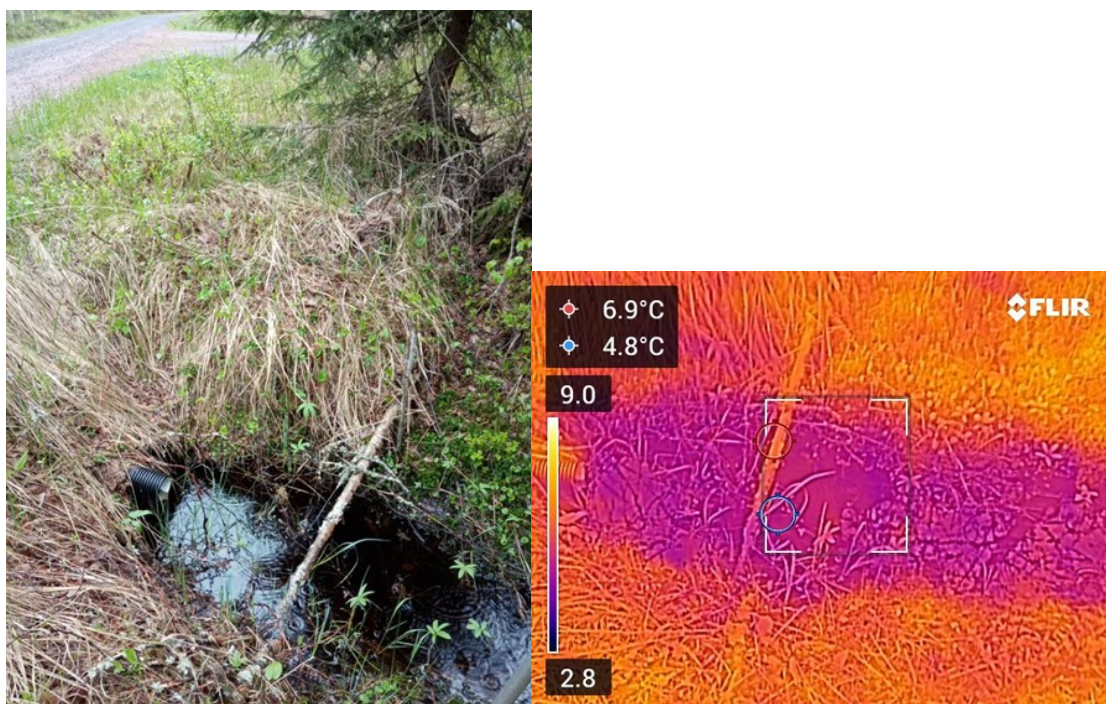
Kuva 30. Havaintopiste 3. Virtaus kylmää. Kuva: Roosa Åkerman.

Havaintopisteessä 4 (kuva 31) ojaristeyksessä todettiin vuolas, kylmä virtaus sekä lounaasta että havaintopisteeltä 3 kohti itää.



Kuva 31. Havaintopiste 4.

Havaintopisteissä 5 ja 6 (kuvat 32–33) todettiin vuolas kylmä virtaus ojitetulta kosteikolta kohti itää.



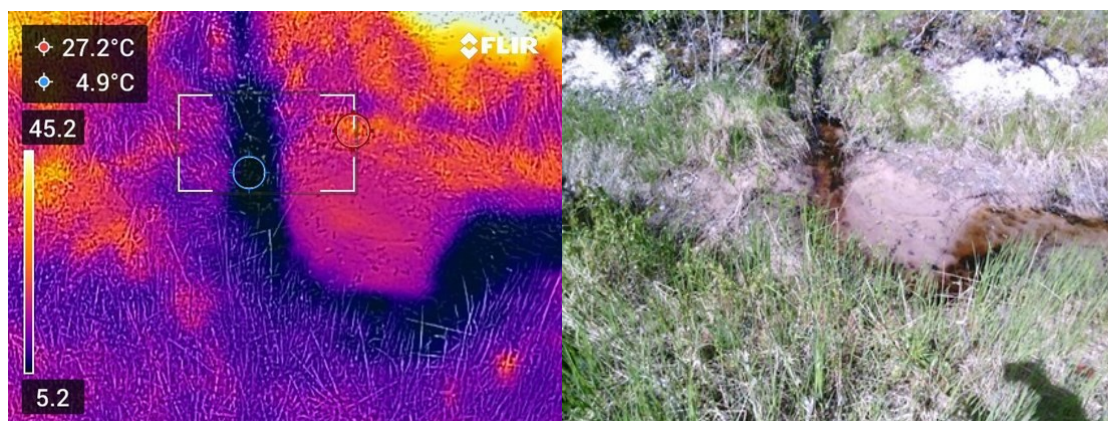
Kuva 32. Havaintopiste 5. Eräs Lähdesuon purku-uomista harjulta itään päin.



Kuva 33. Havaintopiste 6. Eräs Lähdesuon purku-uomista harjulta itään päin.

Pisteessä 7 (kuva 34) todettiin maanomistajan osoittamana vielä yksi harjun puolelta pelto-ojaan heikosti virtaava pieni oja. Maanomistaja kertoi ojan pysyvän myös talvella sulana. Pelto on harjun puolelta hiekkamaata, kauempana

harjasta savisempaa. Havaintopisteessä 8 on maanomistajan mukaan ollut lähde, joka on kuivatettu.



Kuva 34. Havaintopiste 7. Heikkoa virtausta pellon reunaojaan.

Havaintopisteessä 9 havaittiin syvä ja leveä pellon reunaoja, jossa pellon maanpinta oli metsän maanpintaa huomattavasti matalammalla. Pelto on tästä päätellen osittain ruoppamaalla. Pellon reunaojassa havaittiin vuolas virtaus sekä pohjoiseen että itään. Metsäojat olivat huomattavasti matalampia pellon reunaojaan verrattuna, eikä niistä tullut pellon reunaojaan vettä. Lämpökamera ei toiminut havaintopisteen kohdalla lainkaan, mutta runsaan ja molemmin suuntaisen virtaaman vuoksi epäiltiin, että pohjavettä purkautuu leveään ja syvään pellon reunaojaan. Kuvissa 35 ja 36 on havaintopiste 9.



Kuva 35. Havaintopiste 9. Ojan syvyys ei kunnolla havainnollistu läheltä otetussa kuvassa.



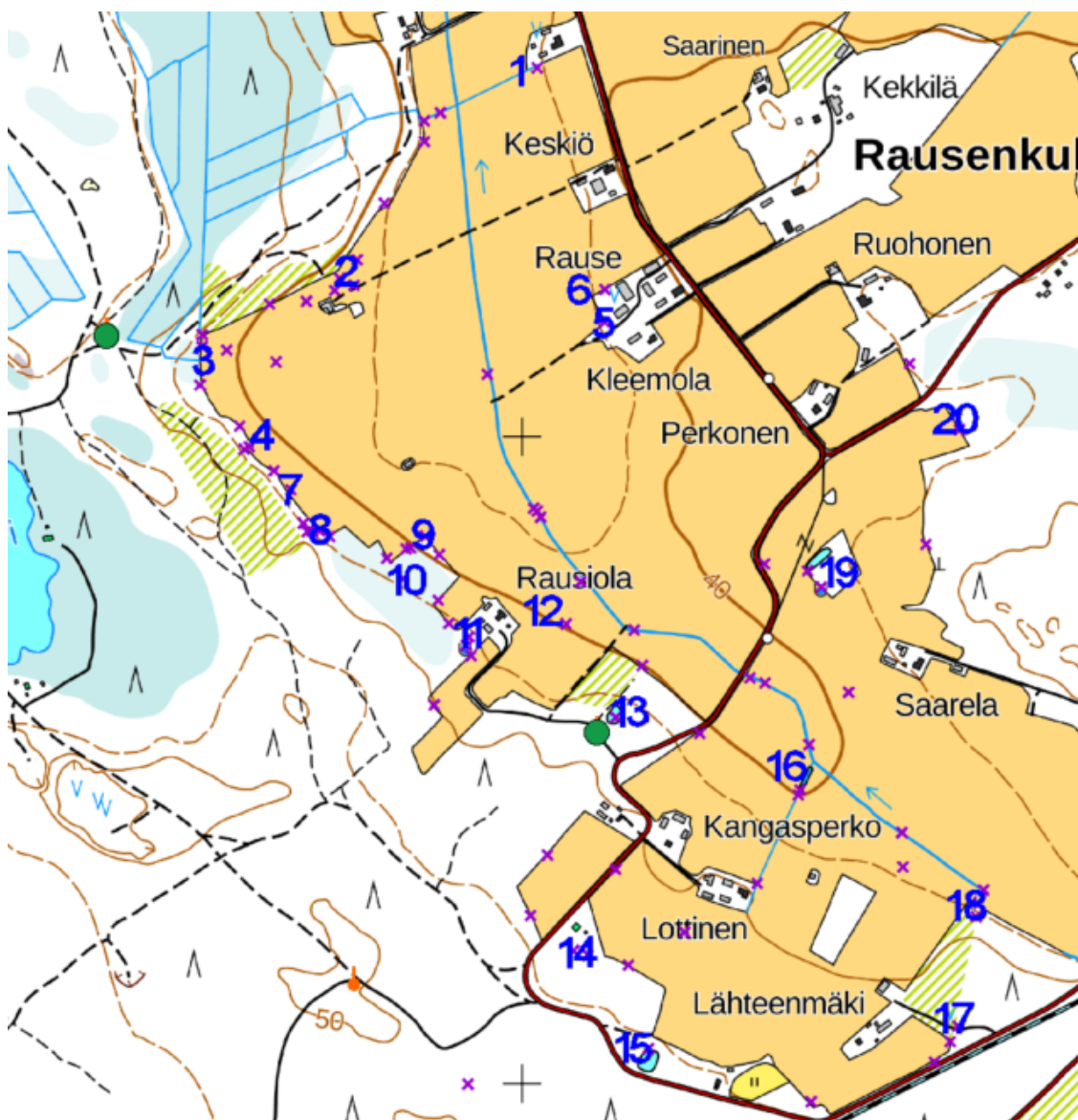
Kuva 36. Havaintopiste 9. Ojan mittasuhteet havainnollistuvat kuvista ehkä parhaiten vertaamalla kuvissa näkyviin puihin.

Havaintopisteestä 9 länteen voidaan kartassa havaita lähde pohjavesiputken (kuva 25, alempi vihreä ympyrä) lähettyvillä. Pohjavesiputkessa mitattiin 6.-8.6.2023 lukema 47,72 m mpy. Havaintopisteen 9 oja on korkeuskäyrien ja maastohavaintojen perusteella alle 45 m mpy. Maasto laskee peltoja kohti ja pohjavesi todennäköisesti virtaa havaintoputkelta kohti suo- ja pelto-ojia.

Rausenkulma 1:n alueella havaittiin siis selviä viitteitä pohjavesivaikutteisudesta sekä avo-ojissa että salaojien vaikutuspiirissä maanomistajien haastattelun, lähde-epäilyjen ja reippaasti virtaavan veden muodossa.

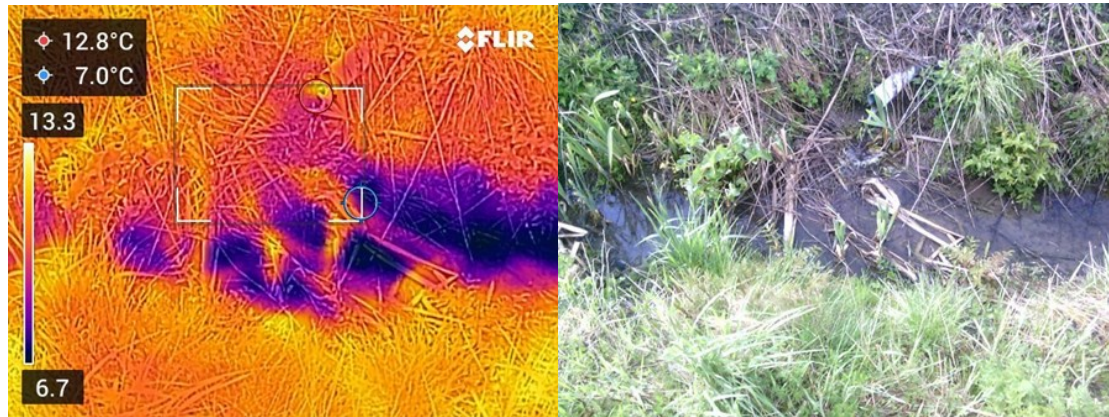
4.2.2 Rausenkulma 2

Rausenkulma 2:n kartoitettu alue on esitetty kuvassa 37. Kuvat on otettu toukokuun lopulla, ellei toisin ole mainittu.



Kuva 37. Havaintopisteet kartoitetulla alueella Rausenkulma 2. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Oranssit merkit ovat muita pohjavesiputkia. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Havaintopisteessä 1 kuvattiin viileää, kohtalaista purkaumaa salaojapurusta (kuva 38).

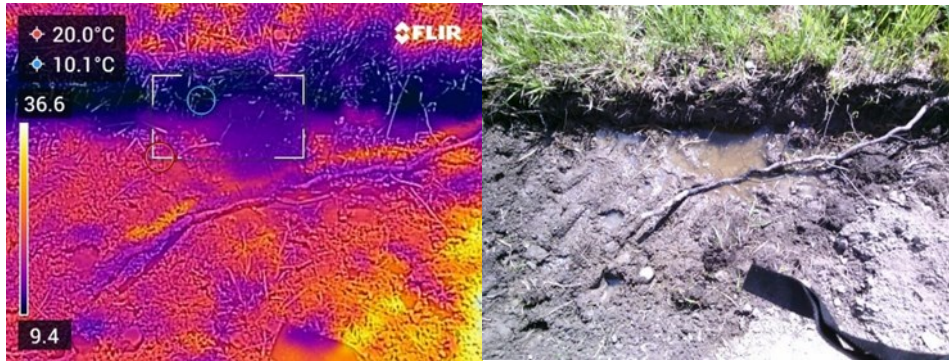


Kuva 38. Havaintopiste 1. Salaojapurku.

Pisteen 2 välittömässä lähipiirissä pellolla maanomistaja kertoi sijaitsevan runsaasti lähteitä (kuvat 39 ja 40), joita on yritetty aikanaan salaojittaa ja johtaa avo-ojaan. Lähteiden ylitse ei voi ajaa peltokoneilla, sillä kone uppoaa muuten lähteeseen. Koko pellonreuna pisteen 2 lähetyvillä oli pitkältä matkalta vetinen, ja pellon reunaojassa vesipinta ylsi maanpinnan tasoon.



Kuva 39. Havaintopiste 2. Vihreä ala pellolla on lähettä, johon ei voi ajaa peltokoneilla.



Kuva 40. Havaintopiste 2. Märkiä kohtia pellolla kuvattiin useampia.

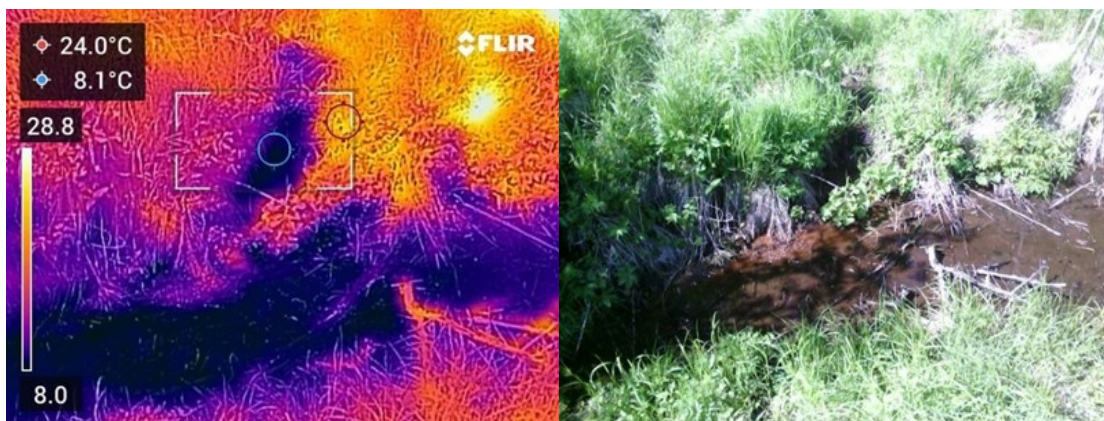
Havaintopisteissä 3 ja 4 havaittiin pientä virtausta pelto-ojiin. Havaintopisteen 3 vieressä olevan pohjavesiputken (karttakuvassa kuva 37 vihreä pallo) pinnan korkeus 6.-8.6.2023 oli 45,93 m mpy. Korkeuskäyrien mukaan pisteen 3 metsäojan purkutaso on n. 42,5 m mpy. Maanpinta laskee jyrkästi pellolle päin. Tämän perusteella metsäojaan purkautuu pohjavettä.

Havaintopisteessä 5 on ollut maanomistajan mukaan lähde, ja pihassa on talousvesikaivo, jonka antoisuus on hyvä. Havaintopisteessä 6 on myös lähdeepäilyä (kuva 41).



Kuva 41. Havaintopiste 6. Epäiltyä lähteikköä pellolla.

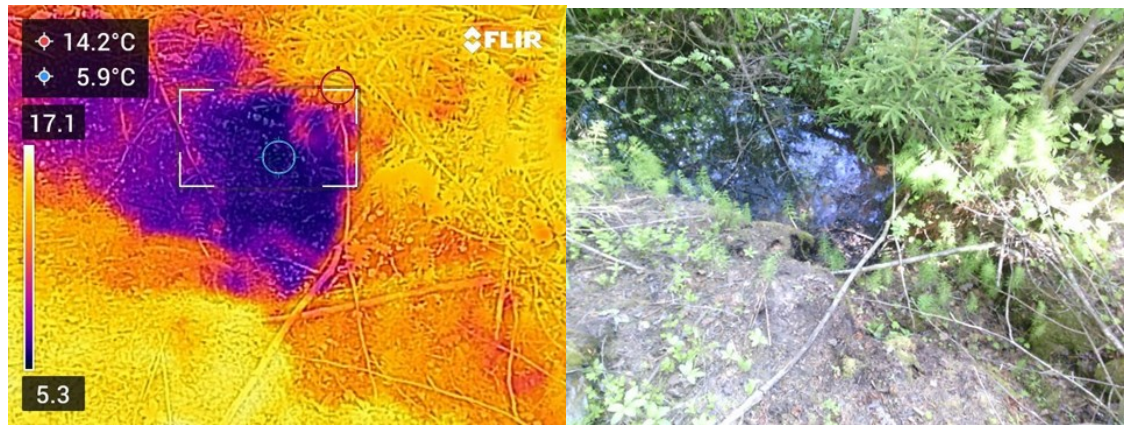
Pisteiden 7 ja 8 pellon reunaoja on maanomistajan mukaan talvisin sula. Noin metrin syvyisessä ojassa oli havaittavissa viileää, pientä virtausta (kuvat 42 ja 43). Metsän puolella pellon reunaogan suuntaisesti voidaan todeta myös heikkoa epäiltyä pohjavesipurkaumaa pienessä ojassa, joka ei näy kartalla (kuva 44).



Kuva 42. Havaintopiste 7. Matalaan pellon reunaojaan valuu pieni noro kylmää vettä metsän puolelta.



