Kaivosteollisuus ry

SELVITYS MALMINETSINTÄ-KAIRAUSTEN VAIKUTUKSISTA PINTA- JA POHJAVESIIN

9.12.2022

ENVINEER

Kaivosteollisuus ry

Sanna Rötsä
Eetu Jokela

Envineer Oy

Heli Uimarihuhta
Eeva Kauppinen
Mira Kehusmaa

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinumero: 11541

SISÄLLYSLUETTELO

1 Työn tavoitteet ja toteutus 5
2 Malminetsintäkairaus 5
2.1 Kairauksen aloittaminen 5
2.2 Kairaus 6
2.2.1 Veden käyttö 6
2.2.2 Kemikaalien käyttö 7
2.3 Töiden päättäminen 8
3 Pinta- ja pohjavesien Laadun viitearvot 8
3.1 Pintavesi 8
3.2 Pohjavesi 9
4 Selvityksen lähtöaineisto 11
4.1 Tutkimusalueet 11
4.1.1 Toimija A 11
4.1.2 Toimija B 12
4.1.3 Toimija C 12
4.2 Avoimet aineistot 13
5 Tulokset 14
5.1 Toimija A 14
5.1.1 Laimenemisolosuhteet 15
5.1.2 Pintaveden laatu 15
5.2 Toimija B 19
5.2.1 Laimenemisolosuhteet 20
5.2.2 Pintaveden laatu 21
5.3 Toimija C 25
5.3.1 Laimenemisolosuhteet 27
5.3.2 Pintaveden laatu 28
5.4 Jäähdytysvesitutkimukset 30
5.4.1 Toimija C: jäähdytysvesitutkimus 30
5.4.2 Toimija C: pohjavesitutkimus 32
6 Tulosten tarkastelu 36
6.1 Kairauksen vaikutukset pintavesiin 36

6.2 Kairauksessa muodostuvat jäähdytysvedet 38
7 Epävarmuustekijät 39
8 Yhteenveto 40
Lähteet 41

1 TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS

Kaivosteollisuus ry on kaivosteollisuudessa toimivien yritysten vaikuttaja- ja yhteistyöjärjestö. Eri malminetsintähankkeiden yhteydessä sidosryhmien keskusteluissa on viime aikoina noussut esille malminetsintään liittyvät ympäristövaikutukset. Kaivosteollisuus ry:n toimeksiannosta Envineer Oy on laatinut tämän selvityksen malminetsinnän yhteydessä suoritettavien syväkairausten vaikutuksista pinta- ja pohjavesiin. Selvityksen tuloksia voidaan käyttää apuna sidosryhmien kanssa käytävissä keskusteluissa, mahdollisesti kairausten suunnittelussa sekä mahdollisten jatkoselvitysten pohja-aineistona.

Selvityksessä on käsitelty ainoastaan syväkairausta (timanttikairaus), maaperänäytteenotto ja muut malminetsintään liittyvät menetelmät on jätetty selvityksen ulkopuolelle. Selvitys on tehty Kaivosteollisuus ry:n malminetsintätyöryhmän kautta kerättyjen aineistojen sekä avoimista lähteistä (ympäristöhallinto) saatujen pohja- ja pintavesien aineistojen pohjalta. Pohja- ja pintavesiin kohdistuvien vaikutusten arvioinnissa on huomioitu kairauskohteiden sijainti suhteessa luokiteltuihin pohjavesialueisiin, mahdollisesti tiedossa oleviin talousvesikaivoihin sekä vesistöihin. Lisäksi on huomioitu lähialueen luokiteltujen pohjavesialueiden ja vesistöjen ominaispiirteet. Työssä on arvioitu lähtöaineistona käytettyjen case-esimerkkien pohjalta eri kairausmenetelmien vedenoton ja vesien maastoon johtamisen vaikutuksia tutkimusalueiden pohja- ja pintavesiin. Selvityksessä on keskitytty kairausten mahdollisiin pintavesivaikutuksiin, koska pohjavesien osalta käytössä ollut aineisto oli vähäistä. Pohjavesivaikutuksia on arvioitu niiltä osin kuin se on ollut käytössä olevan aineiston pohjalta mahdollista. Selvityksessä on huomioitu myös mahdollisten kairauskemikaalien käyttö. Kairauskemikaalien osalta on kuvattu sitä, missä tapauksissa niiden käyttö on tarpeellista ja kuinka usein kairauskemikaaleja käytetään. Työssä on esitetty tyypillisiä kemikaaleja (tai kemikaaliryhmiä), niiden käyttömääriä, ominaisuuksia sekä mahdollisia terveys- tai ympäristövaikutuksia. Malmietsinnän paikkatiedot ovat olennaisia selvityksessä käytettyjä lähtötietoja, jotka eivät ole kuitenkaan julkisia. Tämän vuoksi malminetsinnän aineistojen tuloksia on käsitelty niin, etteivät kairauskohteet tai toimijat käy tuloksista selville.

2 MALMINETSINTÄKAIRAUS

2.1 Kairauksen aloittaminen

Malminetsintäkairauksen aloittamista edeltää malminetsintätyö, joka kestää yleensä useita vuosia. Malminetsintätyö aloitetaan valmisteluvaiheella, missä otetaan selvää alueen ominaispiirteistä, sekä mahdollisista rajoitteista malminetsintätyöhön. Valmisteluvaiheessa perehdytään myös tutkimusalueella aiemmin tehtyjen geologisten tutkimusten sekä malminetsinnän aineistoihin, sekä mahdollisesti aiemmin suoritettujen kallioperäkairausten tuloksiin. Tunnusteluvaiheessa siirrytään maastotutkimuksiin, jossa suoritetaan maanpäällistä kartoitusta sekä vähäistä näytteenottoa. (Kaivosteollisuus ry, 2021)

Mikäli tutkimuksia halutaan jatkaa alueella, tutkittava alue rajataan ja sille tehdään varausilmoitus kaivosviranomaiselle. Kaivosviranomaisena toimii Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Varauksen myötä malminetsinnän harjoittajalla on oikeus suorittaa mm. geologista kartoitusta.

Lisäksi se antaa etuoikeuden malminetsintäluvan hakemiseen. Geologisten kartoitusten myötä mahdollisen esiintymän sijainti tarkentuu. Jos esiintymä vaikuttaa lupaavalta, haetaan malminetsintälupaa. Malminetsintään haettava lupa haetaan varausta pienemmälle ja paremmin kohdennetulle alueelle. Koneelliseen näytteenottoon vaaditaan kaivosviranomaisen malminetsintälupa tai maanomistajan lupa. Lupaharkinnassa kuullaan myös asianosaisia. Malminetsintätyö aloitetaan yleensä moreeninäytteenotolla, jonka jälkeen siirrytään kairausvaiheeseen. (Kaivosteollisuus ry, 2021)

2.2 Kairaus

Malminetsinnän kairaus toteutetaan yleensä pienellä, noin hehtaarin kokoisella alueella, joka on osa malminetsintäaluetta. Kairauksia voidaan tehdä samalla alueella useiden vuosien ajan. Syväkairauksessa näytekairaus tehdään maapeitteen läpi kallioon saakka. Syväkairaus toteutetaan yleensä timanttikairausmenetelmällä. Timanttikairauksessa käytetään kairauskoneita, jotka ovat lähes aina dieselkäyttöisiä ja telaketjuilla kulkevia laitteita. Niiden avulla kalliosta voidaan kerätä ehjä näyte pyörittämällä timanttikärkistä terää. Timanttikairaus aloitetaan poraamalla suojaputki maaperän läpi kallioon saakka, jonka jälkeen suoritetaan varsinainen syväkairaus. Putkimainen timanttiterä leikkaa kalliosta sylinterimäisen kivinäytteen (kairasydän), joka kuljetetaan jatkotutkimuksiin. (Kaivosteollisuus ry, 2021)

Kairasydännäytteen keruu jättää kallioon kairareiän. Kairareikä on halkaisijaltaan noin 30–65 mm. Näytekairaukset tehdään yleensä noin 150–300 metrin syvyyteen, mutta kairaus voidaan tehdä jopa 1 000–2 000 metrin syvyyteen. 1 000 metrin syvyyteen kairaaminen kestää noin kuukauden. Kairauksessa syntyy jauhettua kiviainesta eli niin sanottua ’’kairaussoijaa’’. Kairaussoijaa voi syntyä enimmillään noin 1 000 kg sataa metriä kohden. Pääsääntöisesti maanpinnalle nousevan kairaussoijan määrä on kuitenkin huomattavasti pienempi eikä joissain tapauksissa kairaussoijaa nouse laisinkaan maanpinnalle. Maanpinnalle nousevan kairaussoijan määrä vaihtelee paljonkin kallioperästä riippuen. Ruhjeisessa kallioperässä kairaussoija jää kallioperän rakoihin, kun taas ehjässä kalliossa suurin osa kairaussoijasta nousee maanpinnalle jäähdytysveden mukana. Maanpinnalle nousseen kairaussoijan talteenottoa suositellaan kaikilla tutkimuskohteilla, vaikkakin se on pakollista ainoastaan suojelluilla alueilla. (Kaivosteollisuus ry, 2021)

2.2.1 Veden käyttö

Malminetsintään liittyvissä syväkairauksissa käytetään vettä laitteiston jäähdyttämiseen, kitkan vähentämiseen sekä pitämään kairareikää puhtaana syntyvästä kivijauheesta, ns. kairaussoijasta. Normaaleissa olosuhteissa veden tarve on maksimissaan noin 20 m^3/vrk kairausyksikköä kohti. Kerrallaan prosessissa on vettä noin 2–8 m^3. Kairauksen vaatimaan vesimäärään vaikuttaa kallion eheys. Mikäli kallio on rikkonainen, kairauksessa käytettävä vesi painuu kallion ruhjeisiin.

Käyttövesi otetaan usein joko lähistöllä sijaitsevasta pintavesilähteestä (järvet, lammet, ojat) tai aiemmin kairatusta kairareiästä (pohjavesi). Suotuisin vaihtoehto on ottaa vesi vanhasta kairareiästä. Tätä vettä kutsutaan myös nimellä kalliovesi. Kolmantena vaihtoehtona käyttövesi saatetaan tuoda työkohteelle muualta vesisäiliössä. Tämä niin sanotun ajoveden tai kantoveden kuljettaminen kairauspaikalle on työlästä ja lisää kuormitusta ympäristöön, minkä vuoksi sen käyttöä pyritään välttämään. Kairauksessa käytettävä vesi voidaan laskea suoraan takaisin

maastoon (avoin kierto) tai vettä voidaan puhdistaa ja kierrättää työn aikana (suljettu kierto). Riippuen käyttötavasta ”uuden” veden tarve työmaan aikana voi vaihdella huomattavasti.

Veden tarvetta voidaan vähentää huomattavasti käyttämällä suljettua kiertoa. Suljetussa kierrossa kairauksessa käytetty vesi erotetaan kairaussoijasta ja käytetään uudelleen. Yleensä veden erotus kairaussoijasta tapahtuu sentrifugoimalla, mutta myös muita vedenpuhdistustekniikoita voidaan käyttää. Mitä paremmin vesi saadaan erotettua kairaussoijasta, sen kuivempaa pois kuljetettava kairaussoija on, ja sen paremmin vettä saadaan kierrätettyä suljetussa kerrossa. Vähimmillään suljettu kierto vaatii vettä 0–2 m^3/vrk, mikä on vain noin 5 % normaalista vedenkulutuksesta.

2.2.2 Kemikaalien käyttö

Yleensä kairauskemikaaleja käytetään stabiloimaan kairausreikää, eli pitämään rikkonainen kallioperä sellaisessa kunnossa, että kairaaminen on mahdollista. Kairauskemikaali muodostaa kalvon kairareiän seinämiin, estäen reiän sortumisen. Lisäksi kairauskemikaalien avulla voidaan poistaa kitkaa. Kairauskemikaalien käyttö ei kuitenkaan ole aina kairauksen yhteydessä tarpeellista, etenkin ehjää kallioperää kairattaessa. Niitä käytetäänkin siis vain tarpeen mukaan. Mahdollisia kairauskemikaaleja käytettäessä, niiden käyttömäärät vaihtelevat kohteittain.

Lisäksi kairauksessa käytettävän veden käsittelyyn voidaan käyttää vedenkäsittelyyn tarkoitettuja kemikaaleja, kuten flokkulantteja. Flokkulantit ovat kemiallisia lisäaineita, joiden avulla nesteeseen liuenneet kiintoaineet muodostavat ryhmittymiä. Kiintoaineiden ryhmittyessä niiden laskeutumisnopeus paranee. Flokkulantit ovat epäorgaanisia suoloja tai vesiliukoisia orgaanisia polymeerejä. (Heitner, 2001)

Vuonna 2019 flokkulantin käyttöä kairausveden käsittelyssä tutkittiin Eurofins Ahma Oy:n toimesta. Tutkimuksessa otettiin näytteet kairakoneelle tulevasta luonnonvedestä, kairareiästä tulevasta soijasta ilman flokkulantin käyttöä, kairareiästä tulevasta soijasta flokkulantin lisäyksen jälkeen, käsitellystä kairauksessa käytetystä vedestä ilman flokkulanttia sekä käsitellystä vedestä niin, että flokkulantti on lisätty. Tutkimuksessa selvitettiin, miten flokkulantin lisäys kairauksessa käytettävään veteen vaikuttaa kairauksessa käytetyn veden laatuun ja kairaussoijan puhdistukseen. Tutkimuksessa käytetty vesi erotettiin kairaussoijasta sentrifugoimalla.

Tutkimustulosten mukaan kairaukseen käytetyssä, sentrifugoimalla käsitellyssä vedessä alumiinin, arseenin, litiumin, molybdeenin, nikkelin, rubidiumin, antimonin ja fosfaattifosforin pitoisuudet sekä kemiallinen hapenkulutus nousivat yli 50 % verrattuna kairakoneelle tulevaan veteen. Kairauksessa käytetty vesi otettiin luonnonvesistä. Barium-, kobolttі-, kromi-, rauta-, vanadiini- ja sinkkipitoisuudet olivat puolestaan alle 50 % pienemmät käsitellyssä vedessä kuin kairakoneelle tulevassa vedessä. (Eurofins Ahma Oy, 2020)

Kun kairaukseen käytetyn veden käsittelyssä käytettiin flokkulantteja, nousivat alumiinin, kuparin, elohopean, kaliumin, litiumin, natriumin, rubidiumin, uraanin, vanadiinin, sinkin, kemiallisen hapenkulutuksen, nitriittitypen ja fosfaattifosforin pitoisuudet yli 50 % verrattuna sentrifugoimalla käsiteltyyn veteen. Tutkimuksen mukaan elohopeapitoisuus ylitti sille asetetun ympäristölaatunormin (0,07 µg/l). Koboltin, mangaanin, molybdeenin ja nikkelin pitoisuudet jäivät puolestaan alle 50 % pienemmiksi kuin käsitellyssä vedessä, jossa ei käytetty flokkulanttia. Kairauksessa käytettävään luonnonveteen verrattuna flokkulantilla käsitellyn veden bariumin,

koboltin, kromin, raudan, mangaanin ja sinkin pitoisuudet olivat alle 50 % pienemmät. (Eurofins Ahma Oy, 2020)

Flokkulanttitutkimuksen mukaan kairauksessa käytetty sentrifugoimalla puhdistettu vesi alitti valtioneuvoston vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen (1022/2006) mukaiset ympäristönlaatunormit kadmiumin, lyijyn, elohopean ja nikkelin sekä niiden yhdisteiden osalta. Kairausvedessä, jossa käytettiin flokkulanttia, elohopeapitoisuus (0,21 µg/l) ylitti ympäristönlaatunormin (0,07 µg/l). Elohopean ympäristönlaatunormi ylittyi kuitenkin myös kairakoneelle tulevassa luonnonvedessä, pitoisuus raakavedessä oli 0,12 µg/l. (Eurofins Ahma Oy, 2020)

2.3 Töiden päättäminen

Malminetsintäkairaukseen liittyvien töiden päätyttyä työstä aiheutuneet jäljet ennallistetaan. Mikäli maakairausputket jätetään paikalleen, kairareiät tulpataan mansettitulpalla kairauksen loputtua. Mansettitulppa estää pohjaveden nousun maanpinnalle. Kairaputket katkaistaan niin, että ne jäävät noin 0,10–0,20 m korkeuteen maanpinnalta. Kairaputkien päät peitetään metallisella suojahatulla. Lisäksi kairaputket merkitään selkeästi huomiovärillisillä puupaaluilla, joissa on heijastin ja joista käy ilmi kairauspaikan tunniste. Kairareiät voidaan myös täyttää betonilla kiinni, jos mineralisaatiota suunnitellaan kaivettavaksi. Näin estetään veden valuminen mahdolliseen tulevaan kaivokseen.

