Vastaanottaja
Terrafame Oy

Asiakirjatyyppi
Neljännesvuosiraportti (3/4) 2019

Päivämäärä
17.12.2019

Viite
1510046315-015

TERRAFAME OY
KAIVOKSEN PINTAVESIEN TARKKAILU VUONNA 2019 – Q3

RAMBOLL

Laatija	**Hanna Kangas, Niklas Virkkala**
Tarkastaja	**Sanna Sopanen**
Kuvaus	**Ympäristötarkkailun neljännesvuosiraportti**

Viite 1510046315-015

SISÄLTÖ

1.	**JOHDANTO**	**1**
2.	**HYDROLOGISET OLOT JA VESIEN JOHTAMINEN**	**1**
3.	**NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT**	**4**
4.	**OULUJOEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET**	**6**
4.1	Salminen, Salmisenpuro ja Kalliojärvi	7
4.2	Härkäpuro ja Kuusijoki	9
4.3	Korentojoki	10
4.4	Aittopuro	10
4.5	Kalliojoki, Kolmisoppi ja Tuhkajoki	10
4.6	Talvijoki	12
4.7	Jormasjärvi	12
4.8	Jormasjoki	14
4.9	Rehja-Nuasjärvi	15
4.9.1	Vesinäytteiden tulokset	15
4.9.2	Kenttämittaukset	17
4.9.3	Jatkuvatoimiset mittaukset	19
4.9.4	Leviämiskartoitus	22
4.10	Kajaaninjoki	23
4.11	Oulujärvi	24
4.12	Pirttipuro ja Kivipuro	24
5.	**VUOKSEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET**	**25**
5.1	Ylä-Lumijärvi ja Lumijärvi	25
5.2	Lumijoki	25
5.3	Kivijärvi	25
5.4	Kivijoki	27
5.5	Laakajärvi	27
5.6	Kiltuanjärvi	29
5.7	Haapajärvi, Nurmijoki, Sälevä, Atrojoki ja Syväri	30
6.	**KAIVOSPIIRIN ULKOPUOLISET JÄRVET**	**30**
7.	**YHTEENVETO**	**31**

LIITTEET

Liite 1
Tarkkailualue ja näytteenottopaikat

Liite 2
Oulujoen suunta - kehityskuvaajat

Liite 3
Vuoksen suunta – kehityskuvaajat

Liite 4
Tulosten yhteenvetotaulukko

1. JOHDANTO

Vuoden 2019 heinä-syyskuussa (Q3) pintavesien tarkkailua tehtiin 6.2.2017 päivitetyn, Kainuun ELY-keskuksen ja Pohjois-Savon ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman (Pöyry, 28.11.2016), mukaisesti. Terrafamen kaivoksen pintavesien tarkkailu perustuu osin pitkään käytössä olleiden seurantapaikkojen ja osin myöhemmin tarkkailuun lisättyjen seurantapaikkojen veden laadun seurantaan.

Terrafamen kaivoksen vesistötarkkailua painotetaan alueille, joihin vesistövaikutukset kohdistuvat ja ovat kohdistuneet, eli Oulujoen ja Vuoksen vesistöjen suuntaan. Nykyisin kaivoksen purkuvesien juoksutus suuntautuu Oulujoen vesistöön, eikä Vuoksen vesistöön ole johdettu kaivosvesiä vuoden 2016 kevään jälkeen. Tarkkailun tavoitteena on selvittää teollisuusalueelta johdettavien vesien vaikutusalueen laajuutta sekä vesien johtamisesta aiheutuvia vesistövaikutuksia.

Nuasjärven purkuputken tarkkailu lisättiin tarkkailuohjelmaan vuonna 2015. Purkuputken myötä vesistötarkkailua lisättiin Jormasjärvellä, Jormasjoella, Nuasjärvellä, Kajaaninjoessa sekä Oulujärvellä. Vuoden 2019 tarkkailuraporteissa esitetään myös Nuasjärven purkuputkeen liittyvän tarkkailun tulokset. Kivipuron ja Pirttipuron vedenlaadun tarkkailua lisättiin vuonna 2018, millä vastataan Terrafamen Kuusilammen avolouhoksen itäpuolelle rakennettavan sivukiven varastoalueen sekä siihen liittyvien toimintojen tarkkailuvelvoitteisiin.

Vuoden 2019 kolmannessa neljännesvuosiraportissa (Q3) tarkastellaan heinäkuun ja syyskuun välisenä aikana otettujen vesinäytteiden ja tehtyjen mittausten tuloksia. Terrafamen teollisuusalueelta johdettavien vesien vaikutuksia tarkkaillaan Oulujoen vesistössä välillä Salminen - Oulujärvi ja Vuoksen vesistössä välillä Ylä-Lumijärvi - Syväri. Vesistöpisteiden sijainnit on esitetty liitteen 1 kartoissa.

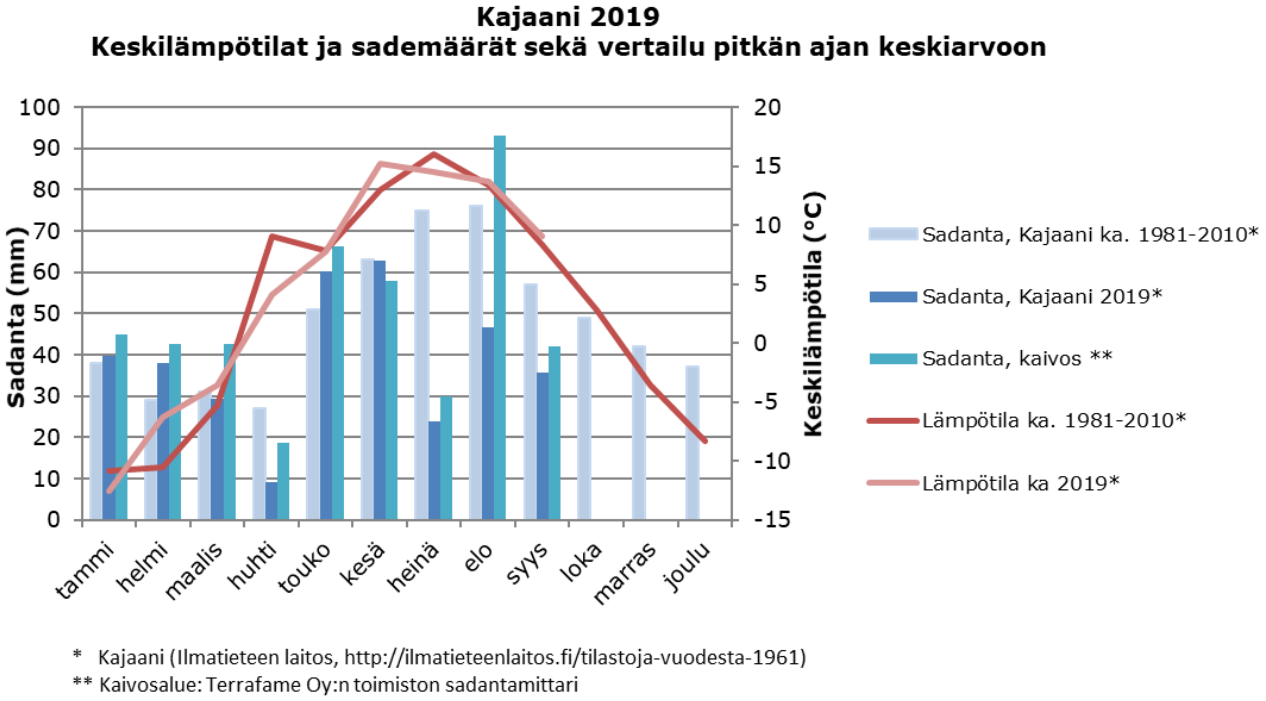
2. HYDROLOGISET OLOT JA VESIEN JOHTAMINEN

Heinä-syyskuussa teollisuusalueelta vesistöön johdettujen käsiteltyjen jätevesien määrä oli 0,84 milj. m^3. Kaikki vedet johdettiin Nuasjärven purkuputkeen (Taulukko 2-1). Johdettujen vesien määrä oli 0,22 milj. m^3 enemmän kuin vuotta aiemmin samaan aikaan (0,62 milj. m^3).

Taulukko 2-1. Terrafamen juoksutusmäärät purkupaikoittain (m^3/kk).

	Pohjoinen					Etelä	
	Purkuputki	**Latosuo**	**Kärsälampi**	**Kuusilampi**	**SEM2**	**Kortelampi 1**	**Kortelampi 2**
Tammikuu	0	0	0	0	0	0	0
Helmikuu	0	0	0	0	0	0	0
Maaliskuu	0	11 200	0	0	0	0	0
Huhtikuu	452 251	160 860	0	0	0	0	0
Toukokuu	596 747	186 000	0	0	0	0	0
Kesäkuu	527 458	102 000	0	0	0	0	0
Heinäkuu	230 885	0	0	0	0	0	0
Elokuu	114 394	0	0	0	0	0	0
Syyskuu	494 300	0	0	0	0	0	0

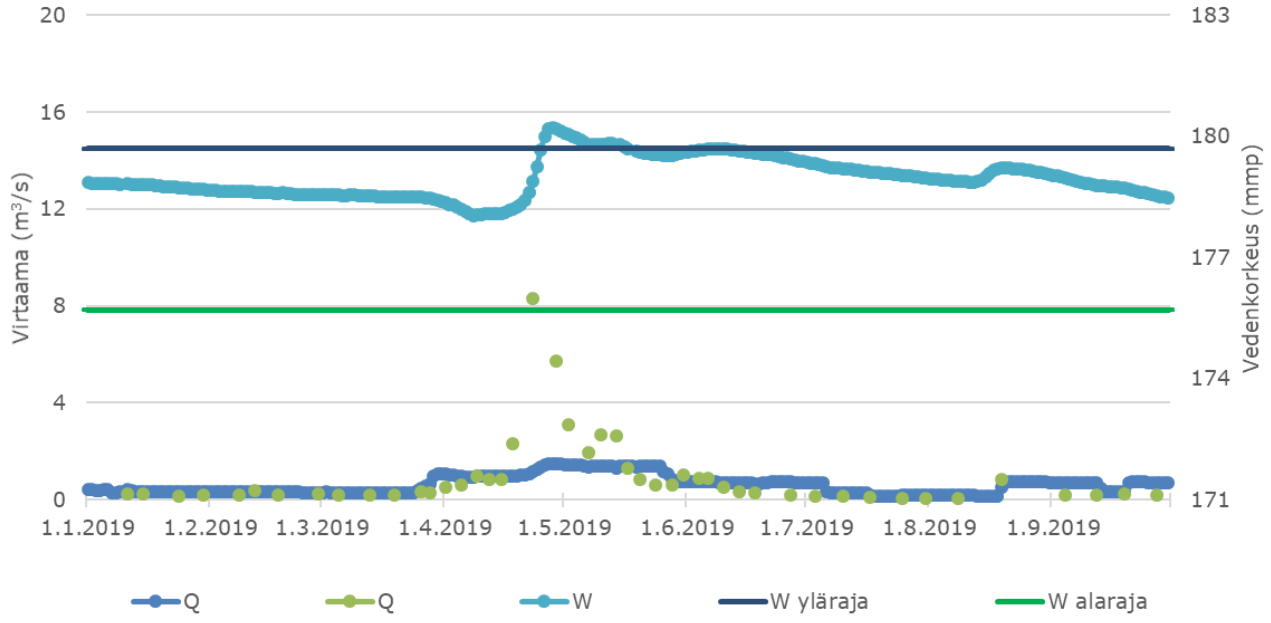
Vuoden 2019 heinä-, elo- ja syyskuu olivat Kajaanissa pitkän ajan keskiarvoon verrattuna vähäsateisia, mutta lämpötilaltaan tavanomaisia (Kuva 2-1). Kaivoksella mitattu sademäärä oli heinä- ja syyskuussa lähellä Ilmatieteen laitoksen mittaamaa Kajaanin sademäärää. Elokuussa kaivoksella mitattu sademäärä oli huomattavasti suurempi kuin Ilmatieteen laitoksen mittaama, sillä kaivoksella mitattiin yhtenä päivänä (15.8.) muista päivistä poikkeavan suuri sadelukema (45 mm).



Kuva 2-1. Kuukausittaiset lämpötilat ja sademäärät vuonna 2019 sekä vertailu pitkän ajan (1981–2010) keskiarvoihin.

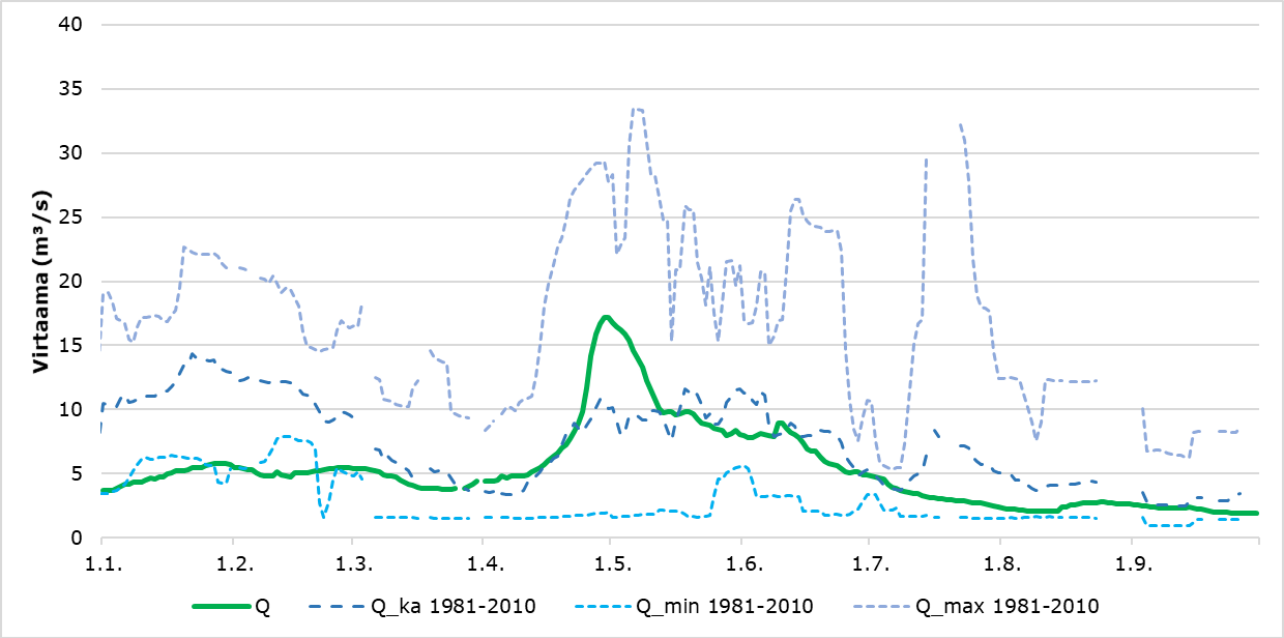
Niskalan padon ja Kalliojoen virtaamia sekä Kolmisopen vedenkorkeutta tarkkaillaan kaivoksen toimesta. Kalliojoen mittauspiste on noin 300–400 m ennen Kolmisopen laskukohtaa. Niskalan padolla puolestaan säädellään Kolmisopen vedenkorkeutta ja Tuhkajoen virtaamaa.

Kalliojoen ja Niskalan padon virtaama pysytteli pienenä koko heinä-syyskuun ajan (Kalliojoki 0,1-0,8 m^3/s, Niskalan pato 0,2-0,7 m^3/s) (Kuva 2-2). Kevään virtaamahuipun jälkeen alkanut Kolmisopen pinnankorkeuden lasku jatkui syyskuun loppuun saakka. Kolmisopen pinnankorkeus vaihteli välillä 178,5-179,4 mmp. Pinnankorkeus pysyi vesitalousluvan mukaisten säännöstelyrajojen sisällä.



Kuva 2-2. **Niskalan padon ja Kalliojoen virtaama, Kolmisopen havaittu pinnankorkeus sekä vesitalousluvan mukainen pinnankorkeuden säännöstelyn ylä- ja alaraja.**

Vuoksen puolen hydrologinen havaintopiste sijaitsee Kiltuanjärven ja Haapajärven välisessä salmessa. Virtaama vaihteli Jyrkän havaintopisteellä heinä-syyskuussa välillä 1,9-4,8 m^3/s (Kuva 2-3, Hertta 16.10.2019). Kevään virtaamahuipun jälkeen alkanut virtaaman pieneneminen jatkui syyskuun loppuun saakka ja se pysyi pitkän ajan virtaamaminimin ja -maksimin sisällä. Terrafamella ei ole omaa virtaamamittausta Kiltuanjärven Jyrkän havaintopisteellä, vaan virtaamatiedot on saatu ympäristöhallinnon ylläpitämästä ympäristötiedon hallintajärjestelmästä (Hertta).



Kuva 2-3. **Kiltuanjärven (04.643) Jyrkän tarkkailupisteen virtaamat tammi-syyskuussa vuonna 2019 (Hertta 9.7.2019)**

3. NÄYTTEENOTTO JA ANALYYSIT

Näytteet otettiin ja analyysit tehtiin voimassa olevien tarkkailuohjelmien mukaisesti. Näytteenotosta vastasivat sertifioidut näytteenottajat ja näytteiden analysoinnista Eurofinsin ympäristölaboratorio Lahdessa. Eurofins Environment Testing Oy on FINAS:n akkreditoima (SFS-EN ISO/IEC 17025:2005) testauslaboratorio T039, jonka kaikki keskeiset analyysit on akkreditoitu. Näytteistä analysoitiin tarkkailuohjelman mukaiset fysikaalis–kemialliset määritykset, joissa käytetyt menetelmät ovat valvovan viranomaisen hyväksymiä ja/tai akkreditoituja.

Vesinäytteiden, 1 metrin välein toteutettujen kenttämittausten ja jatkuvatoimisen vedenlaadun seurannan havaintopaikat sekä toteutunut näytteenotto tammikuusta syyskuuhun on koottu Oulujoen vesistön osalta taulukkoon 3-1 ja Vuoksen vesistön osalta taulukkoon 3-2 seuraavalle sivulle. Havaintopaikkojen sijainnit on esitetty kartalla liitteessä 1.

Taulukko 3-1. Toteutunut näytteenotto tammi-syyskuussa Oulujoen suunnalla.

Paikka	Tunnus	Q1			Q2			Q3		
		tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys
Oulujoen suunta										
Salminen	Sal			1			1		1	
Salmisenpuro	Salpu1			1			1*		1	
Kalliojärvi	Kal1		1	1	1	1	1	1	1	1
Härkäpuro	Härp1			2*			1		1	
Kuusijoki	Kuujo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Korentojoki	Kor			1					1	
Kalliojokisuu	Kal su	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aittopuro	Ait			1					1	
Kolmisoppi	Kol1			1	1		1	1	1	
Kolmisoppi lähtevä	Kol läh			1	1		1	1	1	
Tuhkajoki	Tuh1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Talvijoki	Talvijoki1			1					1	
Jormasjärvi etelä	Jor5			1	1		1		1	
Jormasjärvi syv	Jor3 (J4)			1	1		1	1	1	
Jormasjärvi pohjoinen				1	1		1		1	
Jormasjärvi rantavesi	J1,J2,J3,J4						1			
Jormasjoki	FM8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nuasjärvi, Jormaslahti	FM6			1			1		1	
Nuasjärvi 23	FM12, Nj23	1		1 L			1 L	1	1L	
Nuasjärvi 34	Nj34 (J1)	1		1 L			1 L	1	1L	
Nuasjärvi 35	Nj35	1		1 L			1 L	1	1L	
Nuasjärvi 37, Rimpilänsalmi	Nj37	1		1 L			1 L	1	1L	
Nuasjärvi 24	Nj24			1 L			1 L		1L	
Nuasjärvi 46	Nj46, Nj30, NjL5 (J2)	1		1 L			1 L	1	1L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL1			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL2			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL3			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL4			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL6			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL7			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL8			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL9			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL10			L			L		L	
Nuasjärvi leviämiskartoitus	NjL11			L			L		L	
Nuasjärvi rantavesi	NR1-NR6						1			
Nuasjärvi - Rehja	Rehja itä (J3)	1		1 L			1L	1	1L	
Nuasjärvi - Rehja	Reh135	1		1 L			1L	1	1L	
Kajaaninjoki	VP12100			1*			1L		1L	
Oulujärvi	Ouj16			1 L			1L		1L	
Oulujärvi	Ouj139			1 L			1L		1L	
KL2-sivukivialueen tarkkailu										
Kivipuro				1		1	1	1	1	
Pirttipuro				1		1	1	1	1	
Nuasjärven purkuputken vaikutusten lisätarkkailu										
Nj23-1		1		1			1	1	1	
Nj34-1		1		1			1	1	1	
Nj35-1		1		1			1	1	1	

vesinäytteiden lukumäärä 1
leviämiskartoitus L
poikkeama tarkkailuohjelmasta *
jatkuvatoiminen vedenlaadun seuranta
kenttämittaukset 1 m syvyysvälein

Taulukko 3-2. **Toteutunut näytteenotto tammi-syyskuussa Vuoksen suunnalla sekä kaivospiirin ulkopuolisilla järvillä.**

Paikka	Tunnus	Q1			Q2			Q3		
		tammi	helmi	maalis	huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys
Vuoksen suunta										
Ylä-Lumijärvi	Ylu			1					1	
Lumijärvi	Lujä			1					1	
Lumijoki 1, silta	Lum	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kivijärvi 2	Kiv2			1			1	1	1	
Kivijärvi 7	Kiv7		1	1	1	1	1	1	1	1
Kivijärvi 10	Kiv10			1			1		1	
Kivijoki 4	Kivj4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Laakajärvi 9	Laa9			1	1	1	1		1	
Laakajärvi 13	Laa13			1	1		1		1	
Laakajärvi 081	Laa081			1	1		1	1	1	
Laakajärvi 12	Laa12			1					1	
Kiltuanjärvi	Kil4			1			1	1	1	
Haajaistenjärvi							1			
Haapajärvi	Haa070			1			1		1	
Nurmijoki, Koirakoski	Koirak7			1			1		1	
Nurmijoki Itäkoski 09				1			1		1	
Sälevä 012				1			1		1	
Atrojoki, Koivukoski				1			1		1	
Syväri 21				1					1	
Kaivospiirin ulkopuoliset järvet										
Iso-Savonjärvi	IsoS			1					1	
Hakonen	Hako1			1					1	
Raatelampi	Raa			1					1	
vesinäytteiden lukumäärä	1									
kenttämittaukset 1 m syvyysvälein										

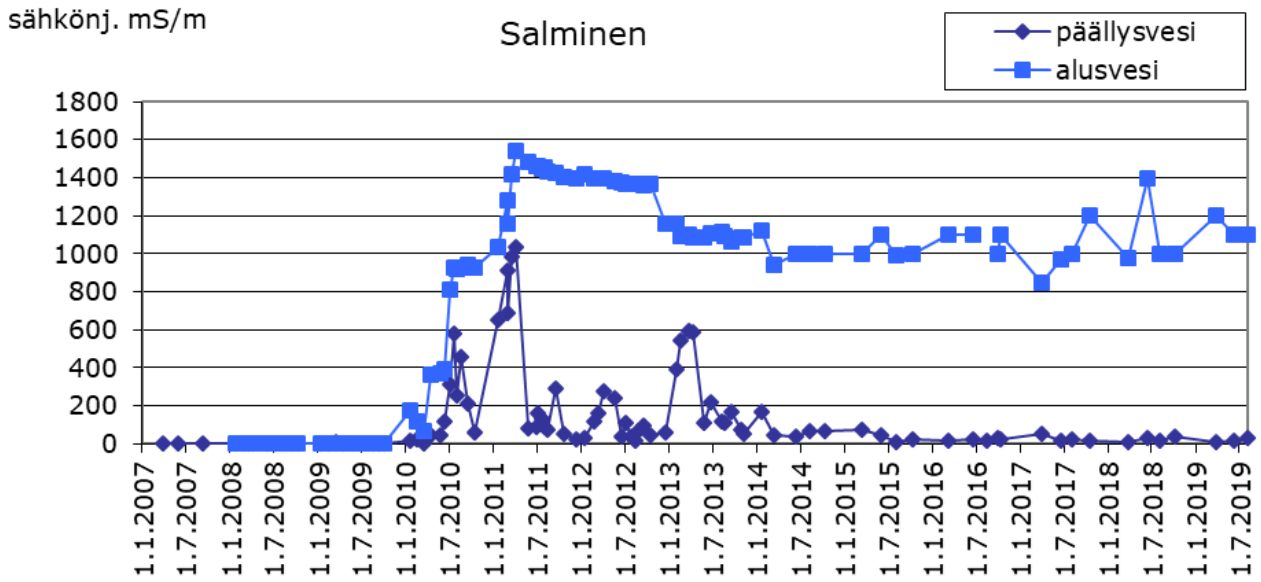
4. OULUJOEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET

Oulujoen suuntaan vettä johdetaan pääasiassa Latosuon vesivarastoaltaalta lähtevän purkuputken kautta Nuasjärveen sekä Latosuon vesivarastoaltaalta Kuusijokeen ja Kalliojoen kautta Kolmisoppeen. Vettä voidaan johtaa Oulujoen suuntaan myös alueen pohjoiselta vedenkäsittely-yksiköltä Kärsälammelta Salmiseen sekä kaivoksen sekundääriliuotusalueen suojapumppausvesiä ja muita hulevesiä käsiteltyinä SEM2-altaan vedenkäsittely-yksiköltä Kuusijoen kautta Kalliojokeen. Lisäksi vesiä voidaan johtaa Kuusilammen vesivarastoaltaalta Härkäpuron kautta Kuusijokeen. Kärsälammelta Salmiseen sekä Kuusilammelta Härkäpuron kautta Kuusijokeen vesiä on purettu viimeksi vuonna 2016. SEM2-altaan kautta vesiä ei ole purettu vuosiin. Luonnollinen vesireitti laskee Kolmisopesta Tuhkajoen kautta Jormasjärveen ja Jormasjärvestä Jormasjoen kautta Nuasjärveen (Liite 1). Vuoden 2019 heinä-syyskuun tarkkailujaksolla vesiä johdettiin teollisuusalueelta ainoastaan Oulujoen suuntaan purkuputken kautta.