Kuva 43. Havaintopiste 8. Maanomistajan mukaan matala oja on talvisin sula. Ojassa vesi viileää sekä pieni virtaus havaittavissa.

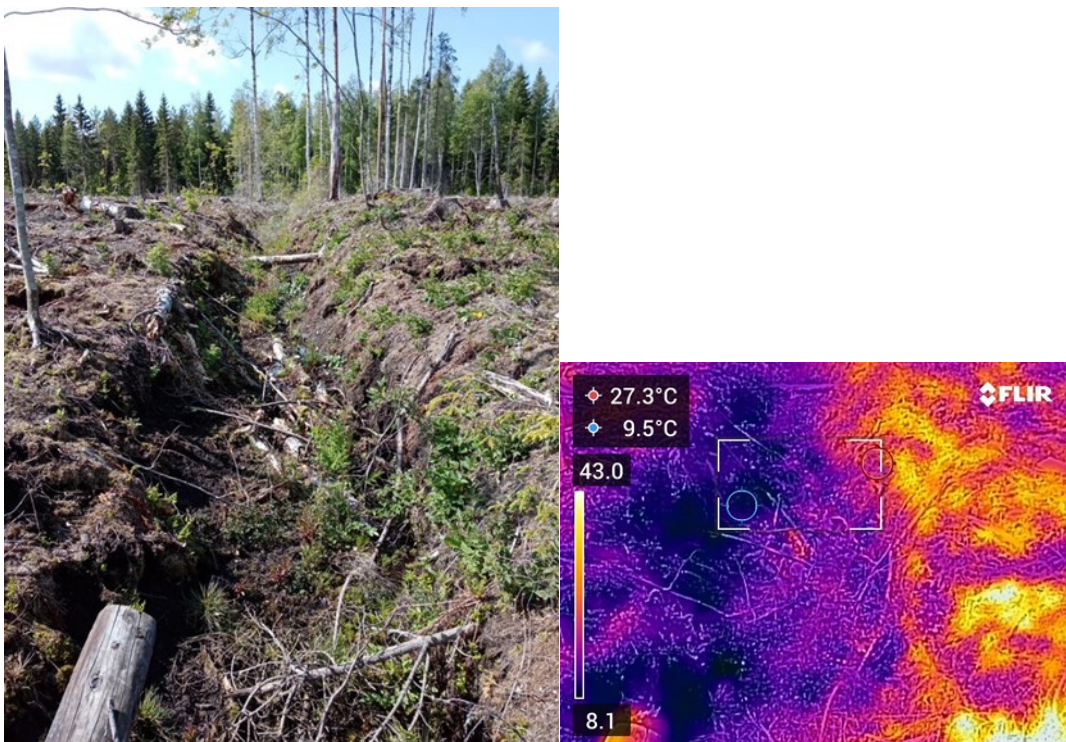


Kuva 44. Metsäoja havaintopisteessä 8.

Havaintopisteessä 9 ojavesi tulvii pellolle (kuva 45), ja vesi saattaa olla ainakin osin peräisin havaintopisteen 10 tienoilta metsäojasta (kuva 46), joka ei ole merkitty kartalle. Metsäojassa hakkuutähteen alla näkyy pienen pientä virtausta. Maanviljelijän mukaan myös tämä havaintopisteen 9 kulma on talvisin sula.

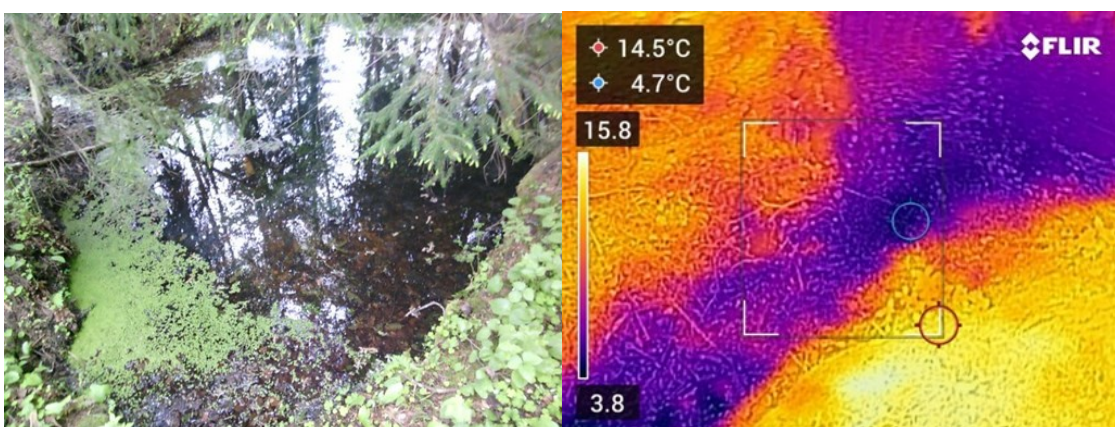


Kuva 45. Havaintopiste 9. Kulma on sula talvisin. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.



Kuva 46. Havaintopiste 10. Metsäoja hakkuuaukealla. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.

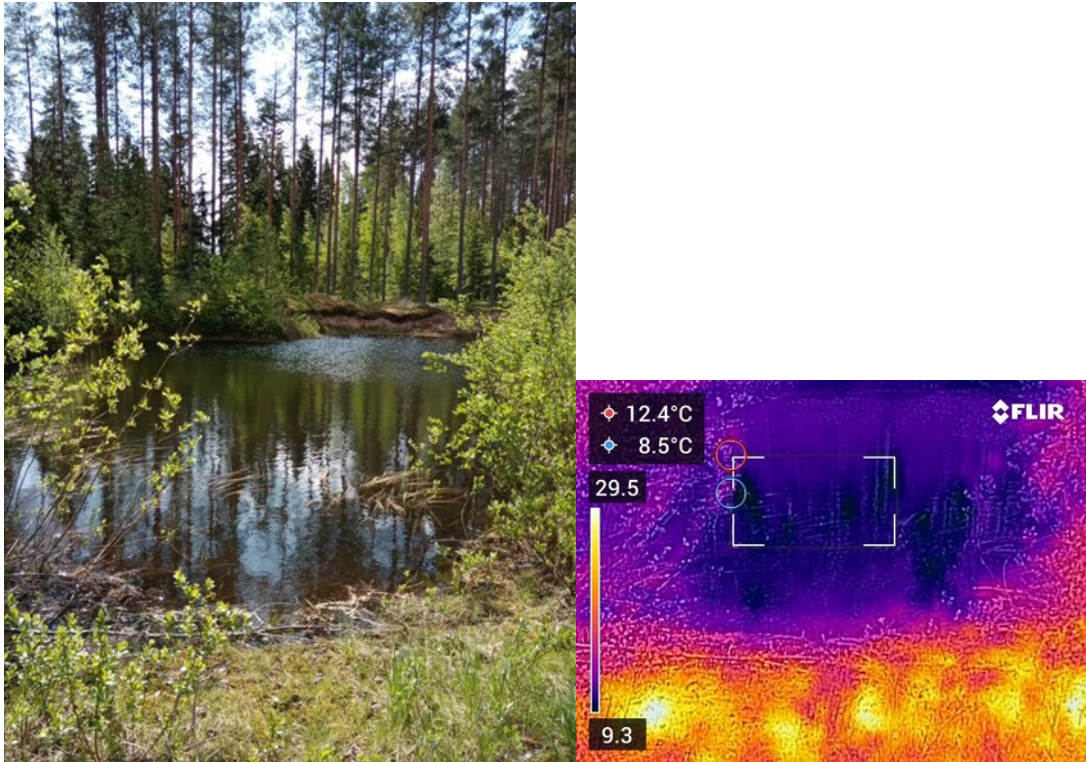
Pisteessä 11 sijaitsee lähde (kuva 47), josta virtaavaa vettä käytetään talousvetenä.



Kuva 47. Havaintopiste 11. Lähde, josta otetaan myös talousvettä. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.

Maanomistajan mukaan havaintopisteessä 12 on ajoittain pellolla kosteampi kohta. Havaintopisteessä 13 on kastelukuoppa, jonka vesi oli viileää (kuva 48). Pisteiden viereisen pohjavesiputken (vihreä pallo karttakuvassa kuva 37)

pinnankorkeus 6.-8.6.2023 oli 44,73 m mpy. Kastelukuoppaan purkautuu viereisen pohjavesiputken pinnankorkeuden ja kartan korkeuskäyrien mukaan pohjavettä, sillä maanpinta laskee kohti kastelukuoppaa.



Kuva 48. Havaintopiste 13. Kastelukuoppa, jossa epäiltiin olevan pohjavettä.

Havaintopisteessä 14 pihakaivosta mitattiin äänimitalla vedenpinnan korkeus 2,1 m maanpinnan alapuolella. Pihalla on maanomistajan mukaan ollut savikuoppa vuosikymmeniä sitten, joka on sittemmin kuivunut. Savikuopasta karja on saanut juomaveden. Maa muuttuu savimaasta hiekkaisemmaksi pistettä 16 kohti (kuva 49), ja pisteiden välillä entisestä talousvesikaivosta mitattiin 1,5 m maanpinnasta.



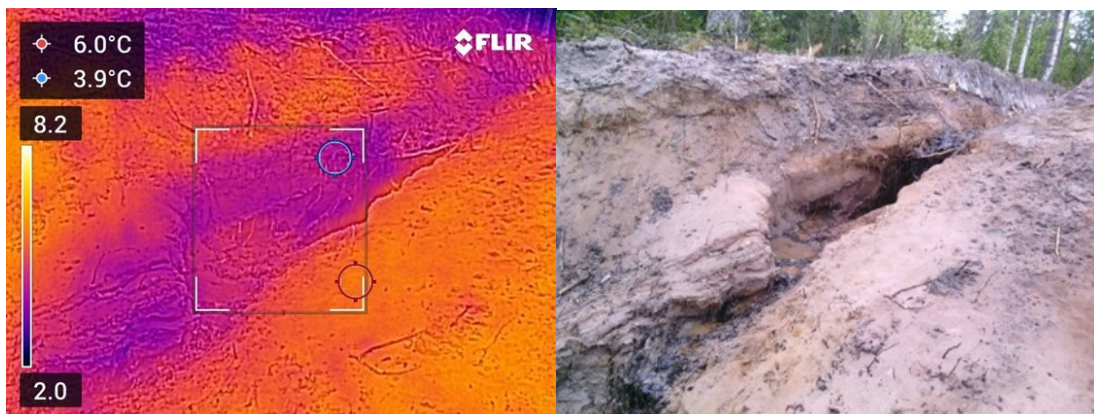
Kuva 49. Havaintopiste 16. Kastelukuoppa.

Pisteessä 15 kuvattiin kastelukuoppa (kuva 50), jonka antoisuus on maanomistajan mukaan hyvä ja joka jäätyy talvella vaihtelevasti vasta viimeisenä alueen kastelukuopista.



Kuva 50. Havaintopiste 15. Kastelukuoppa, jonka antoisuus on maanomistajan mukaan hyvä.

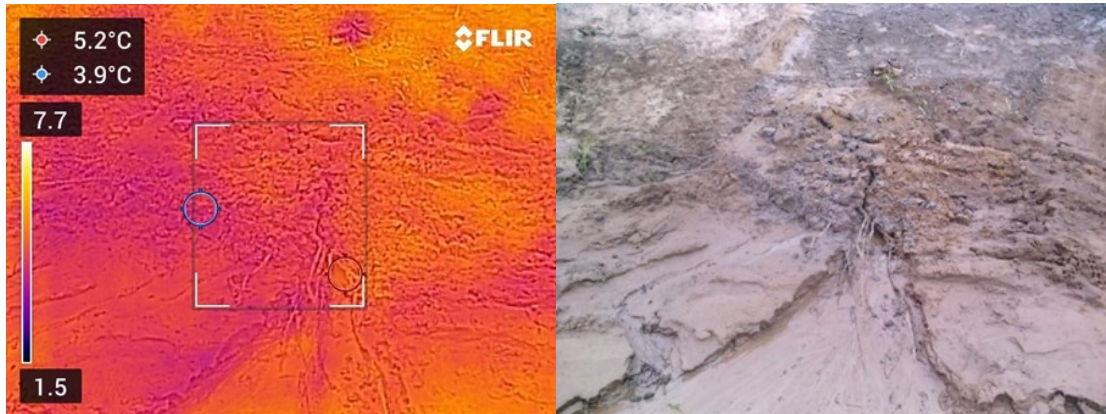
Pisteessä 17 taimikko on raivattu pelloksi ja pisteessä 18 on yritetty kaivaa kastelukuoppaa, sillä peltolohkon viljelijä kokee kuivuuden olevan ongelma. Uuden raivatun pellon reunaojasta tulee hyvin pientä virtausta kastelukuoppaan (kuva 51). Kastelukuopassa oli havaittavissa myös pientä pohjavesipurkaumaa (kuvat 52–53).



Kuva 51. Havaintopiste 18. Oja, joka laskee kastelukuoppaan pisteestä 17. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.



Kuva 52. Havaintopiste 18. Tekeillä oleva kastelukuoppa. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.



Kuva 53. Havaintopiste 18. Oletettu pohjaveden purkaus kastelukuoppaan oli hyvin pientä. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.

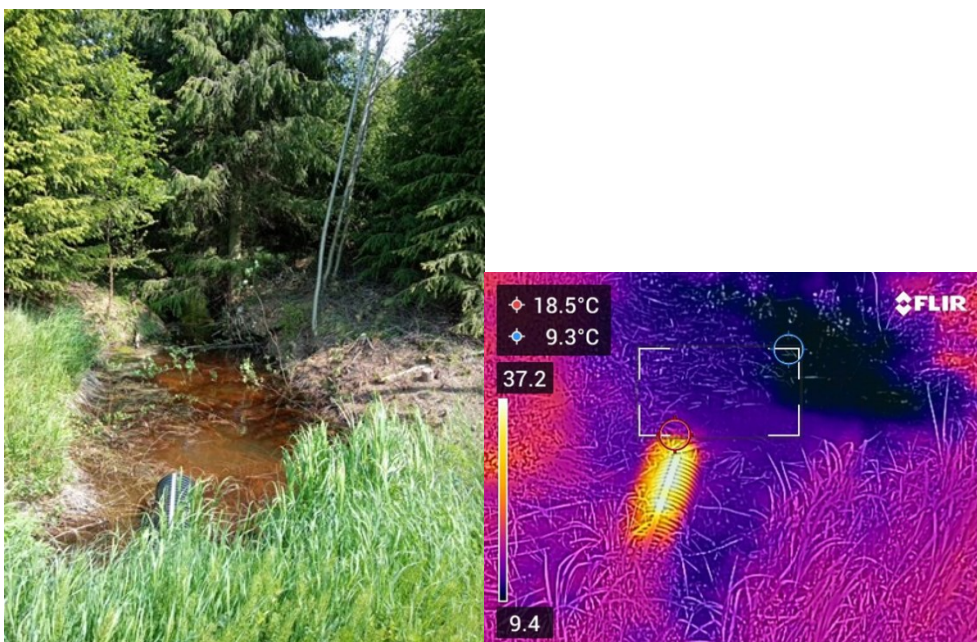
Havaintopisteessä 19 sijaitsee peruskarttaankin merkitty lähde (kuva 54) sekä kastelukuoppa (kuva 55). Havaintopisteessä 20 kuvattiin koillisesta kosteikolta tulevan metsäojan pieni virtaama kohti valtaojaa (kuva 56).



Kuva 54. Havaintopiste 19. Lähde, joka näkyy myös kartassa.

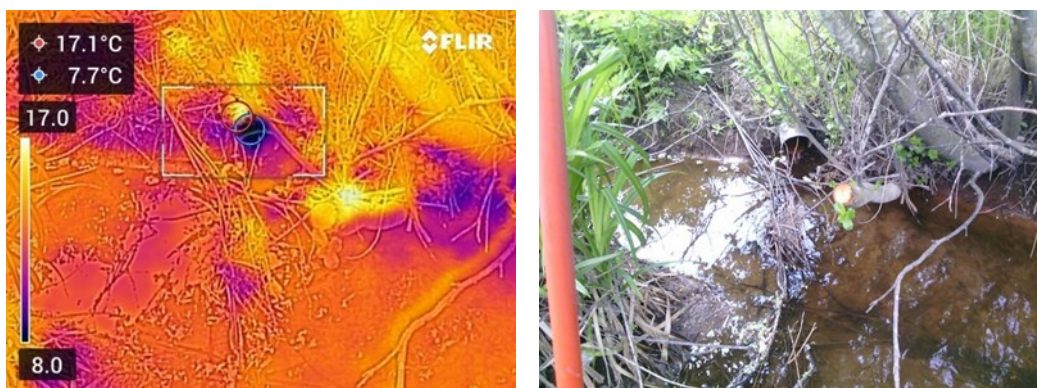


Kuva 55. Havaintopiste 19. Kastelukuoppa.



Kuva 56. Havaintopiste 20. Metsäojassa pientä virtaamaa kohti Rausenojaa.

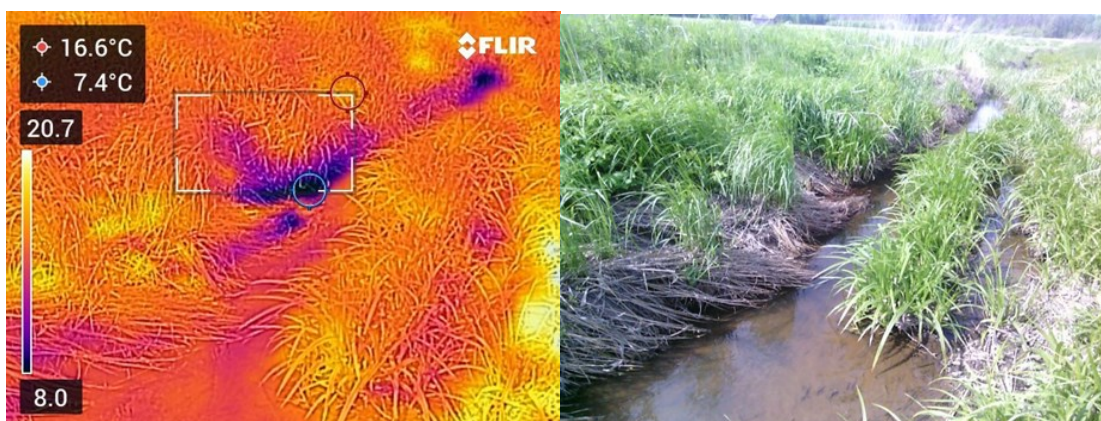
Osa salaojapuruista oli Rausenojassa veden tai kasvillisuuden alla. Niistä tuli myös viileää ja paikoin runsastakin virtausta, jota epäiltiin pohjavesivaikutteiseksi (kuvat 57–59).



Kuva 57. Salaojapurku Rausenojaan havaintopisteen 16 lähetyvillä.



Kuva 58. Salaojapurku Rausenojaan.