3 PINTA- JA POHJAVESIEN LAADUN VIITEARVOT

Seuraavissa kappaleissa on esitetty tässä selvityksessä käytettyjä pinta- ja pohjavesien laadun tarkastelussa käytettyjä viitearvoja. Esitetyt viitearvot eivät välttämättä ole suoraan soveltuvia arvoja tässä selvityksessä tarkasteltujen vesijakeiden tai vesistöjen laadun arvioinnissa. Esitetyt viitearvot antavat kuitenkin pohjaa esitetylle tarkastelulle ja vaikutusten arvioinnille.

3.1 Pintavesi

Luonnollisten taustapitoisuuksien vertailuarvona pintavesille on tässä selvityksessä käytetty Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusta, jossa purovesi- ja purosedimenttinäytteitä kerättiin vuonna 1990 koko Suomen alueelta 1 166 kappaletta. Näytteenottopaikoista noin joka neljännestä paikasta otettiin uudet näytteet 1995. Näytteitä otettiin noin yksi näyte 300 km^2 kohti ja näytteenottopaikat edustivat noin 30 km^2 valuma-aluetta. Purovesinäytteiden pitoisuuksia on esitetty taulukossa (**Taulukko 1**). (Lahermo ym., 1996) Tässä selvityksessä tarkastellut vesistöt eivät ole lähtökohtaisesti purovesiä, vaan suurempia ojia tai jokia. Siten esitetyt purovesien luonnolliset pitoisuudet eivät ole täysin vertailukelpoisia.

Valtionneuvoston asetusta vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) sovelletaan vesilaissa (587/2011) tarkoitettuun vesistöön, noroon, ojaan ja pohjaveteen sekä Suomen aluevesiin ja talousvyöhykkeeseen. Taulukossa (**Taulukko 2**) on esitetty asetuksen mukaiset ympäristönlaatunormit nikkelille, kadmiumille, lyijylle ja elohopealle.

Taulukko 1. Tutkittavien aineiden luonnollisia pitoisuuksia purovesissä.

Parametri	Yksikkö	Luonnollinen pitoisuus purovesissä [1)]
pH		4,7–6,6
Sähkönjohtavuus (EC)	mS/m	2,00–22,0
Sulfaatti (SO_4^{2-})	mg/l	1,00–35,0
Magnesium (Mg)	mg/l	0,60–7,00
Rauta (Fe)	mg/l	0,06–2,60
Alumiini (Al)	µg/l	20,0–250
Arseeni (As)	µg/l	0,06–1,60
Boori (B)	µg/l	0,80–30,0
Mangaani (Mn)	µg/l	2,00–145
Koboltti (Co)	µg/l	0,03–1,00
Nikkeli (Ni)	µg/l	0,14–4,00
Kromi (Cr)	µg/l	0,15–1,40
Molybdeeni (Mo)	µg/l	0,03–0,85
Kupari (Cu)	µg/l	0,17–2,35
Hopea (Ag)	µg/l	<0,01
Sinkki (Zn)	µg/l	1,50–25,0
Kadmium (Cd)	µg/l	0,004–0,04
Elohopea (Hg)	µg/l	- [2)]
Lyijy (Pb)	µg/l	0,08–0,80

[1)] Lahermo ym., 1996. Luonnollisen pitoisuuden arvo edustaa noin 90 % tuloksista

[2)] Porakaivovesissä 0,02–0,03 µg/l. Kairarei'istä kootuissa näytteissä 0,1–0,5 µg/l. (Lahermo ym., 1996)

Taulukko 2. Tutkittavien aineiden ympäristölaatunormeja pintavesille.

Parametri	Sisämaan pintaveden sallittu enimmäispitoisuus (MAC-EQS)	Sisämaan pintaveden vuosikeskiarvo (AA-EQS)	Huomiot
Nikkeli (Ni)	34 µg/l	4 µg/l	Biosaatavalle nikkelille
Kadmium (Cd)	0,45–1,5 µg/l	0,08–0,25 µg/l	Raja-arvo riippuu veden kovuudesta
Lyijy (Pb)	14 µg/l	1,2 µg/l	Biosaatavalle lyijylle
Elohopea (Hg)	0,07 µg/l	-	Vuosikeskiarvolle ei ole määritetty ympäristölaatunormia

3.2 Pohjavesi

Pohjaveden luonnollisten taustapitoisuuksien vertailuarvona on käytetty tässä selvityksessä Geologian tutkimuskeskuksen toteuttamaa tutkimusta, jossa kerättiin pohjavesinäytteitä ympäri Suomea. Ensimmäisellä näytteenottokerralla touko-syyskuussa 1999 näytteet kerättiin 1 000 kaivosta. Toinen näytteenottokerta toteutettiin joulukuussa 2000 ja tammi-syyskuussa 2001. Toisella näytteenottokerralla kerättiin näytteitä yli 500 kaivosta. Näytteitä otettiin maaperän kaivoista sekä kallioporakaivoista. Maaperän kaivoista sekä kallioporakaivoista otetuista näytteistä on muodostettu kaivotyypeittäin mediaani- ja keskiarvopitoisuudet, jotka on esitetty taulukossa (**Taulukko 3**).

Valtionneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (1040/2006) on määritelty pohjavettä pilaavat aineet ja niiden ympäristönlaatunormit. Taulukossa (**Taulukko 4**) on esitetty

ympäristönlaatunormeja aineille, joiden pitoisuuksia on tutkittu kairaukseen käytettävästä vedestä, joka on osittain pohjavettä ja kalliopohjavettä sekä kairaukseen käytettyä pintavettä.

Taulukko 3. Tutkittavien aineiden luonnollisia pitoisuuksia pohjavedessä Geologian tutkimuskeskuksen vuonna 2001 tekemän pohjavesikartoituksen perusteella (Hatakka ym., 2002).

Parametri	**Yksikkö**	**Luonnollinen pitoisuus pohjavesissä**			
		Maaperän kaivo		Porakaivo	
		Mediaani	Keskiarvo	Mediaani	Keskiarvo
pH					
Sähkönjohtavuus (EC)	mS/m	14,5	16,4	22,2	28,2
Sulfaatti (SO_4^{2-})	mg/l	14,4	16,0	14,1	17,7
Magnesium (Mg)	mg/l	2,80	4,00	4,60	5,60
Alumiini (Al)	µg/l	30,5	105	4,10	53,2
Arseeni (As)	µg/l	0,15	0,27	0,26	1,30
Boori (B)	µg/l	12,1	18,5	32,2	57,3
Rauta (Fe)	mg/l	0,04	0,10	0,03	0,24
Mangaani (Mn)	µg/l	6,80	35,1	16,0	73,7
Koboltti (Co)	µg/l	0,13	0,35	0,05	0,45
Nikkeli (Ni)	µg/l	0,91	2,20	0,35	1,30
Kromi (Cr)	µg/l	<0,20	-	<0,2	-
Molybdeeni (Mo)	µg/l	0,17	0,43	0,84	1,80
Kupari (Cu)	µg/l	53,9	93,5	15,8	44,0
Hopea (Ag)	µg/l	<0,01	-	<0,01	-
Sinkki (Zn)	µg/l	32,0	78,3	19,0	52,1
Kadmium (Cd)	µg/l	0,03	0,05	<0,02	-
Elohopea (Hg)		[1]	[1]	[1]	[1]
Lyijy (Pb)	µg/l	0,44	0,71	0,20	0,60

[1] Porakaivovesissä 0,02–0,03 µg/l. Kairarei'istä kootuissa näytteissä 0,1–0,5 µg/l. (Lahermo ym., 1996)

Taulukko 4. Valtionneuvoston asetuksen (1040/2006) mukaisia ympäristölaatunormeja pohjavedelle.

Aine	**Yksikkö**	**Pohjavettä pilaavan aineen ympäristölaatunormi**
Elohopea (Hg)	µg/l	0,06
Kadmium (Cd)	µg/l	0,40
Koboltti (Co)	µg/l	2,00
Kromi (Cr)	µg/l	10,0
Kupari (Cu)	µg/l	20,0
Lyijy (Pb)	µg/l	5,00
Nikkeli (Ni)	µg/l	10,0
Sinkki (Zn)	µg/l	60,0
Antimoni (Sb)	µg/l	2,50
Arseeni (As)	µg/l	5,00
Kloridi (Cl^-)	mg/l	25,0
Sulfaatti (SO_4^{2-})	mg/l	150

4 SELVITYKSEN LÄHTÖAINEISTO

4.1 Tutkimusalueet

Selvityksen taustatietoina käytettiin kolmen eri kaivos-/malminetsintäyhtiön kairaustietoja sekä tutkimusalueen vesinäytteenoton ja jatkuvatoimisten mittausten tuloksia. Malminetsinnän kairauskohteiden paikkatiedot eivät ole julkisia, eikä tutkimuskohteiden tarkkoja sijainteja tai toimijoita ole esitetty tässä selvityksessä. Selvityksessä käytettyjen tietojen laatu, määrä ja jatkuvuus vaihteli niin toimijoittain kuin kohteittainkin.

4.1.1 Toimija A

Toimijan A alueella sijaitsee paljon emäksistä vulkaanista kallioperää sekä mustaliusketta. Alueen kallioperässä voidaan olettaa olevan suuria ruhjeita alueen geologisen sijainnin perusteella. Tutkimusalueella ei sijaitse luokiteltuja pohjavesialueita, eikä alueella ole tehty pohjaveden tarkkailua. Lähin luokiteltu pohjavesialue sijaitsee noin seitsemän kilometrin etäisyydellä kairauskohteista.

Toimijan A osalta selvityksessä oli mukana alue, jossa on suoritettu kairauksia alle kymmenessä eri pisteessä noin 35 ha alueella. Kairaukset on tehty talvella helmi- ja maaliskuun aikana. Kohteessa on ollut käytössä avoin vesikierto, jossa vettä on kierrätetty kahden, tilavuudeltaan 1 m^3 vesitankin ja kahden kangassuodattimen kautta ennen vesien purkua maastoon. Kairauksessa käytetty vesi on purettu kunkin kairausreiän läheisyyteen. Kairauksessa käytetty vesimäärä on ollut yhteensä 1 250 m^3, josta noin puolet (arviolta 600 m^3) on jäänyt kairareikiin. Käytetty vesi on ollut vesihuoltamon hanavettä, joka on tuotu kairauspaikalle ajovetenä.

Pintavesinäytteet kairausalueen alapuolisista vesistöistä on otettu ennen kairausten aloittamista sekä kairausten lopettamisen jälkeen. Kairauksia edeltävät pintavesinäytteet on otettu lokakuussa, eli noin 4–5 kuukautta ennen kairausta. Kairausten loputtua pintavesinäytteet on otettu kesäkuussa, eli noin 3 kuukautta kairausten päättymisestä. Pintavesinäytteitä on otettu seitsemältä eri näytepisteeltä (A1-A7) kairauskohteen alajuoksulta. Lisäksi joen yläjuoksulta on otettu pintavesinäytteitä kolmelta näytepisteeltä (Y1-Y3) sekä jokeen laskevista sivuhaaroista (Y4-Y9), jotka ovat ojia tai jokia.

Kairauskohteen alapuolisista vesistä lähin näytepiste (A1) on sijoitettu kairauskohteesta alle 50 metrin päähän, kairauskohdetta lähimpään ojaan. Seuraavaksi lähin näytepiste (A2) on sijainnut noin kilometrin etäisyydellä samassa ojassa. Loput kairauskohteen alapuolisten pintavesien näytepisteet (A3-A7) ovat sijoittuneet noin 2–8 kilometrin etäisyydelle kairauskohteesta. Näytepisteistä kolme (A3-A5) on sijainnut keskisuuressa joessa ja kaksi (A6-A7) suuressa joessa, johon keskisuuri joki laskee. Keskisuuren joen yläjuoksulta on otettu näytteet kolmesta eri näytepisteestä (Y1-Y3). Keskisuureen jokeen laskevista ojista on otettu näytteet viidestä eri näytepisteestä (Y4-Y8) ja lisäksi suuren joen yläjuoksulta on otettu näyte yhdestä näytepisteestä (Y9). Toimijan A käyttämät pintaveden näytepisteet suhteessa kairauksiin on esitetty jäljempänä kuvassa sekä taulukossa (ks. **kohta 5.1**).

4.1.2 Toimija B

Toimijan B tutkimusalue sijaitsee alueella, jonka geologiaa hallitsee kiilleliuske ja jossa on runsaasti mustaliuske- ja grafiittiliuskeita. Tutkimusalue ei sijoitu luokitellulle pohjavesialueelle, eikä pohjaveden kulkeutumisesta alueella ole tietoa.

Toimijan B osalta selvityksessä tarkasteltiin aluetta, jossa on kairattu noin 12 ha alueelta. Kairauksia on tehty noin 20 eri pisteestä 102–111 metrin syvyyteen. Kairauksia on tehty vuosina 2017–2019. Viimeisin kairaus on lopetettu huhtikuun 2019 alussa. Kairauskohteessa on ollut käytössä avoin vesikierto. Vuonna 2017 kairausvetenä on käytetty alapuolisen lammen pintavettä ja vuonna 2018 aiempien kairauksien kairareistä saatua vettä. Vuoden 2019 osalta ei ole tietoa.

Pintavettä on tarkkailtu kairauskohteen alapuolisen lammen luusuasta. Lisäksi pintavedestä on otettu analysoitavia näytteitä viidestä eri näytepisteestä (pisteet A1-A5, ks. **kohta 5.2**). Näytteitä on otettu kairauskohteen alapuolisen vesistön uomasta (uoman molemmilla puolilla on tehty kairauksia), alapuolisesta vesistöstä kahdesta eri pisteestä sekä alapuolisen vesistön alajuoksulta kahdesta eri pisteestä, alle 1 km sekä noin 3 km etäisyydellä kairauskohteesta. Pintavesinäytteitä on otettu 21.5.2019–20.9.2021 välisenä aikana kuusi kertaa näytepisteiltä A2-A5. Lisäksi 7.6.2022 näytteet on otettu näytepisteiltä A1–A3. Ensimmäiset vesinäytteet kairauskohteen alapuolisista vesistöistä on otettu hieman yli kuukausi kairausten päättymisen jälkeen.

Pohjavettä on tarkkailtu jatkuvatoimisilla mittauksilla kolmesta eri kairareiästä. Jatkuvatoimisella anturilla on mitattu pohjaveden korkeutta.

4.1.3 Toimija C

Toimijan C alue kuuluu iältään proterotsooiselle liuskealueelle, koostuen deformoituneista sedimenttisistä ja vulkaanisista kivilajeista. Tutkimusalue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella, eikä alueen pohjaveden virtaussuuntia ole tutkittu. Alueella ei ole sellaisia irtomaakerroksia, jotka mahdollistaisivat merkittävän pohjaveden varastoitumisen tai virtauksen. Tutkimusalueella pohjaveden muodostuminen on erittäin vähäistä ja valunta suurta.

Toimijan C tutkimusalueella on tehty runsaasti kairauksia. Ensimmäiset kairaukset on tehty vuosina 2013 ja 2015, jolloin kairauksia on tehty yhteensä alle 10 kappaletta. Vuosina 2016–2022 on tehty yhteensä yli 300 kairausta. Toimijan C kairauksissa ei ole juurikaan käytetty kairauskemikaaleja. Vuosien 2013–2022 aikana kairauskemikaaleja on kokeiltu ainoastaan muutamissa yksittäisissä rei'issä vähäisiä määriä. Suurin osa kairauksen yhteydessä maastoon purettavasta vedestä on ollut ohijuoksutusvettä, jota ei ole käytetty kairaukseen, vaan vettä on juoksutettu putkissa niiden sulana pitämiseksi. Varsinaisesta kairaukseen käytetystä vedestä on erotettu kairaussoija laskualtaiden, suodattimien, sentrifugin tai niiden yhdistelmän avulla, jonka jälkeen vesi on laskettu maastoon kairauskohteen lähelle. Vettä on pyritty kierrättämään takaisin kairaukseen, jolloin kairausvesimäärä vähenee merkittävästi.