4.1 Salminen, Salmisenpuro ja Kalliojärvi

Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla Salmisesta ja Salmisenpurosta (Liite 1.1) otettiin vesinäytteitä elokuussa. Kalliojärven vedenlaatua seurattiin vesinäyttein ja kenttämittauksin tarkkailujakson kaikkina kuukausina. Salmisen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2007 alkaen, Salmisenpuron vedenlaatua vuodesta 2012 alkaen ja Kalliojärven vedenlaatua vuodesta 2005 alkaen. Purkureitille on juoksutettu vesiä edellisen kerran Kärsälammelta toukokuussa vuonna 2016.

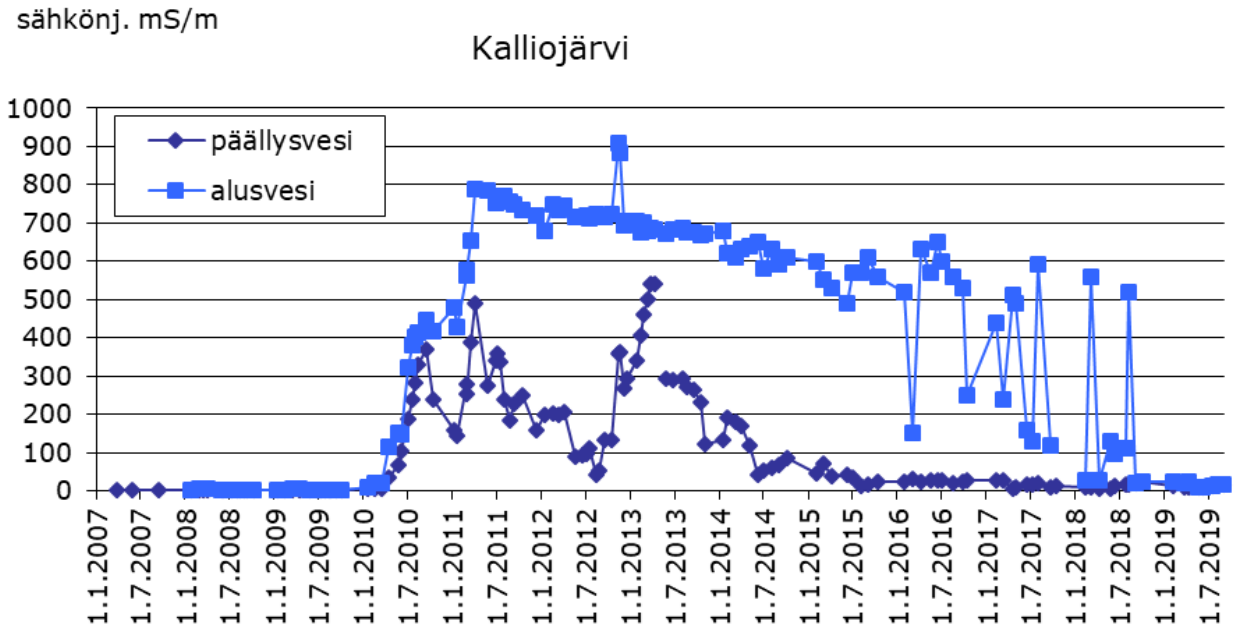
Elokuun näytteenottokierroksella **Salmisen** vedenlaatu ei poikennut aiemmin tarkkailussa havaitusta. Vesinäytteiden analyysitulosten perusteella Salmisen vesi on ollut selvästi kerrostunutta vuodesta 2010 alkaen (Kuva 4-1). Sekä päällys- että alusveden sähkönjohtavuus on pienentynyt vuosien 2011-2012 tasosta, mutta siinä on viime vuosina ollut ajoittain havaittavissa suurta näytteenottokertojen välistä vaihtelua. Kaikista näytesyvyyksistä otettu vesi oli hapanta (pH 4,1-4,6). Alus- ja väliveden näytteet olivat hapettomia tai miltei hapettomia (<2 % O_2) ja niiden sähkönjohtavuus (1100 mS/m) sekä sulfaattipitoisuus (8300-8800 mg/l) olivat suuria. Myös metallipitoisuudet ovat edelleen suuria.



Kuva 4-1. Sähkönjohtavuus Salmisen päällys- ja alusvedessä tarkkailuvuosina 2007-2019

Salmisenpuron vedenlaatu ei poikennut elokuun näytteenottokierroksella aiemmin tarkkailussa havaitusta. Vesi oli hapanta (pH 6) ja puskurikyky aiempaan tapaan huono (<0,04 mmol/l). Sulfaattipitoisuus (100 mg/l) ja metallipitoisuudet pääosin olivat pienempiä kuin Salmisen päällysvedessä. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan (<0,03 µg/l). Liukoisen nikkelin[1] pitoisuus oli 10 µg/l.

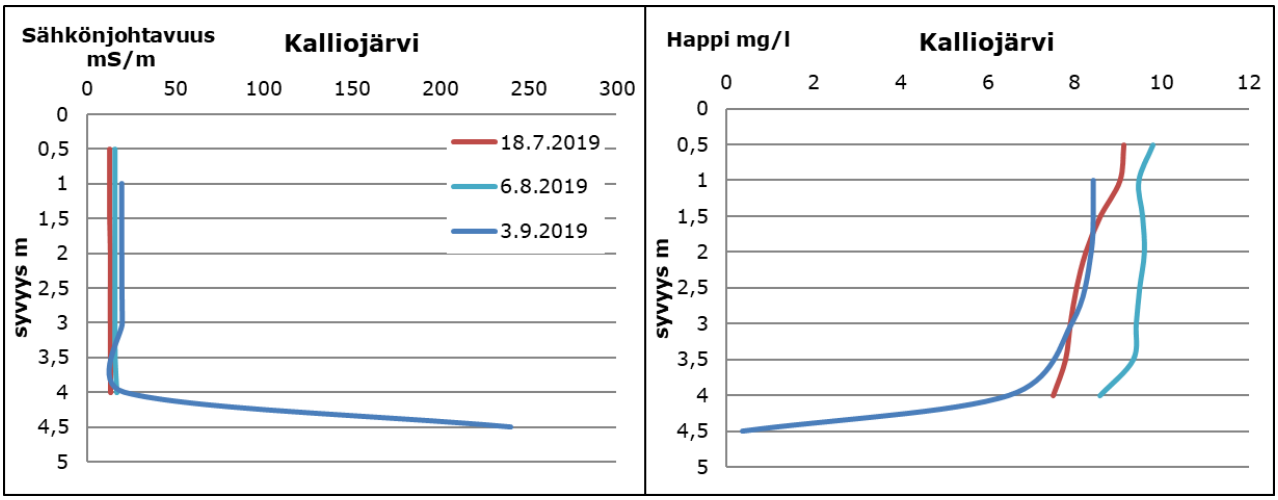
Kalliojärvi on ollut Salmisen tapaan voimakkaasti kerrostunut (Kuva 4-2), mutta viime vuosien aikana sekä päällys- että alusveden vedenlaadussa on ollut havaittavissa suuntaus parempaan. Vuoden 2019 vesinäytteistä mitattujen sähkönjohtavuuksien perusteella vedessä ei ole ollut havaittavissa aiemman kaltaista kerrostuneisuutta. Alusveden happitilanne vaihteli tyydyttävästä hyvään (72-84 % O_2). Vesinäytteiden analyysitulosten perusteella Kalliojärven päällys- ja alusveden sulfaattipitoisuudet (50-67 mg/l) sekä metallien pitoisuudet (esim. liuk. Ni 4,5-8,6 µg/l) olivat huomattavasti pienempiä kuin Salmisessa elokuussa. Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat alle määritysrajan sekä päällysveden että alusveden näytteissä (<0,03 µg/l).



Kuva 4-2. Sähkönjohtavuus Kalliojärven päällys- ja alusvedessä tarkkailuvuosina 2007-2019

[1] Osan pitoisuudesta voidaan katsoa olevan ns. biosaatavassa muodossa. Liukoisen nikkelin biosaatava pitoisuus on laskennallinen suure, joka voidaan laskea, kun tunnetaan veden DOC- ja Ca-pitoisuus sekä nikkelin liukoinen pitoisuus. Biosaatavan nikkelin pitoisuutta voidaan verrata nikkelin ympäristölaatunormiin, jonka mukaan vuosikeskiarvon tulisi olla alle 4 µg/l (AA-EQS) ja yksittäisten havaittujen pitoisuuksien alle 34 µg/l (MAC-EQS).

Kenttämittausten perusteella Kalliojärven vesi oli heinä- ja elokuussa sekoittunutta pinnasta pohjaan saakka (Kuva 4-3). Syyskuussa sähkönjohtavuuden ja hapen harppauskerros sijaitsi pohjan tuntumassa. Suurimmat mitatut sähkönjohtavuusarvot olivat huomattavasti viime vuosina mitattuja pienempiä. Kalliojärven harppauskerros on ollut viime vuosina hyvin jyrkkä ja alusveden osuus koko vesitilavuudesta on vaihdellut kierto-olosuhteiden sekä veden pinnankorkeuden vaihtelun mukaan. Alusveden vesinäyte on toisinaan otettu harppauskerroksen yläpuolelta, jolloin veden kerrostuneisuus on ollut havaittavissa ainoastaan kenttämittaustuloksista.



Kuva 4-3. Kalliojärven kenttämittausten (YSI-mittari) tulokset heinä-, elo- ja syyskuussa vuonna 2019

4.2 Härkäpuro ja Kuusijoki

Kuusilammella varastoituja vesiä voidaan johtaa Härkäpuron kautta Kuusijokeen tai vaihtoehtoisesti Härkäpuron kautta Latosuon patoaltaaseen varastoitavaksi. Latosuon varastoaltaasta vesiä voidaan johtaa edelleen Kuusijokeen ja sieltä Kalliojoen kautta Kolmisoppeen tai purkuputken kautta Nuasjärveen. Tarkkailujaksolla vesiä johdettiin Latosuolta ainoastaan purkuputkeen, mutta ei Kuusijokeen. Härkäpuron kautta suoraan Kuusijokeen, Latosuon ohi, vesiä on johdettu viimeksi vuonna 2016. Kummankin virtapisteen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2012 alkaen. Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla Härkäpurosta otettiin vesinäytteitä elokuussa ja Kuusijoesta kaikkina kuukausina.

Härkäpuron vedenlaadussa ei ollut elokuun näytteenottokerralla havaittavissa poikkeamia aiempaan verrattuna. Vesi oli aiempaan tapaan emäksistä (pH 9,3). Sähkönjohtavuus oli 150 mS/m ja sulfaattipitoisuus 840 mg/l. Metallipitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä kuin kesäkuussa, jolloin Härkälammen neutralisoinnista puroon kulkeutunutta sakkaa epäiltiin sekoittuneen pohjasedimentistä vesinäytteeseen.

Kuusijoen vedenlaadussa ei ollut heinä-syyskuun näytteenottokerroilla havaittavissa poikkeamia aiempiin tarkkailutuloksiin verrattuna. Kemiallinen hapenkulutus (CODMn 2,8-2,9 mg/l) ja typen kokonaispitoisuus (190-280 µg/l) olivat pienempiä kuin aiemmin. Toisin kuin Härkäpuron vesi, Kuusijoen vesi oli hapanta (pH 6,4) lukuun ottamatta syyskuun näytteenottokertaa (pH 7,1). Sähkönjohtavuus (120 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (550-610 mg/l) olivat pienempiä kuin Härkäpuron vedestä mitatut.

4.3 Korentojoki

Korentojoki laskee Kalliojokeen Kalliojärven ja Kolmisopin välissä ja kerää vetensä kaivosalueen länsipuolelta. Korentojoki ei ole kaivosvesien purkureitillä. Joen vedenlaatua on tarkkailtu vuodesta 2014 alkaen ja heinä-syyskuun tarkkailujaksolla Korentojoesta otettiin vesinäytteitä elokuussa.

Elokuussa Korentojoen veden pH oli ensimmäistä kertaa hieman emäksisen puolella (pH 7,1). Aiempina tarkkailukertoina vesi on ollut hapanta tai lievästi hapanta (pH 5,0-6,7). Havaitut pitoisuudet olivat usean muuttujan osalta pienempiä kuin aiemmin tarkkailussa (CODMn, TOC, kok. typpi, alumiini, liuk. alumiini, liuk. barium, mangaani, rauta, liuk. rauta). Sähkönjohtavuus oli 3,1 mS/m ja sulfaattipitoisuus 1,9 mg/l.

4.4 Aittopuro

Aittopuro laskee Kolmisoppiin pohjoisesta eikä ole kaivoksen vaikutusalueella. Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla purosta otettiin vesinäytteitä elokuussa. Aittopuron vedenlaatua on tarkkailtu osana kaivoksen pintavesitarkkailua vuodesta 2008 alkaen ja nykyisin sen vedenlaatua tarkkaillaan kolmen vuoden välein.

Elokuussa Aittopuron vedenlaatu oli aiempien tarkkailuvuosien tasolla. Sähkönjohtavuus oli pieni (3,4 mS/m) ja sulfaattipitoisuus pieni (4,9 mg/l). Liukoisen kadmiumin ja liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat pieniä (Cd liuk. <0,03 µg/l ja Ni liuk. 1,2 µg/l).

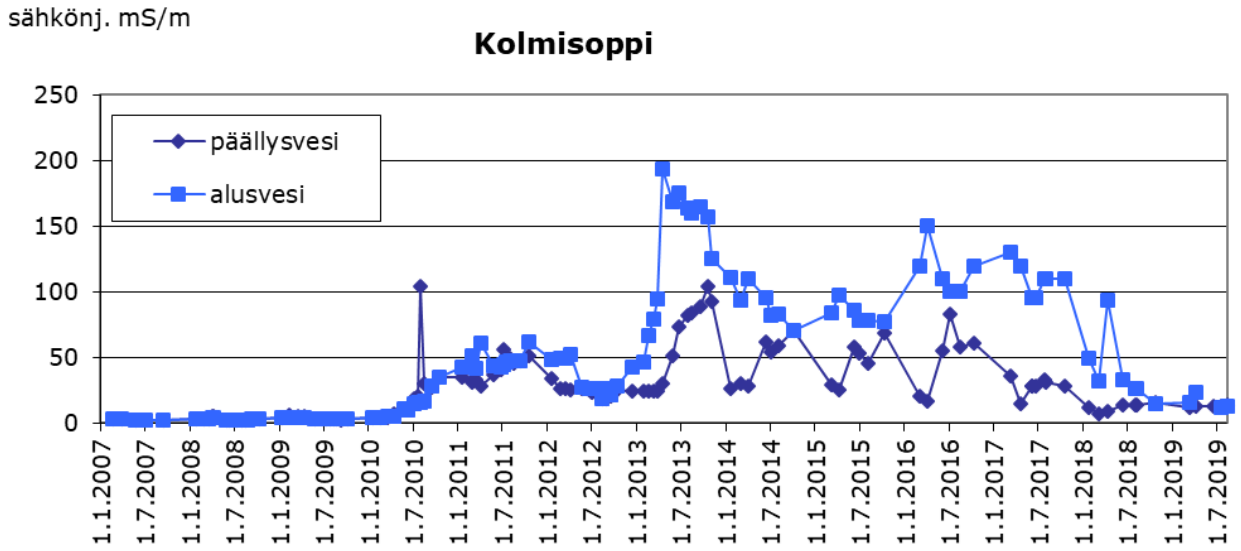
4.5 Kalliojoki, Kolmisoppi ja Tuhkajoki

Nuasjärven purkuputkeen juoksutettavia vesiä lukuun ottamatta kaikki pohjoiseen Oulujoen suuntaan teollisuusalueelta juoksutettavat vedet kulkevat Kalliojoen ja Kolmisopen kautta Tuhkajokeen. Heinä-syyskuun aikana vesiä juoksutettiin ainoastaan purkuputken kautta. Kalliojoen tarkkailupiste sijaitsee jokisuussa laskussa Kolmisoppeen. Kolmisopessa on kaksi tarkkailupistettä, joista toinen sijaitsee keskellä järveä ja toinen on Kolmisopesta Tuhkajokeen johdettavien vesien laatua kuvaava tarkkailupiste. Tuhkajoen vedenlaatua seurataan noin joen puolivälissä sijaitsevalta näytepisteeltä. Kalliojoen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2007 alkaen, Kolmisopen vedenlaatua vuodesta 2005 alkaen ja Tuhkajoen vedenlaatua vuodesta 2012 alkaen.

Kalliojokisuun näytteenottopisteeltä otetaan vesinäytteitä kuukausittain. Heinä-syyskuussa vesi oli aiempaan tapaan hapanta (pH 6,2–6,5) eikä vedenlaatu poikennut muidenkaan tutkittujen muuttujien osalta aiemmin tarkkailussa havaitusta. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 19-38 mS/m ja sulfaattipitoisuus välillä 67-160 mg/l.

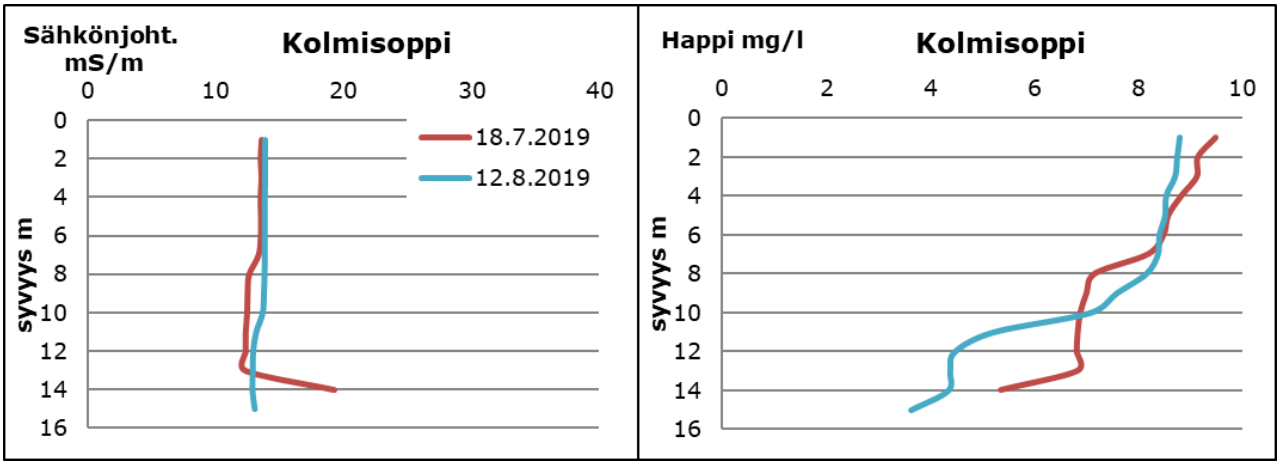
Kolmisopesta sekä järvestä lähtevästä vedestä otettiin heinä-syyskuun tarkkailujaksolla vesinäytteitä heinä- ja elokuussa. Kolmisopessa tehtiin näytteenottojen yhteydessä kenttämittaukset metrin syvyysvälein. Kolmisopen vesinäytteissä pH vaihteli välillä 5,9-6,2. Päällysveden happitilanne oli sekä heinä- että elokuussa hyvä (86-92 % O_2). Alusveden happitilanne oli heinäkuussa välttävä (58 % O_2) ja elokuussa huono (38 % O_2).

Päällys- ja alusveden vesinäytteistä mitattu sähkönjohtavuus on pienentynyt vuodesta 2013 vuoteen 2019 (Kuva 4-4). Viimeisimpinä näytteenottokertoina alusveden sähkönjohtavuus on ollut samalla tasolla tai lähes samalla tasolla kuin päällysvedestä mitattu. Samansuuntainen kehitys on havaittavissa myös sulfaattipitoisuudessa. Päällysveden sulfaattipitoisuus vaihteli heinä-syyskuun tarkkailujaksolla välillä 52-55 mg/l ja alusveden välillä 45-47 mg/l. Joidenkin muuttujien osalta vesinäytteistä mitatut pitoisuudet ovat nykyisin pienempiä kuin ennen kaivostoimintaa mitatut pitoisuudet. Näin on ainakin päällysveden mangaanipitoisuuden (Q3 37-76 µg/l) sekä päällys- ja alusveden rautapitoisuuden (Q3 päällysvesi 310-350 µg/l, alusvesi 380-480 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuuden (Q3 päällysvesi 6,1-6,5 µg/l, alusvesi 6,6-7,4 µg/l) osalta. Kolmisopesta lähtevän veden laatu vastasi Kolmisopen päällysveden vedenlaatua.



Kuva 4-4. Sähkönjohtavuuden kehitys Kolmisopessa v. 2007–2019

Kolmisopessa voitiin kenttämittausten perusteella havaita heinäkuussa sähkönjohtavuuden harppauskerros pohjan tuntumassa (Kuva 4-5). Elokuussa vesi oli sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta pinnasta pohjaan. Happipitoisuus laski pinnasta pohjaan, mutta hapettomuutta ei havaittu.



Kuva 4-5. Kolmisopen kenttämittauksien (YSI-mittari) mukainen sähkönjohtavuus ja happipitoisuus eri syvyyksissä heinä- ja elokuussa 2019

Tuhkajoesta otetaan vesinäytteitä kuukausittain. Heinä-syyskuussa veden pH vaihteli lievästi happamasta happamaan (6,0–6,8) ja happitilanne oli hyvä (81-100 % O^2). Sähkönjohtavuus (13-14 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (49-50 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2014 alkaen. Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat pieniä (<0,03-0,04 µg/l). Liukoisen nikkelin pitoisuus vaihteli välillä 4,8-5,4 µg/l. Tuhkajoen vedestä mitatut pitoisuudet olivat melko samalla tasolla kuin Kolmisopesta lähtevästä vedestä mitatut.

4.6 Talvijoki

Talvijoki laskee Jormasjärven Talvilahteen etelästä, eikä se sijaitse kaivosvesien purkureitillä. Talvijoen vedenlaatua on tarkkailtu vuodesta 2012 alkaen ja heinä-syyskuun tarkkailujaksolla siitä otettiin vesinäytteitä elokuussa.