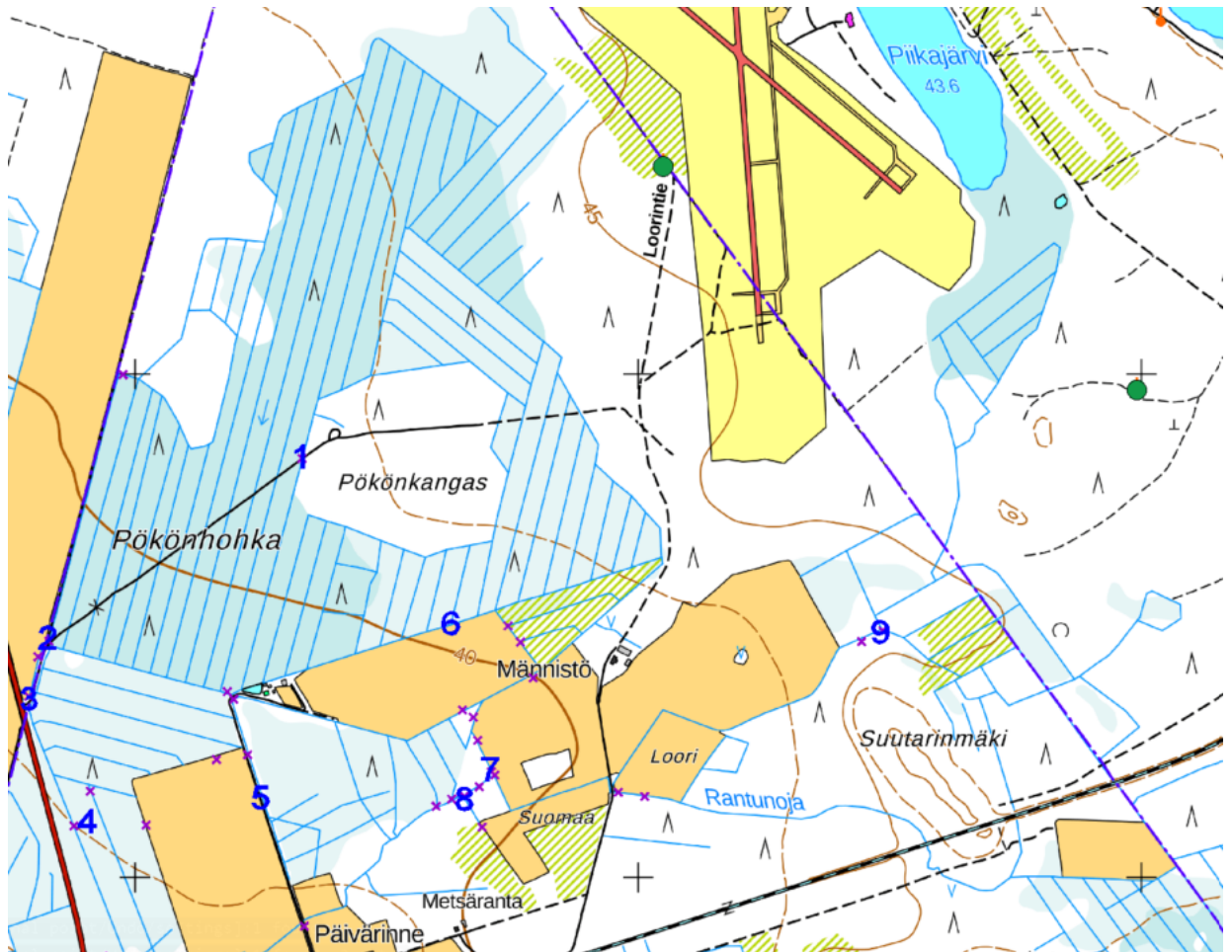


Kuva 59. Salaojapurku Rausenojaan havaintopisteen 12 lähetyvillä.

Rausenkulma 2 alueella havaittiin siis paikoin huomattavaakin pohjavesivaikutteisuutta. Selkeitä viitteitä pohjaveden purkautumisesta alueen avo- sekä sala- ojiin antavat maanomistajien haastattelut, lämpökameralla kuvatut viileät ojave- det sekä märät kohdat pelloilla.

4.3 Pökönhohkan kosteikkoalue

Pökönhohkan kartoitettu alue on esitetty kuvassa 60. Kuvat otettu toukokuun 2023 lopulla, ellei toisin ole mainittu.



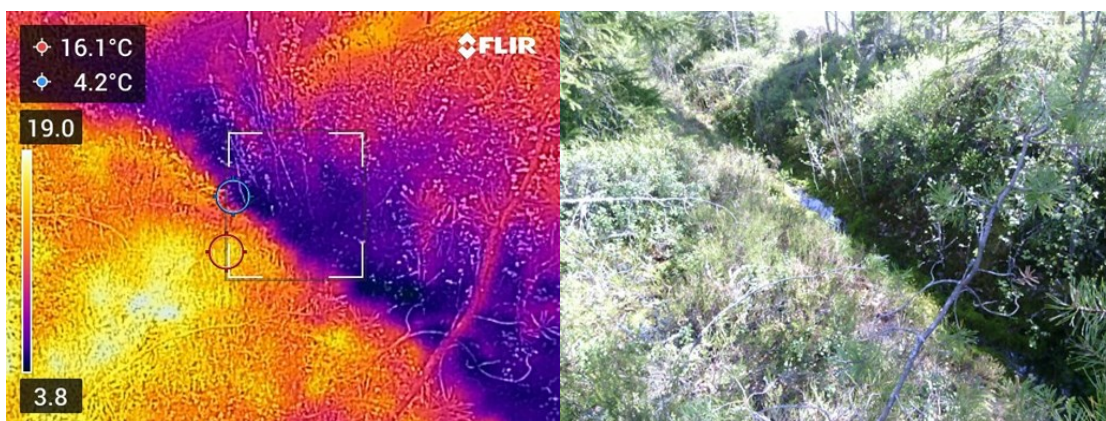
Kuva 60. Pökönhohkan kosteikkoalueen havaintopisteet. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Kosteikkoalueen maastotarkastelussa todettiin paikan päällä metsäojat melko kuiviksi (havaintopisteet 1–4, kuvat 61–62). Lentokentän länsipuoleisen pohjavesiputken (vihreä ympyrä karttakuvassa kuva 60) pinnankorkeus oli 6.-8.6.2023 41,19 m mpy. Alueen ojen purkutaso on korkeuskäyrien ja maastohavaintojen mukaan n. 37,5–42,5 m mpy. Havaintopisteissä 2 ja 3 avo-ojissa oli

vain vähän vettä, eivätkä vesipinnat ylettäneet purkuputkiin. Myöskään havaintopisteen 5 avo-oja ei pura merkittävästi vettä valtaojaa, Rantunojaa kohti.



Kuva 61. Havaintopiste 1. Täysin kuiva metsäoja.

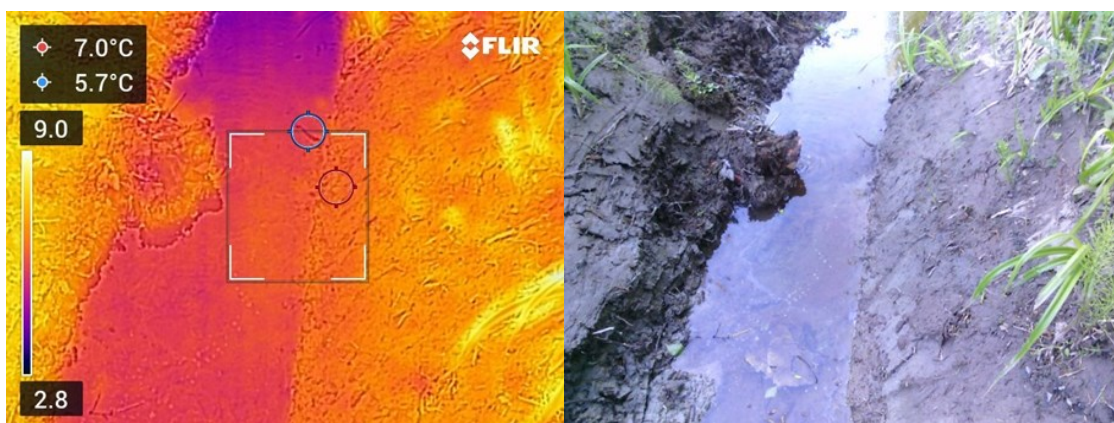


Kuva 62. Havaintopiste 4. Etelään kohti Rantunojaa viettävässä ojassa vähän viileää vettä aivan pohjalla.

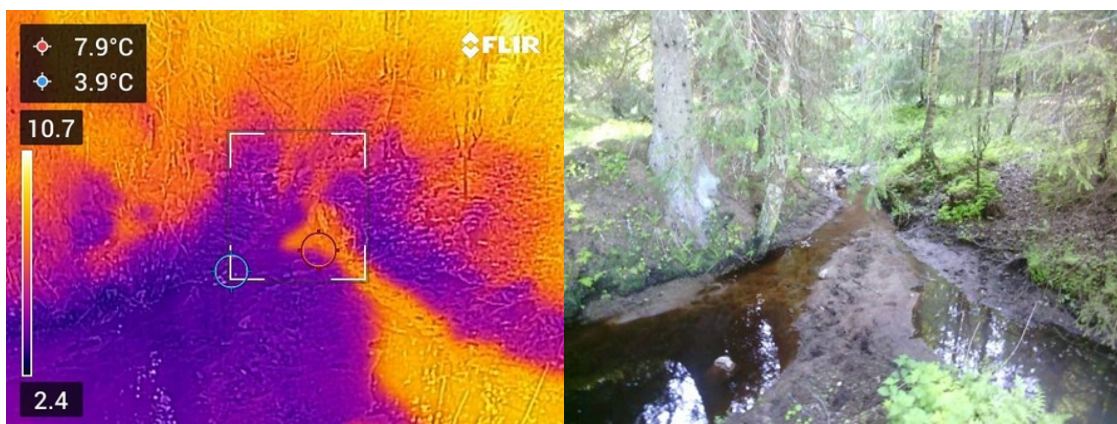
Havaintopisteen 6 tienoilla jotkin kosteikon syvätkin metsäojat (kuva 63) padot-
tuivat eikä niistä virrannut vettä valtaojaan päin. Vasta havaintopisteen 7 (kuva
64) tienoilla oli havaittavissa pientä virtausta pellon salaojapurusta kohti havain-
topistettä 8. Havaintopisteessä 8 (kuva 65) oja yhdistyy Rantunojaan, jossa oli
viileä, runsas virtaama ja paikoin hiekkapohja.



Kuva 63. Havaintopiste 6. Useampi syväkin metsäoja padottui ennen pellon reunaojaa, eikä virtausta ollut havaittavissa.

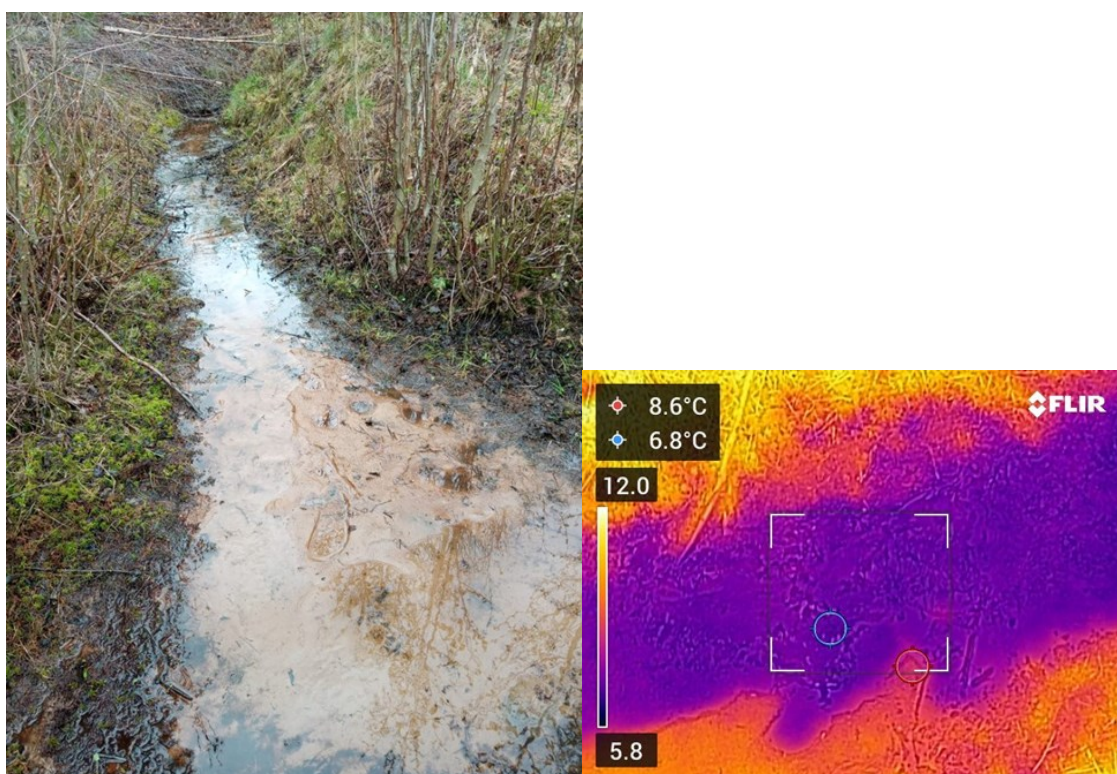


Kuva 64. Havaintopiste 7. Salaojapurun lähetyvillä ojavesi oli viileää.



Kuva 65. Havaintopiste 8. Rantunoja tulee kuvassa vasemmalta, oikealta pieni virtaus havaintopisteestä 7.

Havaintopisteessä 9 (kuva 66) oli myös hiekkapohja ja kohtalaista virtausta Rantunojaa kohti. Pohjavesiputkessa pisteen 9 koillispuolella (vihreä ympyrä karttakuvassa kuva 60) pinnankorkeus 6.-8.6.2023 oli 42,95 m mpy. Piste 9 oja sekä lähialueen ojat tulisi maastohavaintojen ja kartan korkeuskäyrien perusteella vaaita, jotta saataisiin tarkka purkutaso tietoon.



Kuva 66. Havaintopiste 9. Kuvassa havaittavissa ojan hiekkapohja. Kuva otettu toukokuun 2023 puolivälissä.

Piikajärvi on kuvattuna toukokuun lopussa 2023 (kuva 67).

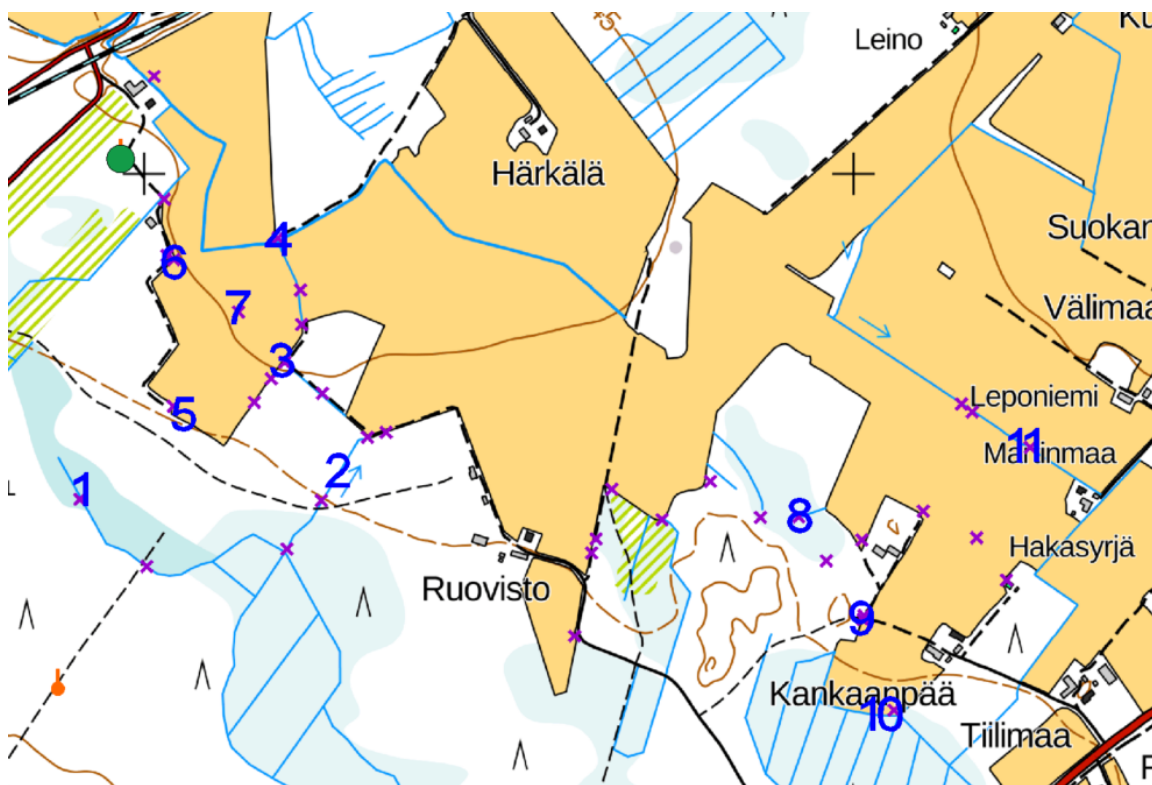


Kuva 67. Piikajärvi itärannaltaan kuvattuna. Rannalta näkee, että rantaviiva on ollut paljon ylempänä.

Suurin osa Rantunojan kartoitetun alueen viileästä virtaamasta epäiltiin maastokartoituksen aikana olevan peräisin kartoitetun alueen itä-kaakkoispuolisilta ojitetuilta metsäaloilta.

4.4 Koomankankaan koillispuoliset peltoalueet

Koomankankaan koillispuolisilla peltoalueilla mitattiin salaojakaivoista veden pinnankorkeus 1,2–1,3 m maanpinnan alapuolella. Pellot ovat enimmäkseen hiekkamaalla. Maanomistajien mukaan vettä on ollut aikoinaan ojissa paljon enemmän, ja alueen lähteet ovat ehtyneet vasta joitakin vuosia sitten. Alueen havaintopisteet on esitetty karttakuvassa 68. Kuvat on otettu toukokuun 2023 puolivälissä, ellei toisin ole mainittu.

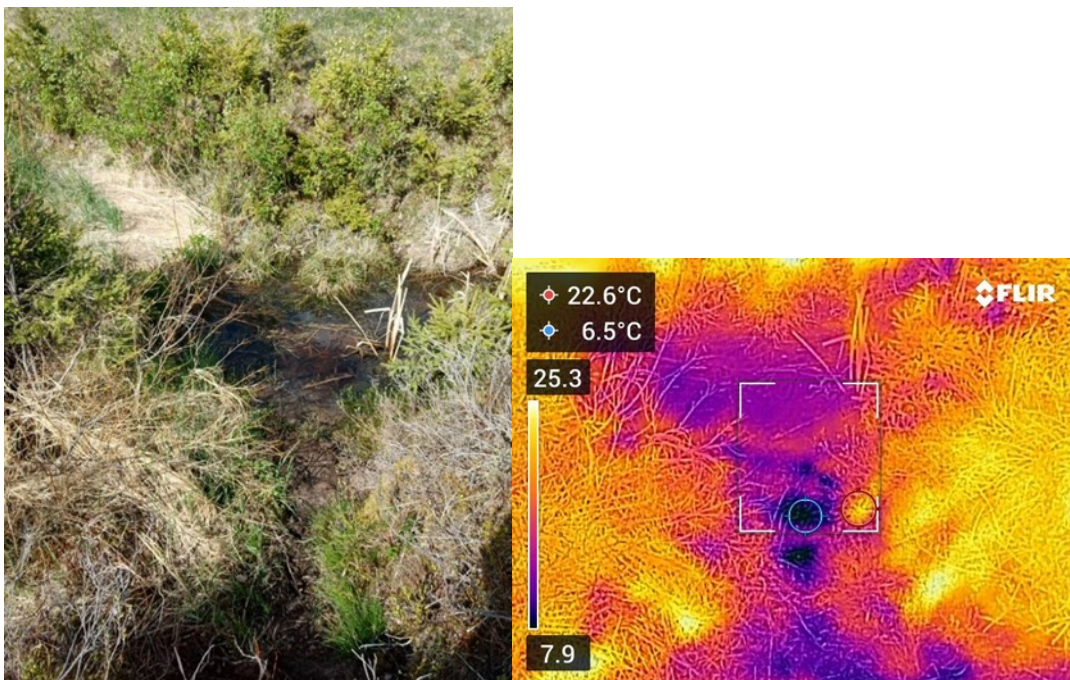


Kuva 68. Kartoitetun alueen 4 havaintopisteet kartalla. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Oranssit merkit ovat muita pohjavesiputkia. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos.