Toimijan C alueella on tehty pintavesitutkimuksia virtavesistä vuosina 2011, 2015, 2018, 2020 ja 2021 sekä kairarei'istä vuosina 2015, 2019 ja 2022. Havainnollistava kuva kairauskohteesta ja näytepisteistä on esitetty jäljempänä (**kohta 5.3**). Vuonna 2018 lähimmältä luokitellulta pohjavesialueelta noin 1,5 km etäisyydellä kairauskohteesta on otettu pohjavesinäyte. Kairaukset

on kohteessa tehty ennen pohjavesinäytteenottoa. Yksittäisen näytteen tuloksia ei ole tarkasteltu tässä selvityksessä.

Vuonna 2015 tehdyssä tutkimuksessa on otettu vesinäyte kairaukseen käytettäväksi menevästä huuhteluvedestä, joka pumpattiin suon rimmestä. Toinen vesinäyte on otettu kairauksen aikana kairareiästä ulostulevasta vedestä. Kairauksen aikana otettu vesinäyte on kerätty vaiheessa, jossa kairaus on lävistänyt mineralisoituman. Mineralisoituman tiedetään olevan sulfidipitoinen, eli se sisältää muun muassa rikkiä. Voidaan olettaa, että kairauksessa ulostuleva vesi on ollut sekoitus kairaukseen käytettävää huuhteluvettä sekä kallioperän pohjavettä, joka on ollut kosketuksissa mineralisoitumaan. Molemmista vesinäytteistä on otettu rinnakkaisnäytteet.

Vuonna 2022 on tutkittu kairareiän vedenlaatua ennen kairausta, kairauksen yhteydessä ja kairauksen jälkeen. Kairauskoneessa kairauksessa käytettävä vesi on otettu talteen sen noustessa kairaputkesta. Vesi on johdettu edelleen kierrätysjärjestelmään, jossa siitä on eroteltu kairauksessa syntyvä kairaussoija. Puhdistettu vesi on laskettu maahan, jos sitä ei ole otettu takaisin kairauskäyttöön. Kairauksessa käytetty vesi pyritään aina käyttämään uudestaan kairauksessa, jolloin käytetyn veden määrää saadaan vähennettyä merkittävästi. Ennen kairausta pohjavesinäytteet on otettu kolmesta kairareiästä, joissa kairauksia oli tehty 4–5 vuotta aiemmin. Kairausten aikana on otettu yksi näyte kairauksen ohijuoksutusvedestä sekä sen rinnakkaisnäyte. Kairauksen ohijuoksutusnäyte on vettä, joka yleensä lasketaan ylivirtaamaputken kautta maahan noin 10–20 metrin päähän kairakoneesta. Ohijuoksutus on mahdollista tehdä myös takaisin kairareikään, josta vesi on otettu. Kun kairauksesta oli kulunut noin 2 kuukautta, pohjavesinäytteet otettiin kahdesta kairausreiästä. Kaikista näytteistä otettiin rinnakkaisnäytteet.

4.2 Avoimet aineistot

Selvitystä varten kartoitettiin kairauskohteiden vesistöjen vedenlaatutietoja ympäristöhallinnon avoimista aineistoista. Toimijoiden B ja C kairauskohteiden läheisyydestä ei ollut saatavilla vedenlaatutietoja ympäristöhallinnon avoimista aineistoista. Toimijan A tutkimusalueelta oli saatavissa pintavesituloksia avoimista aineistoista. Metallituloksia oli saatavilla ainoastaan raudan osalta. Lisäksi tarkasteltavista perussuureista pH:sta ja sähkönjohtavuudesta löytyi tuloksia, joita voidaan käyttää tausta-arvoina. Tulokset on esitetty taulukossa (**Taulukko 5**). Ympäristöhallinnon avoimista aineistoista haettujen havaintoasemien sijaintia on verrattu toimijan A näytepisteisiin kairauskohteen anonymiteetin säilymiseksi.

Taulukko 5. Ympäristöhallinnon avoimista aineistoista haetut pH:n, sähkönjohtavuuden ja raudan vertailuarvot toimijan A näytepisteille.

Näytepiste [1)]	**pH**	**Sähkön-johtavuus (mS/m)**	**Rauta (µg/l)**	**Havainnot (kpl)**	**Ensimmäinen havainto**	**Viimeisin havainto**
Pisteiden A4 ja A5 välissä	7,05	7,4	1500	53	05.06.2007	17.11.2020
Pisteiden Y5 ja Y6 välissä	7,1	12,8	2300	1	30.08.1994	-
Pisteen A2 alapuolella keskisuuressa joessa	6,7	7,3	1273	3	28.09.1972	20.04.1994
Pisteiden A4 ja A5 välissä	7,3	9,0	1214	7	06.05.1981	30.09.1994
Pisteestä A6 n. 4 km alavirtaan	6,9	-	454	79/75	24.01.2005	11.05.2022
Pistettä Y9 vastaava	7,6	3,7	310	1	13.07.1994	13.07.1994
Pisteen A6 alapuolella	7,2	-	1550	2	04.08.2004	12.10.2004

[1)] Näytepisteiden sijainnit esitetty kuvassa (**Kuva 1**)

5 TULOKSET

5.1 Toimija A

Näytteet kairauskohteen ylä- ja alapuolisista pintavesistä otettiin noin 4–5 kuukautta ennen kairausta ja noin 3–4 kuukautta talvella 2022 suoritettujen kairausten jälkeen. Pintavesinäytteenoton näytepisteiden sijainti suhteessa vesistöön ja kairauksiin on esitetty kuvassa (**Kuva 1**).

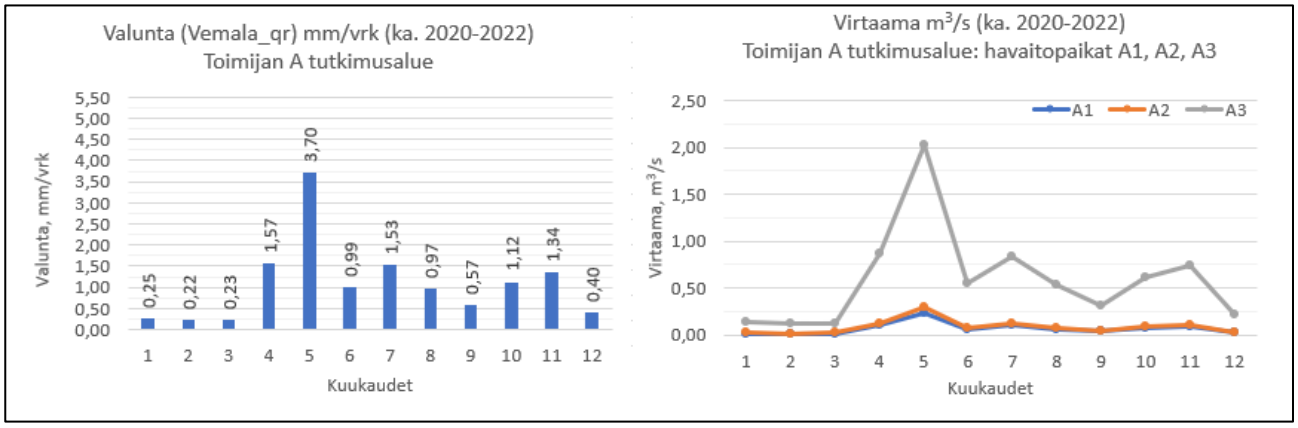
Kuva 1. Havainnollistava kuva toimijan A pintaveden näytepisteistä. Joet sekä uomat ovat yksinkertaistettuja, eivätkä vastaa muodoltaan todellisia vesistöjä. Ojat ja muut vesistöt, joista ei ole tehty näytteenottoa, on jätetty pois kuvasta.

Taulukko 6. Näytepisteiden etäisyys kairauspaikasta.

Näytepiste	Etäisyys kairauksista	Vesistö
A1	0,05 km	Oja
A2	1 km	Oja
A3	3,9 km	Keskisuurijoki
A4	6,9 km	Keskisuurijoki
A5	10,0 km	Keskisuurijoki
A6	10,8 km	Suurijoki
A7	12,5 km	Suurijoki

5.1.1 Laimenemisolosuhteet

Laimenemisolosuhteita toimijan A kairauskohteessa ja sen alapuolisilla näytepisteillä tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmän Vemala-mallin simuloituihin valunta-arvoihin perustuen. Vuosina 2020–2022 valunta-arvot (vemala_qr) toimijan A tutkimusalueelle olivat 0,22–3,7 mm/vrk (ka. 1,08 mm/vrk). Valunta on pienin talvikuukausina ja suurimmillaan toukokuussa.



Kuva 2. Tarkastelujakson 2020–2022 kuukausikohtaiset keskivalunnat (mm/vrk) toimijan A tutkimusalueella, sekä keskivirtaamat (m^3/s) näytepisteillä A1, A2 ja A3.

Kairauskohteen lähimmän näytepisteen A1 valuma-alue on 5,5 km^2 ja noin 1 km päässä olevan seuraavaksi lähimmän näytepisteen A2 valuma-alue 7 km^2. Näytepisteen A3, jonka vedenlaadussa havaittiin kesäkuun 2022 näytteenotossa selvää pitoisuuden nousua kairausta edeltävään näytteenottoon verrattuna (ks. **kohta 5.1.2**), valuma-alue on 47,4 km^2. Tällöin vuosien 2020-2022 valunta-arvoihin perustuvat keskivirtaamat näytepisteellä A1 ovat tammi-joulukuussa luokkaa 0,01-0,24 m^3/s (ka. 0,07 m^3/s), näytepisteellä A2 0,02-0,3 m^3/s (ka. 0,09 m^3/s) ja näytepisteellä A3 0,12-2,03 m^3/s (ka. 0,59 m^3/s). Virtaamat ovat pienimmät talvella. Näytepisteellä A3 virtaama on moninkertainen kairauskohteen lähimpiin näytepisteisiin verrattuna.

Kairauksessa käytetyksi kokonaisvesimääräksi on ilmoitettu 1 250 m^3, joka jakautuu koko kairausajalle (talvikausi, noin 1–2 kk). Kairaukseen käytettävästä vedestä noin puolen arvioidaan jäävän kairareikään, jolloin maastoon purettavan kairausveden määrä on noin 650 m^3. Näytepisteillä A1 ja A2 maastoon purettava vesimäärä vastaa noin 1–2 % tammi-maaliskuun keskimääräisestä kuukausikeskivirtaamasta (39 000–50 000 m^3/kk) ja näytepisteellä A3 enää 0,2 % (ka. 338 600 m^3/kk). Laimenemisolosuhteet ovat kaikilla näytepisteillä hyvät.

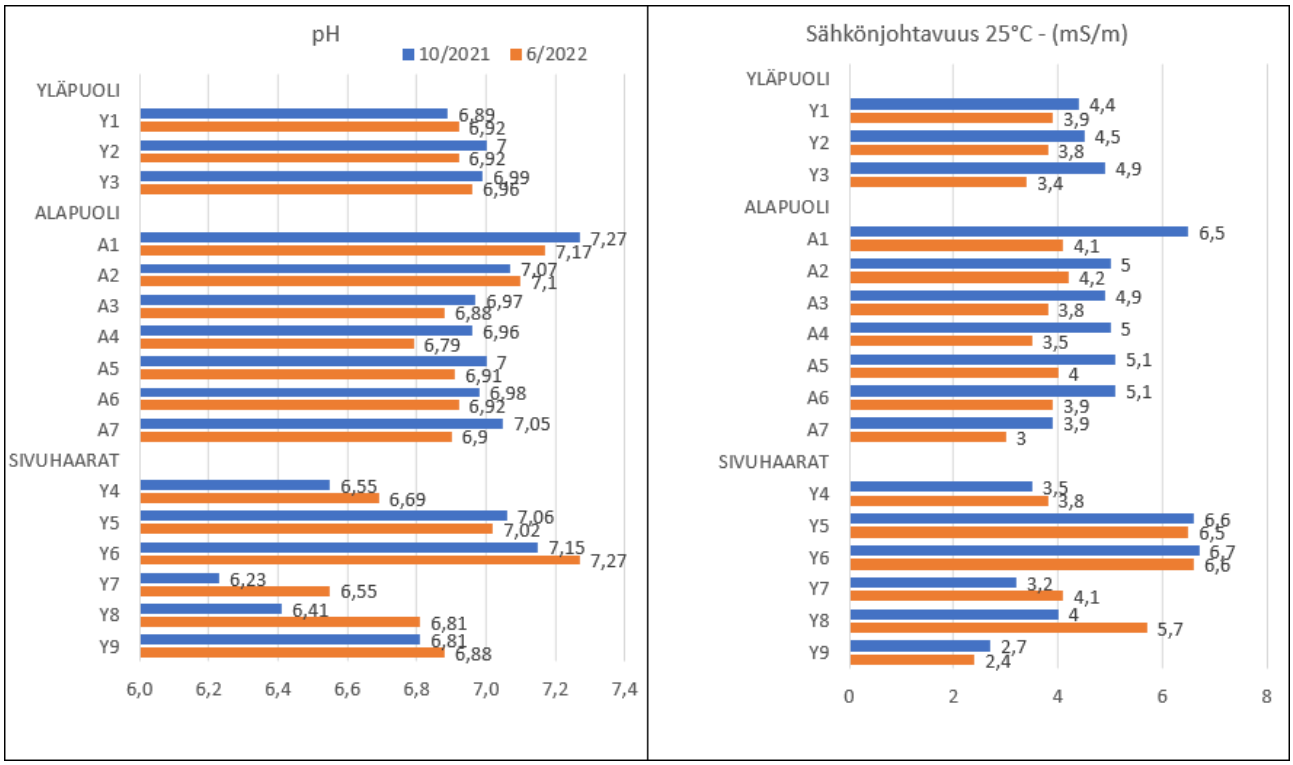
5.1.2 Pintaveden laatu

Toimijan A osalta tarkasteltiin veden pH:ta, sähkönjohtavuutta sekä metalleista kupari-, lyijy-, sinkki-, nikkeli-, tina-, koboltti- ja kromipitoisuuksia sekä puolimetalleista arseenin pitoisuuksia. Metalleista ja puolimetalleista on analysoitu liukoisten metallien pitoisuudet.

Yleisesti voidaan todeta, että pintavesinäytteiden vedenlaadussa havaintokertojen välillä havaitut analysoitujen alkuaineiden pitoisuusmuutokset olivat kairauskohteen lähimmillä näytepisteillä A1 ja A2 pääosin pieniä, tai verrattavissa vertailuasemilla havaintokertojen välillä tapahtuneisiin muutoksiin. Seuraavassa tuloksia on tarkasteltu tarkemmin.

Tarkastelualueella veden pH vaihteli välillä 6,23–7,27, ollen siten hapanta tai lievästi emäksistä (**Kuva 3**). Havaintokertojen väliset pH-muutokset olivat pääosin hyvin pieniä. Kairauskohteen lähimmillä näytepisteillä A1 ja A2 veden pH oli neutraalia (noin pH 7) molemmilla havaintokerroilla. Veden sähkönjohtavuudet pääosin laskivat havaintokertojen välillä, poikkeuksena muutama pieni näytepiste kairauskohteen vaikutusalueen ulkopuolella (**Kuva 3**). Niissä havaittiin lievää sähkönjohtavuuden nousua. Veden sähkönjohtavuudet olivat havaintokerroilla yleisesti pieniä (2,4–6,7 mS/m).

Näytepisteiden pH:ta ja sähkönjohtavuutta verrattiin niiden lähimpiin ympäristöhallinnon avoimista aineistoista saatuihin pintavesituloksiin, jotka on esitetty edellä taulukossa (**Taulukko 5**). Suurin ero pH:ssa oli vaikutusalueen yläpuolisella näytepisteellä Y9 (pH 6,81–6,88), jota vastaavan vertailuaseman pH oli 7,6. Sähkönjohtavuus alitti kaikilla näytepisteillä avoimien aineistojen vastaavien asemien vertailuarvot.



Kuva 3. Toimija A: pintaveden pH ja sähkönjohtavuus näytepisteillä A1-A7 ja Y1-Y9.

Suurimmat havaintokertojen väliset pitoisuusmuutokset havaittiin näytepisteellä A3 (**Kuva 4**), joka sijaitsee keskisuuressa joessa, 3,9 km alavirtaan kairauskohteesta. Sekoittumisolosuhteet näytepisteellä ovat hyvät, sillä näytepisteelle tulee vesiä kairausalueen suunnasta (A1 ja A2), keskisuuren joen yläjuoksulta (näytepisteiden Y1, Y2 ja Y3), sekä useammasta pienemmästä ojasta (mm. pisteet Y5 ja Y6). Näytepisteellä A3 mm. alumiinin, arseenin, bariumin, koboltin, kromin, kuparin, mangaanin, nikkelin, raudan, rikin, seleenin, strontiumin, tinan ja vanadiinin havaintokertojen väliset pitoisuusmuutokset olivat huomattavan suuria verrattuna muihin näytepisteisiin. Vastaavaa pitoisuuden nousua ei kuitenkaan havaittu myöskään näytepisteessä A3 kaikkien analysoitujen alkuaineiden osalta.