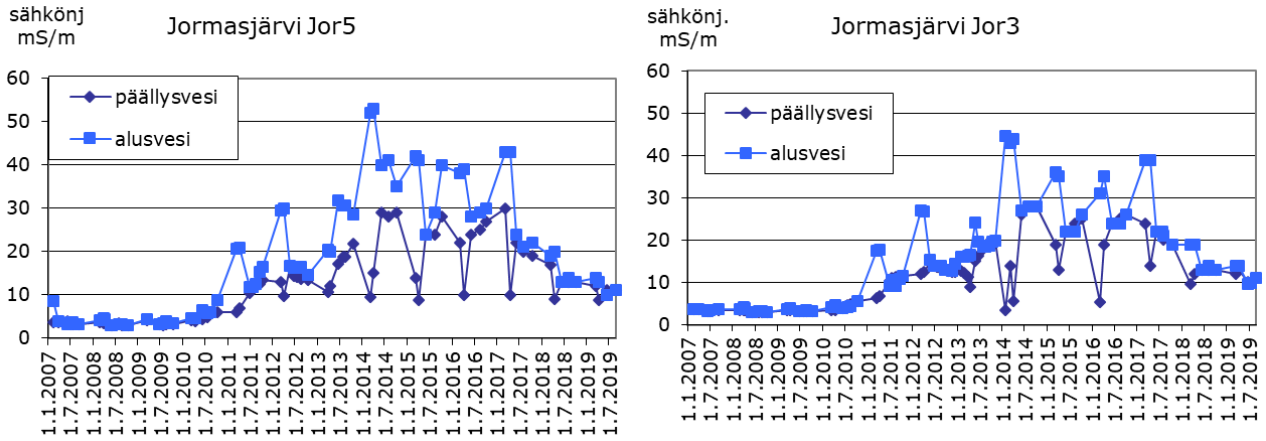
Elokuussa Talvijoen happitilanne oli aiempaa huonompi (64 % O^2), mutta muilta osin vedenlaatu ei ollut heikentynyt. Sähkönjohtavuus oli 5,1 ja sulfaattipitoisuus 5,1 mg/l. Liukoisen bariumin, liukoisen koboltin, mangaanin, ja rikin pitoisuudet olivat pienempiä kuin aiemmilla tarkkailukerroilla.

4.7 Jormasjärvi

Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla Jormasjärvestä otettiin vesinäytteitä elokuussa kolmesta tarkkailupisteestä: Talvilahdelta Tuhkajoen suualueen läheltä (Jor5), syvänteestä (Jor3) sekä pohjoisesta läheltä Jormasjärven luusuaa (Jormasjoen alkukohta). Syvännepisteeltä otettiin näytteitä lisäksi heinäkuussa. Syvännepisteellä toimii myös automaattinen vedenlaadun mittausasema. Jormasjärven pohjoisen pisteen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2014 alkaen ja kahden muun pisteen vedenlaatua vuodesta 2004 alkaen.

Jormasjärven vedenlaadussa ei havaittu heinä-syyskuun näytteenottokerroilla poikkeamia aiempiin tarkkailuvuosiin verrattuna. Jormasjärven päällys- ja väliveden happitilanne oli tarkkailujaksolla hyvä kaikilla näytteenottopisteillä (84-95 % O_2). Eteläisellä Talvilahden näytteenottopisteellä myös alusveden happitilanne oli hyvä (84 % O_2) ja pohjoisellakin pisteellä tyydyttävä (79 % O_2). Järven syvänteellä alusveden happitilanne oli heinäkuussa välttävä (59 % O_2) ja elokuussa huono (21 % O_2). Heinäkuussa vesi oli syvännepisteellä lievästi hapanta (pH 6) ja elokuussa kaikilla pisteillä neutraalia (pH 7). Veden pH on viime vuosina hieman noussut, lukuun ottamatta syvännepisteen alusvettä, jossa pH:ssa ei ole havaittavissa selvää nousevaa tai laskevaa suuntausta.

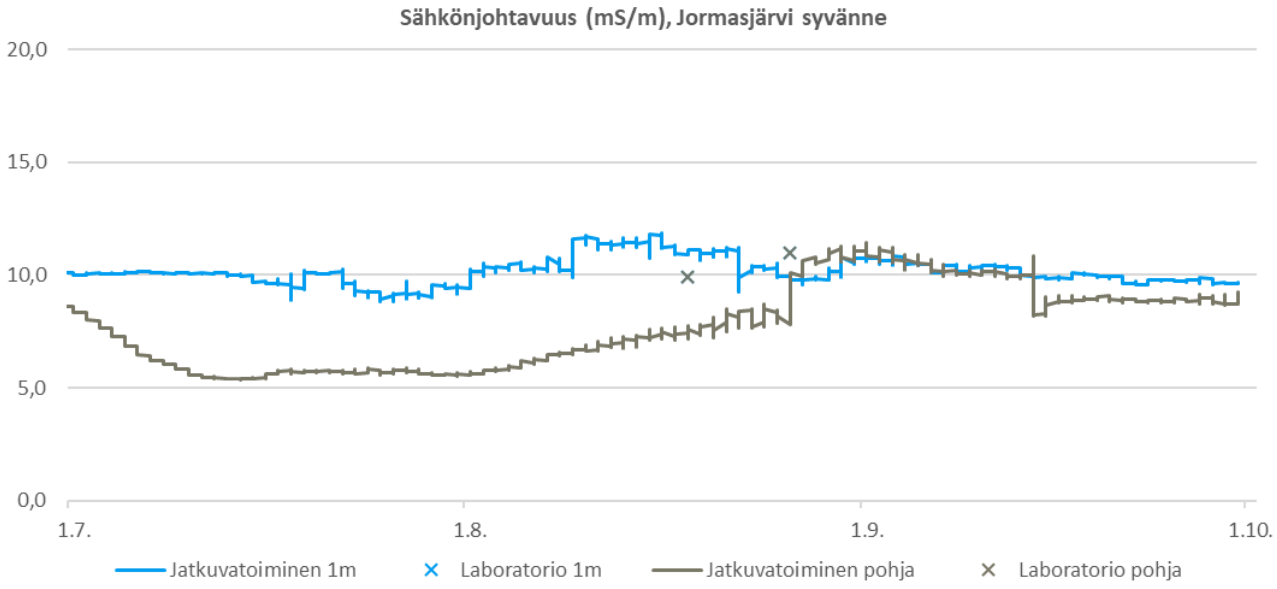
Sähkönjohtavuudessa (10-11 mS/m) ja sulfaattipitoisuudessa (35-37 mg/l) oli vain vähän vaihtelua eri näytteenottopisteiden ja näytteenottosyvyyksien välillä. Päällysveden sähkönjohtavuudessa (Kuva 4-6) ja sulfaattipitoisuudessa on ollut havaittavissa laskeva suuntaus vuodesta 2015 alkaen ja alusvedessä vuodesta 2017 alkaen. Jormasjärven vesinäytteistä mitatut metallipitoisuudet ovat pääosin viime vuosina pienentyneet.



Kuva 4-6. Sähkönjohtavuuden kehitys Jormasjärvessä päällys- ja alusvedessä (Jor3, Jor5) vuosina 2007–2019

Osana Nuasjärven purkuputken tarkkailua Jormasjärven syvännepisteellä on ollut syksystä 2015 lähtien käytössä automaattinen mittausasema, joka seuraa lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja pH:ta 1 metrin syvyydessä sekä pohjanläheisessä vesikerroksessa. Mittausaseman avulla voidaan seurata, miten vesien johtaminen purkuputken kautta Nuasjärveen Jormasjärven ohi, vaikuttaa Jormasjärven tilaan.

Alusveden johtokykyanturi oli mahdollisesti edelleen heinä-syyskuussa epäkunnossa lukuun ottamatta 27.8.-13.8. välistä aikaa, jolloin vesi oli sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta pinnasta pohjaan (Kuva 4-7). Alusvesinäytteistä mitatut sähkönjohtavuudet vastasivat päällysvesinäytteistä mitattuja sähkönjohtavuuksia ja ne olivat melko hyvin linjassa päällysveden jatkuvatoimisen mittarin ilmoittamien sähkönjohtavuuksien kanssa. Päällysvedessä jatkuvatoimisen mittarin mittaama sähkönjohtavuus vaihteli heinä-syyskuussa välillä 8,8-11,9 mS/m.



Kuva 4-7. **Jormasjärven syvännepisteen sähkönjohtavuus heinä-syyskuussa vuonna 2019. Alusveden mittarissa oli mahdollisesti häiriöitä heinäkuun alusta 26.8. saakka sekä 13.9. alkaen syyskuun loppuun saakka.**

Jatkuvatoiminen mittaaminen järvivedestä on haastavaa. Toisin kuin putkesta tai esim. purosta mitattaessa, vesi ei huuhtele järvessä olevaa mitta-anturia, jolloin anturin pinnalle kertyy helposti leväkasvustoa. Jatkuvatoimisia mitta-antureita kalibroidaan ja huolletaan säännöllisesti, jotta mittaukset olisivat mahdollisimman luotettavia. Tästäkin huolimatta tuloksissa voi esiintyä ajoittain virhettä, joka pyritään tunnistamaan mm. vertaamalla automaattimittauksien tuloksia vesinäytteiden analyysituloksiin. Virallinen velvoitetarkkailu perustuu standardimenetelmin otettuihin vesinäytteisiin ja akkreditoidussa laboratoriossa tehtyihin analyyseihin. Jatkuvatoimisia mittauksia toteuttaa ulkopuolinen asiantuntijayritys.

4.8 Jormasjoki

Jormasjoen vedenlaatua tarkkaillaan kuukausittain maantiesillan kohdalta ennen laskua Nuasjärven Jormaslahteen. Joen vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2014 alkaen. Tarkkailupiste kuuluu myös Mondo Mineralsin Lahnaslammen kaivoksen tarkkailuun.

Vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Sähkönjohtavuus oli 10–11 mS/m, sulfaattipitoisuus 32–38 mg/l, liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan tai määritysrajan tuntumassa (<0,03-0,035 µg/l). Liukoisen nikkelin pitoisuudet (3,2-3,4 µg/l) olivat pienempiä

kuin aiemmin pisteeltä mitatut pitoisuudet (4,2-12 µg/l). Jormasjoen vedenlaatu on parantunut tarkkailuvuosien aikana.

4.9 Rehja-Nuasjärvi

Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla Rehja-Nuasjärven vedenlaatua tarkkailtiin vesinäyttein heinäkuussa kaikkiaan seitsemältä tarkkailupisteeltä (Nj23, Nj34, Nj35, Nj37, Nj46, Rehja itä ja Reh135) (Liite 1.4). Elokuussa vedenlaatua tarkkailtiin kaikilta edellä mainituilta näytteenottopisteiltä sekä lisäksi näytteenottopisteeltä Nj24 ja Nuasjärven Jormaslahdelta. Jormasjoki laskee Jormasjärveltä Jormaslahteen. Näytteenottopisteen Nj23 vedenlaatua on tarkkailtu osana kaivoksen toiminnan tarkkailua vuodesta 2008 alkaen. Muiden näytteenottopisteiden vedenlaadun tarkkailu on aloitettu vuosien 2014-2016 aikana. Jormaslahden tarkkailupistettä lukuun ottamatta kaikilla tarkkailupisteillä tehdään kenttämittaukset näytteenottojen yhteydessä. Tarkkailupisteiden syvyydet vaihtelevat matalista lahdista järven syvännealueisiin (2–41 m). Nuasjärvi on myös Lahnaslammen kaivoksen vaikutusalueella ja mukana Lahnaslammen kaivoksen tarkkailussa. Rehja-Nuasjärven alueella on kolme automaattista vedenlaadun mittausasemaa.

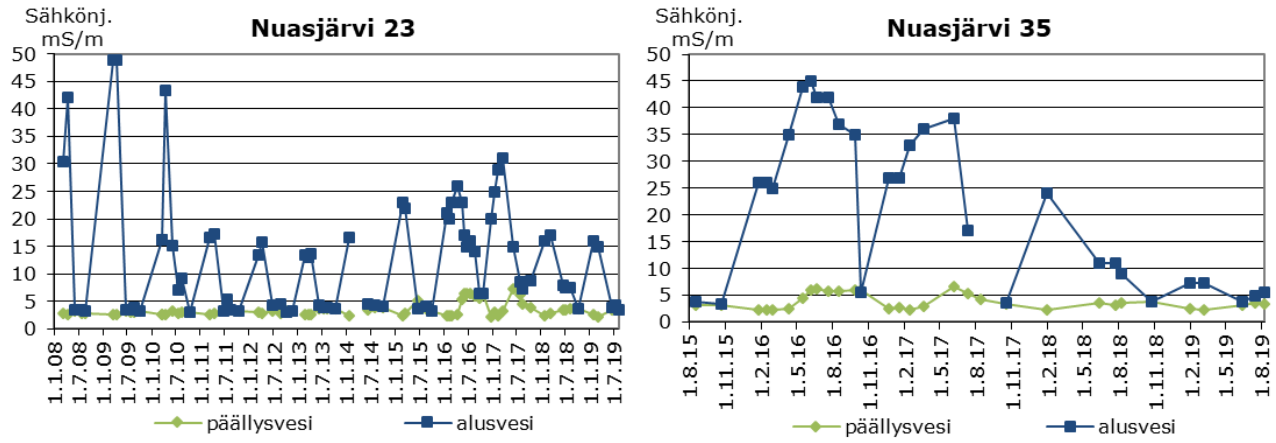
Vuoden 2019 alusta alkaen purkuputken tarkkailua laajennettiin kolmella lisätarkkailupisteellä. Piste Nj23-1 sijaitsee veden virtausreitillä purkuputkesta kohti näytepistettä Nj23. Pisteet Nj34-1 ja Nj35-1 sijaitsevat purkuputken pään itäpuolisen matalikon reunamille kohti pisteitä Nj34 ja Nj35 meneviä virtauksia. Myös uudet pisteet on esitetty kartalla liitteessä 1.4. Uusilta pisteiltä otetaan vesinäytteitä ja kenttämittauksia tammi-, maalis-, kesä-, heinä-, elo- ja lokakuussa.

4.9.1 Vesinäytteiden tulokset

Lisätarkkailuohjelman myötä Nuasjärven tarkkailuun lisättiin vuodesta 2019 alkaen tehtäväksi strontiummääritykset kaikilta Rehja-Nuasjärven tarkkailupisteiltä. Lisäksi näytepisteeltä Nj23 tulee maalis- ja elokuussa määrittää litiumin, bromin, rubidiumin, tantaalin, niobiumin, yttriumin, neodyymin ja praseodyymin pitoisuudet.

Heinä-elokuussa järven veden pH vaihteli näytepisteestä ja näytteenottosyvyydestä riippumatta happamasta emäksiseen (pH 6,1-7,8). Happitilanne oli päällysvedessä hyvä (87-100 % O_2). Alusvedenkin happitilanne oli pääosin hyvä (83-96 % O_2). Nuasjärven puolen näytteenottopisteellä Nuasjärvi 23 alusveden happitilanne oli heinäkuussa välttävä (53 % O_2), mutta elokuussa hyvä (86 % O_2). Nuasjärven näytteenottopisteillä Nuasjärvi 35 ja 46 alusveden happitilanne vaihteli välttävästä huonoon (22-46 % O_2). Rehjan puolen näytteenottopisteillä alusveden happitilanne vaihteli tyydyttävästä huonoon (35-75 % O_2). Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat pieniä (<0,030–0,03 µg/l). Liukoisen nikkelin pitoisuudet vaihtelivat välillä 0,8-2,6 µg/l). Strontiumin pitoisuudet vaihtelivat välillä 12-16 µg/l.

Sähkönjohtavuus vaihteli päällysvesinäytteissä välillä 3,1–3,8 mS/m ja alusvesinäytteissä välillä 3,2-5,6 mS/m. Vuotta aiemmin vesinäytteistä mitattu sähkönjohtavuus vaihteli päällysvedessä välillä 3,2-3,9 ja alusvedessä välillä 3,6-11 mS/m. Nuasjärven pisteillä 23 ja 35 sähkönjohtavuus on vaihdellut pääosin kerrostuneisuusolojen muutosten mukaisesti siten, että alusvedessä sähkönjohtavuus on ollut suurimmillaan kerrostuneisuuskaudella ja päällysvedessä veden ollessa sekoittunutta (Kuva 4-8). Näytteenottopisteen Nuasjärvi 23 alusvedestä kerrostuneisuuskaudella mitattu sähkönjohtavuus on ollut vuosina 2011-2019 pienempi kuin vuosina 2008-2010, jotka ajoittuvat aikaan ennen kaivostoimintaa sekä kaivoksen ensimmäisille toimintavuosille.

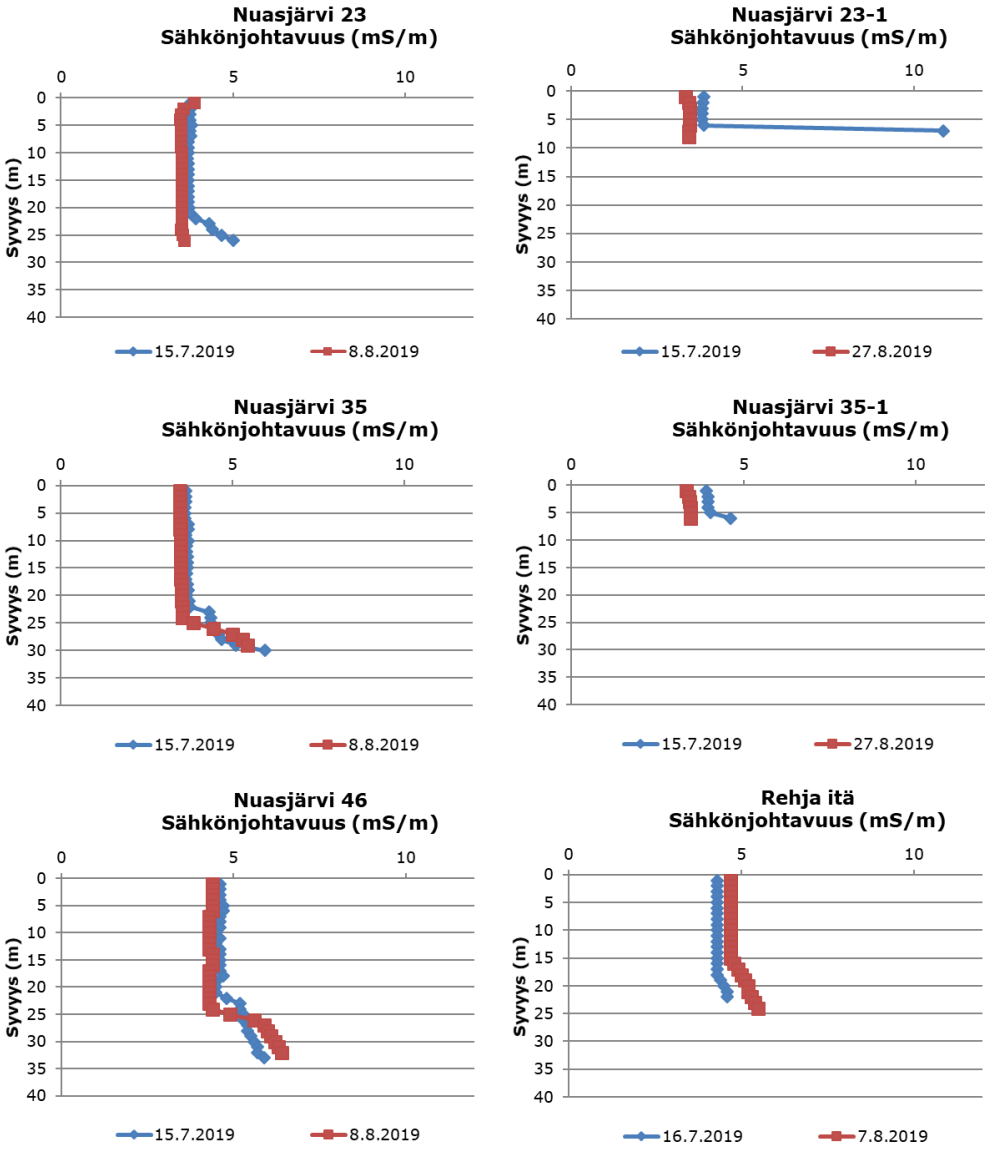


Kuva 4-8. Sähkönjohtavuuden kehitys Nuasjärvessä pisteellä Nj23 vuosina 2008–2019 ja pisteellä Nj35 vuosina 2015–2019.

Sulfaattipitoisuudessa voidaan havaita sähkönjohtavuuden tapaan vaihtelua kerrostuneisuusolojen muutosten myötä. Heinä-elokuussa sulfaattipitoisuus vaihteli päällysveden vesinäytteissä välillä 5,4-8,9 mg/l ja alusveden näytteissä välillä 5,4-15 mg/l. Suurimmat sulfaattipitoisuudet (11 ja 15 mg/l) mitattiin purkuputken läheisten uusien näytteenottopisteiden Nj23-1 ja Nj35-1 heinäkuun alusvesinäytteistä. Vuotta aiemmin vesinäytteistä mitatut sulfaattipitoisuudet vaihtelivat välillä 5,4-35 mg/l. Tuolloin tarkkailussa ei ollut mukana purkuputken läheisimpiä uusia näytteenottopisteitä.

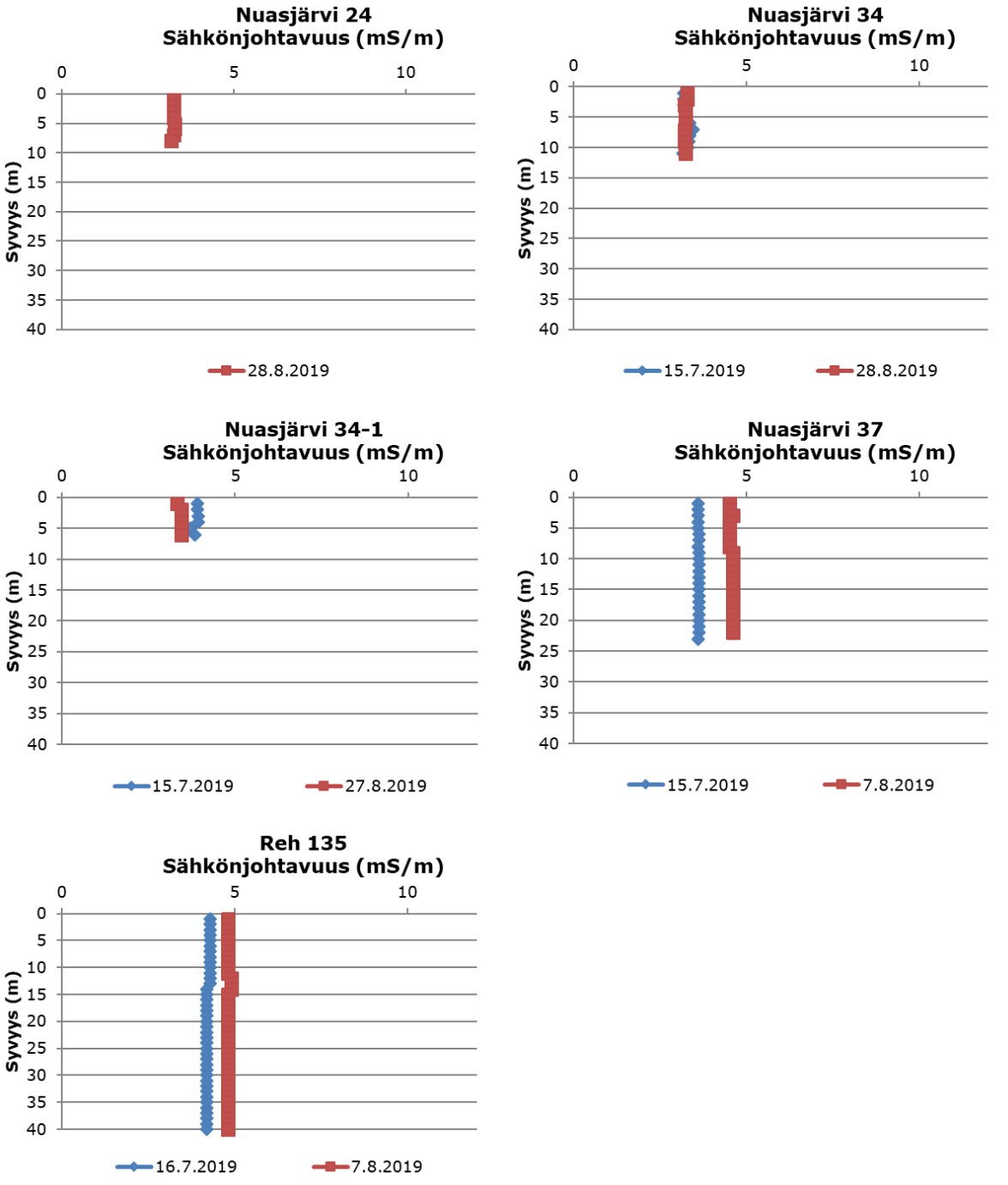
4.9.2 Kenttämittaukset

Nuasjärven purkuputken luoteispuolen havaintopaikoilla Nj23-1, Nj35-1, Nj23, Nj35, Nj46 ja Rehja itä oli kenttämittausaineiston perusteella havaittavissa pääosin heikkoa kerrostuneisuutta sähkönjohtavuuden suhteen heinä-elokuussa. Ainakin syvemmillä havaintopaikoilla Nj23, Nj35, Nj46 ja Rehja itä kerrostuneisuus selittyi vedessä vallinneella luontaisella lämpötilakerrostuneisuudella. Matalilla havaintopaikoilla Nj23-1 ja Nj35-1 sekä havaintopaikoilla Nj23 kerrostuneisuus oli elokuun mittauskerralla purkautunut. Suurin sähkönjohtavuuden arvo (10,9 mS/m) mitattiin purkuputken läheiseltä lisätarkkailun havaintopisteeltä Nj23-1 (Kuva 4-9).