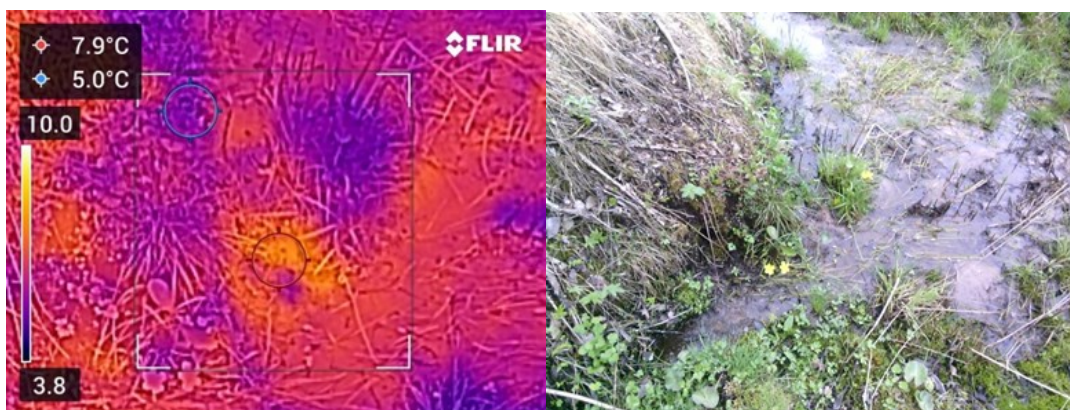
Pisteessä 1 (kuva 69) oli kosteikkoalueen märin kohta, jonka vedet ohjautuivat maastokartoituksen perusteella osin suoraan koilliseen kohti pisteitä 3 ja 5 (kuvat 71 ja 73). Pisteessä 2 (kuva 70) hakkuuaukealla tavattiin kyllä myös hieman vettä, mutta ei merkittävää virtaamaa. Oja luultavasti kerää pikkuhiljaa vesiään pisteiden 2 ja 3 välistä, sillä havaintopisteessä 3 kuvattiin melko viileää pientä virtaamaa sekä kaakosta että lounaasta. Havaintopisteessä 4 oli maanomistajan mukaan vielä 10 vuotta sitten ollut lähde, nyt siitä ei löytynyt viitteitä (kuva 72). Pisteessä 5 havaittiin hieman salaojien tasoon padottunutta vettä.



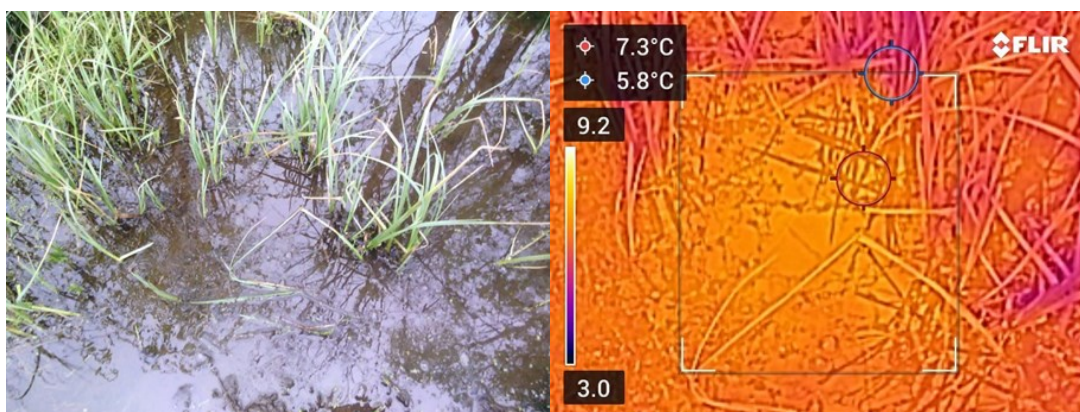
Kuva 69. Havaintopiste 1. Kosteikkoalueen märin kohta.



Kuva 70. Havaintopiste 2. Kosteikkoalueen pitäisi laskea vetensä pellon reuna ojaan pisteen 2 uoman kautta.



Kuva 71. Havaintopiste 3. Pisteessä kuvattiin kylmää, pientä virtausta sekä kaakosta että lounaasta. Kuva otettu toukokuun 2023 lopulla.

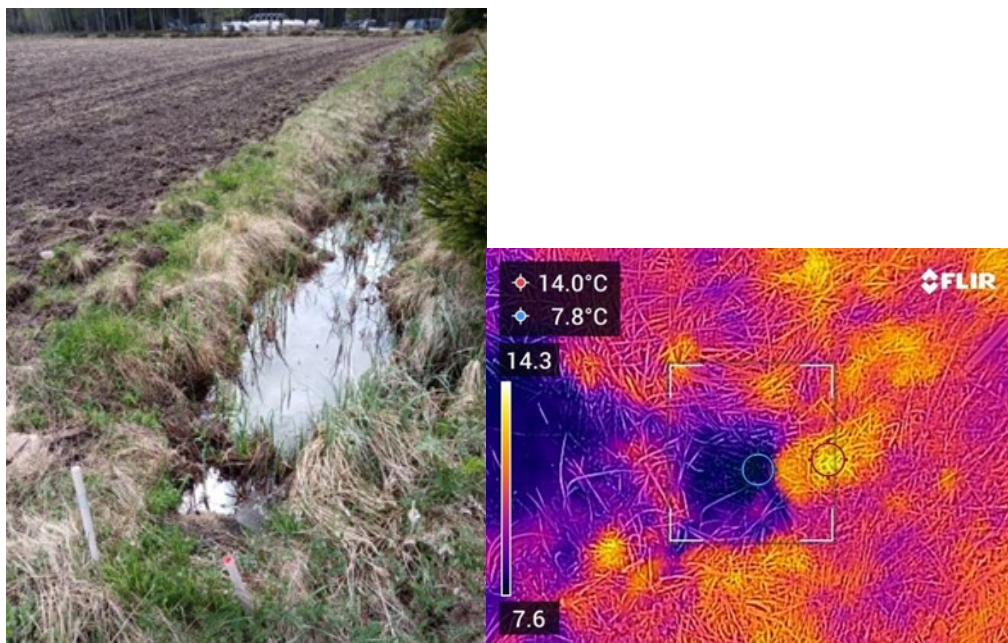


Kuva 72. Havaintopiste 4. Entisen lähteen paikka, ei varsinaisia viitteitä lähtөөestä enää. Kuva otettu toukokuun 2023 lopulla.



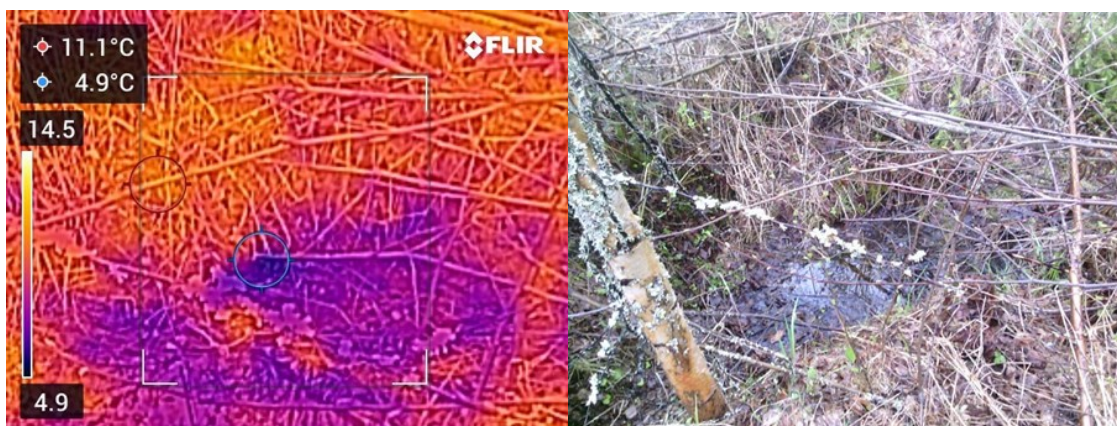
Kuva 73. Havaintopiste 5. Harjunpuoleisessa pelto-ojassa oli jonkin verran vettä.

Pisteessä 6 havaittiin pientä virtausta salaojakaivoon (kuva 74), ja sama virtaus kuului salaojakaivossa pisteessä 7. Pisteiden pohjoispuoleisesta pohjavesiputkesta (vihreä ympyrä karttakuvassa 68) mitattuna pinnankorkeus oli 45,63 m mpy, eli hyvin lähellä maanpintaa. Pohjavesi voisi tässä tapauksessa virrata etelään kohti pelto-ojia.



Kuva 74. Havaintopiste 6. Kaivon kansi erottuu lämpökamerakuvasta 14-asteisena, vesi taas oli vajaa 8-asteista.

Pisteessä 8 metsäojassa oli hieman seisovaa vettä (kuva 75). Ojan läheisyydessä sijaitsee myös vesikuoppa tai pieni metsälampi (kuva 76), josta karja sai aikoinaan maanomistajan mukaan juomaveden. Kuopan vesi oli viileää (kuva 77).



Kuva 75. Havaintopiste 8. Metsäojan pohjalla virtaamatonta, viileää vettä.

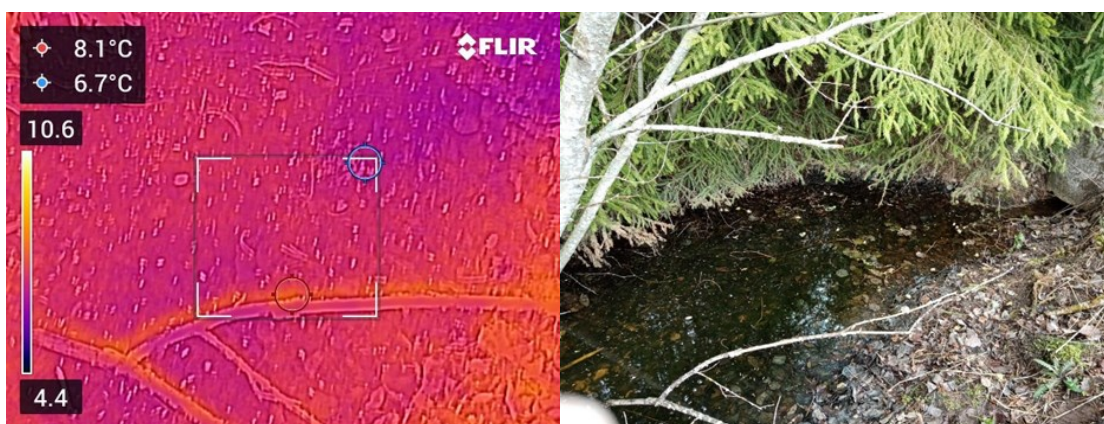


Kuva 76. Havaintopiste 8. Pieni vesikuoppa/metsälampi.

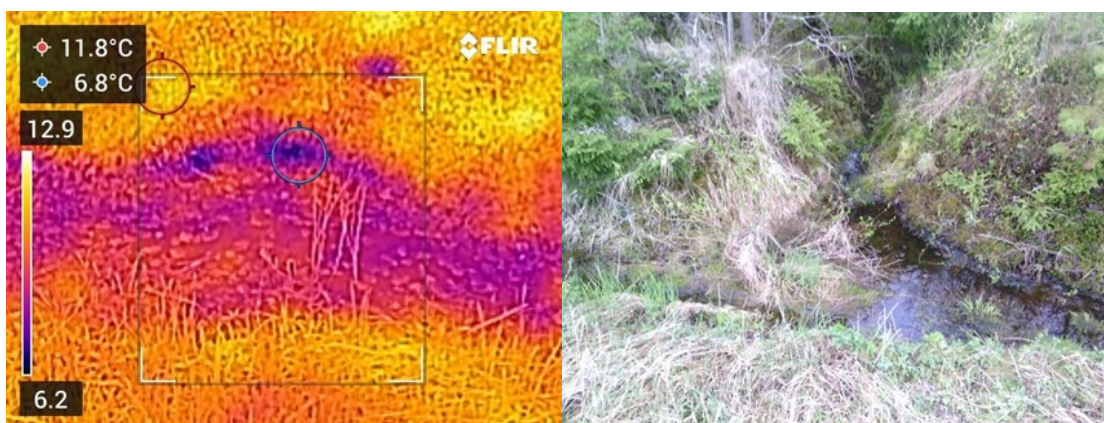


Kuva 77. Havaintopiste 8. Vesikuopan vesi oli kovin viileää, hieman yli 6-asteista.

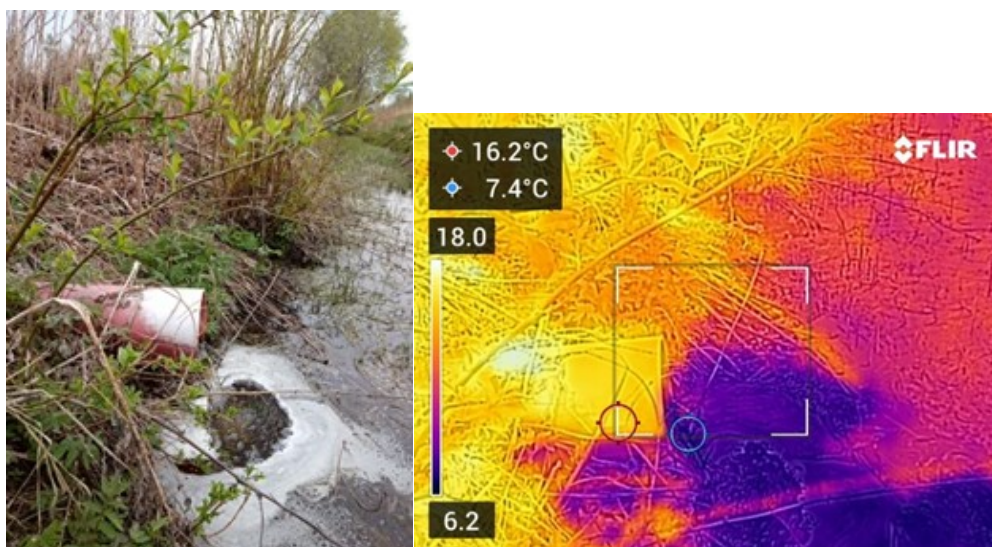
Pisteessä 9 oli maanomistajan mukaan vielä muutama vuosi sitten pintaan pulppuava lähde. Vesi oli ojassa viileää (kuva 78). Osa ojavedestä oli arviolta peräisin havaintopisteen 10 (kuva 79) tienoilta, jossa parista metsäojasta tuli hyvin pienellä virtaamalla kylmää vettä. Havaintopisteessä 11 todettiin todennäköisesti pohjavesivaikutteista kohtalaista virtausta kahdesta salaojapurusta (kuvat 80–81).



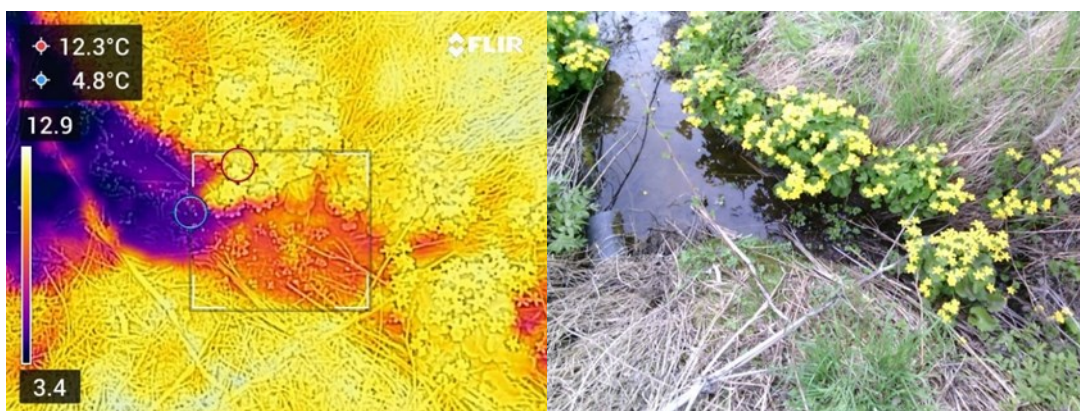
Kuva 78. Havaintopiste 9. Entisen lähteen paikka ojassa.



Kuva 79. Havaintopiste 10. Virtaama metsäojasta oli hyvin heikkoa.



Kuva 80. Havaintopiste 11. Salaojapurkujen vettä epäiltiin pohjavesivaikutteiseksi.