Sinkin osalta havaintokertojen välistä pitoisuusnousua havaittiin näytepisteellä A3, sen alapuolisilla näytepisteillä A4, A5 ja A6, mutta myös keskisuureen jokeen laskevissa pienemmissä sivuhaaroissa.

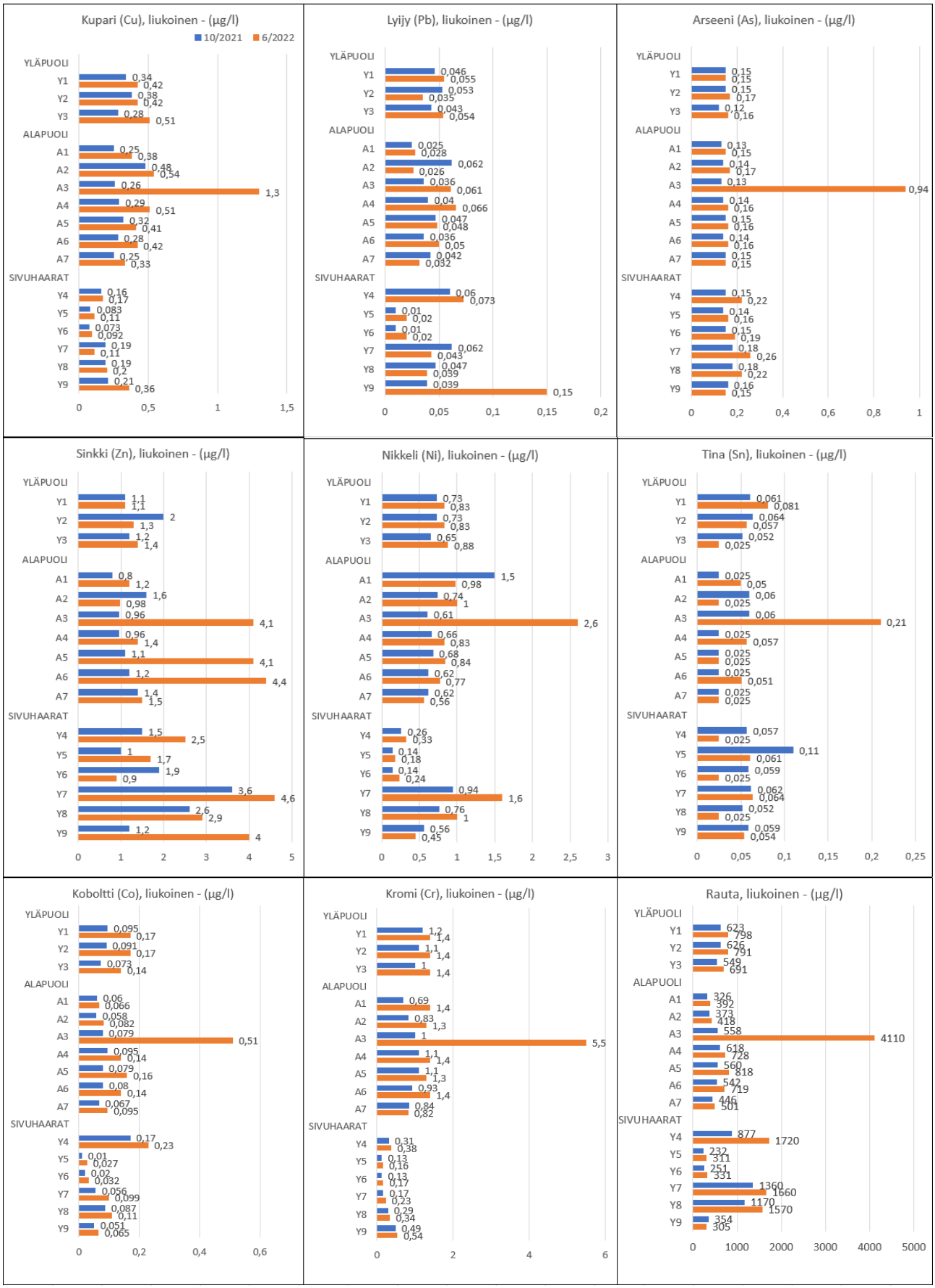
(**Kuva 4**). Sinkkipitoisuus vaihteli välillä 0,8–4,6 µg/l, sinkin luonnollisen pitoisuuden vaihdellessa välillä 1,5–25 µg/l.

Liukoisen nikkelin pitoisuutta verrattiin biosaatavan nikkelin ympäristölaatunormiin, joka on vuosikeskiarvona ilmaistuna 4 µg/l AA-EQS ja havaintojen enimmäispitoisuutena 34 µg/l MAC-EQS (**Taulukko 2**). Arvio on konservatiivinen, sillä kaikki liukoinen nikkeli ei ole biosaatavaa. Bio-Met-mallin mukaan nikkelin biosaatava osuus vaihtelee tyypillisissä suomalaisissa vesistöissä 10–40 %:n välillä (Siimes ym. 2019). Jos kokonaispitoisuus (tai liukoinen) jää ympäristönlaatunormia pienemmäksi, on varmaa, että myös liukoinen ja biosaatava pitoisuus ovat ympäristönlaatunormia pienempiä (Aroviita ym. 2019). Tarkasteltavan alueen liukoisen nikkelin pitoisuus alitti molemmilla havaintokeroilla ja kaikilla näytepisteillä AA-EQS ja MAC-EQS ympäristölaatunormit, pitoisuuden vaihdellessa välillä 0,14–2,6 µg/l (**Kuva 4**). Pääosin liukoisen nikkelin pitoisuus oli molemmilla havaintokerroilla kaikissa näytepisteissä ≤1 µg/l.

Vastaavaa konservatiivista tarkastelutapaa kuin nikkelille, sovellettiin myös lyijyyn. Havaitut liukoisen lyijyn liukoiset pitoisuudet olivat tasolla 0,01–0,15 µg/l (**Kuva 4**). Liukoisen lyijyn pitoisuudet jäivät siten molemmilla havaintokerroilla ja kaikilla näytepisteillä alle biosaatavalle lyijylle asetettujen ympäristönlaatunormien (AA-EQS: 1,2 µg/l, MAC-EQS: 14 µg/l).

Pintavesien luonnollinen vertailuarvo ylittyi näytepisteellä A3 kairausten jälkeisessä näytteenotossa kromin (pitoisuus 5,5 µg/l, luonnollinen pitoisuus purovesissä 0,15–1,4 µg/l), alumiinin (pitoisuus 533 µg/l, luonnollinen pitoisuus purovesissä 20–250 µg/l), raudan (pitoisuus 4,1 mg/l, luonnollinen pitoisuus 0,06-2,6 mg/l) ja mangaanin (pitoisuus 350 µg/l, luonnollinen pitoisuus 2-145 µg/l) osalta. Kromin, alumiinin ja mangaanin osalta luonnolliset pitoisuudet ylittyivät yli 50 %. Vastaavaa pitoisuuden muutosta kuin näytepisteellä A3 ei tapahtunut kairauskohteen lähimmillä näytepisteillä A1 ja A2. Näytepisteillä todettu raudan pitoisuus vastasi hyvin avoimen aineiston mukaisten asemien rautapitoisuuksia (**Taulukko 5**) niillä näytepisteillä, joille oli vastaava havaintoasema avoimissa aineistoissa. Näytepisteellä A3 rautapitoisuus oli korkea myös avoimen aineiston rautapitoisuuden keskiarvoihin verrattuna. Näytepisteen A3 kanssa samassa joessa sijaitsevista avoimen aineiston näytteenottopisteistä, näytepisteiden A4 ja A5 välisellä näytteenottopisteellä rautapitoisuuden keskiarvo oli korkein sen ollessa 1,5 mg/l. Muilla näytepisteillä kaikki pitoisuudet vastasivat pitoisuuksia luonnollisissa purovesissä. Elohopean ja kadmiumin pitoisuudet alittivat määritysraja-arvon jokaisella näytteenottokerralla.

Kairausvesien mukana tulleen kuormituksen arvioidaan laimentuneen melko pian kairausten päätyttyä, eivätkä vaikutukset ole siten nähtävissä jälkimmäisen havaintokerran tuloksissa, jotka edustavat virtavesien vedenlaatua noin 3 kuukautta kairauksen päättymisen jälkeen.



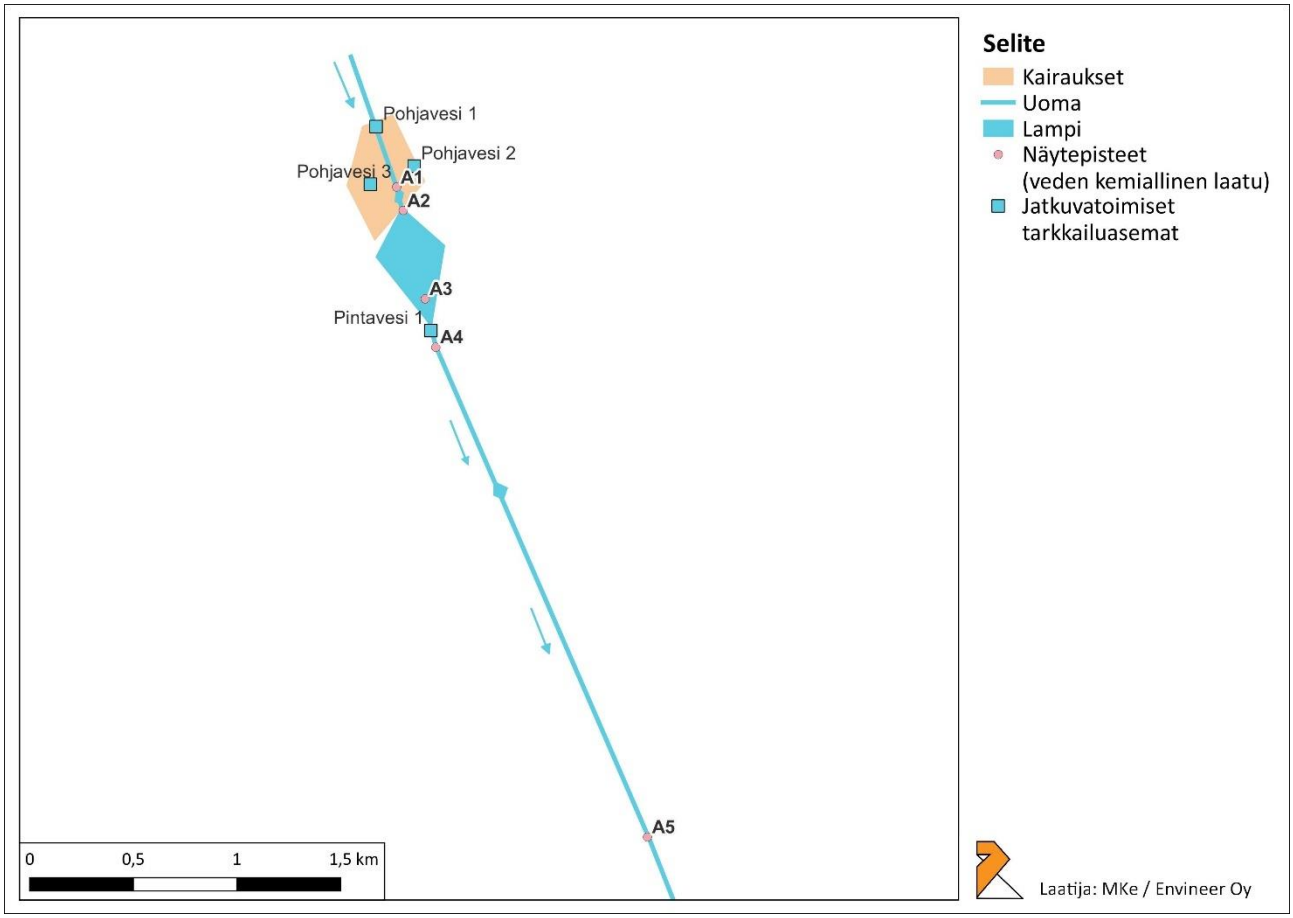
Kuva 4. Toimija A: pintaveden kupari-, lyijy-, arseeni-, sinkki-, nikkeli-, tina-, koboltti-, kromi-, ja rautapitoisuudet näytepisteillä A1-A7 ja Y1-Y9.

5.2 Toimija B

Kairauksia toimijan B alueella suoritettiin vuosina 2017–2019. Kairauksia tehtiin noin 20 pisteestä, yhteensä noin 3 500 metriä. Ensimmäiset pintavesinäytteet (21.5.2019) otettiin noin 1,5 kuukautta kairausten päättymisen jälkeen. Pintavesinäytteitä otettiin kairauskohteen alapuolisista pintaveden näytepisteistä vuodesta 2019 vuoteen 2022 saakka. Näytteenoton yhteydessä on mitattu lammen luusuan virtaamaa (**Taulukko 8**).

Kairausten välittömässä läheisyydessä sijaitsevan lammen luusuaan on asennettu jatkuvatoiminen mitta-asema (Pintavesi 1) pintaveden pH:n, johtokyvyn (µS/cm) sekä veden lämpötilan mittaamiseksi. Jatkuvatoimiselta mitta-asemalta on saatavilla tietoa 16.1.2019 alkaen. Kairaukset lopetettiin 4.4.2019, joten jatkuvatoimiselta mitta-asemalta on tietoa myös ajalta, jolloin kairaukset ovat olleet käynnissä. Pintavesien näytepisteiden sekä jatkuvatoimisten mitta-asemien sijainti suhteessa vesistöön ja kairauskohteeseen on esitetty kuvassa (**Kuva 5**). Näytepisteiden etäisyys kairauksiin on esitetty taulukossa (**Taulukko 7**).

Lisäksi kolmeen eri kairareikään on asennettu jatkuvatoimiset mitta-asemat (Pohjavesi 1–3, **Kuva 5**), jotka mittaavat pohjaveden pinnankorkeutta kairareiästä. Kairauksia on alueella tehty tammi-huhtikuussa 2019. Pohjaveden jatkuvatoimisissa pinnankorkeuksissa ei ole havaittavissa olennaisia eroavaisuuksia verrattaessa tammi-huhtikuun pinnankorkeuden mittaustuloksia vuosina 2019–2021.



Kuva 5. Havainnollistava kuva toimijan B näytepisteistä ja jatkuvatoimista mitta-asemista. Lampi sekä uoma ovat yksinkertaistettuja, eivätkä vastaa muodoltaan näytteenoton vesistöjä. Ojat ja muut vesistöt, joista ei ole tehty näytteenottoa, on jätetty pois kuvasta.

Taulukko 7. Tarkkailupisteiden etäisyydet kairauksista.

Näytepiste	Etäisyys kairauksista
A1	Kairausalueella
A2	50 m
A3	450 m
A4	700 m
A5	3 400 m

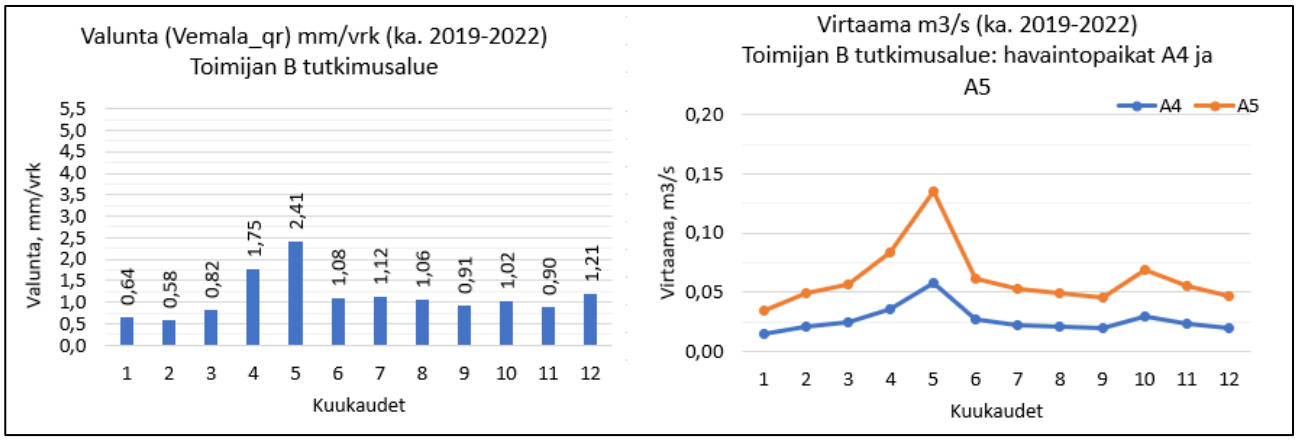
Taulukko 8. Lammen luusuan virtaamatiedot.