Kuva 4-9. **Sähkönjohtavuus Rehja-Nuasjärven havaintopaikoilla Nj23, Nj23-1, Nj35, Nj35-1, Nj46, Rehja itä heinä-elokuussa vuonna 2019. Kuvaajien syvyysakseli on skaalattu samoin kaikissa kuvaajissa, jotta havaintopaikkojen syvyydet suhteessa toisiinsa tulisivat esiin. Sähkönjohtavuus on mitattu pinnasta pohjaan.**

Purkuputken itäpuoleisilla havaintopaikoilla Nj24, Nj34 ja Nj34-1 ei ollut havaittavissa kerrostuneisuutta (Kuva 4-10). Kerrostuneisuutta ei ollut havaittavissa myöskään purkuputken luoteispuolen havaintopaikalla Nj37 eikä Rehjan kauemmalla havaintopaikalla Reh135.

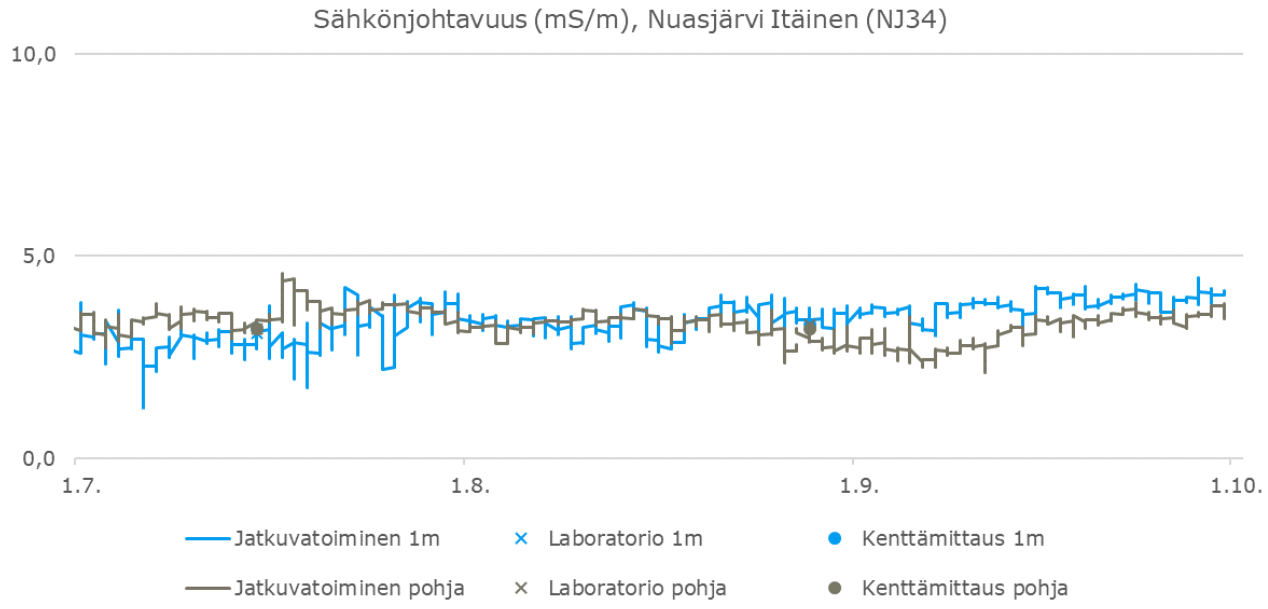


Kuva 4-10. **Sähkönjohtavuus Rehja-Nuasjärven havaintopaikoilla heinä-elokuussa 2019 Kuvaajien syvyysakseli on skaalattu samoin kaikissa kuvaajissa, jotta havaintopaikkojen syvyydet suhteessa toisiinsa tulisivat esiin. Sähkönjohtavuus on mitattu pinnasta pohjaan.**

4.9.3 Jatkuvatoimiset mittaukset

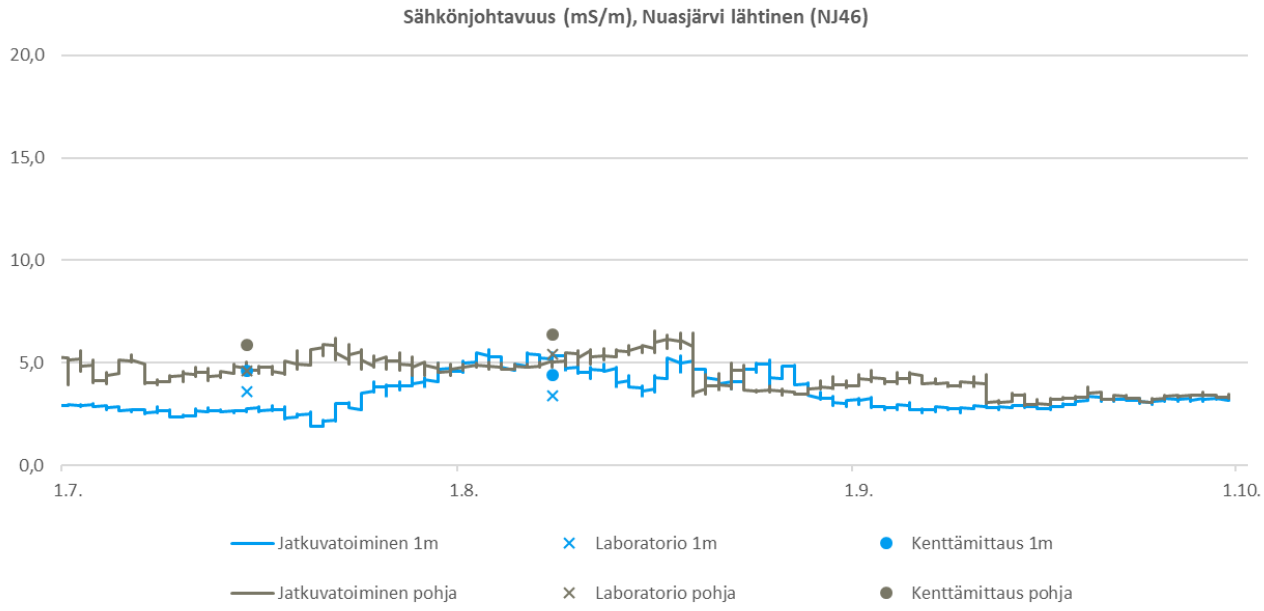
Osana purkuputken tarkkailua Nuasjärvellä on ollut käytössä syksystä 2015 lähtien kaksi (Nj34, Nj46) ja Rehjassa yksi (Rehja itä) automaattinen mittausasema, joka seuraa lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja pH:ta 1 metrin syvyydessä sekä pohjanläheisessä vesikerroksessa.

Nuasjärven itäisellä mittauspisteellä heinä-syyskuussa päällysveden anturin havaitsema sähkönjohtavuus vaihteli välillä 1,3–4,5 mS/m ja alusvedessä arvot vaihtelivat välillä 2,1-4,6 mS/m (Kuva 4-11). Vesi oli sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta koko mittausjakson ajan. Kenttämittarin ja laboratoriomittausten mukaiset sähkönjohtavuudet olivat linjassa jatkuvatoimisen mittarin lukemien kanssa.



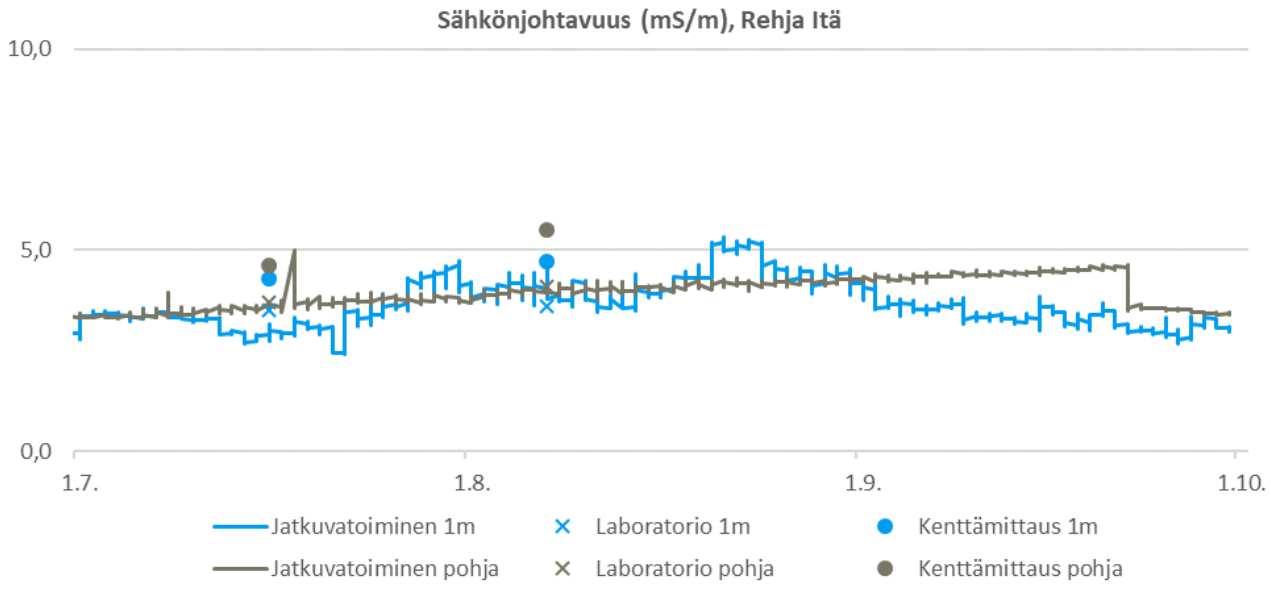
Kuva 4-11. **Nuasjärven itäisen jatkuvatoimisen mittauslaitteen (Nj34) tuottama sähkönjohtavuusaineisto, kenttämittausten tiedot sekä vedenlaatuhavainnot heinä-syyskuussa 2019. Laboratorio- ja kenttämittausten mukaiset sähkönjohtavuudet vastasivat toisiaan, mistä syystä niitä on vaikea erottaa toisistaan kuvasta.**

Nuasjärven läntisellä mittauspaikalla (Nj46) päällysveden sähkönjohtavuus vaihteli heinä-syyskuussa välillä 1,9-5,6 mS/m ja alusveden välillä 2,9-6,5 mS/m (Kuva 4-12). Heinäkuun ajan sekä ajoittain elo-syyskuussa oli vedessä havaittavissa lievää kerrostuneisuutta sähkönjohtavuuden suhteen. Kerrostuneisuus purkautui heinä-elokuun vaihteessa ja vesi pysyi sekoittuneena syyskuun loppuun saakka. Kenttämittarin mittaamat sekä vesinäytteistä mitatut sähkönjohtavuudet olivat melko hyvin linjassa jatkuvatoimisen mittarin ilmoittamien lukemien kanssa.



Kuva 4-12. Nuasjärven läntisen jatkuvatoimisen mittauslaitteen (Nj46) tuottama sähkönjohtavuusaineisto, kenttämittaustiedot sekä vedenlaatuhavainnot heinä-syyskuussa 2019.

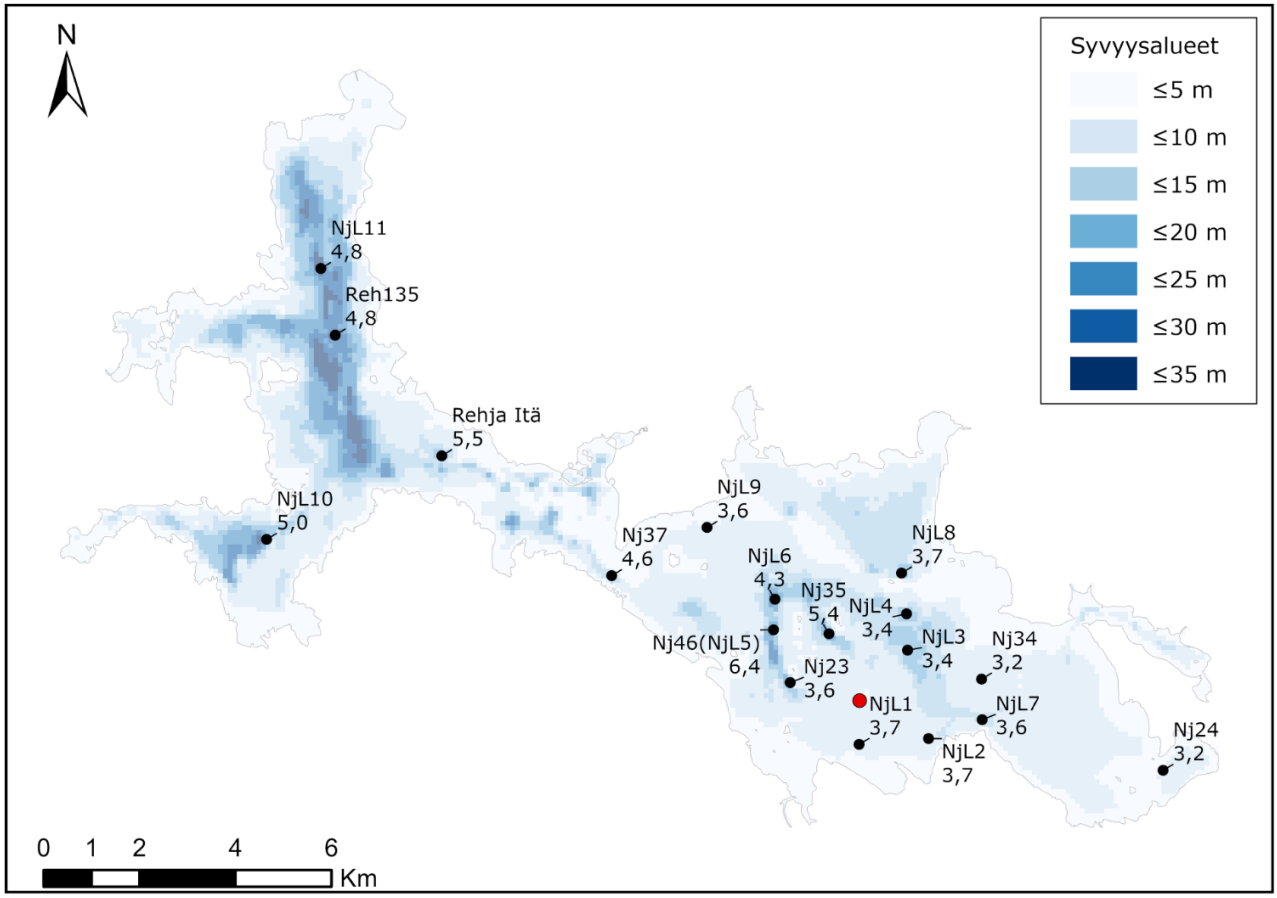
Mittauspisteellä Rehja itä päällysveden sähkönjohtavuus vaihteli heinä-syyskuussa jatkuvatoimisessa mittausaineistossa välillä 2,4–5,3 mS/m ja alusvedessä välillä 3,3-5,0 mS/m (Kuva 4-13). Mittausaineiston perusteella vesi vaikuttaa olleen mittausjaksolla sähkönjohtavuuden suhteen sekoittunutta pinnasta pohjaan. Kenttämittarin mittaamat sähkönjohtavuuden arvot olivat hieman suurempia kuin jatkuvatoimisen mittarin ja laboratorioanalyysien mukaiset.



Kuva 4-13. Rehjan (Rehja itä) jatkuvatoimisen mittauslaitteen, kenttämittausten ja laboratorioanalyysien mukaiset sähkönjohtavuudet heinä-syyskuussa 2019.

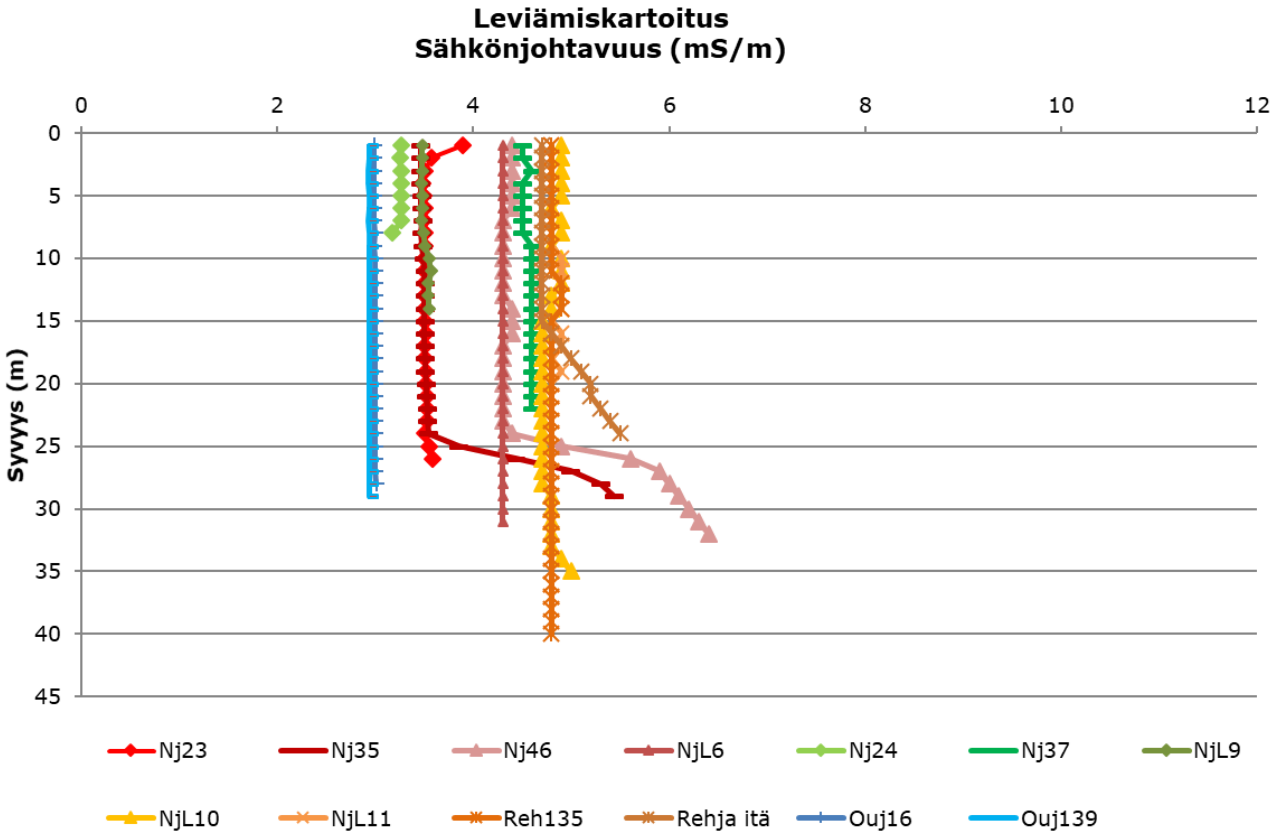
4.9.4 Leviämiskartoitus

Nuasjärven purkuputken tarkkailuun liittyvän purkuveden leviämiskartoituksen kenttämittaukset tehtiin elokuussa. Rehja-Nuasjärven havaintopaikkojen sijainti sekä sähkönjohtavuus metrin etäisyydellä pohjasta on esitetty alla olevalla kartalla (Kuva 4-14). Suurin sähkönjohtavuuden arvo (6,4 mS/m) mitattiin Nuasjärven syvännehavaintopaikalta Nj46 läheltä pohjaa. Ensimmäiset vedenlaatuhavainnot pisteeltä Nj46 ovat vuodelta 2016.



Kuva 4-14. **Rehja-Nuasjärven leviämiskartoituksen kenttämittausten sähkönjohtavuustulokset (mS/m) metrin etäisyydellä pohjasta elokuussa 2019. Purkuputken sijainti on merkitty kuvaan punaisella. Syvyystiedot: © Maanmittauslaitoksen maastotieto.**

Ainoastaan purkuputken luoteispuolen syvännehavaintopaikoilla Nj35 ja Nj46 sekä Rehjan purkuputkea läheisemmällä havaintopaikalla Rehja itä oli havaittavissa lievää kerrostuneisuutta sähkönjohtavuuden suhteen, joka selittyi havaintopaikkojen vedessä vallinneella lämpötilakerrostuneisuudella (Kuva 4-15). Havaintopaikoilla, joita ei ole esitetty kuvassa (Kuva 4-15), ei ollut havaittavissa kerrostuneisuutta. Pienimmät sähkönjohtavuuden arvot mitattiin Oulujärven havaintopaikoilta (kuvaajassa siniset). Leviämiskartoituksen ainoalta virtavesihavaintopaikalta Kajaaninjoesta (VP12100) mitattu sähkönjohtavuus (3,7 mS/m) oli hieman pienempi kuin Rehja-Nuasjärven havaintopaikkojen päällysvedestä mitatut sähkönjohtavuudet. Mitatut sähkönjohtavuudet olivat pääosin samalla tasolla ja suurimpien mitattujen arvojen osalta pienempiä kuin edellisenä vuotena.



Kuva 4-15. Leviämiskartoituksen kenttämittausten sähkönjohtavuustulokset (mS/m) pinnasta pohjaan osalla Rehja-Nuasjärven sekä Oulujärven tarkkailupisteistä elokuussa 2019.

4.10 Kajaaninjoki

Nuasjärven purkuputken tarkkailun myötä Kajaaninjoki (VP12100) otettiin mukaan vuosittaiseen tarkkailuun vuonna 2015. Elokuussa otetun näytteen vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiempaan tarkkailuun nähden. Sähkönjohtavuus oli 3,7 mS/m ja sulfaattipitoisuus 7,2 mg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan (<0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin 1,0 µg/l. Kajaaninjoen tarkkailupiste kuuluu ainoana virtavesipisteenä leviämiskartoitukseen, jolla selvitetään purkuputken vaikutuksia. Elokuun kenttämittauksen mukainen sähkönjohtavuus (3,7 mS/m) vastasi vesinäytteestä mitattua sähkönjohtavuutta.

4.11 Oulujärvi

Nuasjärven purkuputken tarkkailun myötä myös Oulujärvelle lisättiin vuonna 2015 kaksi näytepistettä (Liite 1.4) mukaan vuosittaiseen tarkkailuun. Oulujärven pisteiltä elokuussa otettujen näytteiden perusteella vedenlaatu ei poikennut aikaisemmista tarkkailuvuosista. Sähkönjohtavuudessa (3 mS/m) ja sulfaattipitoisuudessa (3 mg/l) ei ollut eroa eri näytteenottopisteillä ja näytteenottosyvyyksissä. Liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat alle määritysrajan (0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat pieniä (0,5-0,6 µg/l).