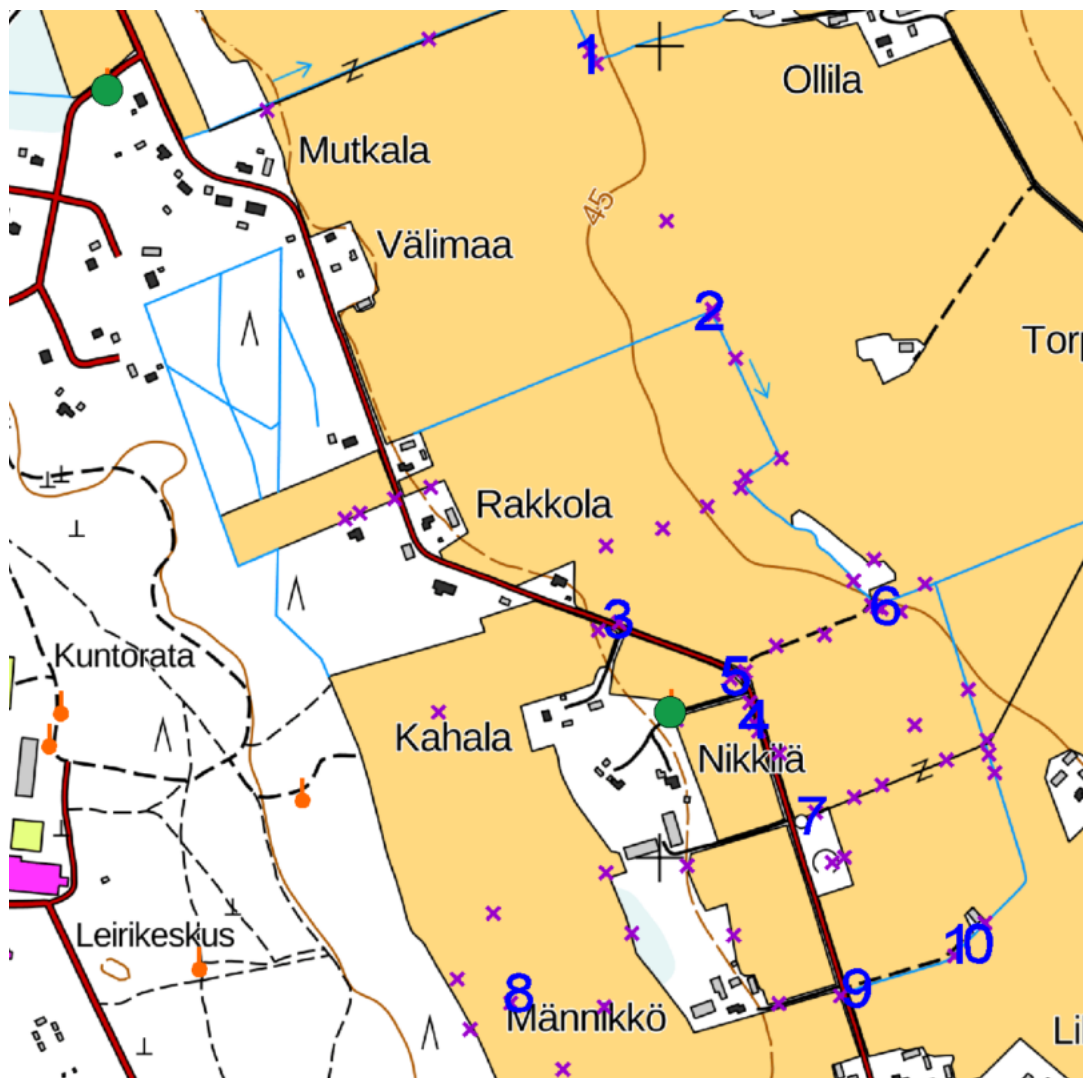
Kuva 81. Havaintopiste 11. Purkujen vesi oli kovin viileää. Tämän salaojapurun vaikutuspiirissä havaittiin maanomistajan kanssa myös aiemmin korjattu mutta mahdollisesti yhä hieman vuotava kunnallisvesiliittymän venttiilikaivo, jonka epäiltiin vaikuttavan purkuveteen.

4.5 Tuomaala

Tuomaalan alueella vesitilannekokemus oli maanomistajilla kaikilla melko yksimielinen: vesitilanne on huonontunut vuosikymmenien saatossa. Ehkä siksi isolla osalla Tuomaalan pelloista on otettu käyttöön säätösaloitus.

4.5.1 Tuomaala 1

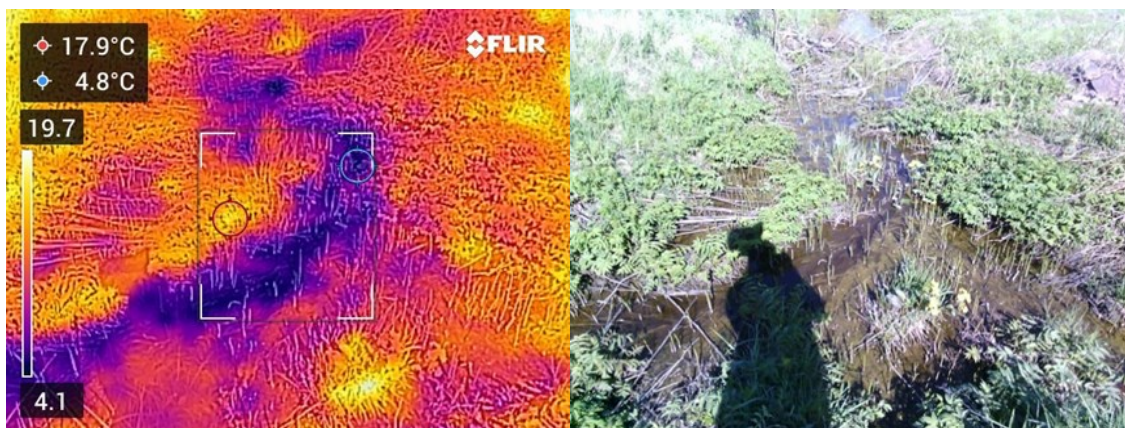
Tuomaala 1:n kartoitettu alue on esitetty kuvassa 82. Kuvat on otettu toukokuun loppupuolella.



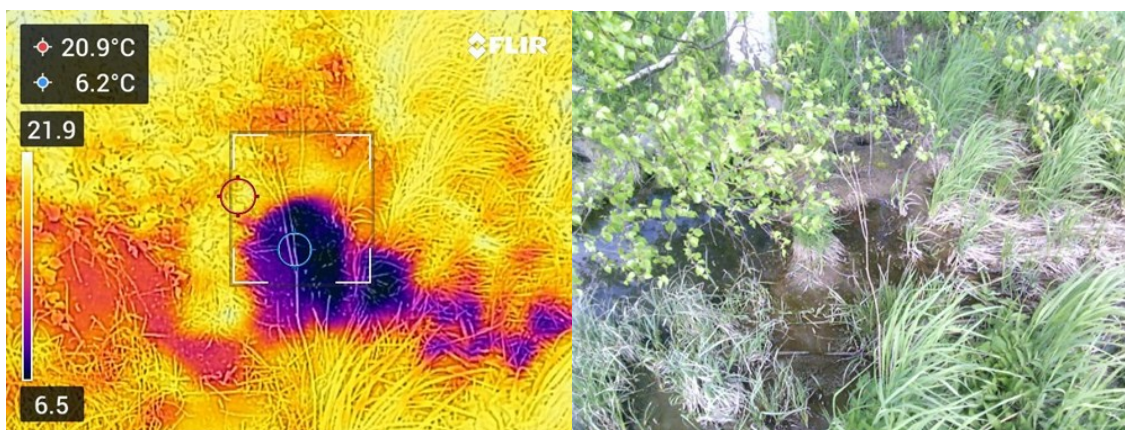
Kuva 82. Tuomaala 1 havaintopisteet kartalla. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Oranssit merkit ovat muita pohjavesiputkia. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Pisteiden 1 ja 2 pelloilla on tavanomainen salaojitus. Pisteessä 1 havaittiin kylmää, pientä salaojapurkua (kuva 83). Pisteessä 1 länsipuolella olevassa havaintoputkessa 6.-8.6.2023 mitattiin 46,9 m mpy. Ojien purkutaso pelloilla on alle 47 m mpy korkeuskäyrien ja maastohavaintojen mukaan.

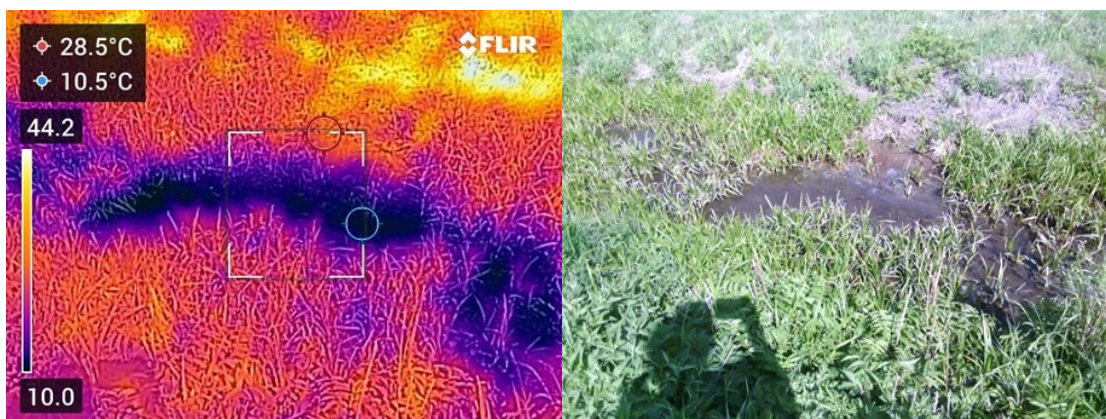
Pisteessä 2 maanomistaja kertoi joskus olleen lähteen, ja viitteitä lähteestä yhä löytyi (kuvat 84–85). Havaintopisteessä 3 sijaitsee kaivo, joka on laitettu entisen lähteen kohdalle. Tämän pisteen eteläpuolella Tuomaalan pellot on melko pitkälti säätösalojitettuja.



Kuva 83. Havaintopiste 1. Kylmää, pientä virtausta salaojapurusta.



Kuva 84. Havaintopiste 2. Entisestä lähteestä löydettiin yhä viitteitä.



Kuva 85. Havaintopiste 2. Entisen lähteen virtaama oli pientä ja vesi padottui hieman kohti pistettä 6.

Havaintopisteessä 4 todettiin selkeää pohjavesipurkaamaa ojaan arviolta n. 15 m matkalla (kuva 87). Läheisen pohjavesiputken (kuva 86, karttakuvassa vihreä ympyrä pisteiden 4 ja 5 vieressä) pinnankorkeus 6.-8.6.2023 oli 46,24 m mpy. Ojan purkutaso on korkeuskäyrien ja maastohavaintojen mukaan suunnilleen samassa tasossa, ja tämän perusteella pohjavettä purkautuu ojaan pisteessä 4.

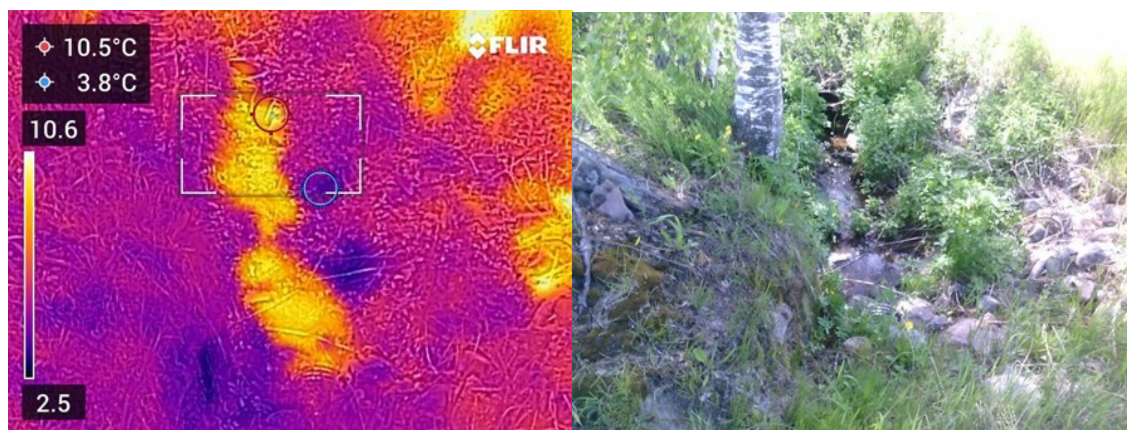


Kuva 86. Pohjavesiputki lähellä havaintopistettä 4.



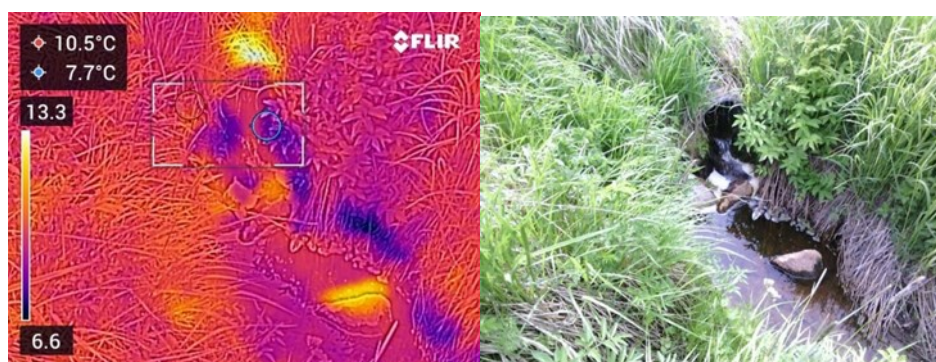
Kuva 87. Havaintopiste 4. Kylmän veden purkaus ojaan näkyy lämpökamerakuvassa selvästi.

Piste 5 kerää useamman ojan ja salaojapurun vesiä, ja virtaama oli runsas (kuva 88). Maanomistajan mukaan purkuoja on talvella sula.



Kuva 88. Havaintopiste 5. Oja on maanomistajan mukaan talvisin sula.

Havaintopisteessä 6 purkuputki purkaa hieman virraten viereisen koivusaarekkeen vesiä (kuva 89). Saarekkeessa oli havaittavissa useita pieniä lammikoita (kuva 90). Maanomistajan mukaan saarekkeessa on ollut 50-luvulla lampi, jossa on voinut uida ja talvella luistella. Lammikot saarekkeessa kuivahtavat kesän mittaan. Vesi on varjoisassa saarekkeessa viileää. Ainakin osa näistä vesistä voisi olla peräisin pohjoiselta salaojien kokoojaojasta ja pisteen 2 lähde-epäilystä.



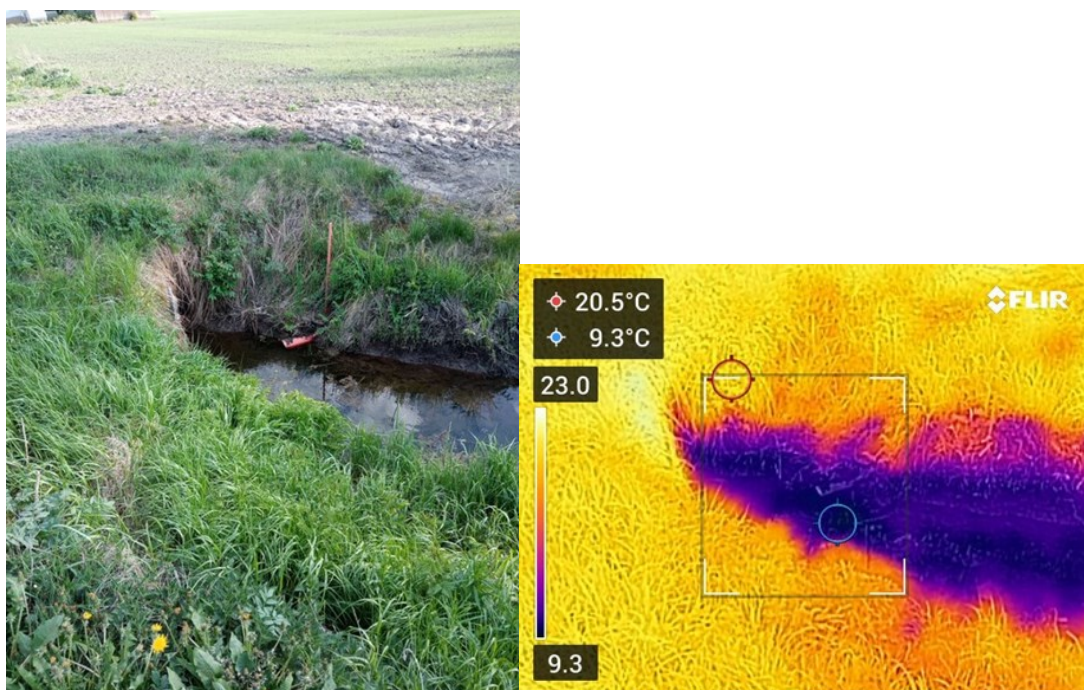
Kuva 89. Havaintopiste 6. Kuvassa sekä pisteeltä 5 tuleva siirtoputki sekä koivusaarekkeelta tuleva purku.



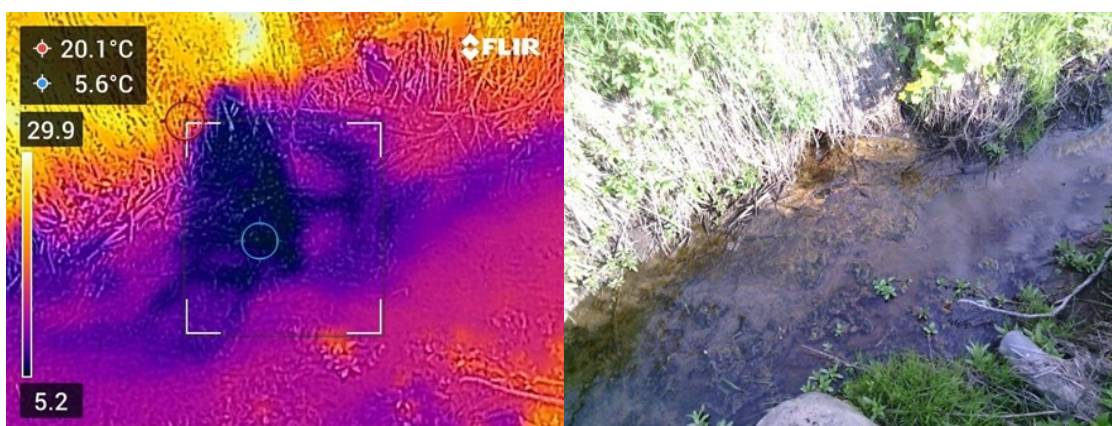
Kuva 90. Havaintopiste 6. Koivusaareke.

Havaintopisteessä 7 maanomistajan mukaan ojan pohjasta on kuplinut vettä pintaan vielä 10 vuotta sitten, ja viereisessä koivikossa on ollut 50–60-luvulla lähde, josta lehmät ovat juoneet. Havaintopisteessä 8 on pellolla ollut aikoinaan kosteita kohtia ja vaikeuksia päästä perunannostokoneella pellolle.

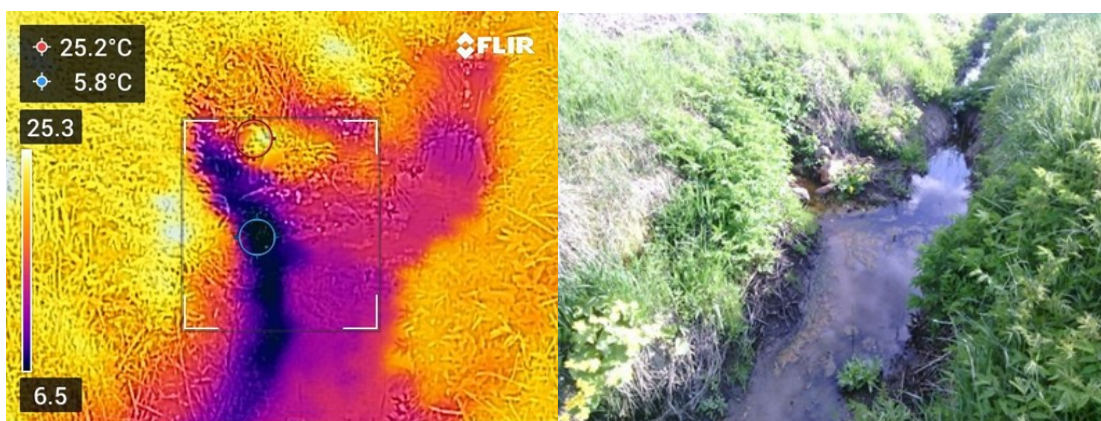
Havaintopisteissä 9 ja 10 havaittiin kohtalaisesti virtaavia salaojapurkuja, joiden vesi oli viileää tai jopa kylmää (kuvat 91–93).



Kuva 91. Havaintopiste 9. Virtaama havaittavissa, vesi viileää.



Kuva 92. Havaintopiste 10. Kylmä salaojapurku.