PVM	Klo	Uoman leveys (cm)	Syvyys (cm)	Virtaama (l/s)
21.5.2019	15.58–16.30	70	35	27,6
4.10.2019	15.00–16.30	64	25	3,3
11.3.2020	15.30–16.30	90	30	24,3
18.11.2020	15.30–16.00	55	28	23
11.5.2021	12.00–12.30	130	40	68
8.9.2021	13.00–13.30	40	20	5,7

5.2.1 Laimenemisolosuhteet

Laimenemisolosuhteita toimijan B tutkimusalueella ja sen alapuolisilla näytepisteillä tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmän Vemala-mallin simuloituihin valunta-arvoihin perustuen. Vuosina 2019–2022 kuukausikohtaiset valunta-arvot (vemala_qr) toimijan B tutkimusalueelle olivat 0,58–2,41 mm/vrk (ka. 1,126 mm/vrk). Valunta oli pienin talvikuukausina ja suurimmillaan toukokuussa.

Viimeiset kairaukset tutkimusalueella suoritettiin lopputalvella 2019, ja ensimmäiset vesinäytteet otettiin toukokuun loppupuolella, noin 1,5 kk kairausten päättymisen jälkeen. Tarkastelu kohdistuu siten huhti-toukokuun keskimääräisiin laimenemisolosuhteisiin. Kairausvesimäärätietojen puuttuessa, tarkastelu tehtiin konservatiivisesti, käyttäen kairausvesimääränä arvoa 40 m^3/vrk, joka on kairauksissa käytettävä maksimivesimäärä normaaliolosuhteissa.



Kuva 6. Kuukausikohtaiset keskivalunnat ja keskivirtaamat 2019–2022 (m^3/s) näytepisteillä A4 ja A5.

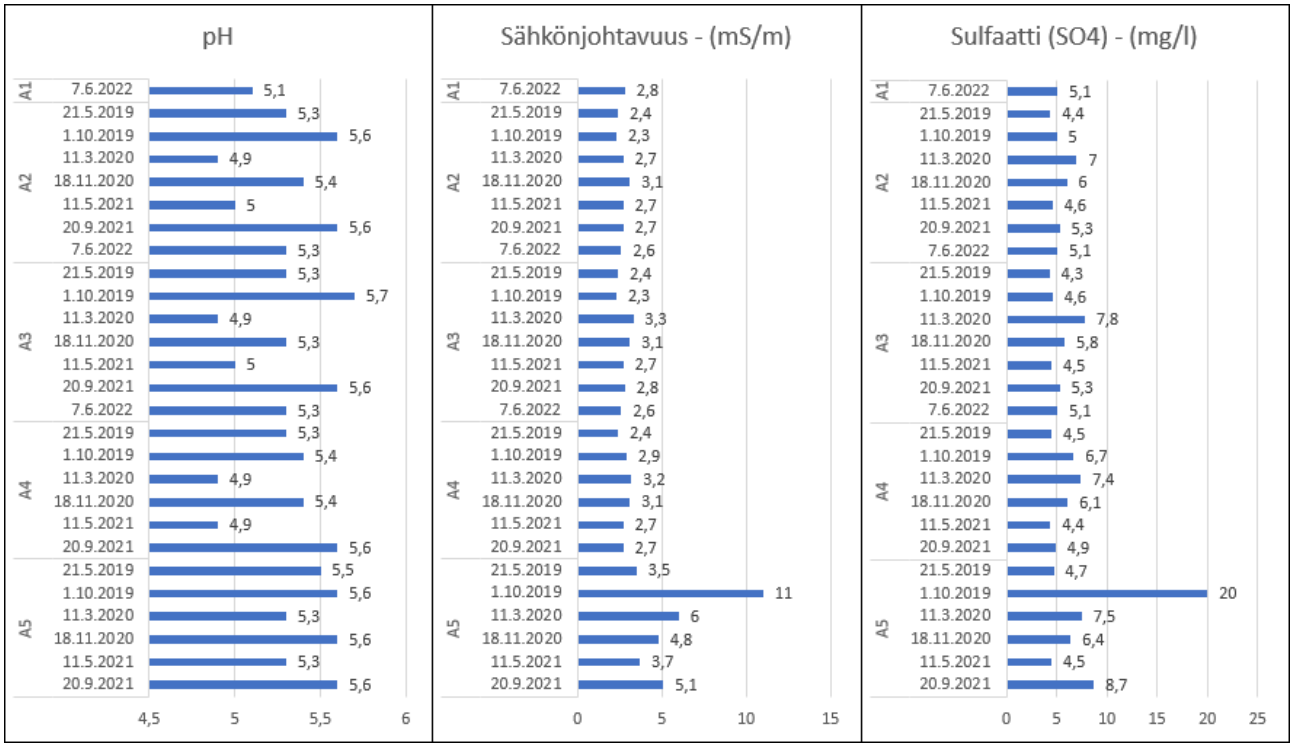
Laimenemistarkastelu tehtiin tutkimusalueen alapuolisen lammen luusuan näytepisteen A4 ja tutkimusalueen alimman näytepisteen A5 virtaamiin perustuen. Näytepisteen A4 valuma-alue on 2,01 km^2 ja näytepisteen A5 valuma-alue 4,67 km^2.

Vuosien 2019–2022 simuloituihin valunta-arvoihin perustuva kuukausikohtainen keskivirtaama näytepisteellä A4 vaihtelee välillä 0,015–0,058 m^3/s (ka. 0,026 m^3/s), ja näytepisteellä A5 välillä 0,035–0,136 m^3/s (ka. 0,062 m^3/s). Virtaama on pienin tammikuussa, ja suurin toukokuussa. Viimeisen kairausjakson aikana tammi-maaliskuussa 2019, virtaama näytepisteellä A4 oli luokkaa 0,036 m^3/s (ka. 3 094 m^3/vrk) ja näytepisteellä A5 0,083 m^3/s (ka. 7 212 m^3/vrk). Kairausvesimäärän ollessa maksimissaan 40 m^3/vrk, on sen osuus näytepisteen A4 talvikauden keskivirtaamasta noin 1,3 % ja näytepisteellä A5 enää 0,6 %. Minimivirtaamakaudesta huolimatta laimenemisolosuhteet ovat olleet hyvät, ja kohentuneet edelleen toukokuussa, virtaamien noustessa noin 1,6-kertaiseksi lopputalveen verrattuna.

5.2.2 Pintaveden laatu

Toimijan B kairauskohteen alapuolisten pintavesien laadusta tarkastellaan pH:ta, sähkönjohtavuutta, sulfaattia, sekä metalleista sinkki-, kupari-, nikkeli-, kromi-, koboltti-, elohopea-, lyijy- ja kadmiumpitoisuuksia sekä puolimetalleista arseenia. Metalleista ja arseenista on analysoitu kokonaispitoisuudet. Pintavesinäytteistä ei ole analysoitu kiintoainetta.

Tarkastelualueella veden pH vaihteli välillä 4,9–5,7, ollen hapanta (**Kuva 7**). pH-muutokset havaintokertojen välillä olivat pieniä. Pintavesinäytteissä veden sähkönjohtavuus vaihteli välillä 2,3–6 mS/m. Poikkeuksena tästä oli lokakuussa 2019 otettu yksittäinen näyte kairauskohteeseen verrattuna kauimmalla näytepisteellä (A5), missä sähkönjohtavuus oli 11 mS/m. Kairauskohteen lähimmillä näytepisteillä A1 ja A2 sähkönjohtavuudet olivat pieniä, 2,6–3,1 mS/m, myös lokakuussa 2019. Sulfaattipitoisuus vaihteli näytepisteissä välillä 4,3–8,7 mg/l, lukuun ottamatta lokakuun 2019 havaintokertaa näytepisteessä A5, jossa veden sulfaattipitoisuus oli 20 mg/l. Luonnollinen sulfaattipitoisuus purovesissä on 1,0–35 mg/l.



Kuva 7. Toimija B: pintaveden pH, sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuus näytepisteillä A1-A5.

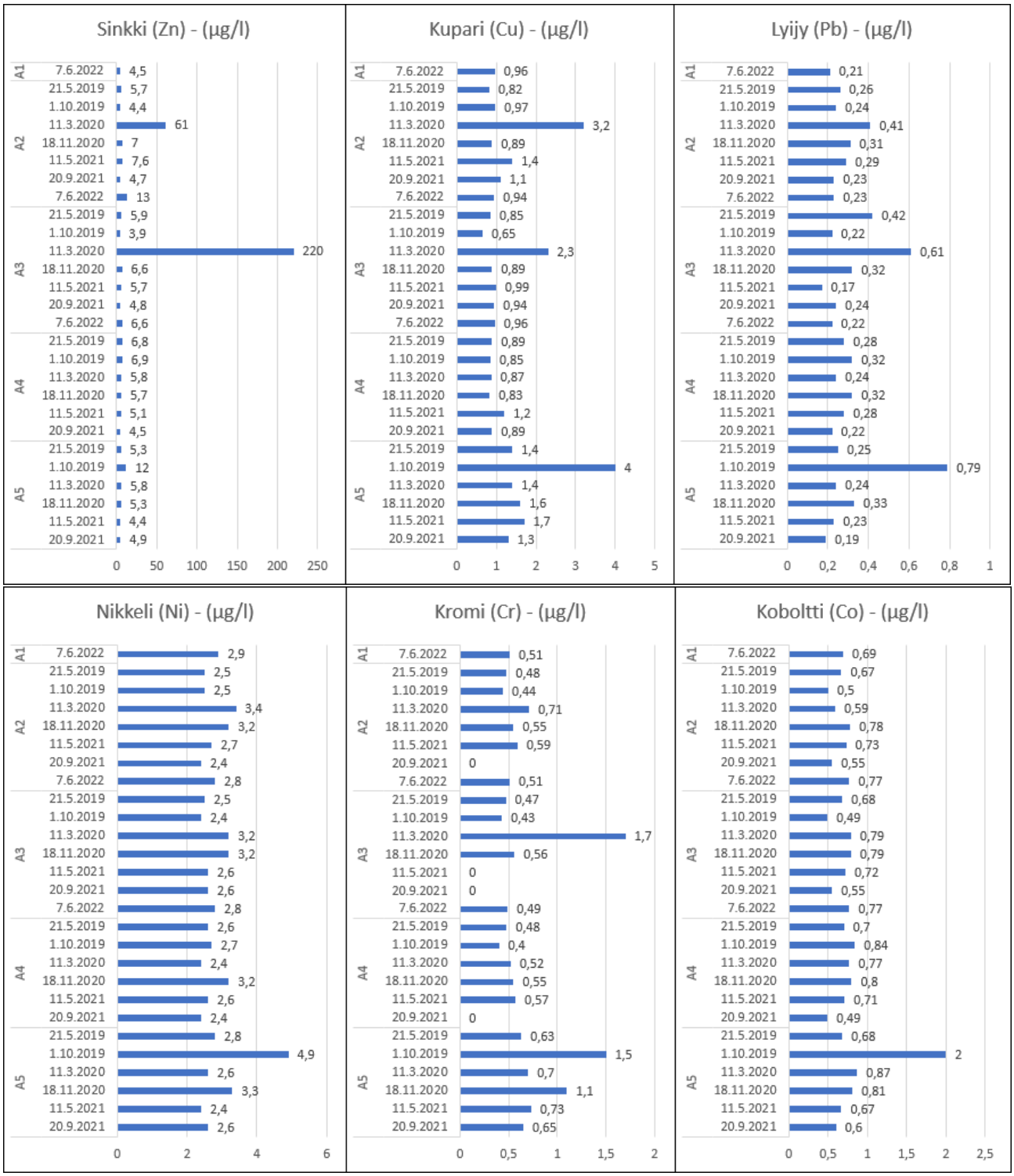
Pintavesinäytteiden alkuainepitoisuudet olivat pääosin pieniä kaikilla näytepisteillä. Sähkönjohtavuuden sekä sulfaatti-, kupari-, lyijy-, arseeni-, nikkeli-, koboltti-, kadmium- ja elohopeapitoisuuksien osalta huomattavasti muihin näytepisteisiin verrattuna suurimmat pitoisuudet havaittiin kairausalueesta etäisimmällä näytepisteellä (A5). Kromin ja sinkin korkeimmat pitoisuudet havaittiin vuoden 2020 näytteenoton yhteydessä näytepisteellä A3, joka sijaitsee kairauskohteen alapuolisessa lammessa, josta vesi edelleen kulkeutuu uomaan, jossa sijaitsevat näytepisteet A4 sekä A5.

Näytepisteeltä A5 lokakuussa 2019 otetussa näytteessä nikkelipitoisuus oli 4,9 µg/l eli se ylitti biosaatavan nikkelin ympäristönlaatunormin 4 µg/l (AA-EQS) (**Kuva 8**). Pitoisuus on määritetty kokonaisnikkelin pitoisuutena, kun taas asetuksen mukainen enimmäispitoisuus on asetettu biosaatavalle nikkelille. Koska nikkelin biosaatavan osuuden on havaittu vaihtelevan tyypillisissä suomalaisissa vesistöissä 10–40 %:n välillä (Siimes ym. 2019), voidaan olettaa, ettei biosaatavan nikkelin laatunormi todellisuudessa ylittynyt näytepisteellä A5. Ympäristönlaatunormi (MAC-EQS: 34 µg/l) alittui selvästi. Muissa näytepisteissä nikkelipitoisuudet vaihtelivat välillä 2,4–3,4 µg/l ja alittivat siten nikkelin ympäristönlaatunormit.

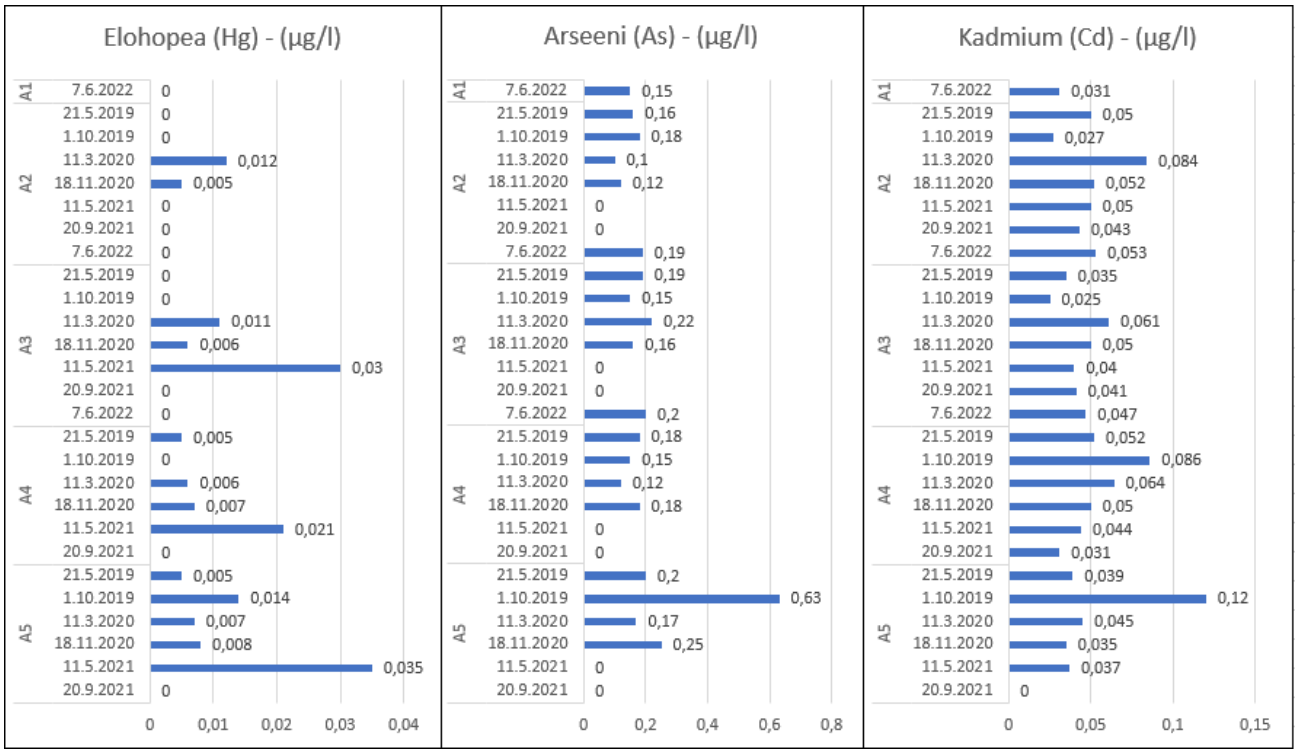
Havaitut lyijyn pitoisuudet vaihtelivat näytepisteissä välillä 0,17–0,42 µg/l, lukuun ottamatta yksittäisiä näytteitä lokakuussa 2019 (näytepiste A5: 0,79 µg/l) sekä maaliskuussa 2020 (näytepiste A3: 0,61 µg/l) (**Kuva 8**). Lyijyn ympäristönlaatunormi (AA-EQS: 1,2 µg/l) alittui kaikissa tutkituissa näytteissä. Elohopean ympäristönlaatunormi (MAC-EQS) 0,07 µg/l alittui kaikilla näytteenottokerroilla kaikissa näytepisteissä.