4.12 Pirttipuro ja Kivipuro

Pirttipuron ja Kivipuron vedenlaatua on seurattu osana kaivoksen velvoitetarkkailua ja kaivoksen omaa ympäristötarkkailua säännöllisesti. Pirttipurolta ensimmäiset vedenlaadun tulokset ovat vuodelta 2005 ja Kivipurolta vuodelta 2007. Nykyisellä tarkkailulla seurataan erityisesti sivukivialueen maanrakennustyömaan ja sivukiven läjitysalueen mahdollisia vaikutuksia ko. puroihin. Sivukivialueen rakentaminen on aloitettu talvella 2016-2017 ja sen ensimmäinen osa otettiin tuotannolliseen käyttöön loppuvuonna 2017. Rakentaminen alueella jatkuu edelleen. Kivi- ja Pirttipuro laskevat Talvijokeen, josta vedet laskevat edelleen Jormasjärveen. Purojen vesinäytteet otettiin tarkkailujaksolla heinä- ja elokuussa. Kivipuron näytteenottopisteellä vesisyvyys on pieni ja vesi usein lähes seisovaa, etenkin vähäsateiseen aikaan, mikä voidaan todeta vesinäytteessä tavanomaista heikompana vedenlaatuna. Pirttipuron tilanne on tämän osalta hieman parempi.

Kivipuron vedenlaatu oli touko-kesäkuun tapaan myös heinä-elokuussa parempi kuin talvella mutta vedenlaatu oli edelleen huono. Sekä heinäkuun että elokuun näytteenottokerroilla purossa oli vain vähän vettä ja virtaama oli hädin tuskin silmin havaittava, mikä vaikutti osaltaan vedenlaatuun. Näyte jouduttiin ottamaan 10-15 cm:n syvyydestä.

Velvoitetarkkailun tulosten perusteella vesi on ollut hapanta ja vähähappista kaivostoimintaa edeltävältä ajalta lähtien (2007-2017 pH 3,8-5,8, hapen kyllästysaste 22-69 %). Tarkkailujaksolla veden pH (3,5-3,7) oli keskimääräistä pienempi. Happitilanne oli heinäkuussa keskimääräistä huonompi (13 % O_2) ja elokuussa keskimääräisellä tasolla (44 % O_2). Sähkönjohtavuus oli heinäkuussa 38 mS/m, sulfaattipitoisuus 120 mg/l ja kokonaistypen pitoisuus 2800 µg/l. Elokuussa sähkönjohtavuus oli 28 mg/l, sulfaattipitoisuus 77 mg/l ja kokonaistypen pitoisuus 890 µg/l olivat pienempiä. Myös metallien pitoisuudet olivat pääosin pienempiä elokuun näytteenottokerralla (heinäkuu liuk. Cd 3,4 µg/l ja liuk. Ni 720 µg/l, elokuu liuk. Cd 2,7 µg/l ja liuk. Ni 420 µg/l).

Pirttipuron vedenlaadussa ei ollut touko- ja kesäkuussa havaittavissa poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Kivipuron tapaan Pirttipuron vesi on ollut tarkkailun alusta alkaen hapanta (pH 2005-2018 3,4-6,4). Touko- ja kesäkuun näytteenottokerroilla veden pH oli tavanomainen (5,8-6,4). Happitilanne oli heinäkuussa hyvä (100 % O^2) ja elokuussa tyydyttävä (76 % O_2). Sähkönjohtavuus (5,9-7,8 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (18-21 mg/l) olivat aiemmin tarkkailussa havaitulla tasolla. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli 0,12-0,14 µg/l ja liukoisen nikkelin 14-15 µg/l. Pirttipuron vedenlaatu on kohentunut alueella tehtyjen vedenhallintajärjestelyjen ansiosta mm. sähkönjohtavuuden sekä sulfaatin, mangaanin ja liukoisen nikkelin pitoisuuden osalta. Pirttipurosta mitatut rautapitoisuudet (heinä-elokuu 1200-1500 µg/l) ovat suurempia kuin Kivipurossa.

5. VUOKSEN SUUNTAAN LASKEVAT VEDET

Vuoksen suuntaan ei ole johdettu vesiä toukokuun 2016 jälkeen.

5.1 Ylä-Lumijärvi ja Lumijärvi

Ylä-Lumijärvi ja Lumijärvi eivät sijaitse kaivoksen purkureitillä. Ylä-Lumijärven vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2006 alkaen ja Lumijärven vedenlaatua vuodesta 2012 alkaen.

Elokuun näytteenottokerralla Ylä-Lumijärven vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiempien vuosien tarkkailutuloksiin verrattaessa. Happitilanne oli hyvä (84 % O_2), sähkönjohtavuus 19 mS/m ja sulfaattipitoisuus 76 mg/l).

Elokuun näytteenottokerralla Lumijärven vedenlaadussa ei ollut havaittavissa poikkeamia aiempien vuosien tarkkailutuloksiin verrattaessa. Happitilanne oli tyydyttävä (76 % O_2). Sähkönjohtavuus (8,7 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (11 mg/l) olivat verrattain pieniä.

5.2 Lumijoki

Lumijoen vedenlaatua on tarkkailtu vuodesta 2007 alkaen. Voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaan näytteenottopisteeltä otetaan näytteitä kuukausittain. Heinä-syyskuun näytteenottokerroilla vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempiin tarkkailutuloksiin verrattuna. Sähkönjohtavuus oli 5,9-7,1 mS/m, sulfaattipitoisuus 5-10 mg/l, mangaanipitoisuus 740-1600 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuus 6-7 µg/l. Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli alle määritysrajan tai määritysrajan tuntumassa (<0,03-0,03). Aiempina vuosina juoksutusten vaikutus voitiin havaita Lumijoessa selvästi suurempana sähkönjohtavuutena sekä sulfaatin, kalsiumin, magnesiumin, mangaanin ja rikin pitoisuuksina.

5.3 Kivijärvi

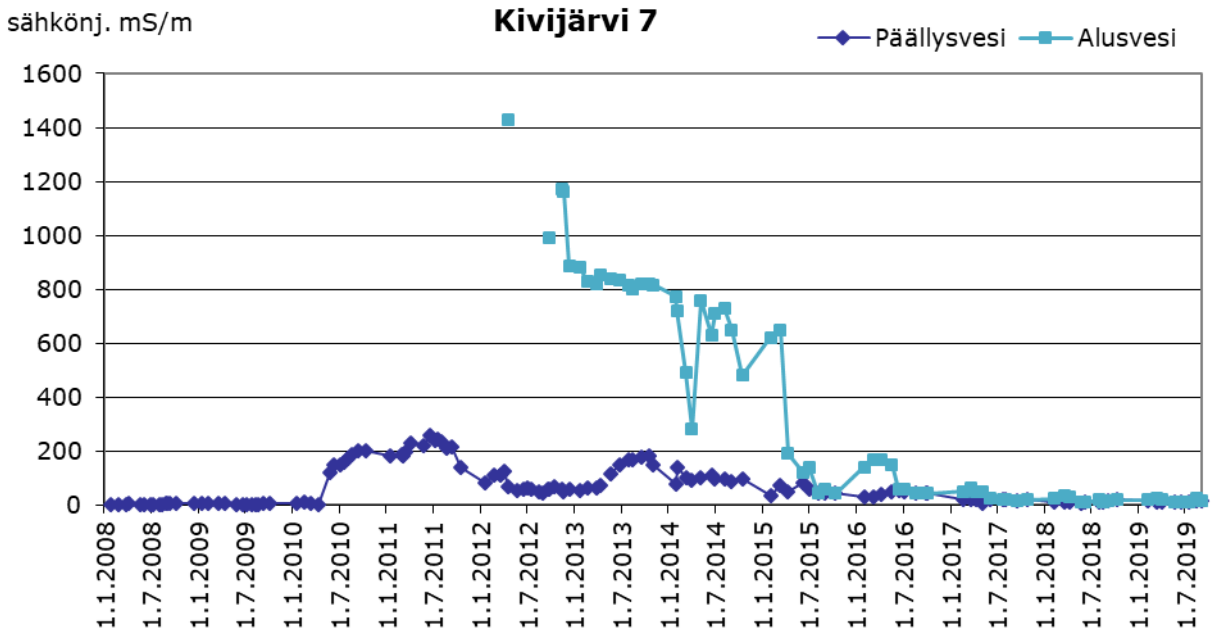
Kivijärvellä vedenlaatua seurattiin pisteellä Kiv7 kuukausittain, pisteellä Kiv2 heinä- ja elokuussa ja pisteellä Kiv10 elokuussa. Pisteellä Kiv7 tehtiin kenttämittaukset näytteenottojen yhteydessä. Vuosittainen vedenlaadun seuranta aloitettiin näytteenottopisteellä Kiv7 vuonna 2008, näytteenottopisteellä Kiv2 vuonna 2011, ja näytteenottopisteellä Kiv10 vuonna 2012.

Pisteellä **Kiv2** vedenlaatu ei poikennut aiemmin tarkkailussa havaitusta. Alusveden happitilanne oli tarkkailujaksolla huono (3-4 O_2). Päällysveden happitilanne oli hyvä (83 %). Sähkönjohtavuuden (pinta 12-13 mS/m, pohja 270-310 mS/m), sulfaattipitoisuuden (pinta 44-51 mg/l, pohja 1400-1600 mg/l) sekä useiden metallien (mm. liuk. Ni pinta ja pohja 3-4 µg/l) pitoisuuksien kehitys on ollut laskeva päällysvedessä noin vuodesta 2015 lähtien ja alusvedessä vuodesta 2012 lähtien. Alusveden liukoisen raudan pitoisuudessa on ollut havaittavissa nouseva suuntaus vuodesta 2012 lähtien (v. 2011-2019 355-48000 µg/l).

Pisteen **Kiv10** elokuun alusvesinäyte oli hapeton (<2,0 % O_2). Pintaveden happitilanne oli hyvä (78 %). Päällysveden sähkönjohtavuudessa (14 mS/m), sulfaattipitoisuudessa (56 mg/l) sekä useiden metallien pitoisuuksissa (liuk. nikkeli 4 µg/l) on voitu havaita laskeva suuntaus vuodesta 2014 alkaen. Alusvedessä ei ole vielä ollut havaittavissa samankaltaista laskevaa pitoisuuskehitystä kuin kahdella muulla Kivijärven

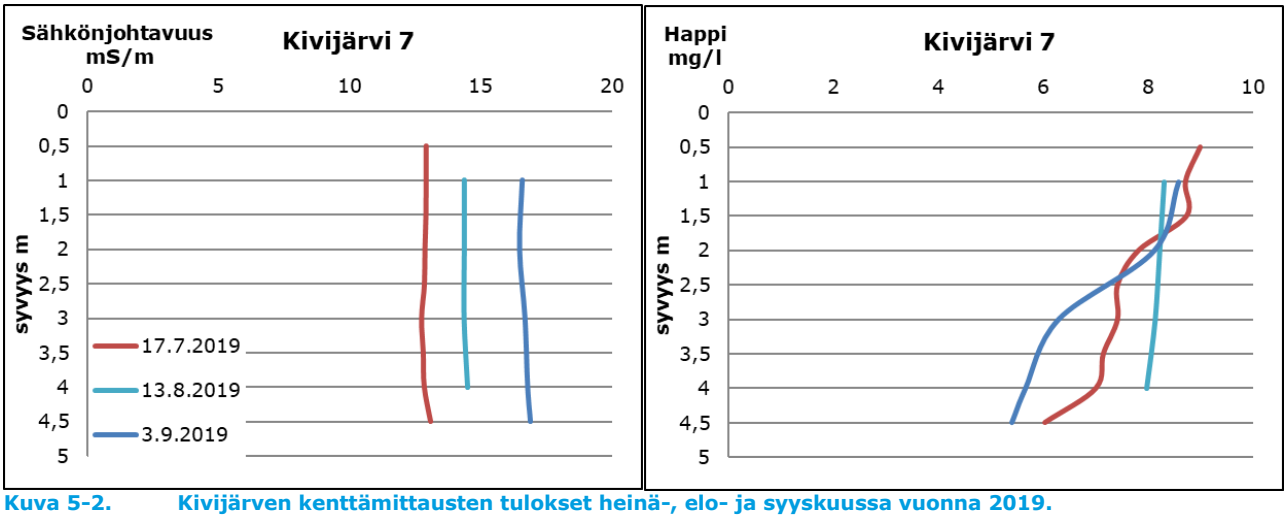
pisteellä (sähkönjohtavuus 840 mS/m, SO_4 4600 mg/l). Myös tällä pisteellä alusveden rautapitoisuudet ovat kasvaneet tarkkailuvuosien aikana.

Pisteen **Kiv7** alusveden happitilanne vaihteli heinä-syyskuussa välttävästä tyydyttävään (58-81 % O_2) ja pintaveden happitilanne tyydyttävästä hyvään (80-100 % O_2). Vesinäytteistä mitattujen sähkönjohtavuuksien (13-23 mS/m) (Kuva 5-1), sulfaattipitoisuuksien (48-55 mg/l) sekä useiden metallien pitoisuuksien (esim. liuk. Ni 4-5 µg/l) kehitys on ollut jo usean vuoden ajan laskeva ja alusveden vedenlaatu vastaa niiltä osin miltei päällysveden vedenlaatua.



Kuva 5-1. Sähkönjohtavuuden kehitys Kivijärvessä vuosina 2008–2019

Kenttämittaustulosten perusteella vesi pysyi havaintopaikalla Kiv7 sähkönjohtavuuden suhteen sekoittuneena koko heinä-syyskuun havaintojakson ajan (Kuva 5-2). Happipitoisuus pieneni pinnasta pohjaan, mutta hapettomuutta ei ollut havaittavissa. Vuotta aiemmin heinäkuussa sekoittuneen pintakerroksen alapuolella voitiin havaita 2 metrin syvyydeltä pohjaan saakka ulottunut harppauskerros, jossa sähkönjohtavuus kasvoi pohjaa kohti ja pohjan läheinen vesi oli lähes hapetonta. Elo- ja syyskuussa tilanne vastasi melko hyvin vuoden 2019 tilannetta.



Kuva 5-2. Kivijärven kenttämittausten tulokset heinä-, elo- ja syyskuussa vuonna 2019.

5.4 Kivijoki

Kivijärvestä lähtevän Kivijoen vedenlaatua tarkkaillaan kuukausittain. Ensimmäiset vesinäytteet on otettu pisteeltä vuonna 2012.

Vedenlaatu vastasi suurelta osin Kivijärven päällysveden vedenlaatua eivätkä tulokset poikenneet aiemmista tarkkailutuloksista. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 13-15 mS/m ja sulfaattipitoisuus välillä 48-52 mg/l. Kivijoen vesinäytteistä mitatut sähkönjohtavuudet ja sulfaattipitoisuudet ovat pienentyneet vuodesta 2014 alkaen. Näytteistä mitatut fosforipitoisuudet (24-29 µ/l) olivat tarkkailujaksolla suurempia kuin aiemmin.

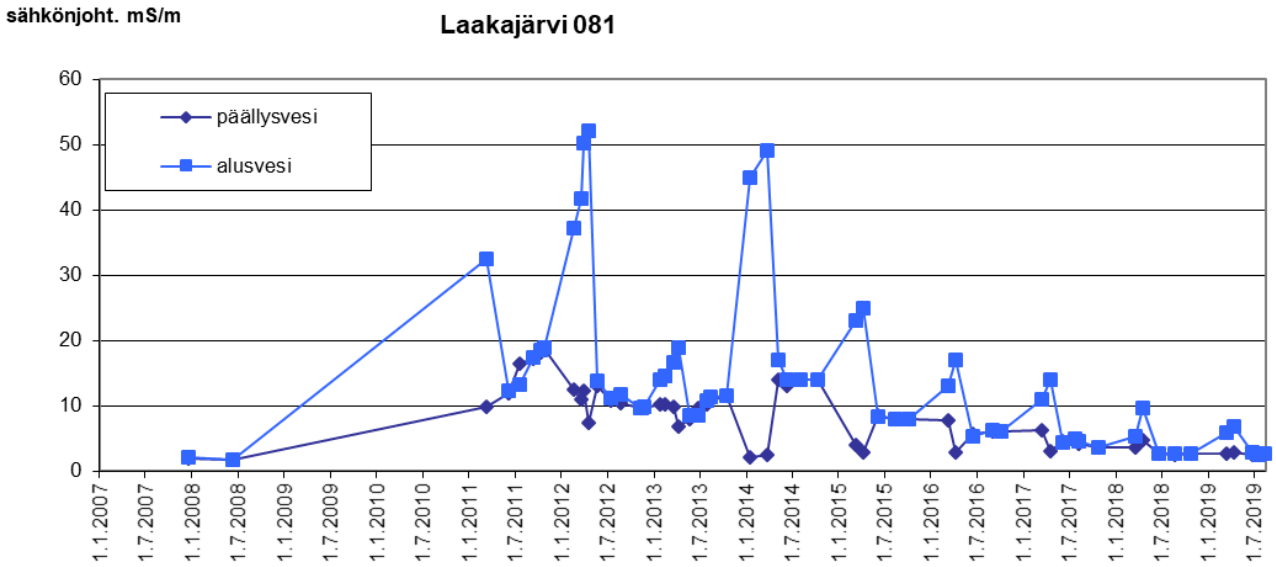
5.5 Laakajärvi

Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla näytteenottopisteen Laakajärvi 081 vedenlaatua tarkkailtiin heinä- ja elokuussa vesinäyttein sekä elokuussa kenttämittauksin näytteenoton yhteydessä. Muiden pisteiden (Laakajärvi 9, 13 ja 12) vedenlaatua tarkkailtiin vesinäyttein ainoastaan elokuussa. Pisteet Laakajärvi 081 ja Laakajärvi 13 ovat syvännepisteitä. Näytteenottopisteen Laakajärvi 9 vedenlaatua on tarkkailtu vuosittain vuodesta 2006 alkaen, pisteiden Laakajärvi 13 ja 081 vuodesta 2011 alkaen ja pisteen Laakajärvi 12 vuodesta 2014 alkaen.

Vedenlaadussa oli vain vähän vaihtelua eri näytteenottopisteiden ja näytteenottosyvyyksien välillä. Pisteellä Laakajärvi 081 vedenlaatu vastasi heinäkuun näytteenottokerralla suurelta osin vedenlaatua elokuun näytteenottokierroksella.

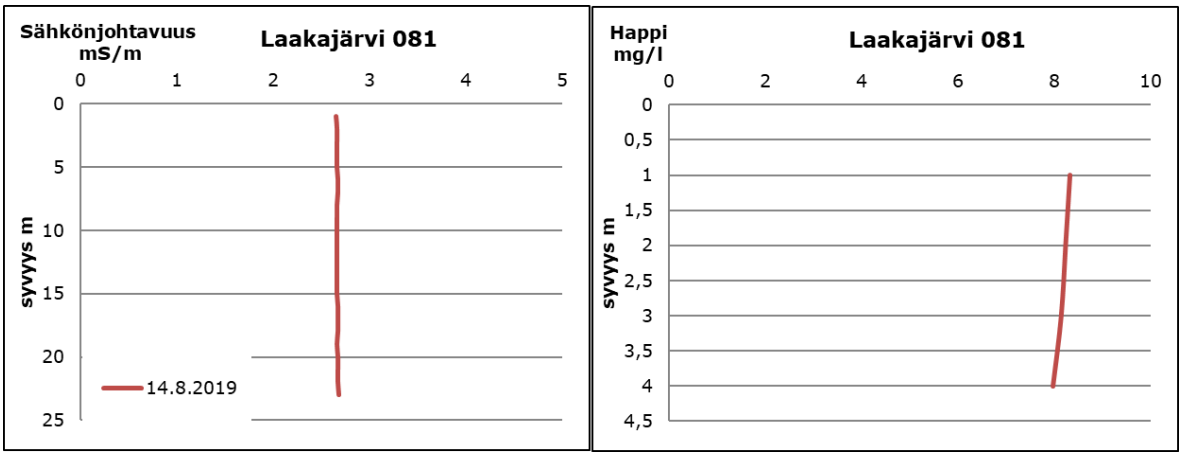
Happitilanne oli näytteenottopisteillä kaikissa näytteenottosyvyyksissä heinä- ja elokuussa hyvä (81-99 % O^2). Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 2,4-2,8 mS/m ja sulfaattipitoisuus välillä 4,7-5,8. Liukoisen kadmiumin (<0,03 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuudet olivat pieniä (1,0-1,2 µg/l). Pisteen Laakajärvi 081 päällysvedestä heinä- ja elokuussa mitatut klorofylli-a-pitoisuudet (10-15 µg/l) olivat suurempia kuin aiemmin tarkkailussa mitatut (1-9 µg/l). Pisteen päällysvedestä mitattiin kesällä myös aiempaa suurempia fosforipitoisuuksia.

Kaikilla Laakajärven näytteenottopisteillä vedenlaatu on tarkkailutulosten perusteella pääosin parantunut noin vuodesta 2013 alkaen. Näytteenottopisteillä, joilta on saatavilla vedenlaatutietoja ajalta ennen kaivostoimintaa, vastaa vedenlaatu nykyisin melko hyvin kaivostoimintaa edeltävänä aikana havaittua. Esimerkiksi syvännepisteellä Laakajärvi 081 vesinäytteestä mitattu sähkönjohtavuus on pienentynyt vuodesta 2015 alkaen sekä päällys- että alusvedessä (Kuva 5-3) ja nykyisin sähkönjohtavuus on lähes samalla tasolla kuin vuonna 2008.



Kuva 5-3. Sähkönjohtavuuden kehitys Laakajärven syvänteellä 081 vuosina 2008–2019

Kenttämittaustulosten perusteella Laakajärven vesi oli havaintopaikalla Laakajärvi 081 elokuussa sähkönjohtavuuden ja happipitoisuuden suhteen sekoittunut (Kuva 5-4). Vuotta aiemmin mitatut sähkönjohtavuuden arvot olivat hieman suurempia ja happipitoisuus pieneni pohjan tuntumassa.

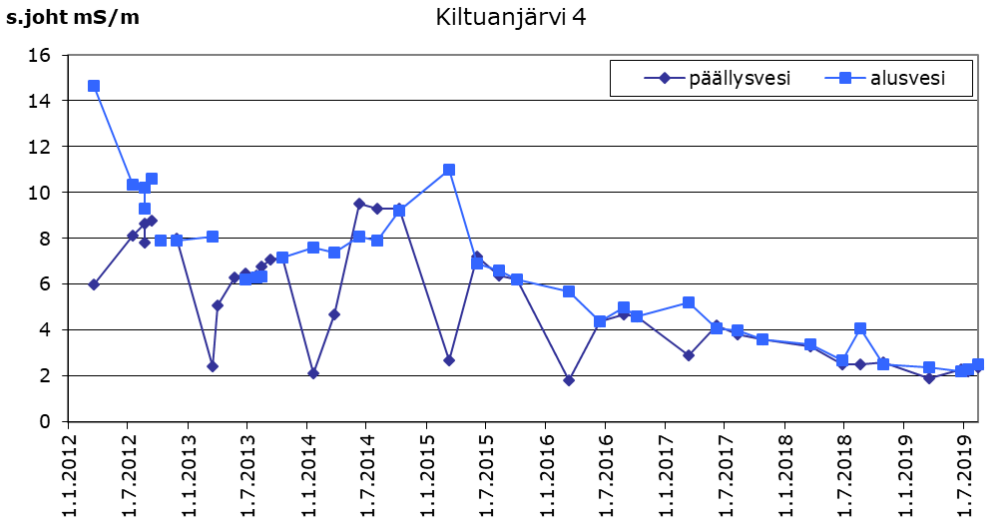


Kuva 5-4. Laakajärven kenttämittausten tulokset elokuussa vuonna 2019.

5.6 Kiltuanjärvi

Kiltuanjärven vedenlaatua tarkkaillaan viisi kertaa vuodessa syvännetarkkailupisteeltä. Tarkkailujaksolla heinä-syyskuu siltä otettiin vesinäytteitä heinä- ja elokuussa. Kiltuanjärven näytteenottopiste on ollut mukana vuosittaisessa tarkkailussa vuodesta 2007 alkaen.

Laboratoriotulosten perusteella happitilanne oli heinä- ja elokuussa päällysvedessä hyvä (87-90 % O_2). Alusvedessä happitilanne oli heinäkuussa tyydyttävä (71 % O_2) ja elokuussa välttävä (66 % O_2). Muun muassa sähkönjohtavuus (2-3 mS/m) (Kuva 5-5), sulfaattipitoisuus (4 mg/l), natriumpitoisuus (1-2 mg/l) sekä liukoisen nikkelin pitoisuus (0,7-0,9 µg/l) ovat viime vuosina pienentyneet ja veden kerrostuminen ei ole lopputalven kerrostuneisuuskautena ollut yhtä voimakasta kuin aiemmin.