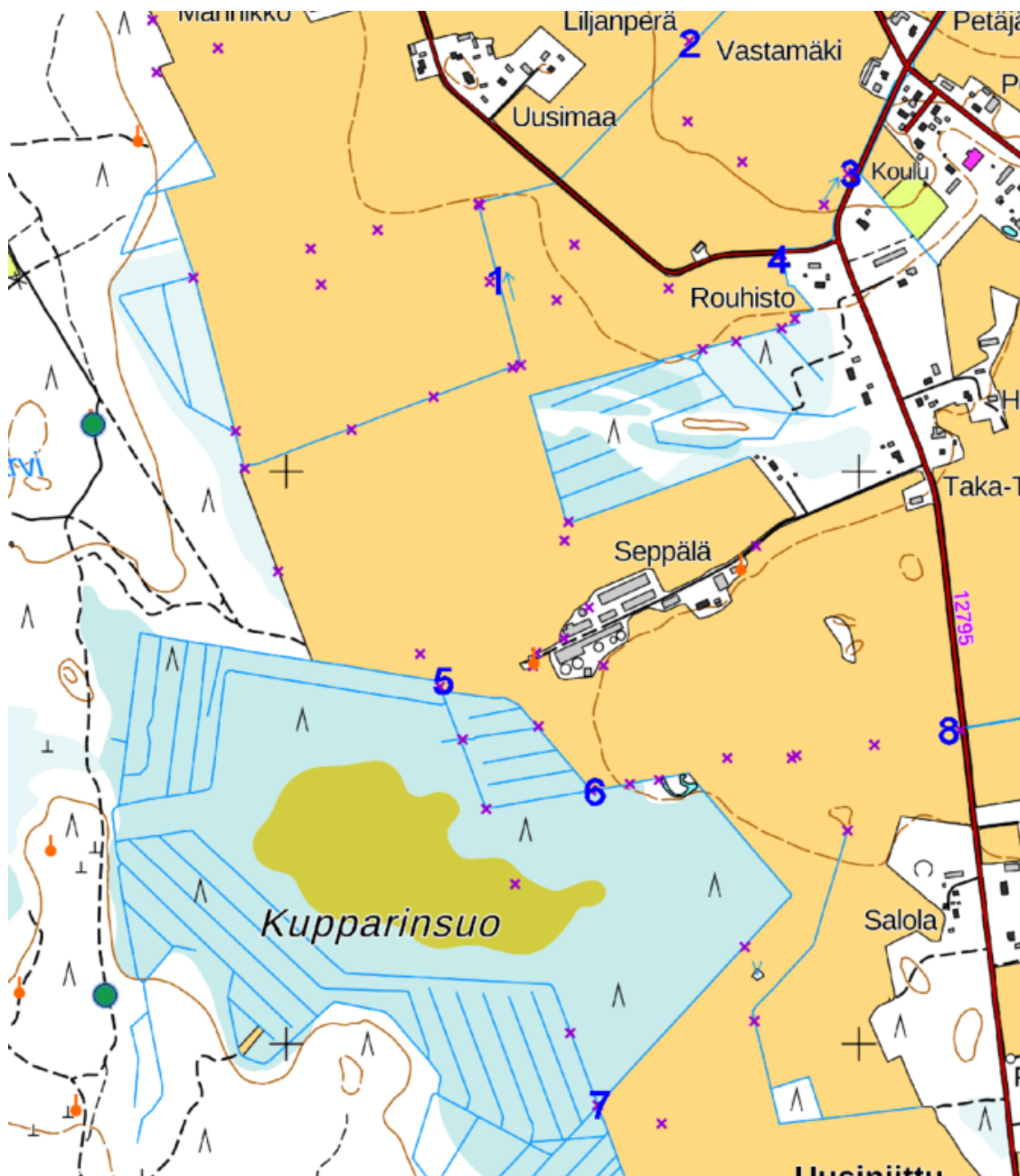
Kuva 93. Havaintopiste 10. Toinen kylmä salaojapurku.

Kartoitetulla alueella Tuomaala 1 havaittiin useita ojia ja salaojapurkuja, joiden vaikutusalueella epäiltiin ja dokumentoitiin pohjavesipurkausta. Maanomistajien haastattelut tukevat lähde-epäilyjä. Alueen peltojen osittainen säätösaloitus voi mahdollisesti nostaa pinnankorkeuksia välittömässä läheisyydessään, mutta vastaavasti etenkin säätösaloittamattomat, tavanomaiset salaojat sekä avo-ojat saattavat säätösaloitusten vieressä purkaa vesiä enemmän.

4.5.2 Tuomaala 2

Tuomaala 2:n kartoitettu alue on esitetty kuvassa 94. Kuvat on otettu toukokuun 2023 puolivälin jälkeen.

Kaikki alueella kartoitetut pellot ovat säätösaloitettuja. Pellot ovat enimmäkseen hiekkapohjaista ruoppamaata. Olosuhteet ovat olleet kuivat, ja yksi maanomistaja on ryhtynyt toimiin vedenpidätyksen lisäämiseksi.



Kuva 94. Havaintopisteet tutkimusalueelta Tuomaala 2 kartalla. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Oranssit merkit ovat muita pohjavesiputkia. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Havaintopisteessä 1 todettiin avo-ojassa hieman lisääntyvä määrä vettä pohjoiseen päin mentäessä. Vedet laskevat pisteeseen 2, jossa on myös salaojapurku avo-ojaan. Salaojapurusta virtasi hyvin vähän vettä.

Pisteissä 3 ja 4 on myös salaojapurut viereisiin avo-ojiin. Säättösalaojien padotuksista huolimatta pisteessä 4 oli pieni virtaus viereiseen avo-ojaan, mikä viittaa pohjavesivaikutteisuuteen salaojien vaikutuspiirissä.

Havaintopisteissä 5, 6 ja 7 maanomistaja esitteli Kupparinsuolta tulevaan laskuojaan asentamiaan patoja. Padot toimivat hyvin, vesi näytti suon purkuojassa seisovalta ja ylivuotoa oli vain hyvin vähän (kuvat 95–97). Suolta tuleva vesi vaikutti pohjavesivaikutteiselta, sillä vesi oli kylmää (kuva 98). Vesi padottuu avo-ojiin "vesivarastoksi" (kuva 99).



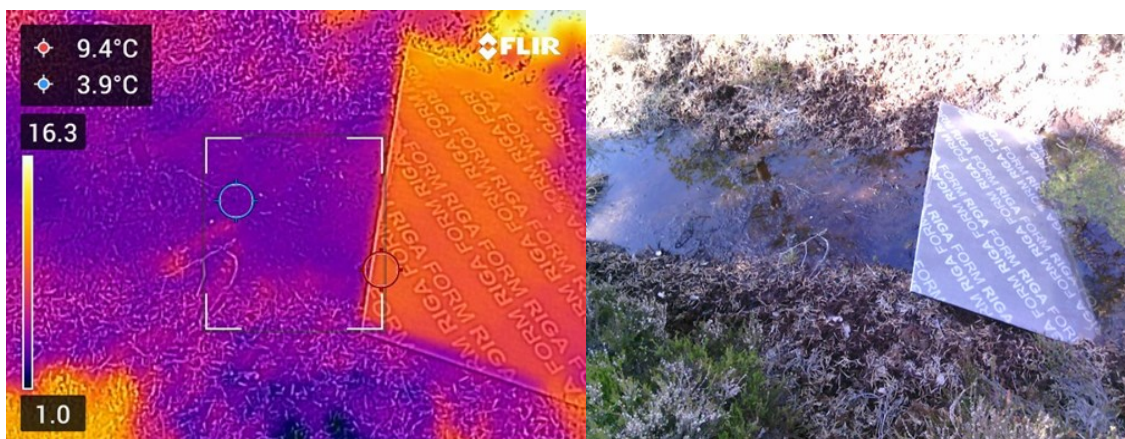
Kuva 95. Havaintopiste 5. Suon purku-uoman padotusta.



Kuva 96. Suon purku-uomassa seisovaa vettä.



Kuva 97. Suon purku-uoman padotusta.



Kuva 98. Suon purku-uomissa oleva vesi oli kylmää.



Kuva 99. Avo-ojaan padottunutta vettä.

Pinnankorkeudet havaintoputkista (vihreät ympyrät karttakuvassa 94) mitattiin 6.-8.6.2023. Pohjoisemmassa putkessa pinnankorkeus oli 47,58 m mpy ja eteläisemmässä Kupparinsuon länsipuolella 47,55 m mpy. Ojien korkeustasot kartan korkeuskäyrien ja maastohavaintojen perusteella olivat 50-47,5 m mpy ja alle.

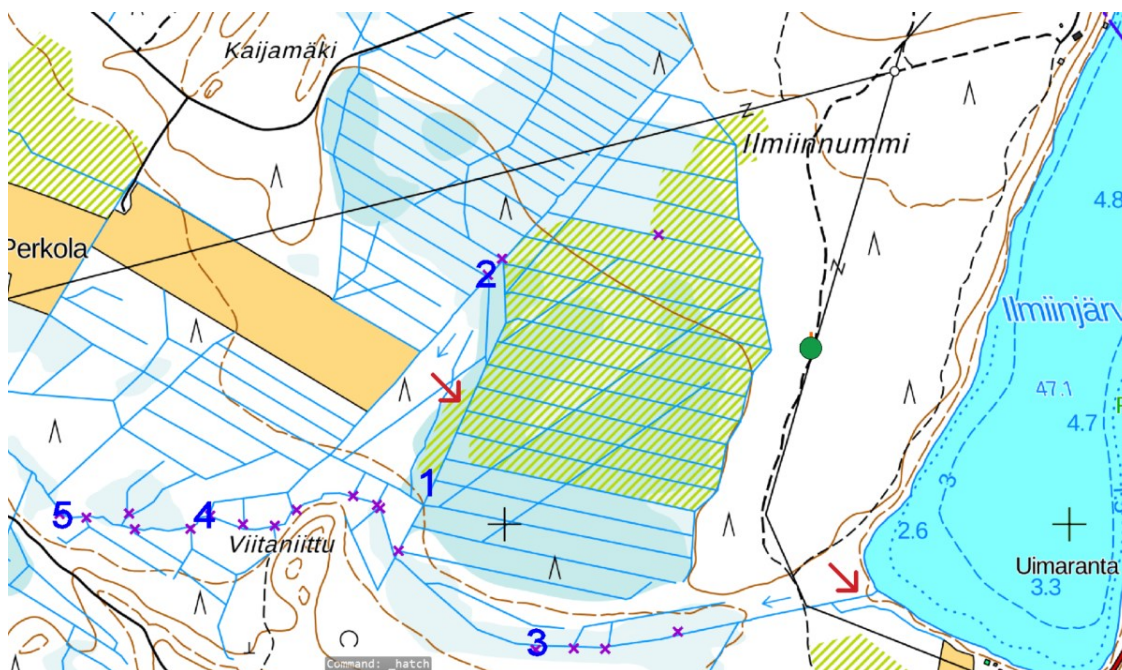
Havaintopisteeseen 8 laskee pellon keskeltä iso siirtoputki, jonka kaivossa padotustoimenpiteistä huolimatta kuului selkeä virtaus (toki myös ala, jolta putken

vedet kerääntyvät, on iso). Säättösalaojista mitattiin paikoin hyvin lähellä maanpintaa olevia lukemia, mikä tarkoittaa sitä, että säättösalaojat toimivat. Maanomistajien mukaan kuivina kausina vesipinnat laskevat. Osa padottuneista vesistä epäiltiin olevan peräisin Kupparinsuolta.

4.6 Ilmiinjärvi: Ilmiinnummen kosteikkoalue

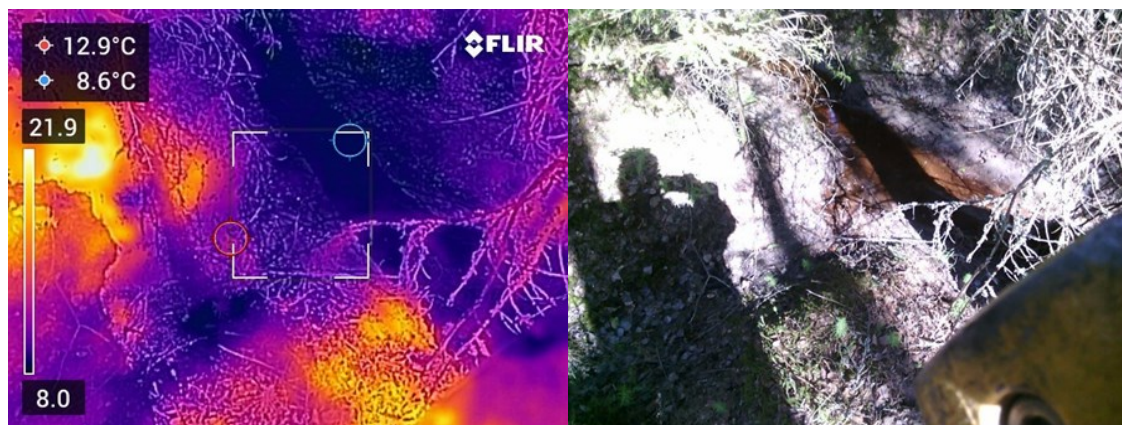
Ilmiinjärven sekä Ilmiinnummen länsipuolella sijaitseva ojitettu kosteikko oli yksi kartoitettavista alueista harjualueen eteläpäässä (kuva 100). Ilmiinjärvi sijaitsee harjuytimessä ja on pohjavesivaikutteinen. Pohjavettä purkautuu järveen sen pohjois-luode-länsipuolelta (Suomen Pohjavesitekniikka Oy, 2021).

Järven länsipuolisen kosteikkoalueen purkutaso on korkeuskäyrien ja maastokartoituksen perusteella alle 47,5 m mpy. Läheisen Ilmiinnummella sijaitsevan pohjavesiputken (vihreä ympyrä karttakuvassa kuva 100) pohjaveden pinnan korkeus oli 47,82 m mpy (16.5.2023). Pohjavettä saattaisi virrata Ilmiinnummelta kosteikkoalueen suuntaan ja alueelle purkautuu pohjavettä alueen avo- ja reunaajiin sekä Ilmiinojaan, jotka kartoitetuissa pisteissä ovat syvyydeltään 1–3 m. Kuvat on otettu toukokuun 2023 loppupuolella.



Kuva 100. Ilmiinjärvi sekä sen länsipuolinen maastokartoitettu kosteikkoalue. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreä ympyrä on Ilmiinnummen pohjavesiputki. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Länsipuolinen punainen nuoli osoittaa kosteikon reunaojaa ja idänpuoleinen Ilmiinjärven purku-uomaa, Ilmiinojaa. Karttapohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

Kosteikon reunaoja on paikoin syvä (jopa 3 metriä) ja kerää kosteikon vesiä itäpuolelta johtaen ne edelleen Ilmiinojaan. Havaintopisteessä 1 kosteikon reunaojassa virtasi viileämpää vettä, mikä viittaa pohjavesivaikutteisuuteen (kuva 101). Reunaojaan oli paikoin muodostunut pieniä patoja kasvillisuudesta, mutta siitäkin huolimatta vettä virtasi heikosti ojassa (kuva 102).



Kuva 101. Havaintopiste 1. Ilmiinojaan laskevan reunaojan vesi oli noin pari astetta viileämpää, kuin Ilmiinojassa.



Kuva 102. Havaintopiste 1. Reunaojan padotusta.

Kosteikon luoteisreunassa havaintopisteessä 2 sijaitsee hakkuuaukea Kaijamaen suuntaan, jossa oli runsaasti padottunutta vettä (kuva 103). Vedet virtaavat lounaaseen viettävää ojaa pellon reunan ohi Ilmiinojaan.

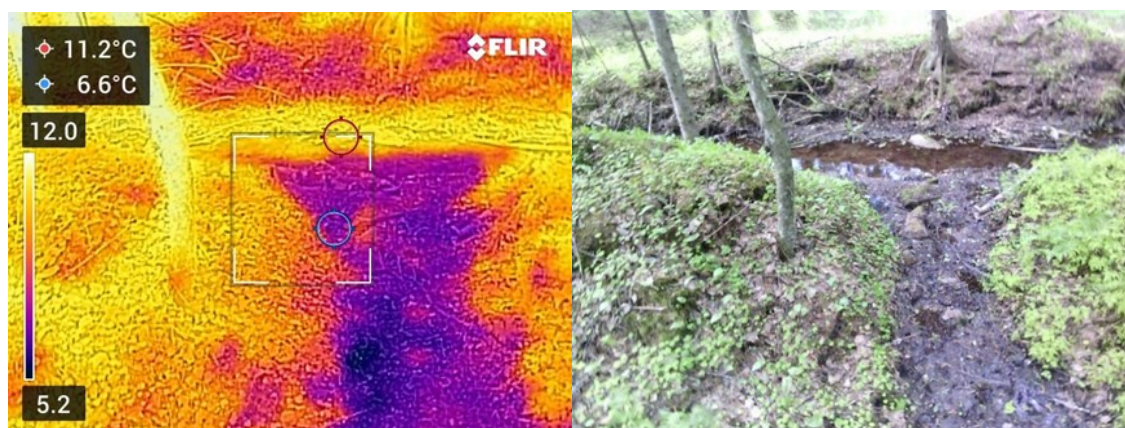


Kuva 103. Havaintopiste 2. Hakkuuaukean ojassa runsaasti padottunutta vettä.

Kosteikko oli kuivempi latvaa kohden ja sen järvenpuoleinen reuna-osa oli täysin kuiva. Kosteikon avo-rajissa taimikoissa oli kuitenkin havaittavissa padottunutta vettä, joka oli lähes maanpinnan tasolla.

Ilmiönojan syvyyttä oli vaikea arvioida, sillä maanpinta kumpuili joka puolella ympärillä. Valtaoja oli karkeasti arvioiden 1,5–2,5 m syvyydellä maanpinnasta. Pohjalla oli vettä reilusti ja uoma oli mutkitteluva ja paikoin kapeampi, paikoin leveämpi, mikä hankaloitti virtaamamäärän silmämääräistä arviointia.

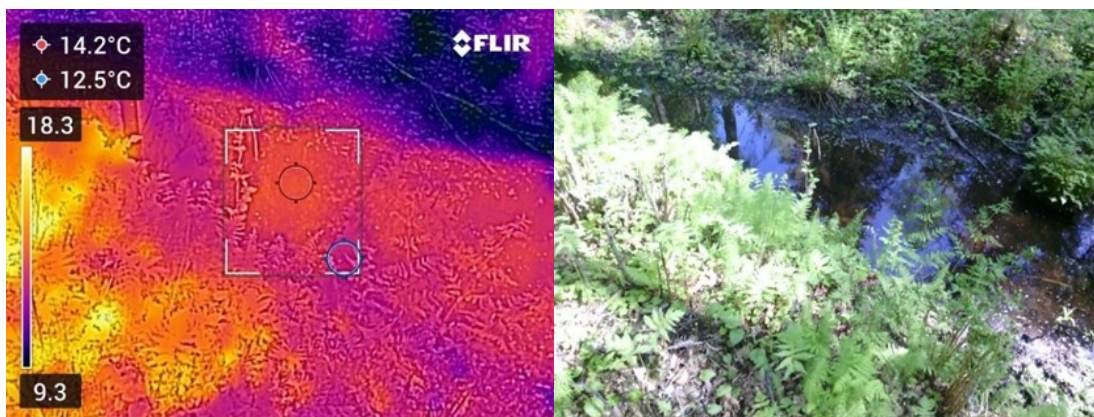
Ilmiönoja kulkee Ilmiönummen eteläpuolella kartalla näkyvän kosteikon läpi vuolaana virtana, ja havaintopisteessä 3 (Kuva 104) havaittiin kosteikon selvästi märin, upottava kohta, vaikka Ilmiönoja ei padotu. Ilmiönojassa veden lämpötila oli noin 11°C. Ilmiönojaan laskevat uomat olivat märkiä ja viileitä.