Kadmiumin ympäristönlaatunormi on riippuvainen veden kovuudesta. Pintavesinäytteiden kovuutta ei ole analysoitu, joten seuraavassa on tarkasteltu ympäristönlaatunormien (AA-EQS sekä MAC-EQS) vaihteluvälejä. Kadmiumin ympäristönlaatunormin (AA-EQS) vaihteluväli on 0,08–0,25 µg/l. Vaihteluvälin alaraja ylittyi kolmessa näytteessä, mutta yläraja alittui kaikissa näytteissä (**Kuva 9**). Ympäristönlaatunormin (MAC-EQS) vaihteluvälin (0,45–1,5 µg/l) alaraja alittui kaikissa näytteissä.

Sinkin pitoisuus ylitti luonnollisen puroveden vertailuarvon (1,5–25 µg/l) kahdella eri näytepisteellä maaliskuussa 2020 (näytepiste A2: 61 µg/l, näytepiste A3: 220 µg/l). Myös kromin pitoisuus (1,7 µg/l) ylitti näytepisteessä A3 luonnollisen vertailuarvon (0,15–1,4 µg/l) maaliskuussa 2020. Näytepisteessä A5 todettiin lokakuussa luonnolliseen vertailuarvoon kohonneet pitoisuudet kromia (pitoisuus 1,5 µg/l) sekä kobolttia (pitoisuus 2 µg/l, luonnollinen vertailuarvo 0,03–1,0 µg/l). Alumiinipitoisuus vaihteli tutkituissa näytteissä välillä 210–850 µg/l, sen luonnollisen pitoisuuden ollessa 20–250 µg/l. Aineista, joille on annettu luonnollisen pitoisuuden vertailuarvo, molybdeenin ja hopean pitoisuuksia ei analysoitu. Muiden parametrien osalta pitoisuudet vastasivat luonnollisia pitoisuuksia Suomen purovesissä.

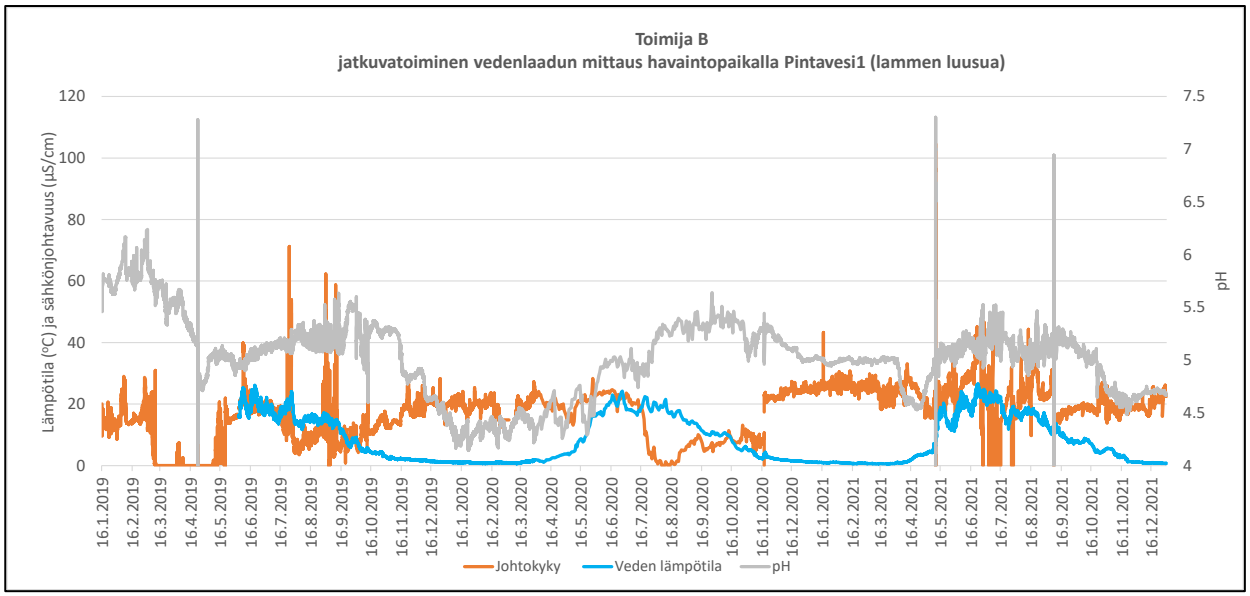


Kuva 8. Toimija B: pintaveden sinkki-, kupari-, lyijy- nikkeli-, kromi-, kobolttipitoisuudet näytepisteillä A1-A5. Arvon ollessa 0, pitoisuus alittaa mittauksen määritysrajan. Määritysraja kromille on 0,5 µg/l.



Kuva 9. Toimija B: pintaveden elohopea-, arseeni- ja kadmiumpitoisuudet näytepisteillä A1-A5. Arvon ollessa 0, pitoisuus alittaa mittauksen määritysrajan. Määritysraja elohopealle on 0,020 µg/l ja arseenille 0,2 µg/l.

Näytteenoton lisäksi lammen luusuan vedenlaatua mitattiin jatkuvatoimisella mitta-asemalla havaintopaikalla Pintavesi1. Veden pH:sta voidaan havaita sen olleen hieman korkeampi kairausten ollessa käynnissä (**Kuva 10**). Veden pH:n mittaustuloksissa on oletettavasti kolme ns. epäjatkuvuuskohtaa, jotka eivät edusta todellista pH-arvoa. Kairausten loppuvaiheessa, maalis-toukokuussa 2019 veden johtokyky on laskenut hyvin alhaiseksi samoin kuin heinä-marraskuussa 2020. Tämä voi viitata häiriöön mittauksessa. Veden lämpötilan mittaus on alkanut vasta toukokuussa 2019, joten siitä ei ole tietoja kairauksien ajalta. Lukuun ottamatta kairausten aikaista pH:n mittausta ja sähkönjohtavuuden mahdollisia häiriökohtia, veden pH:n ja sähkönjohtavuuden mittatulokset ovat tasaisia ja veden laadussa voidaan havaita vuodenaikaisvaihteluun liittyviä muutoksia.



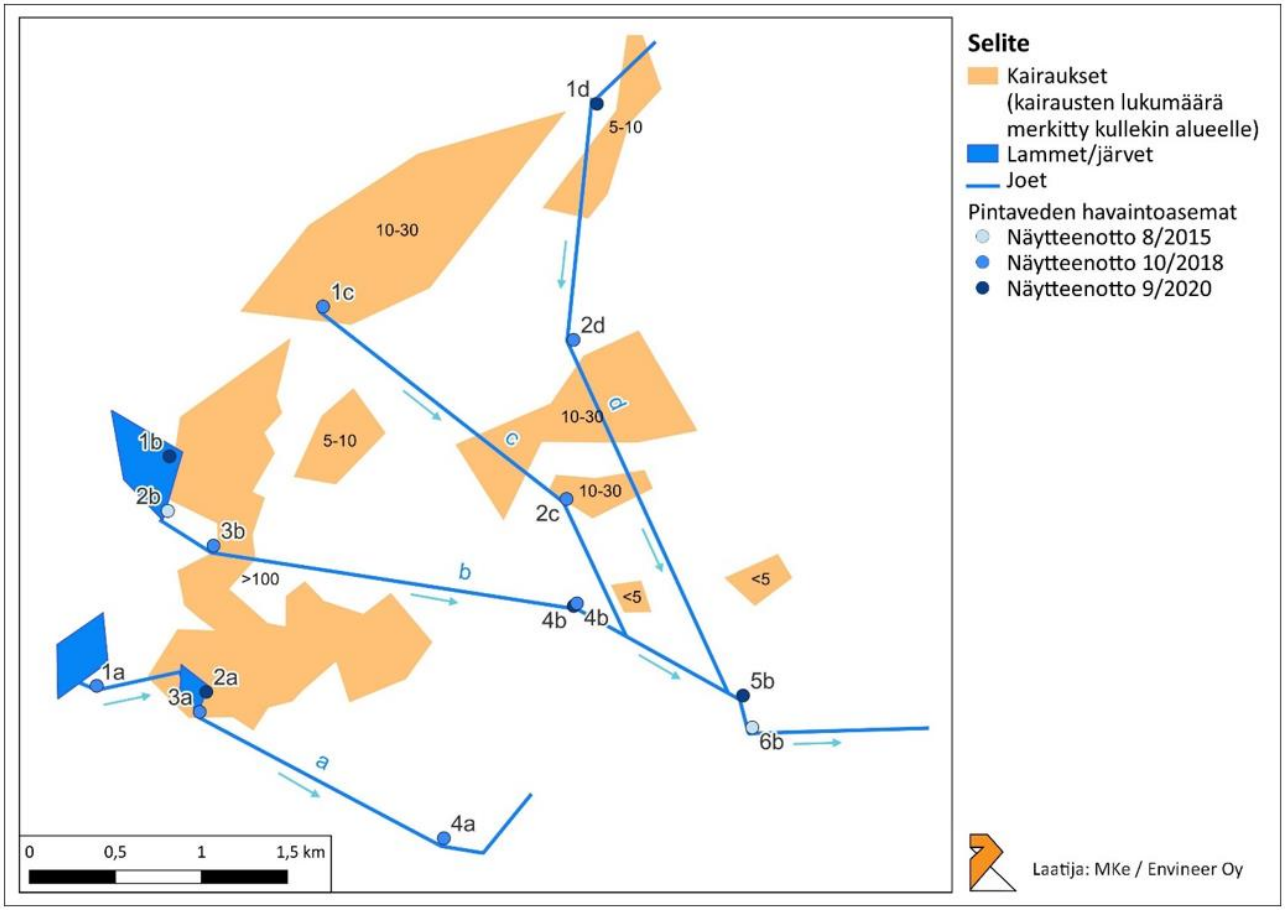
Kuva 10. Toimijan B lammen luusuassa sijaitsevan jatkuvatoimisen mitta-aseman mittaustulokset. Kairaukset on lopetettu 4.4.2019.

5.3 Toimija C

Toimija C on suorittanut kairauksia tutkimusalueella vuosina 2013 ja 2015–2022. Kairaukset on tehty pääosin talvella. Pintavesinäytteet alueen vesistä on otettu elokuussa 2015, lokakuussa 2018 ja syyskuussa 2020. Pintaveden näytepisteiden sijainti suhteessa vesistöön ja kairauskohteeseen on esitetty kuvassa (**Kuva 11**) ja näytepisteiden sijainti lähimpään kairaukseen on esitetty taulukossa (**Taulukko 9**).

Vuosina 2013 ja 2015 kairauksia on tehty yhteensä alle 10 ja kairaukset ovat sijoittuneet vesireittien c ja d vaikutusalueelle. Vuoden 2015 pintavesinäytteenotto on tehty noin 18 kuukautta kairausten lopettamisen jälkeen. Vuoden 2016 jälkeen kairauksia on suoritettu yli 300 eri pisteestä. Vuonna 2016 kairaukset ovat sijoittuneet vesireittien a, b ja c vaikutusalueille. Vuosina 2017 ja 2018 kairauksia on tehty kaikkien vesireittien vaikutusalueella. Lokakuussa 2018 otetuista pintavesinäytteistä näytepisteen 2d osalta kaksi kairausta on ollut käynnissä vesireitin d yläjuoksulla ja neljä kairausta on lopetettu 2–10 päivän sisällä näytteenotosta. Muiden lokakuussa 2018 otettujen näytteiden osalta viimeisimmät vesistöreittiin ja näytepisteeseen mahdollisesti vaikuttavat kairaukset on tehty tammi-maaliskuussa, eli vesistöreittien a, b ja c näytepisteiden osalta vaikuttavia kairauksia on tehty 7–10 kuukautta ennen näytteenottoa. Syyskuun 2020 näytteenottoa edeltävät kairaukset on tehty tammi-helmikuussa 2020, eli 6–8 kuukautta ennen näytteenottoa. Vuonna 2020 tehdyt, näytteenottoa edeltävät kairaukset ovat kohdistuneet vesireitin b vaikutusalueelle.

Koska kairausten vaikutusalueella tehdyn näytteenoton ja kairausten välillä on pääsääntöisesti pitkä viive, voidaan pintaveden laadussa tapahtuneista muutoksista tarkastella kairauksesta aiheutuvia pitkäaikaisia vaikutuksia pintaveden laatuun.



Kuva 11. Havainnollistava kuva toimijan C näytepisteistä ja kairauskohteista. Joet ja järvet / lammet ovat yksinkertaistettuja, eivätkä vastaa muodoltaan näytteenoton vesistöjä. Ojat ja muut vesistöt, joista ei ole tehty näytteenottoa, on jätetty pois kuvasta.

Taulukko 9. Näytepisteen etäisyys lähimmästä kairauksesta ja sijainti suhteessa kairaukseen (yläjuoksu/alajuoksu).

Näytepiste	Etäisyys lähimmistä kairauksista	Näytepisteen sijainti suhteessa kairaukseen (yläjuoksu/alajuoksu)
1a	300 m	Yläjuoksu
2a	<100 m	Alajuoksu
3a	<100 m	Alajuoksu
4a	1300 m	Alajuoksu
1b	150 m	Alajuoksu
2b	150 m	Alajuoksu
3b	150 m	Alajuoksu
4b	400 m	Alajuoksu
5b	650 m	Alajuoksu
6b	800 m	Alajuoksu
1c	150 m	Alajuoksu
2c	<100 m	Alajuoksu
1d	200 m	Alajuoksu
2d	800 m	Alajuoksu

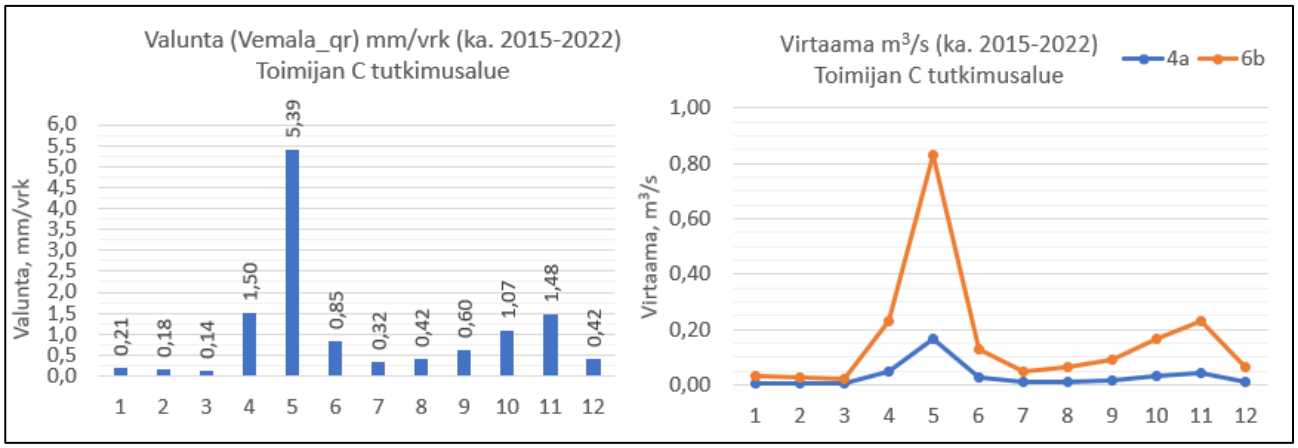
5.3.1 Laimenemisolosuhteet

Toimija C on ilmoittanut, että suurin osa kairauksen yhteydessä maastoon purettavasta vedestä on ohijuoksutusvettä, eli sitä ei ole käytetty kairaukseen. Vesi on pääosassa tapauksista peräisin vanhoista kairarei'istä.