Kuva 5-5. Sähkönjohtavuuden kehitys Kiltuanjärvessä vuosina 2012–2019.

5.7 Haapajärvi, Nurmijoki, Sälevä, Atrojoki ja Syväri

Haapajärveltä, Nurmijoelta, Sälevästä, Atrojoelta ja Syväristä on otettu vesinäytteitä vuosittain vuodesta 2014 alkaen. Heinä-syyskuun tarkkailujaksolla niistä otettiin vesinäytteitä elokuussa.

Haapajärven vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempiin tarkkailuvuosiin verrattuna. Muun muassa sähkönjohtavuus (2,5 mS/m), sulfaattipitoisuus (3,9-4,3 mg/l), natriumpitoisuus (1,4 mg/l) sekä liukoisen nikkelin pitoisuus (0,8 µg/l) ovat viime vuosina pienentyneet. Alusveden mangaanipitoisuus (58 µg/l) on vaihdellut voimakkaasti happitilanteen mukaan.

Nurmijoen näytteenottopisteiden vedenlaadussa ei havaittu poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Sekä Nurmijoen Koirakosken että Itäkosken veden sähkönjohtavuus (2 mS/m), sulfaattipitoisuus (4 mg/l) ja natriumpitoisuus (1-2 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2016 alkaen.

Sälevän vedenlaatu ei poikennut aiempina tarkkailuvuosina havaitusta. Sähkönjohtavuus (2 mS/m) sekä sulfaatti- (4 mg/l) ja natriumpitoisuus (1 mg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2015 alkaen. Kuten Haapajärvessä, myös Sälevässä alusveden mangaanipitoisuus (91 µg/l) on vaihdellut voimakkaasti happitilanteen mukaan.

Atrojoellakin veden sähkönjohtavuus (2 mS/m) sekä sulfaatti- (3 mg/l) ja natriumpitoisuus (1 µg/l) ovat pienentyneet vuodesta 2015 alkaen, eikä poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna havaittu.

Syvärin päällys- ja alusvedessä voidaan havaita vedenlaadun paranemista vuodesta 2016 alkaen pH:n (7), sähkönjohtavuuden (3 mS/m), sulfaattipitoisuuden (4 mg/l) ja natriumin (1,4-1,5 mg/l) osalta. Elokuun tuloksissa ei havaittu poikkeamia aiempiin tarkkailutuloksiin verrattuna.

6. KAIVOSPIIRIN ULKOPUOLISET JÄRVET

Kaivokselta ei johdeta vesiä kaivospiirin ulkopuolisiin järviin, Iso-Savonjärveen, Hakoseen tai Raatelampeen. Tarkkailujaksolla niistä otettiin vesinäytteitä elokuussa. Iso-Savonjärven vedenlaatua on seurattu vuodesta 2014 asti ja Raatelammen vedenlaatu vuodesta 2010 alkaen. Hakonen on ollut vuosittaisessa vedenlaadun tarkkailussa mukana vuodesta 2006 lähtien.

Iso-Savonjärven vedenlaadussa ei havaittu elokuun näytteenottokerralla poikkeamia aiempaan tarkkailuun verrattuna. Päällysveden sähkönjohtavuus (2,6 mS/m), sulfaattipitoisuus (7,8 mg/l), mangaanipitoisuus (58 µg/l) ja liukoisen nikkelin pitoisuus (8,1 µg/l) ovat olleet vuosina 2017-2019 pienempiä kuin aiempina tarkkailuvuosina. Alusvedessä pitoisuuskehitys ei ole ollut yhtä selvä. Alusveden sähkönjohtavuus oli elokuussa 2,7 mS/m, sulfaattipitoisuus 6,7 mg/l, mangaanipitoisuus 180 µg/l ja liukoisen nikkelin pitoisuus 11 µg/l. Sekä päällys- että alusveden happamuus (pinta 5,5, pohja 5,6) on vähentynyt vuosista 2013-2016 (4,9-5,3).

Hakosella pitoisuudet ovat pääosin olleet suurimmillaan vuosina 2012-2013 ja pienimmillään ensimmäisinä tarkkailuvuosina. Elokuussa sekä päällysveden että alusveden sähkönjohtavuus oli 2,5 mS/m. Päällysveden sulfaattipistoisuus oli 13 mg/l ja alusveden 18 mg/l. Happitilanne oli päällysvedessä hyvä (85 % O^2) ja alusvedessä välttävä (67 % O^2).

Raatelammen päällysveden vedenlaatu ei poikennut elokuun näytteenottokerralla aiemmin tarkkailussa havaitusta. Päällysveden sähkönjohtavuus oli 4,1 mS/m ja alusveden 4,8 mS/m. Päällysveden sulfaattipistoisuus oli 4,3 mg/l ja alusveden 4,1 mg/l. Välisyvyyden vedenlaatu oli hapen kyllästysprosentin ja metallipitoisuuksien osalta aiempaa parempi. Alusveden alumiini- (350 µg/l), magnesium- (2,3 mg/l), natrium- (3,7 mg/l) ja rikkipitoisuus (7300 µg/l) olivat aiempaa suurempia.

7. YHTEENVETO

Terrafamen teollisuusalueelta johdettiin vuoden 2019 heinä- ja syyskuun välisellä jaksolla vettä vesistöön yhteensä 0,84 milj. m^3. Kaikki vedet johdettiin Nuasjärven purkuputkeen.

Tarkkailujakso oli Kajaanissa pitkän ajan keskiarvoon verrattuna vähäsateinen, mutta lämpötilaltaan tavanomainen. Elokuussa kaivoksella mitattu sademäärä oli huomattavasti suurempi kuin Ilmatieteen laitoksen mittaama sillä yhtenä päivänä kaivoksella mitattiin muista päivistä poikkeavan suuri sadelukema.

Kalliojoen ja Niskalan padon virtaama pysytteli pienenä koko heinä-syyskuun ajan. Kevään virtaamahuipun jälkeen alkanut Kolmisopen pinnankorkeuden lasku jatkui syyskuun loppuun saakka ja pinnankorkeus pysyi vesitalousluvan mukaisten säännöstelyrajojen sisällä. Samoin kevään virtaamahuipun jälkeen alkanut virtaaman pieneneminen Kiltuanjärven ja Haapajärven välisessä salmessa jatkui syyskuun loppuun saakka.

Oulujoen purkusuunnan järvissä kaivoksen vaikutukset näkyivät voimakkaimmin virtaussuunnassa ensimmäisen järven, Salmisen, vedenlaadussa. Virtaussuunnassa seuraavan, Kalliojärven, vedenlaadussa on muutaman viime vuoden aikana ollut havaittavissa huomattavaa kohenemista. Heinä-syyskuun näytteenottokierrosten yhteydessä tehtyjen kenttämittausten perusteella vesi oli kerrostunutta ainoastaan syyskuussa, jolloin sähkönjohtavuuden ja hapen harppauskerros sijaitsi pohjan tuntumassa. Suurimmat mitatut sähkönjohtavuusarvot olivat huomattavasti viime vuosina mitattuja pienempiä. Vesinäytteiden analyysitulosten perusteella Kalliojärven päällys- ja alusveden sulfaattipitoisuudet sekä metallien pitoisuudet olivat huomattavasti pienempiä kuin Salmisessa elokuussa.

Kalliojärven tapaan myös virtaussuunnassa seuraavilla järvillä, Kolmisopessa ja Jormasjärvellä, sekä päällys- että alusveden vedenlaatu on kohentunut viime vuosien aikana. Kaivostoiminnan vaikutus on niissä kuitenkin edelleen havaittavissa.

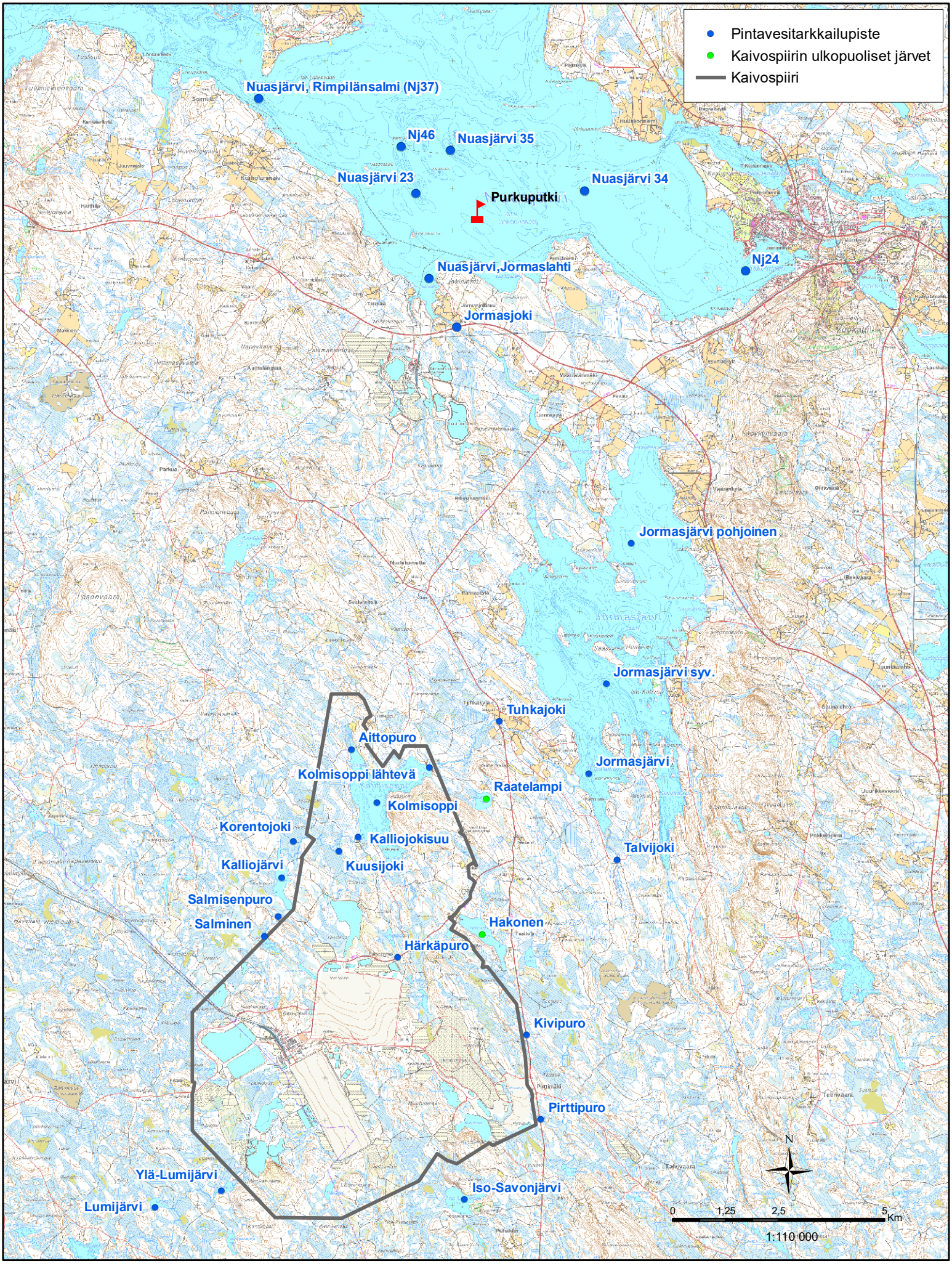
Kaivostoiminnan vaikutus oli havaittavissa myös sivukiven läjitysalueen rakennustyömaan vaikutusalueella Kivipurossa, mutta puron vedenlaatu on kohentunut talven tilanteesta. Kaivostoiminnan vaikutusten todentaminen puron vedenlaadussa on hankalaa, sillä virtaama purossa on usein hyvin vähäistä ja vesi lähes seisovaa. Pirttipurossa vaikutusta ei voitu havaita.

Nuasjärveen purkuputken kautta johdettavien vesien vaikutus on ollut havaittavissa etenkin purkuputkea lähimpien syvänteiden alusveden kohonneena sähkönjohtavuutena ja sulfaattipitoisuutena. Heinä-elokuussa vaikutus oli havaittavissa mahdollisesti kahdella purkuputken läheisimmistä lisänäytepisteistä (Nj23-1 ja Nj35-1), joilla sähkönjohtavuus kasvoi lähellä pohjaa. Lievää kerrostuneisuutta sähkönjohtavuuden suhteen oli havaittavissa myös näytteenottopisteillä Nj35 ja Nj46 sekä Rehja itä, mutta kyseisillä pisteillä kerrostuneisuus sähkönjohtavuuden suhteen selittyi vedessä näytteenottohetkellä vallinneella luontaisella lämpötilakerrostuneisuudella. Mitatut sähkönjohtavuudet olivat pääosin samalla tasolla ja

suurimpien mitattujen arvojen osalta pienempiä kuin edellisenä vuotena. Tarkkailutulosten perusteella kaivoksen vaikutusta ei ollut havaittavissa Oulujärven vedenlaadussa.

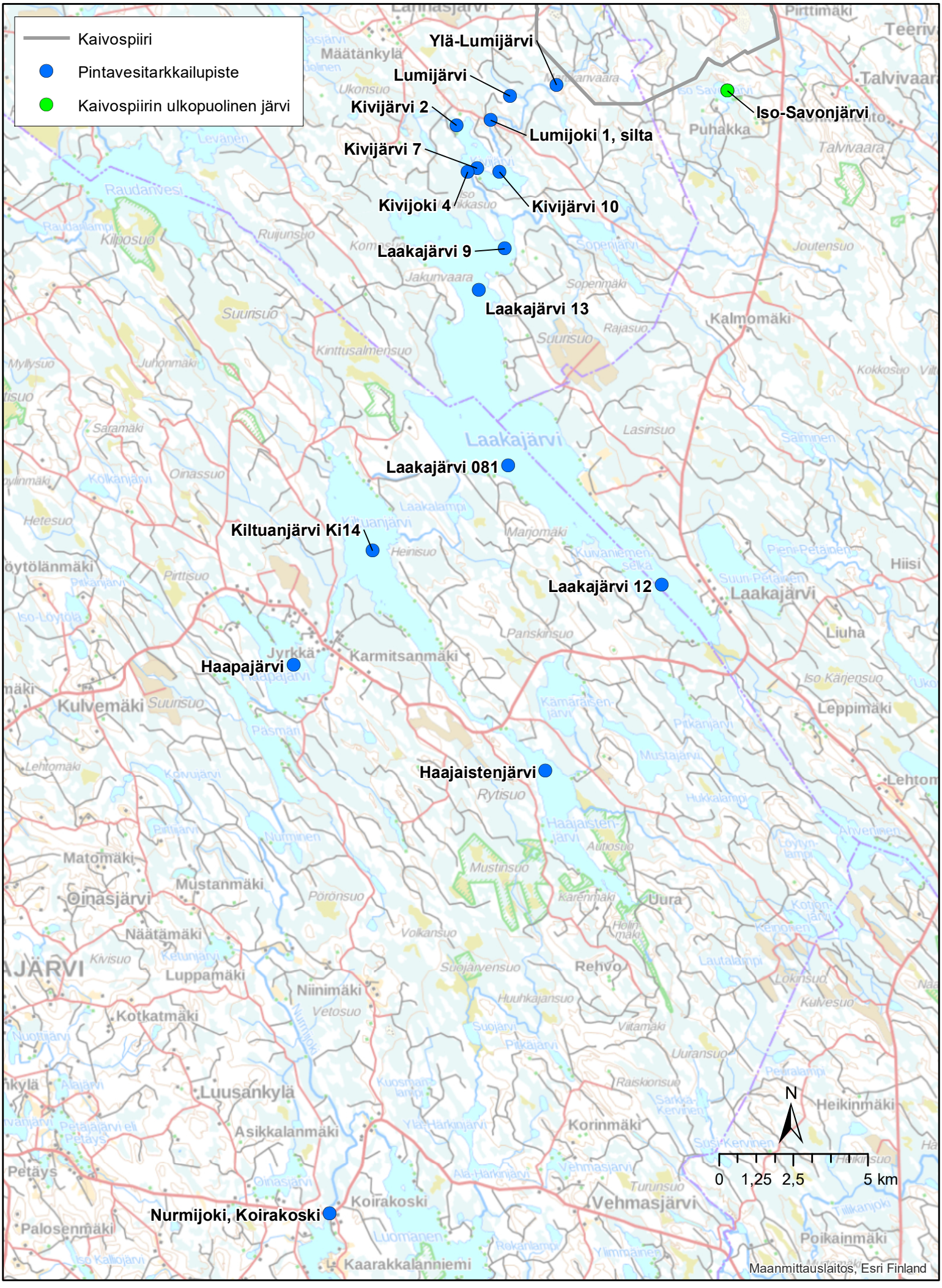
Vuoksen purkusuuntaan ei ole johdettu kaivokselta vesiä toukokuun 2016 jälkeen. Purkusuunnassa ensimmäisellä alapuolisella järvellä, Kivijärvellä, pysyvä kerrostuneisuus on havaittavissa kahdella kolmesta tutkimuspisteestä. Näillä pisteillä alusveden sulfaattipitoisuudet ovat suuria. Kivijärven alapuolisella Laakajärvellä ja Kiltuanjärvellä vedenlaatu on viime vuosina kohentunut ja täyskierrot ovat onnistuneet normaalisti. Kaivoksen aiemman kuormituksen vaikutusta ei voitu tarkkailutulosten perusteella havaita Laakajärven, Kiltuanjärven tai niitä alempien järvien vedenlaadussa heinä-syyskuussa.

LIITE 1
TARKKAILUALUE JA NÄYTTEENOTTOPAIKAT



RAMBOLL

Pintavesitarkkailu
Oulujoen vesistöalue


Kaivospiiri
Pintavesitarkkailupiste
Kaivospiirin ulkopuolinen järvi
Ylä-Lumijärvi
Lumijärvi
Kivijärvi 2
Lumijoki 1, silta
Kivijärvi 7
Kivijoki 4
Kivijärvi 10
Iso-Savonjärvi
Laakajärvi 9
Laakajärvi 13
Laakajärvi 081
Kiltuanjärvi Ki14
Laakajärvi 12
Haapajärvi
Haajaistenjärvi
Nurmijoki, Koirakoski
Laakajärvi
Suurisuo
Määtänkylä
Puhakka
Kalmomäki
Jyrkkä
Karmitsanmäki
Kulvemäki
Liuha
Leppimäki
Oinasjärvi
Luusankylä
Asikkalanmäki
Korinmäki
Vehmasjärvi
Koirakoski
Kaarakkalanniemi
Poikainmäki
Heikinmäki
Uura
Rehvo
N
0 1,25 2,5 5 km
Maanmittauslaitos, Esri Finland

TERRAFAME OY
Eteläiset pintavesitarkkailupisteet, Vuoksen vesistö

LIITE 1.3

Pintavesitarkkailu

Nurmijoki, Koirakoski

Sälevä 012

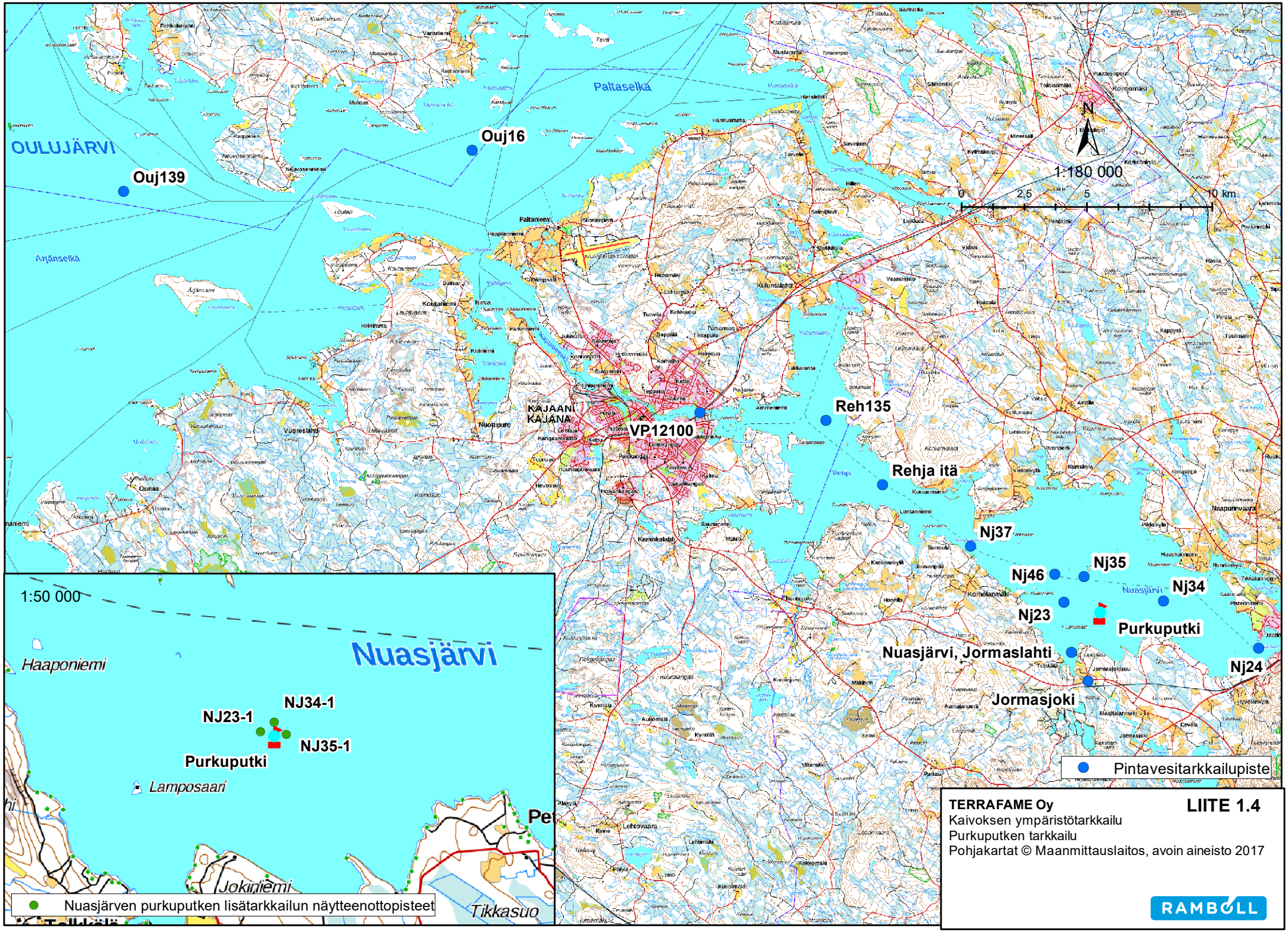
Nurmijoki Itäkoski 09

Atrojoki Koivukoski

Syväri 21

1:150 000 (A3)