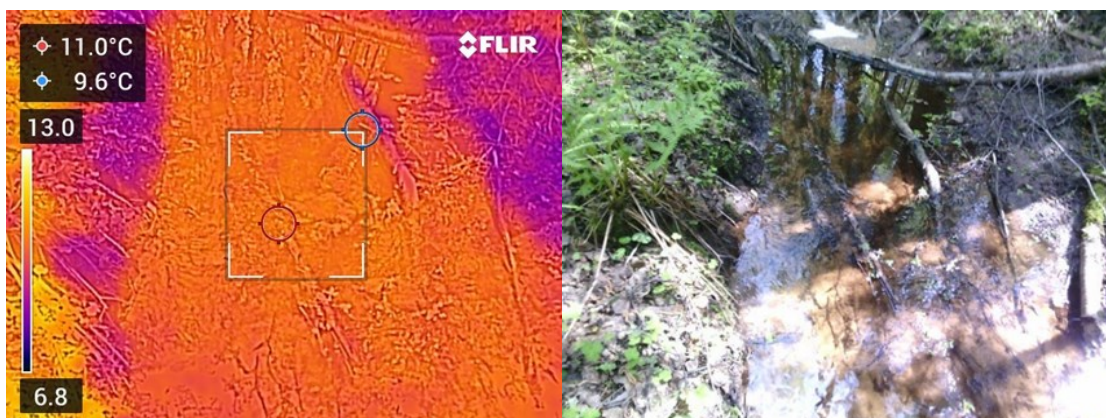
Kuva 104. Havaintopiste 3. Ilmiönojaa Ilmiönummen eteläpuoleisen kosteikon paikkeilta. Lämpökamerakuvassa näkyy Ilmiönojan n. 11-asteinen vesi ja siihen laskevan ojan vedellä kyllästynyt, viileä pohja.

Havaintopisteessä 4 (kuva 105) valtaojan vesi oli lämpökameran mukaan noin 14-asteista, kun taas ojan virratessa kohti havaintopistettä 5 (kuva 106) vesi oli jälleen vain noin 11-asteista. Tämä viittaisi siihen, että viileää vettä purkautuu pisteiden välillä valtaojaan (kuva 107). Useamman asteen muutos vuolaasti virtaavan veden lämpötilassa voisi ilmentää pohjavesivaikutteista purkaumaa. Ilmiönojassa oli näillä paikkeilla havaittavissa hiekkapohja ja kartassa pieni kosteikko. Pisteiden välistä virtaaman eroa voisi tarkkailla esimerkiksi virtausmittauspadoilla ja näin tutkia tarkemmin, purkautuuko ojaan pohjavettä, sekä

millaisina määrinä. Ilmiinjärven purkuojan eri kohdista voisi myös ottaa vesinäytteitä, jotta voitaisiin havaita, muuttuuko vedenlaatu veden lämpötilan muuttuessa.



Kuva 105. Havaintopiste 4. Ilmiinjojan vesi oli noin 14-asteista.



Kuva 106. Havaintopiste 5. Vesi muuttui asteittain noin 11-asteiseksi Ilmiinjoissa pistettä kohti virratessa.

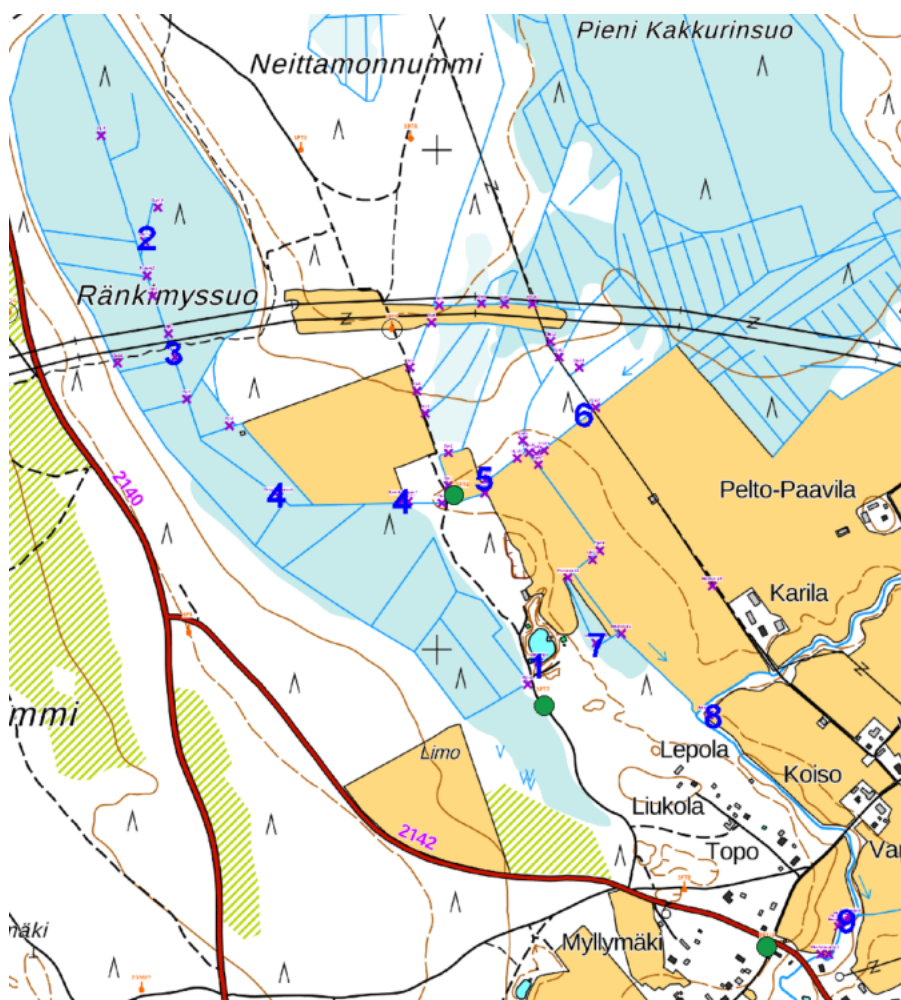


Kuva 107. Ilmiinojan hiekkapohjaa pisteiden 4 ja 5 välillä.

Alueella epäiltiin pohjaveden tihkumaista purkautumista Ilmiinojassa vaihtelevien veden lämpötilojen sekä Ilmiinummen kosteikon alueella pienen reuna-
ojan virtaaman vuoksi.

4.7 Ränkimyssuo

Harjujakson ja samalla pohjavesialueen eteläpään tuntumassa sijaitsee kokonaan ojitettu Ränkimyssuo. Osaa läheisistä pelloista viljellyt haastateltu kertoi, että hänen lapsuudessaan 80-luvulla Ränkimyssuo on ollut lampinen suo, jossa on voinut luistella sekä, että Mustaojassa on ollut paljon enemmän vettä ja sieltä on ongittu kalaa. Ränkimyssuon kartoitettu alue on esitetty kuvassa 108. Kuvat on otettu toukokuun puolivälissä 2023.



Kuva 108. Ränkimyssuon havaintopisteet kartalla. Numerot kuvaavat tuloksissa esitettyjä havaintopisteitä. Vihreät ympyrät ovat pohjavesiputkia. Rastit ovat muita kartoitettuja paikkoja. Oranssit merkit ovat muita pohjavesiputkia. Kartta-pohjan lähde: Maanmittauslaitos 2022.

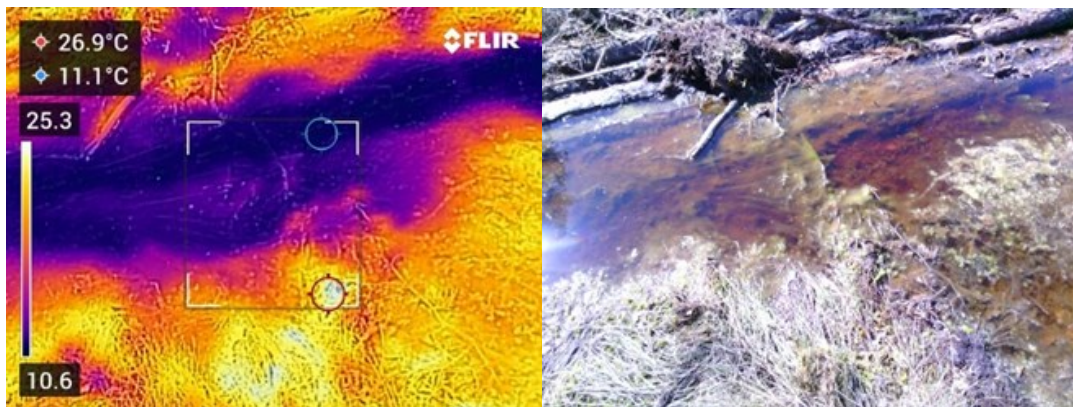
Ränkimyssuolle päin virtaa pohjavettä suon pohjoispuolelta sekä läntiseltä Haa-vistonnummelta. Harjuydin menee Ränkimyssuon vieritse ja suon vedenpinta on harjuytimen pinnan yläpuolella. Ränkimyssuolle tehdyt ojitukset kuljettavat alueelta vettä pois ja siten vähentävät Ränkimyssuolta pohjaveteen imeytyvän veden määrää. (Suomen Pohjavesitekniikka Oy, 2021.)

Pisteessä 1 sijaitsee tekolampi, joka muodostuneen pohjavedestä (kuva 109). Sen läheisen pohjavesiputken (vihreä ympyrä karttakuvassa 108) pinnankorkeus 16.5.2023 oli 44,5 m mpy. Tekolammen taso on kartan korkeuskäyrien ja maastohavaintojen mukaan alle 44,5 m mpy.

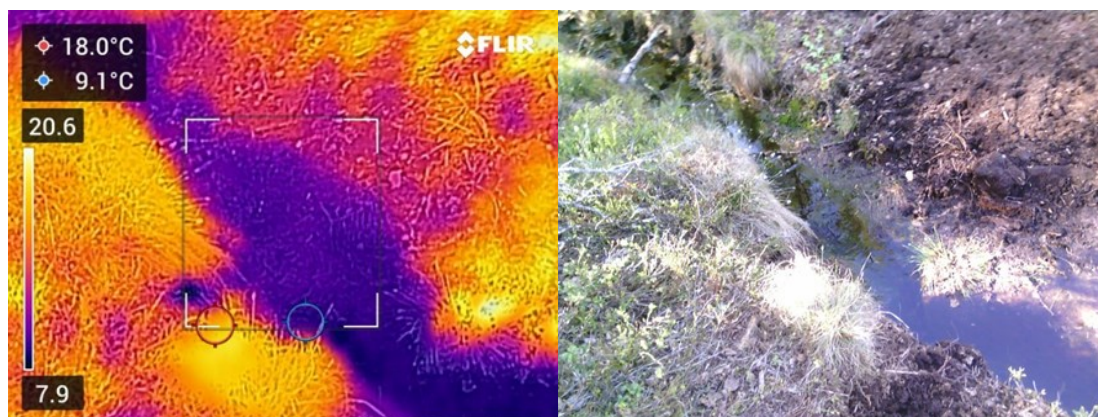


Kuva 109. Havaintopiste 1. Tekolampi.

Havaintopisteessä 2 oli ylivoimaisesti suon märin kohta. Keskimäinen valtaoja padottaa vesiä sammaloituneena. Pisteessä 3 (kuva 110) havaittiin hyvin pientä virtausta kohti havaintopisteen 4 (kuva 111) suurta pellon reunaojaa, joka lienee kaivettu kastelukuopaksi.



Kuva 110. Havaintopiste 3. Heikko virtaus kohti kosteikon purku-uomaa ja sitä ennen tavattavaa isoa pellon reunaojaa pisteessä 4.



Kuva 111. Havaintopiste 4. Epäiltyyn kastelukuoppaan heikko virtaus metsäojasta.

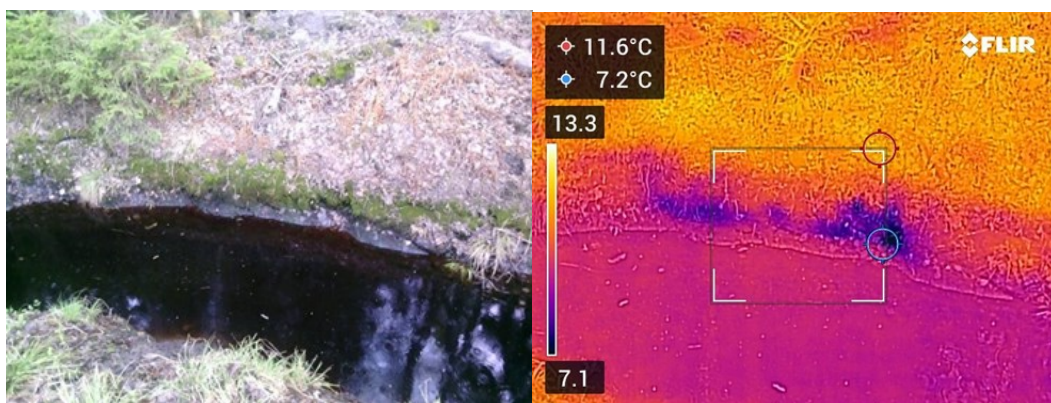
Havaintopisteessä 5, Ränkimyssuon leveähkössä purku-uomassa ei havaittu juuri virtausta. Viereisessä pohjavesiputkessa (karttakuvassa kuva 108 vihreä ympyrä) pinnankorkeus 16.5.2023 oli 45,06 m mpy. Ojan purkutaso on maastohavaintojen ja korkeuskäyrien perusteella hieman ylempänä, minkä perusteella pohjavettä ei pisteessä purkautuisi ojaan.

Havaintopisteessä 6 havaittiin viileää vettä syvässä pellon reunaojassa (kuva 112).



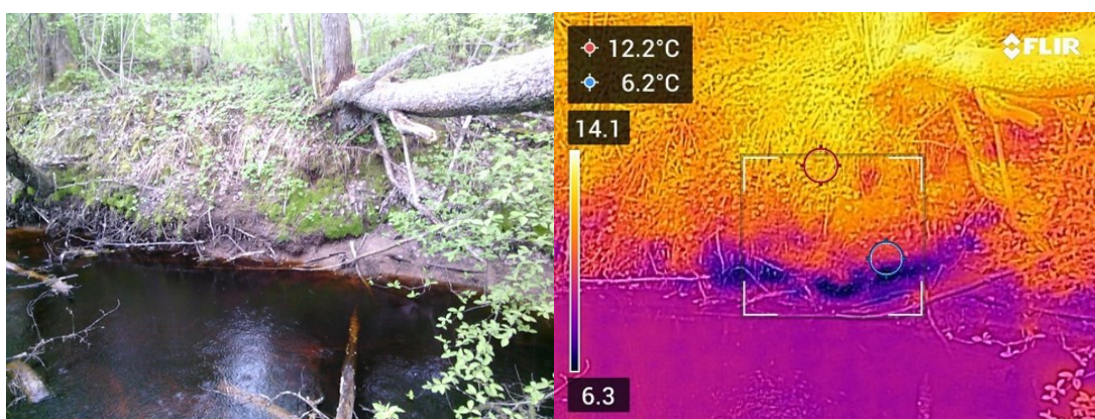
Kuva 112. Havaintopiste 6. Pellon reunaojassa oli selkeää virtausta.

Pisteessä 7 havaittiin pellon reunaojassa mahdollista pientä pohjavesipurkaumaa (kuva 113).

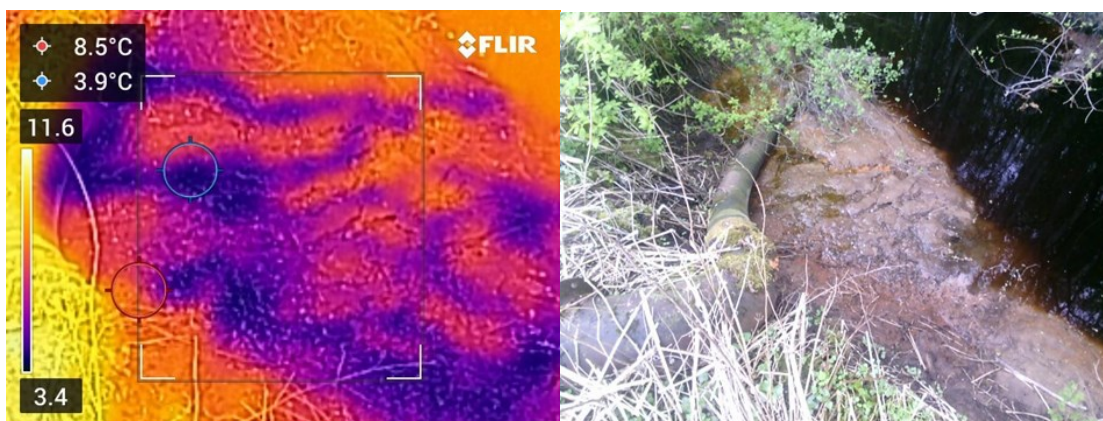


Kuva 113. Havaintopiste 7. Pientä epäilyä pohjavesipurkaamaa pellon reunaojassa.

Pohjavesialueen eteläosassa merkittävin purkupaikka on tutkimusten mukaan Mustaoja, johon purkautuu pohjavettä ainakin 2 000 m³ vuorokaudessa (Suomen Pohjavesitekniikka Oy, 2021). Pohjaveden purkautumista havainnoitiin ainakin pisteissä 8 (kuva 114) ja 9 (kuva 115). Pisteiden 9 länsipuolella läheisessä pohjavesiputkessa (karttakuvassa kuva 108) mitattiin 16.5.2023 lukema 45,11 m mpy. Mustaojan purkutaso pisteen luona on maastohavaintojen ja kartan korkeuskäyrien mukaan alle 45 m mpy. Myös tämä tukee pohjaveden purkautumishavaintoa.



Kuva 114. Havaintopiste 8. Mustaojan epäilyä pohjavesipurkaamaa.



Kuva 115. Havaintopiste 9. Kuvasta erottaa selvästi pohjavesipurkauman.

Alueen kokonaan ojitetulta suolta ei ainakaan sen purku-uomassa havaittu merkittävää virtaamaa. Sen sijaan Mustaojassa dokumentoitiin selviäkin viitteitä pohjavesipurkaumasta tukemaan aiempia tutkimuksia.

5 Pohdinta

5.1 Tutkimusalueen ojitusten pohjavesivaikutteisuuden viitteet maastotarkastelun perusteella

Pohjaveden purkautumisesta alueen ojitukseen saatiin maastokartoituksen aikana selviä viitteitä. Epäiltyjä purkautumispaikkoja tulisi tutkia tarkemmin esimerkiksi jatkotoimenpide-ehdotuksia käsittelevässä luvussa 5.2 esitetyillä tavoilla pohjavesipurkauman varmistamiseksi ja purkautumismäärän selvittämiseksi.