Kairaukseen käytetty vesi on laskettu kiintoaineista puhdistettuna takaisin kairauspaikan lähelle, tai se on otettu takaisin kairauskäyttöön, ja vasta lopuksi laskettu kairauksen loppuessa käsiteltynä kairauspaikan lähelle. Laitteistokohtainen vedenkulutus on ollut keskimäärin 0–5 m^3/vrk. Yksittäisissä poikkeustilanteissa vedenkulutus on voinut nousta hetkittäin tasolle 20 m^3/vrk.

Laimenemisolosuhteita toimijan C kairausalueella ja sen alapuolisilla näytepisteillä tarkasteltiin Suomen ympäristökeskuksen Vesistömallijärjestelmän Vemala-mallin simuloituihin valunta-arvoihin perustuen. Vuosien 2015–2022 kuukausikohtaiset keskivalunnat (vemala_qr) alueella olivat 0,14–5,39 mm/vrk (ka. 1,05 mm/vrk). Valunta oli pienin tammi-maaliskuussa (0,14–0,21 mm/vrk), ja suurin toukokuussa. Vuosien 2015–2022 kuukausikohtaiset keskivalunnat ja keskivirtaamat on esitetty kuvassa (**Kuva 12**).

Koska kairaukset on tehty pääasiassa talvisin, tarkasteltiin laimenemista pääosin tammi-huhtikuun virtaamatilanteissa. Tarkempien kairausvesimäärätietojen puuttuessa, tarkastelu tehtiin konservatiivisesti, käyttäen kairausvesimääränä arvoa 20 m^3/vrk, joka on toimijan ilmoituksen mukaan poikkeustilanteissa kairauksissa käytettävä maksimivesimäärä. Koska tarkastelualueella on useita kairareikiä ja vesinäytepisteitä, tehtiin laimenemistarkastelu näytepisteiden 4a ja 6b virtaamien perusteella.



Kuva 12. Kuukausikohtaiset keskivalunnat ja keskivirtaamat 2015–2022 (m^3/s) näytepisteillä 4a ja 6b.

Näytepisteen 4a valuma-alue on 2,63 km^2 ja näytepisteen 6b 13,4 km^2, jolloin vuosien 2015–2022 kuukausikohtainen keskivirtaama on näytepisteellä 4a 0,004–0,165 m^3/s (ka. 0,032 m^3/s) ja näytepisteellä 6b 0,021–0,834 m^3/s (ka. 0,162 m^3/s). Virtaamat ovat pienimmillään tammi-maaliskuussa (4a ka. 0,005 m^3/s, eli ka. 457 m^3/vrk ja 6b ka. 0,027 m^3/s, eli ka. 2 314 m^3/vrk), ja suurimmillaan toukokuussa.

Kairausvesimäärän ollessa maksimissaan 20 m^3/vrk, on niiden osuus näytepisteen 4a tammi-maaliskuun minimivirtaamakauden keskivirtaamasta ollut 4,4 %, ja näytepisteellä 6b 0,9 %. Laimenemisolosuhteet ovat olleet hyvät, ja kohentuneet edelleen huhti-toukokuussa, virtaamien

noustessa lumien sulamisesta johtuen. Huhtikuussa keskivirtaama on noin 9-kertainen tammi-maaliskuun keskivirtaamaan verrattuna, ja toukokuussa monikymmenkertainen.

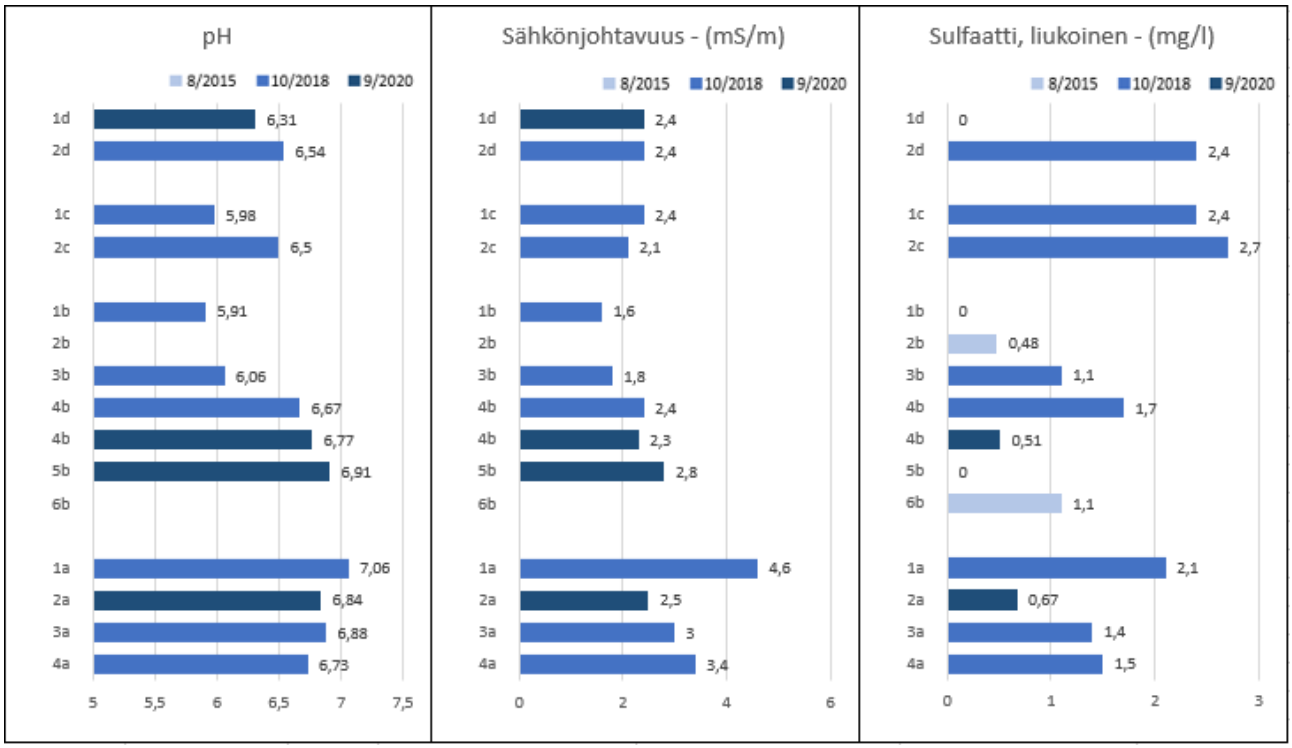
5.3.2 Pintaveden laatu

Toimijan C tutkimusalueen pintavesistä tarkasteltiin pH:ta, sähkönjohtavuutta, sulfaattia, ja metalleista kupari-, kromi-, koboltti-, nikkeli-, lyijy-, sinkki- ja mangaanipitoisuuksia sekä puolimetalleista arseenia. Tarkasteltavien metallien ja puolimetallien sekä sulfaatin pitoisuudet on analysoitu liukoisina pitoisuuksina. Kiintoainepitoisuus on analysoitu ainoastaan vuoden 2020 pintavesinäytteistä, joten sitä ei ole tässä yhteydessä tarkasteltu.

Pintavesinäytteiden vedenlaatu oli pääosin hyvin tasaista, poikkeuksena sinkki ja mangaani, joiden osalta yhdessä tai kahdessa pintavesinäytteessä pitoisuudet olivat huomattavasti korkeampia. Sinkin osalta korkeampi pitoisuus havaittiin vuoden 2020 näytteenotossa näytepisteessä 5b, jossa pitoisuus oli 13 µg/l. Näytepisteessä 4a mangaanipitoisuus oli muihin pisteisiin verrattuna koholla vuonna 2018 (pitoisuus 66,5 µg/l) ja näytepisteessä 1d vuonna 2020 (pitoisuus 40 µg/l). Muihin pisteisiin verrattuna kohonneet pitoisuudet olivat kuitenkin luontaisen vaihtelun välillä (sinkki 1,5–25 µg/l ja mangaani 2–145 µg/l).

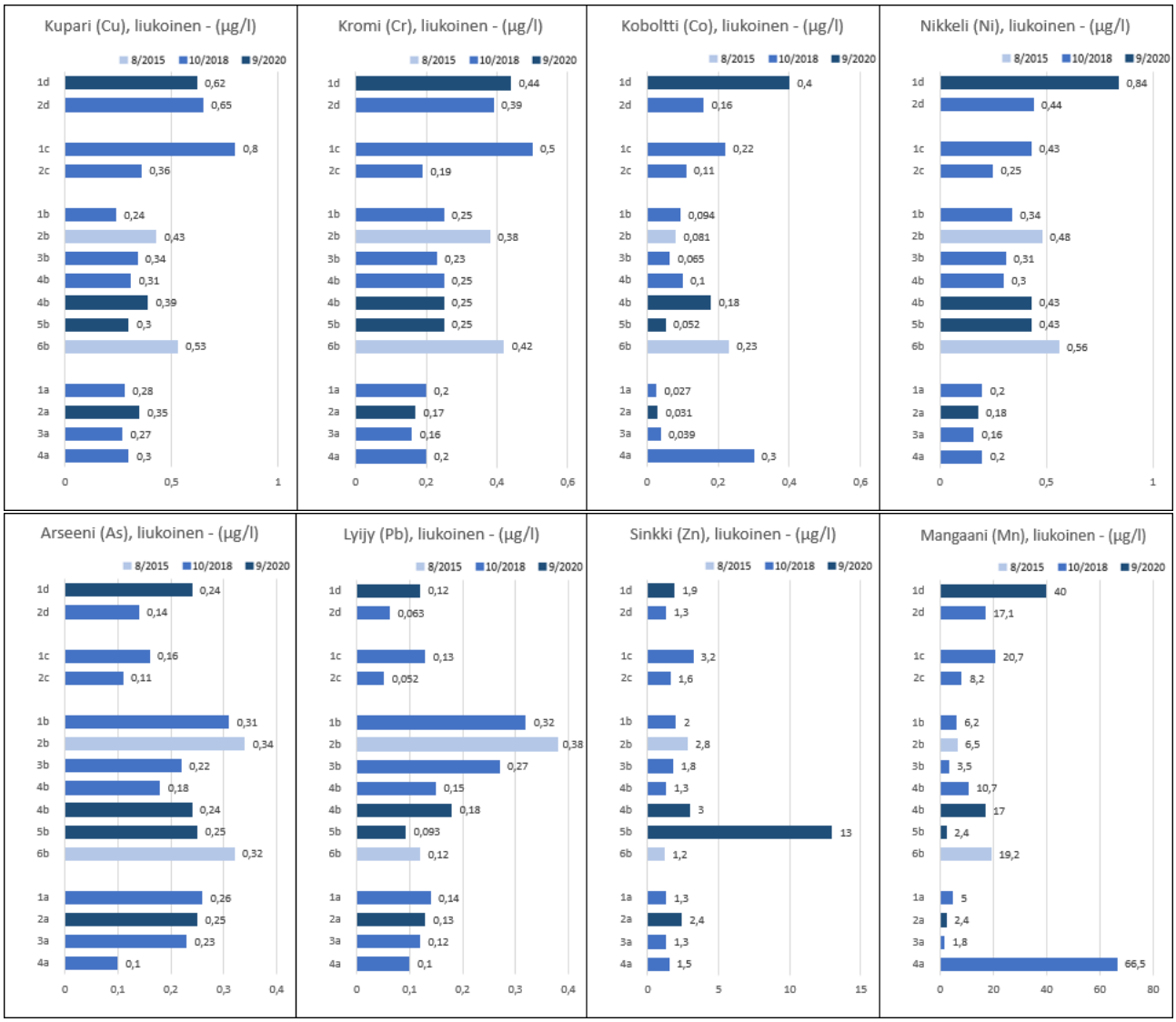
Tarkastelualueella veden pH vaihteli välillä 5,91–7,06, ollen hapanta tai lievästi emäksistä. Veden pH:n vaihtelu oli pientä etenkin saman vesireitin (joki a-d) varrella (**Kuva 13**). Veden sähkönjohtavuudet olivat yleisesti ottaen pieniä. Pintavesinäytteiden sähkönjohtavuudet vaihtelivat välillä 1,6–4,6 mS/m, luonnollisen sähkönjohtavuuden ollessa välillä 2–22 mS/m. Korkein sähkönjohtavuus mitattiin vuonna 2018 pisteestä 1a, joka sijaitsee kairauskohteen yläjuoksulla.

Sulfaattipitoisuus vaihteli välillä 0,48–2,7 mg/l, luonnollisen pitoisuuden vaihdellessa välillä 1,0–35 mg/l (**Kuva 13**). Sulfaatin luonnollisen pitoisuuden vertailuarvon vaihteluvälin ollessa suuri, haettiin ympäristöhallinnon avoimista aineistoista tutkimusalueen pintavesien sulfaattipitoisuuden keskiarvo jaksolta 1976–2008. Päällysvesissä sulfaattipitoisuudet vaihtelivat tuolloin välillä 6–10 mg/l ja niiden keskiarvoksi saatiin 7,18 mg/l. (Hertta, 2022) Vaihteluväliin ja keskiarvoon verrattuna sulfaattipitoisuus oli tutkituissa näytteissä alhainen.



Kuva 13. Toimija C: Pintaveden pH, sähkönjohtavuus sekä sulfaattipitoisuudet näytepisteillä 1a-4a, 1b-6b, 1c, 2c, 1d ja 2d. Arvon ollessa 0, pitoisuus on alittanut määritysrajan.

Nikkelin, elohopean, lyijyn sekä kadmiumin pitoisuudet alittivat niille asetetut ympäristönlaatunormit (AA-EQS ja MAC-EQS) (**Kuva 14**). Kadmiumin ja elohopean osalta ei ole esitetty kuvaajia, koska pitoisuudet alittivat kaikissa tutkituissa näytteissä analyysien määritysrajat. Kupari-, kromi-, koboltti-, nikkeli-, arseeni-, lyijy-, sinkki-, magnesium-, alumiini-, molybdeeni-, hopea- ja mangaanipitoisuudet pysyivät luonnollisten pitoisuuksien vaihteluvälillä. Vuonna 2015 näytepisteeltä 5b otetussa näytteessä ylittyivät luonnolliset pitoisuudet boorin (pitoisuus 33 µg/l, luonnollinen pitoisuus 0,8–30 µg/l) ja raudan (pitoisuus 3,1 mg/l, luonnollinen pitoisuus 0,06–2,6 mg/l) osalta.



Kuva 14. Toimija C: Pintaveden kupari-, kromi-, koboltti-, nikkeli-, arseeni-, lyijy-, sinkki- ja mangaanipitoisuudet näytepisteillä 1a-4a, 1b-6b, 1c, 2c, 1d ja 2d. Arvon ollessa 0, pitoisuus on alittanut mittauksen määritysrajan. Mikäli näytepisteelle ei ole määritelty arvoa kuvaajassa, pitoisuutta ei ole analysoitu näytteestä.

5.4 Jäähdytysvesitutkimukset

5.4.1 Toimija C: jäähdytysvesitutkimus

Toimijan C tutkimusalueella tutkittiin kairakoneeseen menevän ja sieltä tulevan jäähdytysveden laatua vuonna 2015. Näyte A edustaa vesistöstä otettua pintavettä, jota käytetään jäähdytysvetenä ja näyte B jäähdytysvetenä käytettyä. Jäähdytysvesinäyte on otettu vedestä, joka on kulkenut vedenottopaikalta kairakoneen, kairareiän ja mineralisaation kautta reiän pohjaan ja sieltä takaisin. Jäähdytysvesinäytteen keruu pyrittiin ajoittamaan samalle ajalle, jolloin kairaus on lävistänyt mineralisaation. Kairakoneen jäähdytysveden käsittelyssä ei ole käytetty flokkulanttia ja näyte B on ns. ”soijavettä”, eli käsittelemätöntä vettä, jossa on seassa kairauksessa syntynyt kiintoaines. Näytteistä A ja B on otettu rinnakkaisnäytteet Ar ja Br. Kairauksen yhteydessä jäähdytysvesi on kosketuksissa kairauslaitteistoon ja se sekoittuu kairareiässä olevan pohjaveden/kallioveden kanssa. Veden laadun muutoksen arvioinnissa on käytetty tietoja alueen geologiasta ja mineralogiasta, sekä vertailuarvoina pohjavedelle määritettyjä vertailuarvoja.