Maanmittauslaitos, Esri Finland



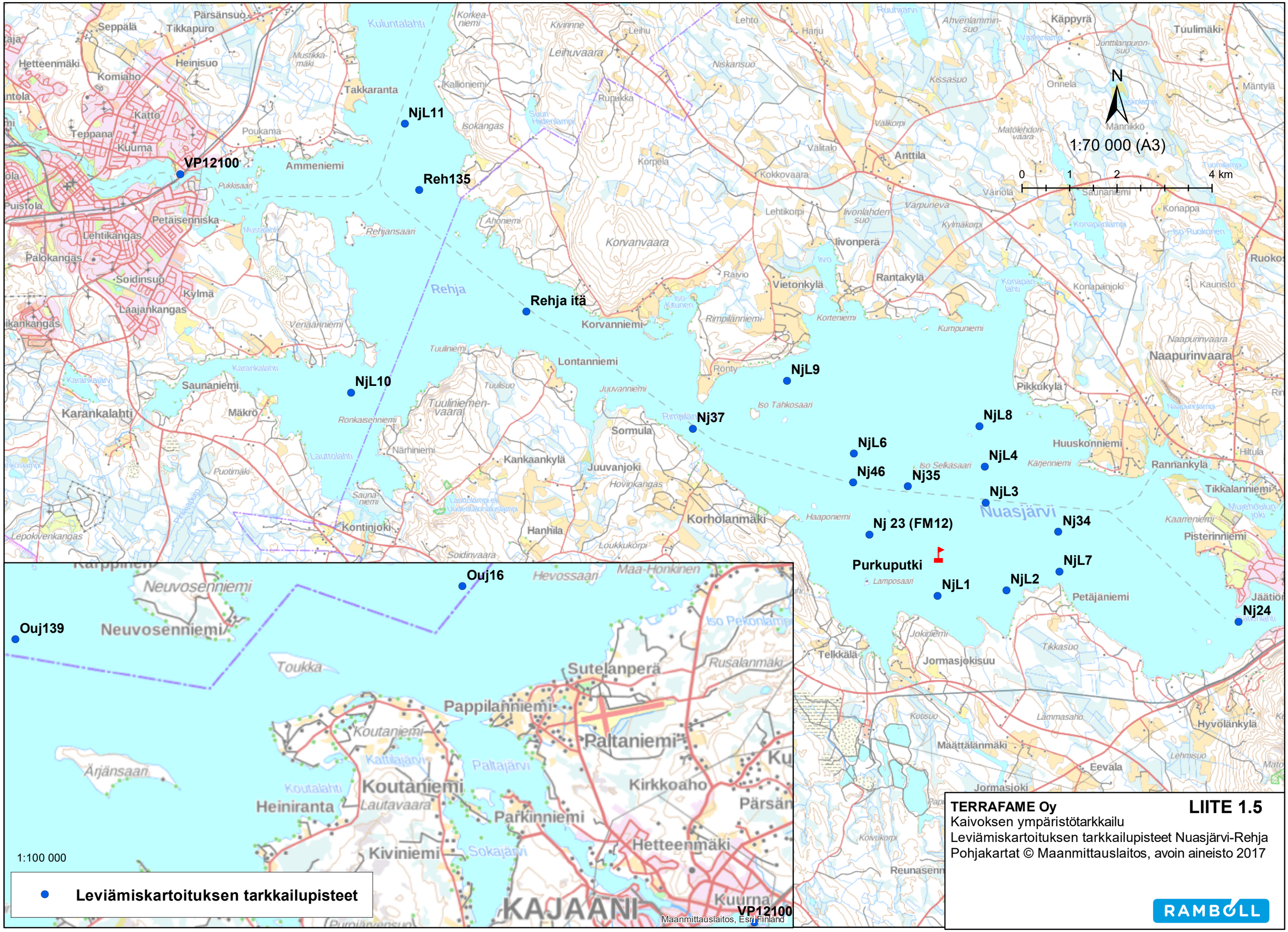
TERRAFAME Oy **LIITE 1.4**

Kaivoksen ympäristötarkkailu

Purkuputken tarkkailu

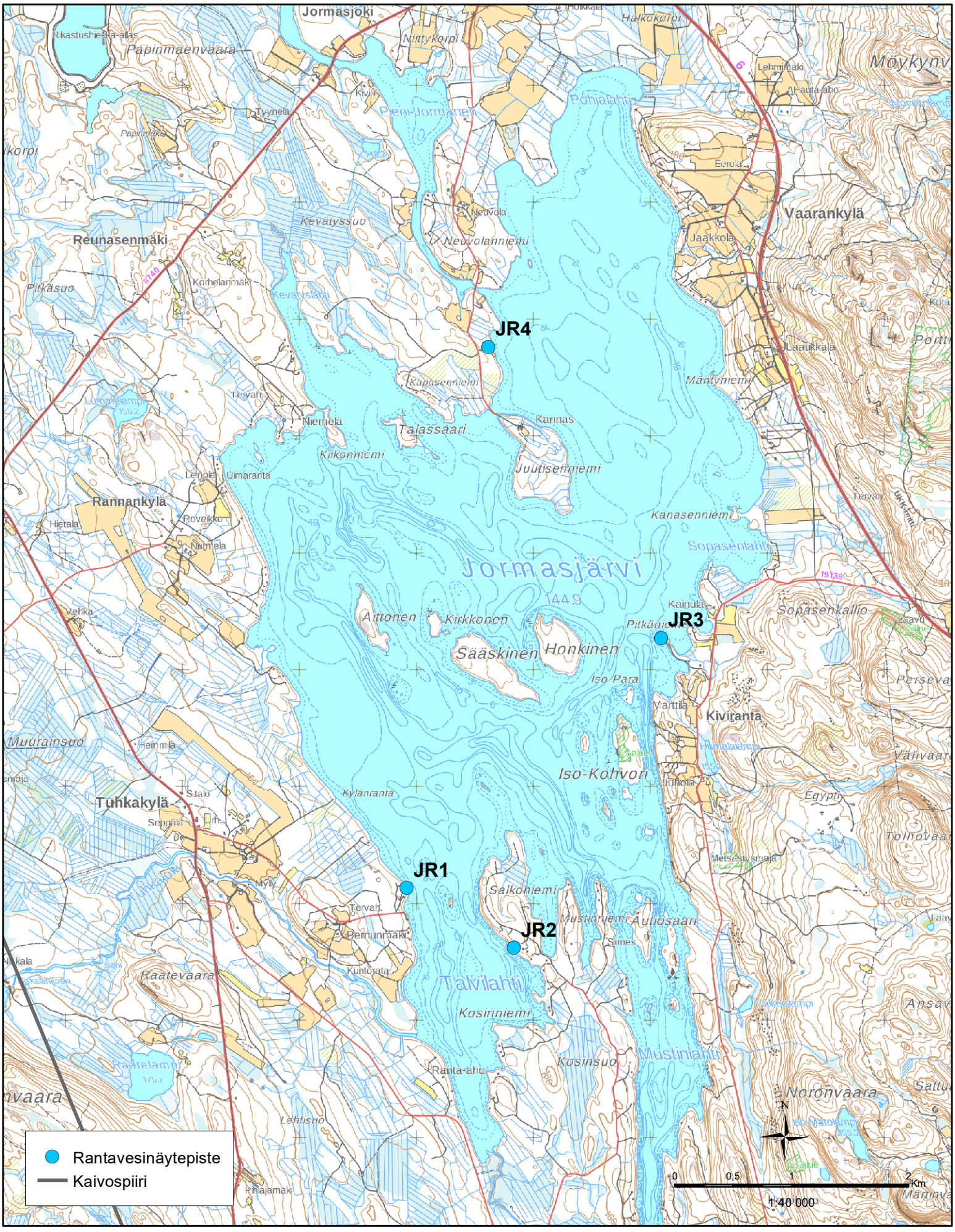
Pohjakartat © Maanmittauslaitos, avoin aineisto 2017

RAMBØLL


NjL11
VP12100
Reh135
Rehja itä
NjL10
NjL9
Nj37
NjL8
NjL6
NjL4
Nj46
Nj35
NjL3
Nj 23 (FM12)
Nj34
Purkuputki
NjL7
NjL1
NjL2
Nj24
Ouj16
Ouj139
VP12100
N
1:70 000 (A3)
0
1
2
4 km
1:100 000
Leviämiskartoituksen tarkkailupisteet
Maanmittauslaitos, Esri Finland
TERRAFAME Oy
LIITE 1.5
Kaivoksen ympäristötarkkailu
Leviämiskartoituksen tarkkailupisteet Nuasjärvi-Rehja
Pohjakartat © Maanmittauslaitos, avoin aineisto 2017
RAMBOLL

Terrafame
Rantavesinäytepisteet, Jormasjärvi

Liite 1.6



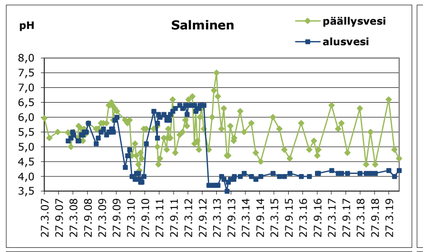
TERRAFAME Oy
Rantavesipisteet, Rehja - Nuasjärvi