Tutkimusalueella 1 löydettiin viitteitä pohjaveden purkautumisesta etenkin Ketunsuolla avo-ojiin sekä sen koillispuoleisilla peltoalueilla salaojiin.

Alueilla 2.1 heräsi epäiltiin huomattavia pohjavesimäärien purkaumia Lähdesuolle ja peltojen harjunpuoleisille reunoille osin syviin reunojiin sekä suoraan pelloille lähteinä ja näin oletettavasti salaojiin.

Alueella 2.2 havaittiin huomattavaa epäiltyä lähteisyyttä Rausenkulmalla maanomistajien haastattelujen sekä maastohavaintojen perusteella. Sen perusteella pohjavesi tulee alueella paikoin hyvin lähelle maanpintaa, mikä tukee pohjaveden oletettuja purkaumahavaintoja alueen salaojapuruissa.

Alueella 3 vettä ei ollut Pökönhohkan ojitetulla kosteikolla ojissa juuri lainkaan, jonka vuoksi alueen pohjaveden virtausta tulisi selvittää laajemmin. Kosteikon ojat kuitenkin luultavasti purkavat sadevesiä nopeammin pois alueelta, jolloin pohjavesiesiintymään suotautuva vesimäärä vähenee. Kosteikon kaakkoispuolelle tulee Piikajärven entinen purku-uoma, joka on hiekkapohjainen ja todennäköisesti kerää pohjavesiä matkaltaan kohti Rantunojaa.

Alueella 4 Koomankankaan itäpuoliset, pienet kosteikot ja niiden viereiset peltoajat antoivat maastotarkastelun sekä tutkimushaastattelujen perusteella viitteitä siitä, että pohjavettä purkautuu alueen ojiin.

Alueen 5.1 Tuomaalan avo-ojissa sekä salaojapuruissa havaittiin lämpökamerakuvauspaikoin paikoin melko selkeää pohjavesivaikutteisuutta. Havaintoja tukevat maanomistajien haastattelut.

Alueen 5.2 pellot on säätösalojitettu ja niiden padotus toimii. Lisäksi eräs maanomistaja alueella on tehnyt patoja Kupparinsuolta tuleviin avo-ojiin vesienhallinnan parantamiseksi. Myös tällä alueella havaittiin padotuksista huolimatta salaojista virtausta purku-uomiin sekä selkeää pohjavesivaikutteisuutta maastokartoituksen aikana.

Alueen 6 Ilmiinnummen ojitettu kosteikkoalue saattaa purkaa hieman pohjavettä Ilmiinojaan. Lisäksi maastossa tehtyjen lämpökamera- ja muiden havaintojen perusteella pohjavettä voisi purkautua myös Ilmiinojassa, kosteikon eteläpuolella.

Alueella 7 Ränkimyssuolla havaittiin hieman epäiltyä orsivesivaikutteista virtausta suon purku-uomaan, joka jatkaa peltojen läpi kohti pohjavesialueen

kärjessä sijaitsevaa Mustaojaa. Mustaojassa havaittiin pohjaveden merkittävää purkautumista, mitä tukevat myös aiemmat pohjavesitutkimukset.

Pohjavettä purkavan vaikutuksen lisäksi ojitukset toimivat tutkimusalueelta nopeasti vettä pois johtavana väylänä, jolloin sadevedet eivät ehdi imeytyä pohjavedeksi. Vaikka tutkimusajankohtana satoi huomattavan vähän, ojissa pystyi silti havaitsemaan paikoitellen nopean virtauksen ja tästä päätellen myös sadevedet johtuvat alueelta nopeasti pois. Siten monin paikoin ojitukset vaikuttavat alueen pohjaveden pinnankorkeuksiin.

5.2 Jatkoimenpide-ehdotukset

Virtausmallilla kokeiltua ennallistamista voisi tehdä myös ainakin tämän tutkimusalueen alueille 1 ja 2.1, sillä näiden ennallistamista ei ollut vielä aiemmin mallinnettu. Lisäselvitystä epäilyihin purkautumispaikkoihin voisi tehdä ojien vedenlaatua tutkimalla pohjavesipurkausepäilyn varmistamiseksi, asentamalla virtaamamittauspatoja purkausmäärän selvittämiseksi, sekä ojien tarkemmalla vaaituksella.

Lisäksi olisi hyvä tarkastella, muuttavatko maastotarkastelun havainnot pohjaveden virtausmallia, ja vaikuttavatko muutokset mallinnetun ennallistamisen vaikutusarviointiin.

Etenkin tulevan koe-ennallistamiskohteen ojat tulisi vaaita ja tutkia ennallistettavien ojien sekä näiden läheisten ojien purkautuvat pohjavesimäärät, jotta voidaan varmistua koe-ennallistamiskohteen oikeasta valinnasta ja toisaalta myös seurata, vaihtaako pohjavesipurkauma paikkaa ennallistamisen myötä.

5.3 Koe-ennallistamiskohteen ehdotus

Bergholmin (2023) diplomityössä esitettiin alueella ennallistettavien kohteiden virtausmallilla ennustettuja vaikutuksia pohjavesialueen vesitaseeseen. Kaksi

kohdetta nousi virtausmallissa sellaisiksi ennallistettaviksi alueiksi, joilla olisi mallin mukaan vaikutusta laajimmin valituista kohteista. Nämä kohteet vastaavat pitkälti tässä tutkimuksessa esitettyjä tutkimusalueita 3, Pökönhohkan ojitettu kosteikkoalue sekä 5.1, Tuomaala 1.

Pökönhohkan ojitetulla kosteikkoalueella vesimäärät tutkituissa ojissa olivat enimmäkseen vähäisiä, ja viitteitä isommista määristä ojiin purkautuvasta pohjavedestä löytyi lähes ainoastaan kosteikon kaakkoiselle peltoalueelle vesiään purkavasta tulo-ojasta sekä Rausenojasta. Pohjaveden virtauksia ja purkautumispaikkoja alueella tulisi selvittää laajemmin, jotta voitaisiin varmistua pohjaveden purkupaikoista ja näin edetä alueen ennallistamisessa.

Sen sijaan tutkimusalueen Tuomaala 1 ojitetuilla peltoaloilla löytyi selviäkin viitteitä useammasta paikkaa pohjaveden purkautumisesta ojiin. Osa alueen pelloista on jo säätösalaajitettu, mutta osalla on yhä tavanomaiset salaojat. Avo-ojia ei ole padottu. Maastotarkastelu ja tutkimushaastattelut viittaavat alueen Tuomaala 1 pohjavesivaikutteisuuden ja siten tukevat Bergholmin diplomityössä esitettyä arviota alueen ennallistamisen laajoista vaikutuksista. Siksi puollan aluetta Tuomaala 1 koe-ennallistamiskohteeksi.

5.4 Työn merkitys

Alueen toimijat ja yksityishenkilöt ovat olleet huolissaan harjujakson vesitasetilanteesta, ja vesitilanteen selvittämiseksi on ollut suurta tarvetta paitsi vedenototoiminnan turvaamiseksi, myös alueen pohjavesivaikutteisten järvien virkistysarvon säilyttämiseksi. Pohjavesialueen liepeillä on paljon ojitettua suota, kosteikkoja ja peltoja. Alueen vedenottomäärät sekä sadanta eivät selitä pinnankorkeuksien laskua. Pohjavesialueelle on tehty virtausmallinnusta ojien ennallistamiskohteiden kartoittamiseksi, ja virtausmallin parantamiseksi oli tarve tutkia alueen liepeitä tarkemmin mahdollisten pohjavesipurkaumien varalta sekä ojitusten syvyyksien osalta ojatarkkuudella.

5.5 Tutkimuksen luotettavuus

Pohjaveden purkautumisselvitys tässä tutkimuksessa on toteutettu alan kirjallisuudesta ja eri tutkimusraporteista tutulla lämpökamerakuvausmenetelmällä. Lämpökameran oikea toimivuus kyseenalaistettiin sadepäivinä, joita tutkimusajankohdalle osui kaksi, eli suhteellisen vähän. Lämpökameratekniikalla on myös rajoitteensa, sillä lämpökamera havaitsee vain eri kuvattavien kohteiden pintojen lämpötiloja.

Ojien purkutasoja (m mpy) tulisi myös vaaita, jotta tulokseksi virtausmallinnukseen saataisiin tarkkoja syvyystietoja. Tässä tutkimuksessa ojien syvyyksiä arviointiin enimmäkseen silmämääräisesti, jolloin mittauksiin liittyy epätarkkuuksia.

6 Loppusanat

Tahdon kiittää mielenkiintoisesta tutkimusaiheesta sekä tuesta Suomen Pohjavesitekniikka Oy:n Petri Reijosta. Hänen ammattitaitonsa sekä ohjaamiseen ja taustatietojen hankintaan käyttämänsä aika mahdollisti opinnäytetyön tekemisen.

Kiitän myös hankkeen muita osapuolia sekä etenkin maanomistajia, jotka ottivat minut lämpimästi vastaan tutkimuksen teon aikaan Kokemäellä.

Lopuksi haluan osoittaa kiitokseni läheisilleni avusta ja kärsivällisyydestä opinnäytetyöprosessin aikana.

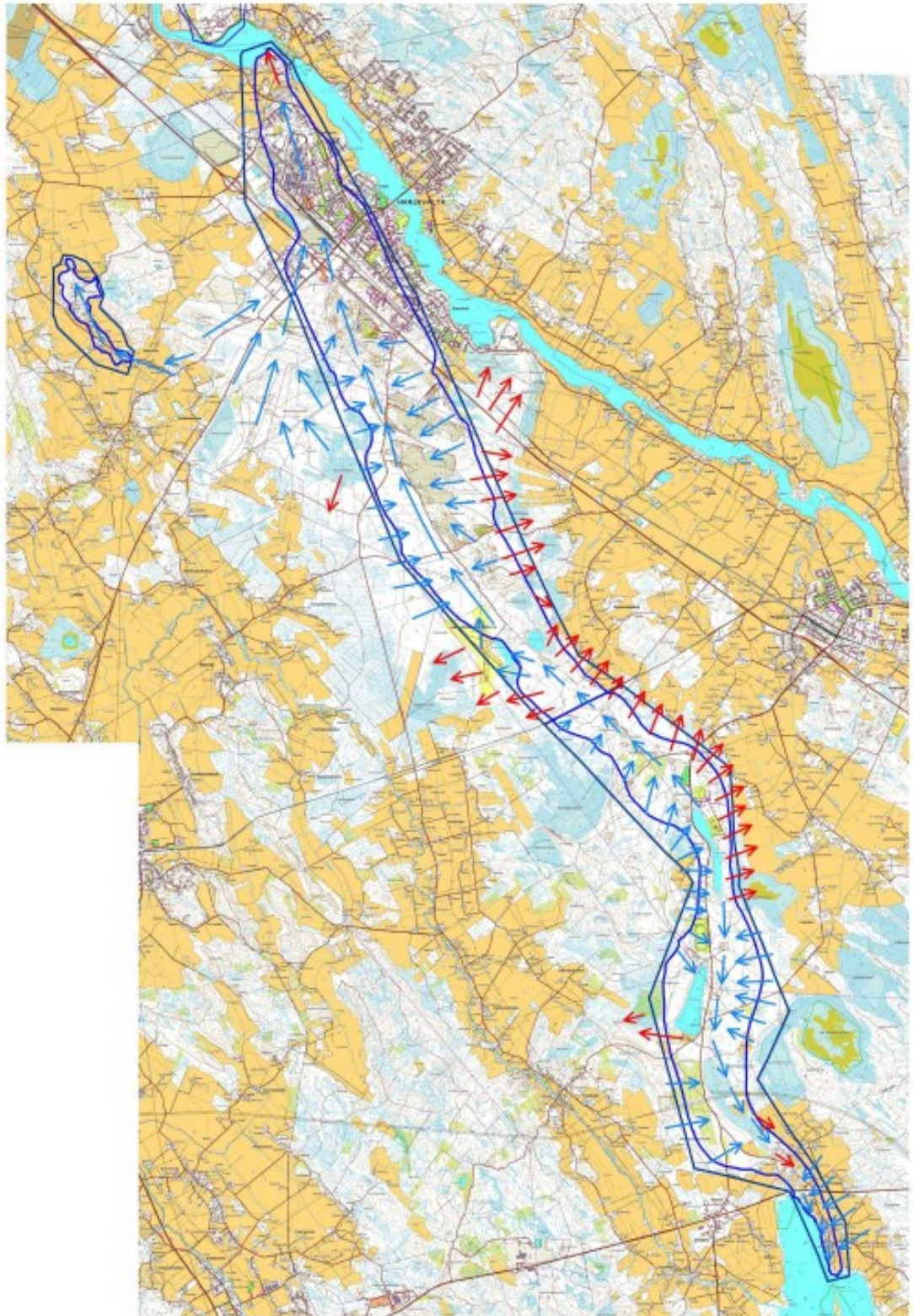
Lähteet

- Aapala, K., Similä, M. & Penttinen, J. (toim.). 2013. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 188. Vantaa: Metsähallitus. 301 s. ISBN 978-952-295-026-0. <https://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/show/1601>. Luettu 15.4.2023.
- Airaksinen, J. U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Kustannusosakeyhtiö pohjoinen.
- Backman, B., Lahermo, P., Väisänen, U., Paukola, T., Juntunen, R., Karhu, J., Pullinen, A., Rainio, H. ja Tanskanen, H. 1999. Geologian ja ihmisen toiminnan vaikutus pohjaveteen. Seurantatutkimuksen tulokset vuosilta 1969 – 1996. Espoo: Geologian tutkimuskeskus,
- Bergholm, P. 2023. Maa- ja metsätalousojituksen ennallistamisen vaikutus pohjaveden pinnankorkeuksiin. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Vesi- ja ympäristötekniikan maisteriohjelma. https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/121657/master_Bergholm_Pihla_2023.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Luettu 1.10.2023.
- Briggs, M.A., Hare, D.K., Boutt, D.F., Davenport, G. & Lane, J.W. 2016. Thermal infrared video details multiscale groundwater discharge to surface water through macropores and peat pipes. <https://doi.org/10.1002/hyp.10722>. Luettu 15.10.2023
- Britschgi, R., Piirainen, S., Joensuu, S., Juvonen, J., Ala-aho, P., Karvonen, T., Kauppila, M., Keränen, J., Marttila, H., Nieminen, M., Nieminen, T. M., Rintala, J., Ronkainen, T., Ronkanen, A.-K., Rossi, P., Räsänen, T. & Tuominen, S. 2022. Metsätalouden pohjavesivaikutukset: MEPO-hankkeen loppuraportti 2021. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:4. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-484-2>. Luettu: 15.10.2023.
- Karttapalvelu Lähde. 2020. Geologian tutkimuskeskus. <https://lahde.gtk.fi/>. Luettu 20.4.2023.
- Karttapaikka. Maanmittauslaitos. <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>. 2020.
- Harjureitti. <https://harjureitti.fi/luonto/pohjavesi/myllylahde/>. Luettu 14.4.2023.
- Ikäheimo, J. 2010. Lämpötilakuvaukset pohjavesitutkimuksen apuna. <https://www.vesiyhdistys.fi/pdf/ikaheimo.pdf>. Luettu 12.4.2023.
- Ilmatieteen laitos. 2023. Avoin data: Kuukauden sadesumma, Pori. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/avoindata>. Luettu 11.10.2023.
- Kivimäki, A., Rautio, A., Korkka-Niemi, K., Brander, M., Nygård, M., Vahtera, H., Karhu, J., Salonen, V., Kiirikki, M. & Lahti, K. 2013. Vantaanjoen ja sen sivujokien hydrauliset yhteydet pohjavesimuodostumiin ja vaikutukset veden laatuun. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. Julkaisu 69/2013. https://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/1618/Julkaisu692013.pdf. Luettu 13.4.2023.
- Korkka-Niemi, K. & Salonen, V. 1996. Maanalaiset vedet – pohjavesigeologian perusteet. Turun yliopiston täydennyskoulutuskeskus.

- Kuusisto, E. 2014. Vesitalous 2014(04). https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/09/Vesitalous_1404_netti.pdf. Luettu 2.10.2023.
- Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2. Helsinki: Vesihallitus. https://vesitalous.fi/wp-content/uploads/2014/09/Vesitalous_1404_netti.pdf. Luettu 13.4.2023.
- Mälkki, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tampere: Esko Mälkki ja kirjayhtymä Oy.
- Niini, H. & Niini, S. 1995. Vesigeologia (hydrogeologia). Teknillinen korkeakoulu. Materiaali- ja kalliotekniiikan laitos. Insinööri- ja geofyysikan laboratorio. Opetusjulkaisu.
- Paikkatietoikkuna. Maanmittauslaitos. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/> Luettu 31.10.2023.
- Pajula, H. & Järvenpää, L. 2007. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu – Työryhmän mietintö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23/2007. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/212c53bb-7cc0-4f74-b282-490edda62986/content>. Luettu 13.4.2023.
- Rossi, P. & Ala-aho, P. & Doherty, J. & Klöve, B. Impact of peatland drainage and restoration on esker groundwater resources: Modeling future scenarios for management. Hydrogeology Journal, 2014. 22. 10.1007/s10040-014-1127-z.
- Rossi, P. & Ala-aho, P. & Ronkanen, A-K. & Kløve, B. Groundwater–surface water interaction between an esker aquifer and a drained fen. Journal of Hydrology, 2012 vol. 432–433, s. 52-60. 10.1016/j.jhydrol.2012.02.026.
- Simpson, T., Holman, I.P. & Rushton K.. 2011. Drainage ditch-aquifer interaction with special reference to surface water salinity in the Thurne catchment, Norfolk, UK. Water and Environment Journal, Vol. 25:2011. S. 116–128. DOI: 10.1111/j.1747-6593.2009.00195.x.
- Suomen Pohjavesitekniikka Oy. 2017. ESAVI/8185/2017 Pohjaveden ottaminen Kuninkaanmännyn pohjavedenottamolta Koomankangas-Ilmiinjärven pohjavesialueelta ja valmistelulupa, Säskylä. Kuninkaanmännyn vesi Oy.
- Suomen Pohjavesitekniikka Oy. 2020. Tiedote. Harjavalta-Hiittenharju-Järilävuori-Kooma-Ristola-harjujakson vesitilanteen selvittäminen.
- Suomen Pohjavesitekniikka Oy. 2021. Köyliönjärvi–Harjavalta harjujakson vesitaseen selvittäminen – Vesitasehanke - Vaihe 1. - Raportti. Helsinki: Suomen Pohjavesitekniikka Oy. Julkaisematon Vesitasehankkeen tutkimusraportti.
- Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. 2002. Suomen sammalet – levinneisyys, ekologia ja uhanalaisuus. Suomen Ympäristökeskus. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/0f55b5f9-0fc2-4e24-ba72-261821d15d13/content>. Luettu 2.10.2023.

Liite 1

Köyliönjärvi-Harjavalta: Pohjaveden päävirtaussuunnat.



0 m 2000 m 4000 m 6000 m 8000 m

VESITASEHANKE KÖYLJÖNJÄRVI-HARJAVALTA POHJAVEDEN PÄÄVIRTAUSSUUNNAT SUOMEN POHJAVESITEKNIikka OY HELSINKI 6.9.2021	© Maanmittauslaitos 2021 
---	---