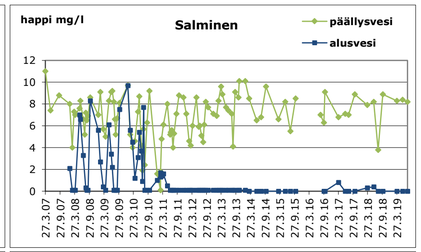
LIITE 1.7

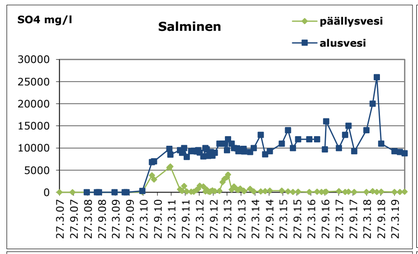


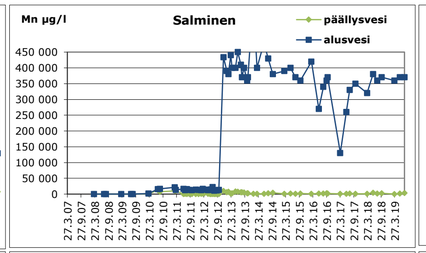
LIITE 2
OULUJOEN SUUNTA - KEHITYSKUVAAJAT

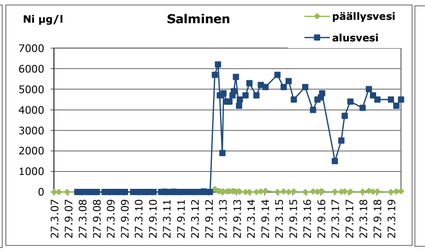
Oulujoen suunta

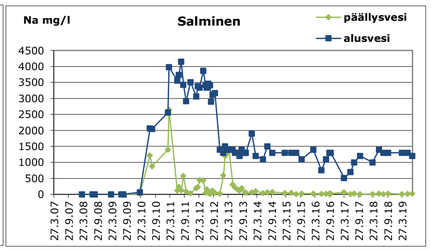


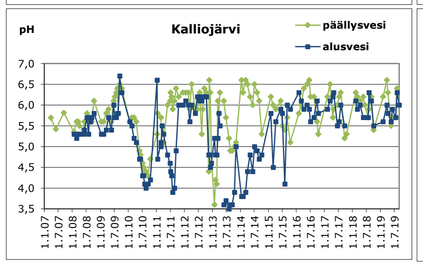


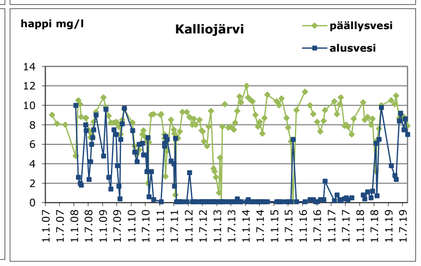


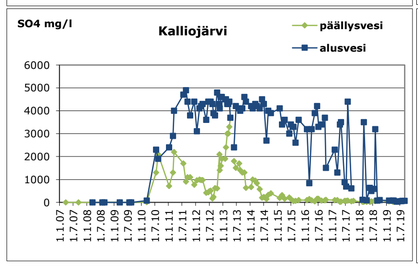


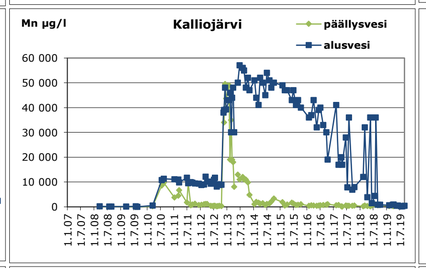


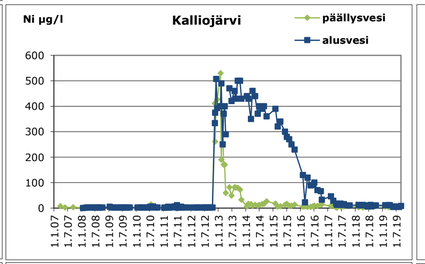


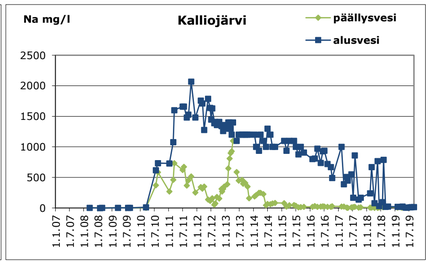


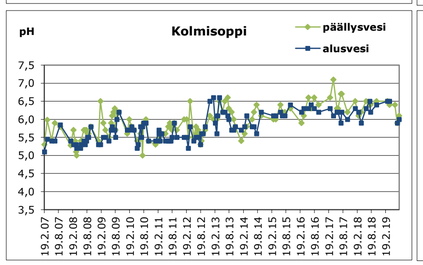


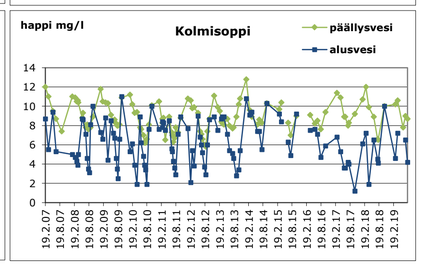


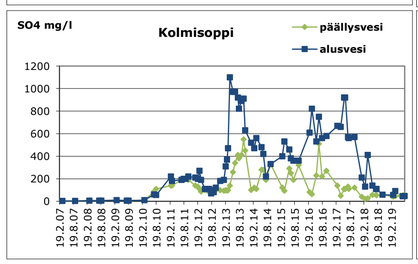


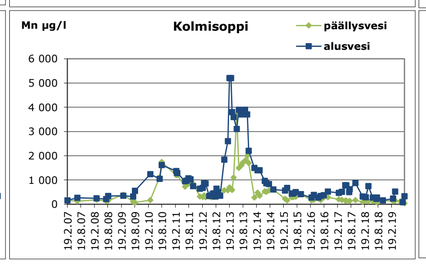


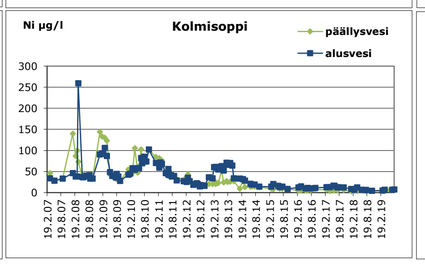


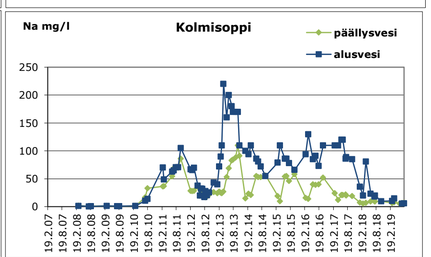


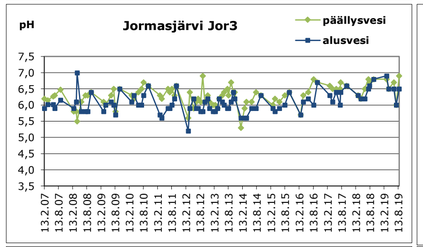


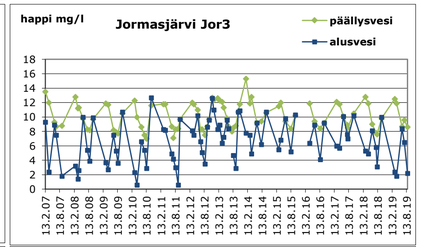


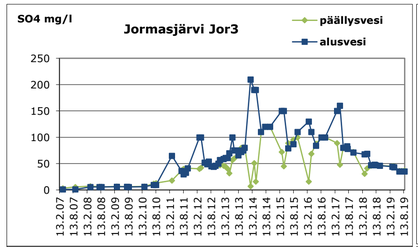


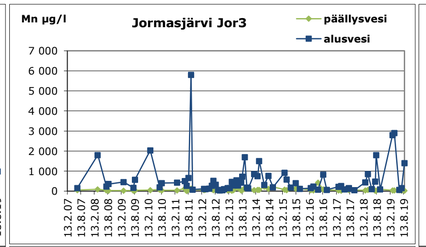


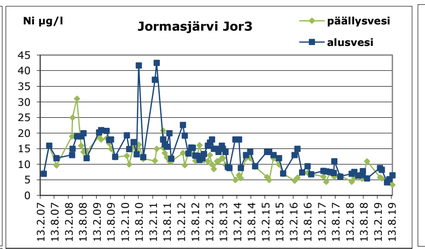


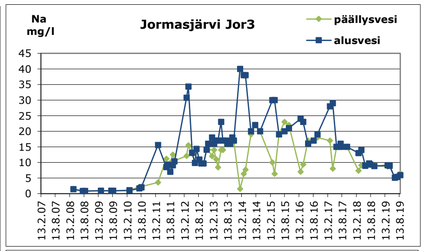


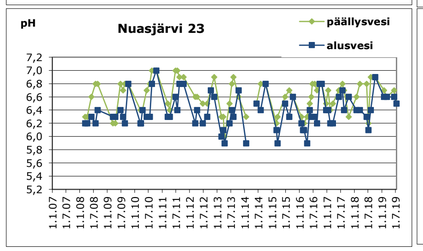


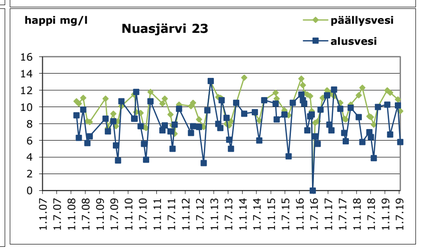


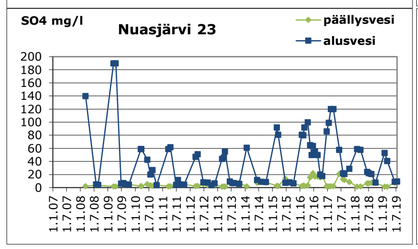


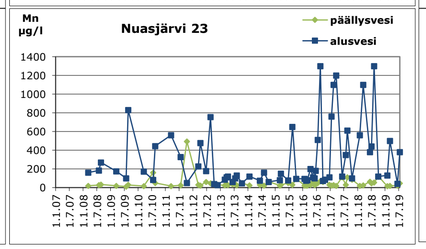


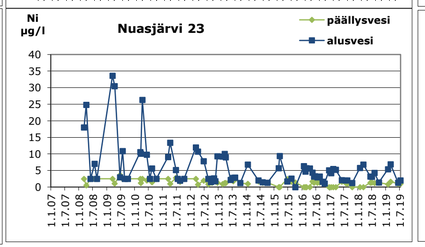


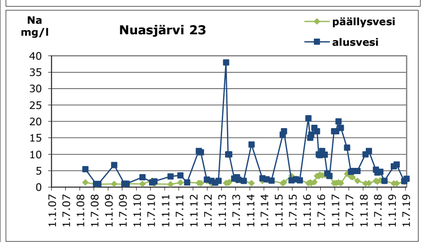








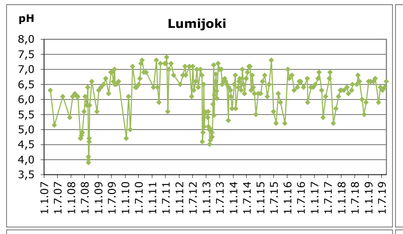


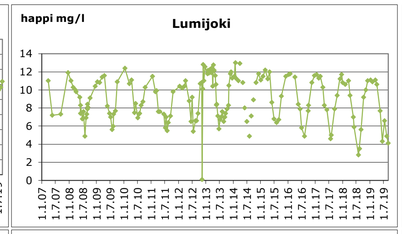


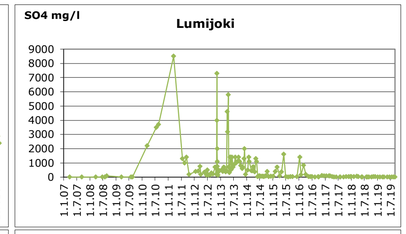
LIITE 3
VUOKSEN SUUNTA – KEHITYSKUVAAJAT

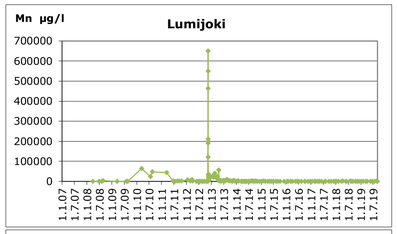
Vuoksen suunta

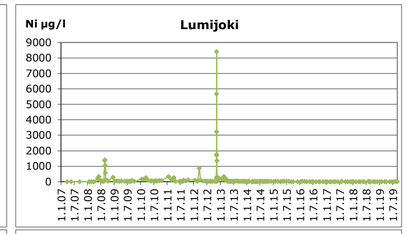
Liite 3

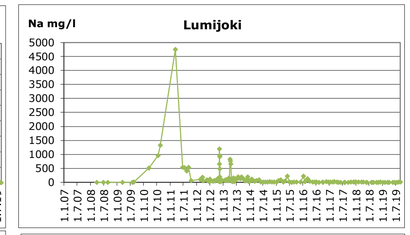


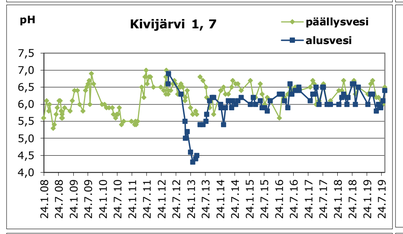


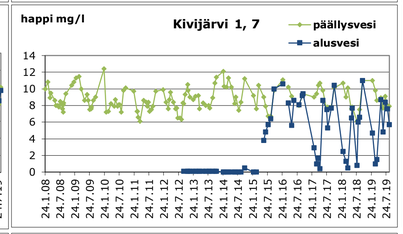


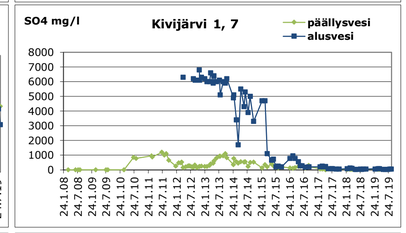


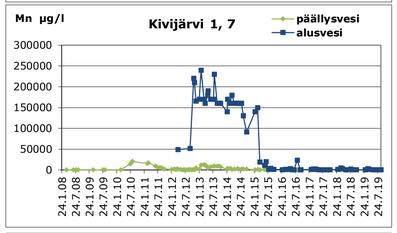


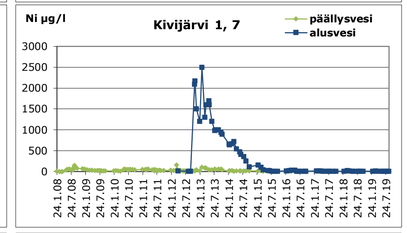


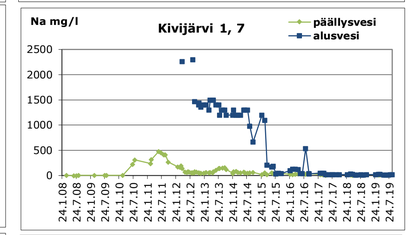


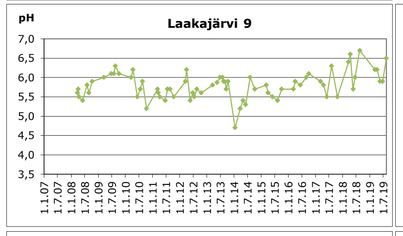


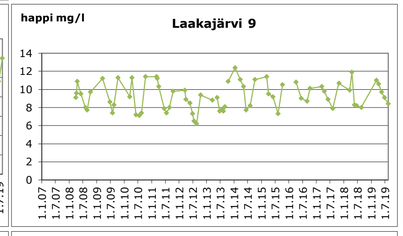


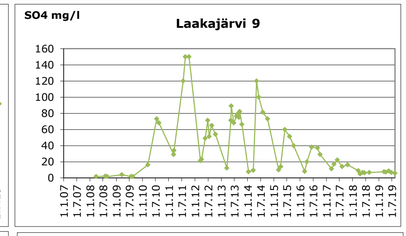


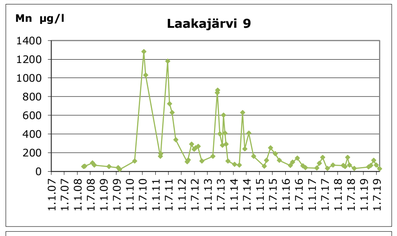


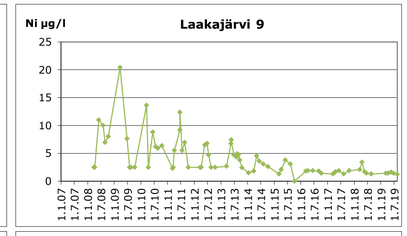


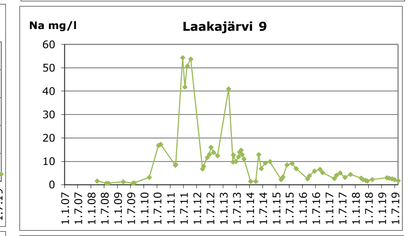


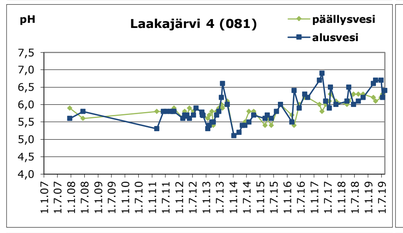


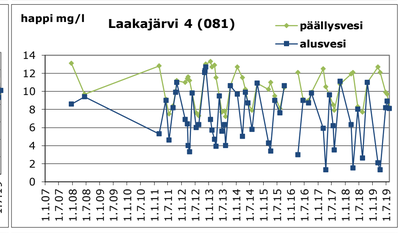


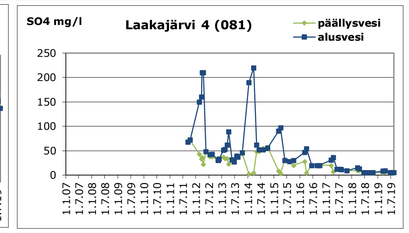


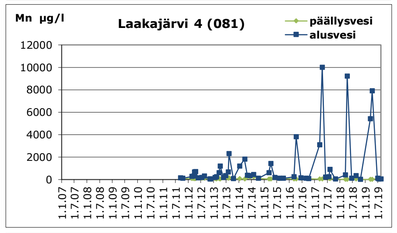


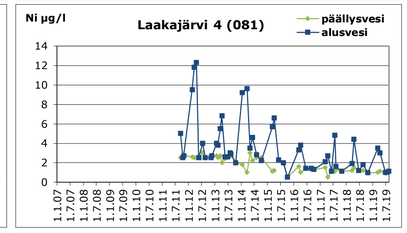


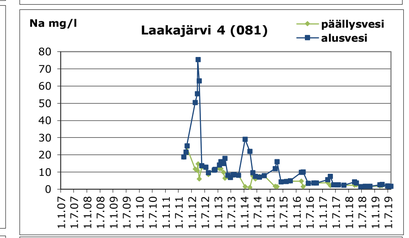


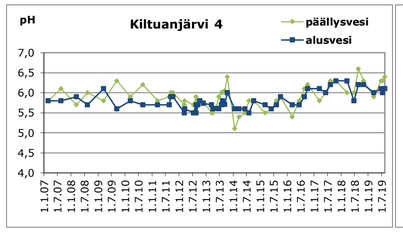


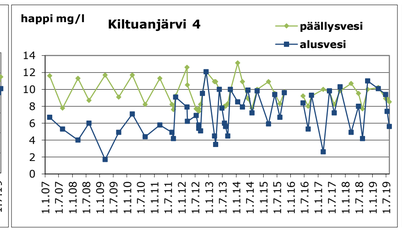


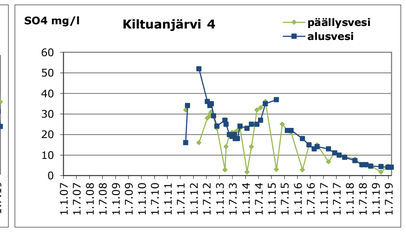


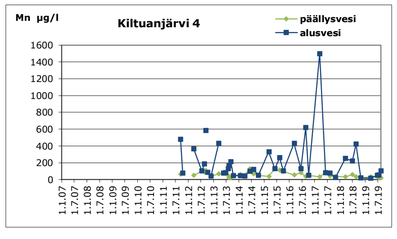


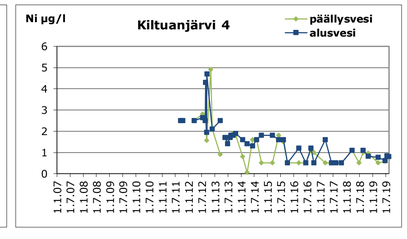


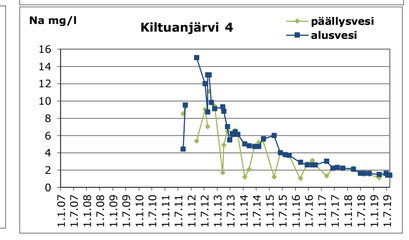












LIITE 4
TULOSTEN YHTEENVETOTAULUKKO

Väreil on kävtetty taulukossa. erottamaan eri vesistöiä toisistaan.

Näytteenotto-syvyys	Kokonais-syvyys	Näkösyvyys	Lämpötila	Sameus	pH	Sähkön-johtavuus	Alkalisteetti	Liuennut happi	Hapen kyllästysaste	Kiintoaine	COD_{Cr}	TOC	DOC	Sulfaatti	Typpi	Ammonium-typpi	Nitraatti- ja nitriittityppen summa	Fosfori	Fosfaatti-fosfori	Klorofylli-a	Kalsium-kovuus	Alumiini	Alumiini, liuk.	Antimoni, liuk.	Arseeni, liuk.	Barium, liuk.	Elohopea	Elohopea, liuk.	Kadmium	Kadmium, liuk.	Kalsium	Kobolti, liuk.	Kromi, liuk.	Kupari, liuk.	Lyijy, liuk.	Magnesium	Mangaani	Mangaani, liuk.	Natrium	Nikkeli	Nikkeli, liuk.	Rauta	Rauta, liuk.	Rikki	Sinkki	Sinkki, liuk.	Uraani	Uraani, liuk.	Strontium	Litium	Bromi	Kobolti	Rubidium	Tantaali	Niobium	Yttrium	Neodyymi	Praseodyymi
m	m	m	°C	NTU		mS/m	mmol/l	mg/l	%	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mmol/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Näytteenottopäivä	Näytteenottoaika																																																									
Aittojoupin	12.8.2019	0.2		14.8		6.1	3.4	0.16	6.5	64	3.8	21	16	4.9	610	63	9.3	48	15				98	98	<0.20	0.24	7.1																																			
Atroloki, Kokukoski	15.8.2019	0.3	0.4	0.4	16.7			2.1						3																																														
Haaoaärvi, pinta	14.8.2019	1			16.2			2.5						3.9						6.8																																								
Haaoaärvi, pohia	14.8.2019	8.6			15.1			2.5						4.3																																													
Haaoaärvi, väli	14.8.2019	4.5			15.9			2.5						3.9																																													
Hakonen, pinta	5.8.2019	1			14.8	1	6.8	5.5	0.09	8.7	86			7.8	7.2	16	270	13	<4.0	<4.0	7	2.8	3.2		31	26	<0.20	<0.20	3.5																																					
Hakonen, pohia	5.8.2019	12.5			9.5	1.9	6.5	5.5	0.094	3.2	28			8.8	7.9	14	270	13	62	20	4.9				73	73	<0.20	<0.20	5.8																																			
Hakonen, väli	5.8.2019	6.5			15	0.94	6.7	5.4		8.6	85													33	25	<0.20	<0.20	4.6																																		
Härkäpuro	8.8.2019	0.1	0.2	15.5		9.3	150	0.48	8.4	84	30	5	6	840	370	71	17	6.3	<2.0				200	79	<0.20	<0.20	17																																			
Iso-Savonlärvi, pinta	13.8.2019	1		15.1	1.1	5.5	2.6	0.03	8.8	87		11	8.5	7.8	280	5.5	<4.0	22	<2.0	3.8			160	130	<0.20	<0.20	12																																			
Iso-Savonlärvi, pohia	13.8.2019	13.5		7	9.3	5.6	2.7	0.037	3.3	27		15	11	6.7	430	150	18	26	4.8				260	190	<0.20	<0.20	13																																			
Iso-Savonlärvi, väli	13.8.2019	7.5			10.3	2	5.7	2.4		1.5	14			7.1	310								220	180																																					
Jormasioki	15.7.2019	0.1	0.3	13.4		6.9	9.5	0.14	9.1	87	<1.0	9.2	8.4	7.5	32	370	8.1	96	9.5	2			67	57	<0.20	0.22	5.1																																			
Jormasioki	15.7.2019	0.3	0.3	14.1		7.2	11	0.14	8.6	84	<1.0	10	8.3	8.5	38	260	7.5	6.8	8.8	<2.0			62	57	<0.20	0.24	4.6																																			
Jormasioki	2.9.2019	0.2	0.4	17.9		7	11	0.12	9	94	<1.0	9.7	8.1	7.9	36	210	4.3	5.9	7	<2.0			49	43																																					
Jormasiärvi eteä, pinta	26.8.2019	1	17.9	15.9	0.8	6.8	11	0.11	8.5	88		11	9.3	37	320	7	10	7.8	3.3	3.7			62	54	<0.20	<0.20	4.9																																			
Jormasiärvi eteä, pohia	26.8.2019	16.9		15.4	1	6.8	11	0.11	8.4	84		11	9.3	35	290	6.6	12	8.8	3.1				65	53	<0.20	<0.20	4.8																																			
Jormasiärvi eteä, väli	26.8.2019	8.5		15.4	0.71	6.8	11		8.4	84				37									62	55																																			
Jormasiärvi pohjoinen, pinta	26.8.2019	10.8		16	0.59	7	11	0.12	8.7	88		9.9	9.2	36	290	4.9	<4.0	7	2.6	5.2			59	50	<0.20	<0.20	5																																			
Jormasiärvi pohioinen, pohia	26.8.2019	9.8		10.8	0.56	6.9	11	0.11	8.7	79		10	9.2	36	290	5.2	4.5	9.4	3.1				52	48	<0.20	<0.20	4.7																																			
Jormasiärvi pohioinen, väli	26.8.2019	5.5		15.7	0.58	6.9	11		8.8	88				36									60	52																																			
Jormasiärvi syvänne, pinta	18.7.2019	1		15	0.83	6	9.9	0.098	9.6	95		11	9.1	36	310	11	31	12	<2.0	4			71	65	<0.20	<0.20	5.4																																			
Jormasiärvi syvänne, pohia	18.7.2019	25.6		16	0.59	6.9	11	0.11	8.6	87		11	9.1	37	280	7.4	6.7	9.3	2.8	4.7			60	54	<0.20	<0.20	4.7																																			
Jormasiärvi syvänne, pohia	18.7.2019	24		11.3	0.82	6	9.9	0.1	6.5	59		12	9.8	35	420	44	83	13	3				93	93	<0.20	<0.20	6.3																																			
Jormasiärvi syvänne, pohia	26.8.2019	24.6		12.9	2.8	6.5	11	0.17	2.2	21		13	11	35	570	15	220	15	4.4				120	97	<0.20	0.21	9.4																																			
Jormasiärvi syvänne, väli	18.7.2019	12.5		15	0.77	6	9.9	0.1	8.8	88				36									73	67																																			
Jormasiärvi syvänne, väli	26.8.2019	13		15.7	0.92	6.8	11		8.5	86				36									61	52																																			
Kallolokisuu	18.7.2019		0.4	15		6.2	38	0.2	8.3	83	3.1	13	10	160	350	13	20	20	3.1				85	31	0.75	<0.20	11																																		
Kallolokisuu	12.8.2019	0.1	0.3	13.7		6.3	24	0.2	8.2	80	4.3	14	11	100	340	14	<4.0	24	8				65	65	<0.20	<0.20	7.6																																		
Kallolokisuu	2.9.2019	0.2	0.4	15		6.5	19	0.12	7.1	70	5.1	26	17	67	460	12	5.8	28	5.3				170	165																																			
Kallosärvi, pinta	18.7.2019	1		17.8	1.1	5.7	13	0.048	8.8	92	1.5	16	12	50	330	<4.0	<4.0	11	2.4	2.3			200	190	<0.20	<0.20	9.2																																		
Kallosärvi, pinta	2.9.2019	1		14.4	1.5	6.4	16	0.058	8.5	83		15	12	61	290	<4.0	10	14	5.4	2.5			160	130	<0.20	<0.20	7.7																																		
Kallosärvi, pohia	3.9.2019	1		17.6	1.8	6	18	0.045	7.9	83	2.8	12	9	66	460	4.8	<4.0	11	2.3	3.2			210	170																																			
Kallosärvi, pohia	18.7.2019	3.5		15	1.4	5.7	13	0.048	7.5	74	1.4	16	12	51	440	11	6.8	11	<2.0				220	190	<0.20	<0.20	8.9																																		
Kallosärvi, pohia	26.8.2019	4		14.4	1.5	6.3	16	0.075	8.6	84		14	11	61	280	<4.0	<4.0	11	2.6				160	150	<0.20	<0.20	7.9																																		
Kallosärvi, pohia	3.9.2019	3.9		16.6	1.8	6	18	0.038	7	72	3		12	67	460	<4.0	<4.0	11	2.5				220	180																																			
Kiltuanlärvi, pinta	15.7.2019	36.8		16.7	0.65	6.3	2.2			8.9	90		12	4	390	6	34	17	2.9	3.5			150	150																																			
Kiltuanlärvi, pinta	14.8.2019	1		16.5	0.63	6.4	2.4	0.053	8.5	87		16	12	3.8	380	12	11	17	3.6	12			140	140	<0.20	<0.20	6.3																																		
Kiltuanlärvi, pohia	14.8.2019	35.8		16.7	0.94	6	2.3		8.5	84				4	490	41	90	28	12				180	180																																		
Kiltuanlärvi, ohia	14.8.2019	35.5		8.7	0.87	6.1	2.5	0.051	5.6	48		18	13	4	520	21	90	28	12				170	160	<0.20	0.22	6.9																																		
Kiltuanlärvi, väli	14.8.2019	15		11.3	0.53	6	2.1		7.7	71				4									160	160																																		
Kiltuanlärvi, väli	14.8.2019	15		13.4	0.58	6.2	2.3		6.9	66				3.8									150	150																																		
Kivilioki 4	17.7.2019	0.2	0.5	17.8		5.9	13	0.073	9.5	100	2.2	20	16	48	540	18	<4.0	29	3.7				140	130																																			
Kivilioki 4	13.8.2019	0.4	0.6	0.8	15.4		6	0.084	7.7	77	2.1	19	15	52	390	4.9	<4.0	24	3.4				120	100	<0.20	<0.20	3.4																																		
Kivilioki 4	3.9.2019	0.4	0.8	0.8	18		6.6	15	0.095	8.3	87	2.1	14	52	540	<4.0	<4.0	24	4.5				130	120																																			
Kivilärvi 10, pinta	13.8.2019	9		15.3	2.5	6	14	0.075	7.8	78	1.8	20	15	56	370	6	<4.0	27	4.3	4.2			160	100	<0.20	<0.20	3.3																																		
Kivilärvi 10, pohia	13.8.2019	9		6.4	130	6.3	840	1.4	<0.2	<2.0	230	64	50	4600	6300	6000	<4.0	250	3				270	230	<0.20	0.54	38																																		
Kivilärvi 10, väli	13.8.2019	5		11.9	85	6.1	730		<0.5	3.9	150			3600									210	170																																		
Kivilärvi 2, pinta	17.7.2019	1			1.1	5.9	12		1.6		15			44	400	5.5	<4.0	18	3	3.7			140	130																																		
Kivilärvi 2, pinta	17.7.2019	4		15.4	1.8	6	13	0.071	8.3	84	1.6	19	15	51	380	8.7	<4.0	24	4.9	6.1			110	110	<0.20	<0.20	3.8																																		
Kivilärvi 2, pohia	17.7.2019	6.8		7.9	53	6.2	270		0.5	3.8	43	30		1400	2900	2500		16	12	5.6			220	160																																		
Kivilärvi 2, pohia	13.8.2019	7.3		9	25	6.3	310	0.98	<0.5	2.8	110	53	38	1600	3200	3100		<4.0	42	6.3			210	190	<0.20	0.35	20																																		
Kivilärvi 2, väli	17.7.2019	4		14.8	1.1	5.8	12		7.8	77	1.2			4									140	140																																		
Kivilärvi 2, väli	13.8.2019	4		15.3	1.8	5.9	14		7.6	75	1.2			53									110	110																																		
Kivilärvi 2, ylä	17.7.2019	1		20	1.4	6	13		9.1	100	2.1	16	16	48	430	4.7	<4.0	22	3.5	4.2			140	140																																		
Kivilärvi 7, pinta	13.8.2019	1		15.4	2.5	6	14	0.08	8	80	1.2	19	15	55	390	7.8	<4.0	25	5.6	4			120	110	<0.20	<0.20	3.5																																		
Kivilärvi 7, pinta	5.9.2019	1		18	2.8	6.5	15		7.9	84	1.9	21	15	53	380	8.8	<4.0	27	5.4	8.1			160	130																																		
Kivilärvi 7, pohia	17.7.2019	3.5		14	1.5	5.9	13		8.4	81	1.7	16	16	48	430	5.2	<4.0	21	4.4				130	130																																		
Kivilärvi 7, pohia	13.8.2019	3.8		15.4	2.4	6.1	13	0.086	7.6	76	1.7	20	15	55	380	5.4	<4.0	26	4.4				120	110	<0.20	<0.20	3.6																																		
Kivilärvi 7, pohia	5.9.2019	4		16.3	4.1	6.4	15	0.097	5.7	58	2.1	22	15	53	600	30	6.4	28	5.6				150	130																																		
Kivijuuro	17.7.2019	0.15	0.3	0.3	8.1	63	3.5	38	<0.020	1.5	13	32	6.5	120	2800	1200	5.8	8.6	5.5				990	930						<0.020	<0.020	3.4	3.4	15									9.3	3200	3200	5	720	11000	11000		1200	1200	0.27	0.27							
Kivijuuro	3.9.2019	0.1	0.3	0.3	11.7	37	3.7	28	<0.02	4.6	44	24	8.8	77	890	656	5.5	7.9	2				740	720						<0.020	<0.020	2.7	2.7	4.3									9.1	1900	1800	8.3	420	6700	6600		740	720	0.43	0.41							
Kolmisoppi lähtevä	18.7.2019	0.1		15.3	0.79	5.9	13	0.079	9.1	91	1.1	17	13	53	390	9.3	57	9.9	<2.0				130	130	<0.20	<0.20	7.7																																		
Kolmisoppi lähtevä	14.8.2019	0.1	0.3	0.3	14.9		6	0.083	8.7	86	1.2	17	12	53	370	5.8	23	9.2	<2.0	6.4	0.11		100	100	<0.20	<0.20	7.9																																		
Kolmisoppi, pinta	18.7.2019	1		16.4	0.99	5.9	13	0.079	9	92	1.7	17	13	52	390	8.1	52	14	<2.0	6.2			130	120	<0.20	<0.20	7.2																																		
Kolmisoppi, pohia	18.7.2019	15		15	0.96	6.1	14	0.083	8.7	86	1.1	17	13	55	350	5.2	20	9.8	<2.0	8.3			100	100	<0.20	<0.20	8.4																																		
Kolmisoppi, pohia	18.7.2019	13.5		10.3	0.57	5.9	12	0.083	6.5	58	<1.0	19	14	45	410	19	76	10	<2.0				150	150	<0.20	<0.20	7.9																																		
Kolmisoppi, pohia	12.8.2019	13.8		10.8	0.93	6	13	0.1	4.2	38	<1.0	20	13	47	460	28	75	7.4	2				140	140	<0.20	<0.20	8.8																																		
Kolmisoppi, väli	18.7.2019	7.3		14	0.98	5.9	13		7.9	76	<1.0			52									110	110																																		
Kolmisoppi, väli	12.8.2019	7.5		15	0.92	6.2	13		8.7	86	1.1			54									110	110																																		
Komentolati	6.8.2019	0.2	0.4	0.4	13		6.9	3.5	0.19	8.9	84	2.5	15	11	260	4.5	<4.0	18	3.6				55	47	<0.20	<0.20	3.4																																		
Kuusilioki	18.7.2019			0.4	15		6.4	120	0.4	8.6	85	3.3	2.9	3.6	610	280	52	74	63	2.9			110	13	<0.20	<0.20	22																																		
Kuusilioki	2.9.2019	0.2	0.8	0.8	19		6.4	120	0.34	8.5	83	3.1	2.8	3.4	610	190	42	16	12				60	16	<0.20	<0.20	24																																		
Kuusilioki	2.9.2019	0.4	0.8	0.8	15		7.1	120	0.46	7.7	77	2.1	2.9	1.4	550	230	71	36	9.5	6.5			67	10																																			
Laakiärvi 081, pinta	16.7.2019	1	24.6	16.4	0.91	6.3	2.5		9.7	99		16	12	5.3	400	4.9	17	25	4.2	15			130	130	<0.20	<0.20	5.5																																		
Laakiärvi 081, pinta	14.8.2019	1		15.1	0.72	6.4	2.7	0.055	8.2	82		17	12	5.2	430	11	<4.0	19	4.1	9.9			130	110	<0.20	<0.20	5.6																																		
Laakiärvi 081, pohia	16.7.2019	23.6		15	0.73	6.2	2.5		8.9	89				11	5.1	390	8.2	22	21	4.1				130	130																																		
Laakiärvi 081, pohia	14.8.2019	23		15	0.84	6.4	2.7	0.055	8.1	81		16	12	5.3	430	9.5	<4.0	19	4.4				130	130	<0.20	<0.20	5.5																																		
Laakiärvi 081, väli	16.7.2019	10		15.5	0.7	6.3	2.4		9.3	94				4									130	130																																		
Laakiärvi 081, väli	14.8.2019	10		15	0.67	6.4	2.6		8.3	82				4									130	120	<0.20	<0.20	6.2																																		
Laakiärvi 12, pinta	14.8.2019	1		15.5	0.9	6.6	2.6	0.055	8.6	87		17	12	5	410	9.6	<4.0	20	5.1	9.3			130	120	<0.20	<0.20	6																																		
Laakiärvi 12, pinta	2.9.2019	5.2		15.5	0.84	6.3	2.6	0.054	8.5	86		16	12	5	390	5.9	<4.0	19	5.2				120	120	<0.20	<0.20	5.8																																		
Laakiärvi 12, väli	14.8.2019	3		15.5	0.79	6.4	2.5		8.3	84				4.7									130	130																																		
Laakiärvi 13, pinta	18.7.2019	8.7		15.7	1.1	6.6	2.8	0.078	8.5	86		17	12	5.6	440	8.4	<4.0	20	4.2	8.8			130	120	<0.20	<0.20	5.1																																		
Laakiärvi 13, pohia	14.8.2019	8.7		15.1	1.1	6.4	2.7	0.057	8.1	81		16	12	5.5	420	7.7	<4.0	26	5.7				120	120	<0.20	<0.20	5.2																																		
Laakiärvi 13, väli	14.8.2019	5		15.3	1.1	6.4	2.6		8.1	81				4.8									130	120																																		
Laakiärvi 9	18.7.2019	2		16.1	0.5	6.5	2.8	0.059	8.4	87		17	12	5.8	430	6.7	<4.0	20	5.1				130	120	<0.20	<0.20	5.1																																		
Lumioki 1, sitra	17.7.2019	0.1	0.2	14		5.9	27	0.27	6.6	64	4.4	34	24	10	580	35	12	45	9.4				200	180																																			
Lumioki 1, sitra	13.8.2019	0.2	0.2	0.2	14.1		6.4	67	0.41	4.9	47	7.3	31	22	640	43	44	14					130	130	<0.20	0.28	9.8																																		
Lumioki 1, sitra	3.9.2019	0.15	0.3	0.3	15.6		6.6	7.1	0.32	4.1	41	6.7	27	27	970	590	16	5.3	46	13				190	160																																		
Lumioki, pinta	12.8.2019	0.8		15.1	7.7	6.3	8.7	0.18	7.6	76		12	11	22	520	26	<4.0	48	19	12			180	180	<0.20	0.28	8.2																																		
Nj23, pinta	15.7.2019	1	26,3	15.9		6.5	3.7		9.5	96	2.8	13	9.7	8.6	340	<4.0	<4.0	19	2.2	14	0.085	84	0.28																																		
Nj23, ohia	15.7.2019	1.5	25.9	14.8		6.2	3.4	0.1	8.8	87	1.2	12	9.5	9	6.7	290	<4.0	15	2.7	7.1	0.065	51			<0.20	0.24	5.5																																		
Nj23, pinta	8.8.2019	1		15.2		6.4	3.3		9.7	99	2.2	12	9.6	9.3	15	330	4.6	8.8	16	<2.0	0.095	83	0.28																																		
Nj23, pohia	8.8.2019	24.9		14.8		7	3.5	0.12	8.7	86	3