Kairakoneeseen menevän jäähdytykseen käytettävän pintaveden (A) pH oli 6,28, ollen lievästi hapanta (**Kuva 15**). Kairakoneesta ulos tuleva soijapitoinen vesi (B) oli puolestaan selvästi emäksistä veden pH:n ollessa 8,82. Veden pH:n nousu liittyy neutraloiviin kalsiumpitoisia karbonaattimineraaleja sisältäviin kivilajeihin, joita esiintyy tutkimusalueella. Veden kalsiumpitoisuus nousikin kairauksen aikana kaksinkertaiseksi. (Selvitys, 2015)

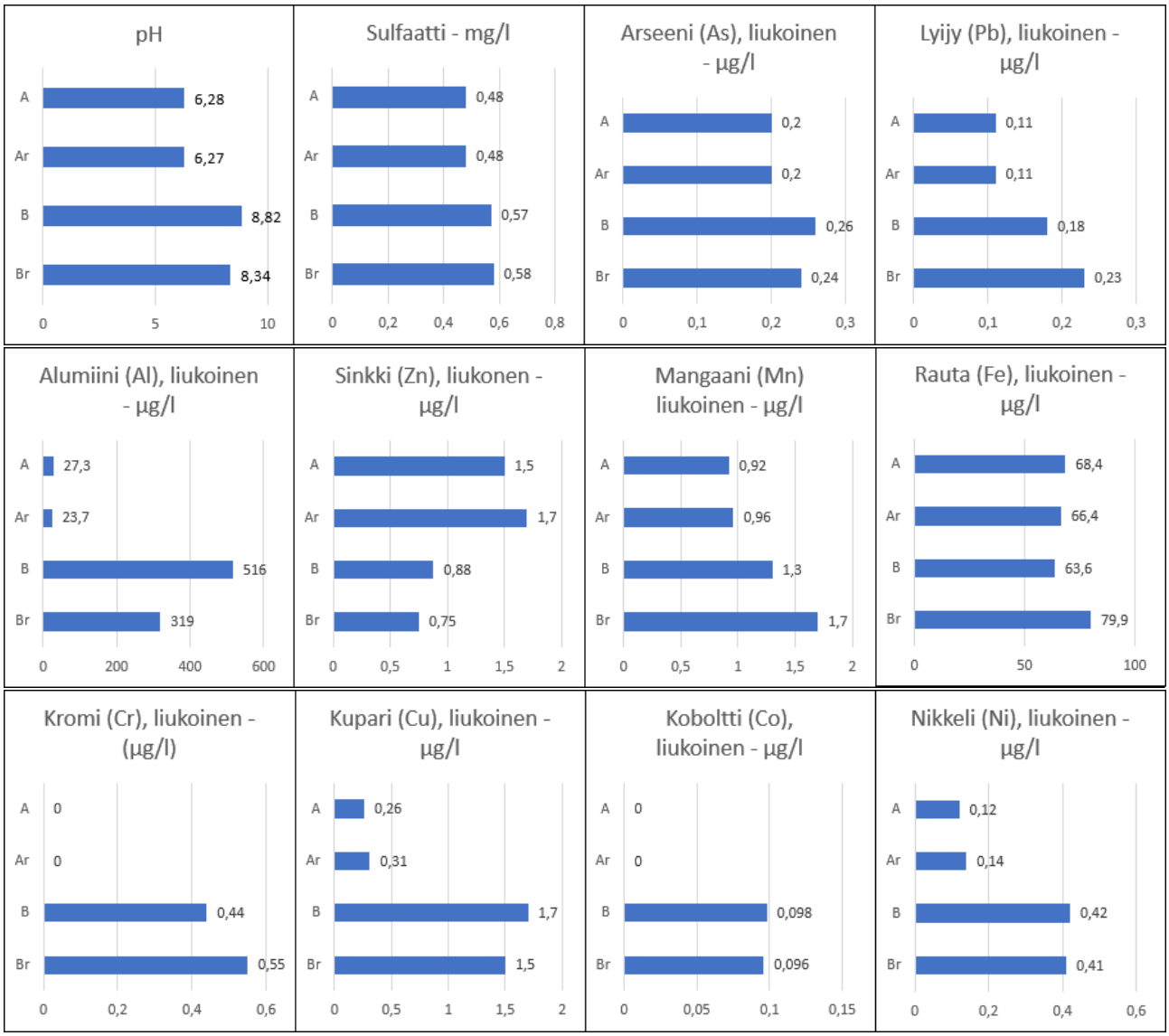
Tutkimusalueen kivilajien mineralogiasta johtuen arseenin, sinkin ja lyijyn pitoisuusmuutokset jäähdytysvetenä käytetyn pintaveden ja soijapitoisen näytteen välillä olivat pieniä. Maankuoressa varsin yleisten raudan ja mangaanin osalta pitoisuusmuutokset olivat niin ikään pieniä. Sulfaatin pitoisuudet ja pitoisuusmuutokset olivat myös pieniä, vaikka rikki onkin tutkimusalueen kivilajeissa (kiisut) hyvin yleinen alkuaine. Syyksi tähän on esitetty jäähdytyksessä käytettyä suoperäistä vettä, jonka hapetuskyky on pintavesiä heikompi, ja jonka vuoksi sulfidimineraalit eivät ole ehtineet hapettua ja nostaa jäähdytysveden sulfaattipitoisuutta. (Selvitys, 2015)

Koboltin ja kuparin osalta hienoinen pitoisuuden nousu liittyy mineralogiaan. Mm. kuparin osalta pitoisuuden nousu tasolta 0,26 µg/l tasolle 1,7 µg/l oli hyvin pieni verrattuna luonnollisiin vertailuarvoihin: maaperän kaivojen mediaanipitoisuus kuparille on 53,9 µg/l ja porakaivojen mediaanipitoisuus on 15,8 µg/l. (Selvitys, 2015)

Jäähdytysvetenä käytetyn pintaveden (A) rautapitoisuus oli 68,4 µg/l, ja soijapitoisen vesinäytteen B samaa tasoa 63,6 µg/l. Rinnakkaisnäytteessä Br rautapitoisuus oli hieman korkeampi, 79,9 µg/l. Rautapitoisuuden muutos on pieni verrattuna luonnollisiin vertailuarvoihin. Maaperän kaivojen mediaanipitoisuus raudalle on 40 µg/l ja porakaivojen vastaava pitoisuus on 30 µg/l. Keskiarvo maaperän kaivoissa on 100 µg/l ja porakaivoissa 240 µg/l.

Suurin pitoisuuden muutos havaittiin alumiinin osalta. Näytteen A alumiinipitoisuus oli 27,3 µg/l, ja soijapitoisen näytteen B 516 µg/l (rinnakkaisnäyte Br 319 µg/l). Alumiinin pitoisuus nousi huomattavasti kairauksessa käytetyssä jäähdytysvedessä, ylittäen maaperän kaivojen sekä porakaivojen mediaani- ja keskiarvopitoisuudet. Pitoisuuden nousun on arvioitu liittyvän alumiinipitoisten kairausputkien mekaaniseen hiertymiseen. Mineralogia huomioiden myös kromin ja nikkelin hienoinen pitoisuuden nousu voi liittyä kairauslaitteiden kromiteräosiin, osien kuluessa kairauksen yhteydessä. (Selvitys, 2015) Nikkelin pitoisuus oli näytteessä A 0,12 µg/l ja näytteessä B 0,41 µg/l, sen mediaanin ollessa maaperän kaivoissa 0,91 µg/l ja porakaivoissa 0,35 µg/l. Kaivojen vertailuarvot huomioiden pitoisuuksien nousu voi olla myös luontaista alkuperää, kalliopohjavesien sekoittuessa jäähdytysveteen.

Tulosten perusteella jäähdytysvetenä käytetyn pintaveden laatu muuttui kairauksen aikana varsin vähän. Merkittävin laadun muutos havaittiin alumiinin osalta, joka ei ilmeisimmin ollut peräisin kairattavasta kallioperästä, vaan kairauskalustosta. Kiintoainepitoisuutta ei määritetty. (Selvitys, 2015)



Kuva 15. Toimija C: Kairaukseen käytettävän, vesistöstä otetun jäähdytysveden (A) ja kairakoneessa syntyvän jäähdytysveden (B) sekä niiden rinnakkaisnäytteiden (Ar ja Br) pH ja sulfaatti-, arseeni-, lyijy-, alumiini-, sinkki-, mangaani-, rauta-, kromi-, kupari-, koboltti- ja nikkelipitoisuudet. Arvon ollessa 0, pitoisuus on alittanut mittauksen määritysrajan. Määritysraja kromille on 0,2 µg/l ja koboltille 0,05 µg/l.

5.4.2 Toimija C: pohjavesitutkimus

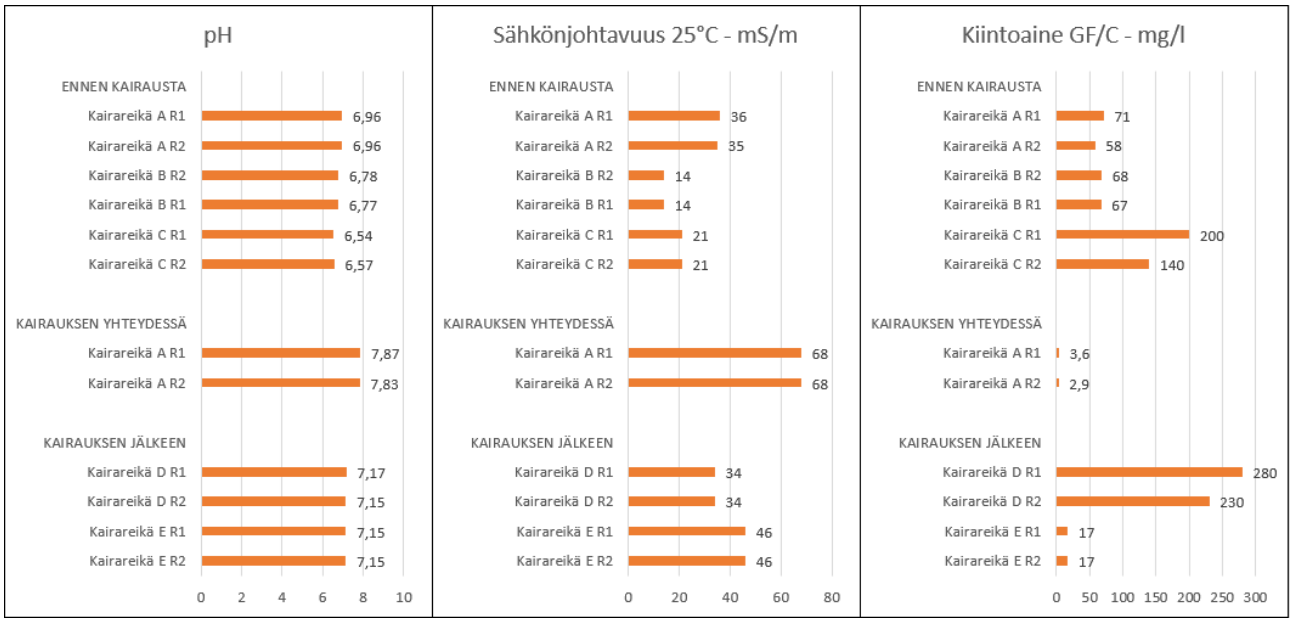
Vuoden 2022 pohjavesitutkimuksessa näytteenotto tehtiin 25 metrin syvyydeltä. Kairareiät A, B ja C edustavat pohjavettä ennen kairausta ja ne on kerätty kairarei'istä, joissa kairauksia on tehty noin 4–5 vuotta ennen näytteenottoa. Kairauksen yhteydessä otettu näyte kairareiästä A on otettu kairauksen ohijuoksutusvedestä. Kairauksessa käytettävä vesi otetaan yleensä lähellä sijaitsevasta kairareiästä koneen vesisäiliöön. Vesisäiliö toimii veden välivarastona, josta vettä otetaan kairauskäyttöön. Vesilinjan sulana pitämiseksi veden on kuljettava koko ajan vesilinjassa. Kun vettä käytetään vähemmän, vesisäiliö voi päästä täyttymään, jolloin vesi pääsee virtaamaan pois säiliöstä ylivirtaamaputken kautta. Ohijuoksutusvesi, josta näytteet on otettu, on ylivirtaamaputken kautta virtaavaa vettä. Suurin osa ohijuoksutuksen vedestä ei ole ollut käytössä kairauksessa, vaan sen avulla on pidetty vesi liikkeessä putken jäätymisen estämiseksi. Kairauksen jälkeiset näytteet (D ja E) on otettu eri kairareistä kuin ennen kairausta ja kairauksen yhteydessä otetut näytteet, ja ne

edustavat pohjaveden tilaa kairauksen jälkeen. Kairaukset on lopetettu noin 2 kuukautta ennen kairauksen jälkeistä näytteenottoa.

Syväkairauksen yhteydessä yhden kairauslaitteiston vedenkulutus on ollut keskimäärin 0–5 m^3 vuorokaudessa. Yksittäisissä poikkeustilanteissa vedenkulutus voi nousta hetkellisesti 20 m^3 vuorokaudessa. Käytetyn veden määrään vaikuttavat kallioperän olosuhteet. Esimerkiksi jos kalliossa on paljon rakoja, vettä kuluu enemmän.

Kairarei'istä otetuista pohjavesinäytteistä tarkasteltiin pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, sulfaatti sekä metalleista kupari-, kromi-, kobolttі-, nikkeli-, alumiini-, tina-, sulfaatti- ja sinkkipitoisuus sekä puolimetalleista arseeni (**Kuva 16, Kuva 17 Kuva 18**). Tarkasteltavista metalleista on analysoitu liukoiset pitoisuudet. Kaikista näytteistä on otettu rinnakkaisnäytteet. Rinnakkaisnäytteissä ei ollut merkittäviä eroja lukuun ottamatta kairauksen ohijuoksutusvedestä määritettyä sulfaattipitoisuutta, jonka osalta varsinaisen näytteen pitoisuus oli yli 2,5 kertainen verrattuna rinnakkaisnäytteen pitoisuuteen.

Veden pH vaihteli välillä 6,54–7,87, eli veden pH oli neutraali (**Kuva 16**). pH oli alhaisin ennen kairausta ja korkeimmillaan kairauksen ohijuoksutusvedessä kairauksen aikana. Kaikkiaan pH:n vaihtelu oli pientä. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä 14–68 mS/m, ollen korkeimmillaan kairauksen ohijuoksutusvedessä. Ennen kairausta sähkönjohtavuus oli korkeimmillaan 36 mS/m ja kairauksen jälkeen 46 mS/m. Vertailuarvojen mukaan pohjaveden luonnollinen sähkönjohtavuuden mediaani on maaperän kaivoissa 14,5 mS/m (keskiarvo 16,4 mS/m) ja porakaivoissa 22,2 mS/m (keskiarvo 28,2 mS/m). Kiintoaine vaihteli välillä 2,9–280 mg/l. Kiintoaine oli pienimmillään kairauksen ohijuoksutusvedessä. Ennen kairausta otetuissa näytteissä kiintoaine vaihteli välillä 58–200 mg/l. Kairauksen jälkeisissä näytteissä kairareiässä D kiintoainepitoisuus oli rinnakkaisnäytteissä 230 mg/l ja 280 mg/l ja kairareiässä E 17 mg/l.



Kuva 16. Toimija C: kairarei'istä otettujen näytteiden pH, sähkönjohtavuus ja kiintoainepitoisuudet. Näytteet R1/R2 ovat rinnakkaisnäytteitä.

Kiintoainepitoisuuden vaihtelu oli verrannollinen metallipitoisuuksien kanssa (**Kuva 16, Kuva 17 Kuva 18**). Metallipitoisuudet olivat alhaisimpia kairauksen ohijuoksutusvedessä lukuun ottamatta

tinapitoisuutta toisessa rinnakkaisnäytteessä; toisessa näytteessä pitoisuus oli alle määritysrajan ja toisessa 0,082 µg/l. Muissa näytteissä tinapitoisuus vaihteli alle määritysrajan pitoisuudesta pitoisuuteen 0,11 µg/l. Tinapitoisuus alitti luonnollisen pitoisuuden vertailuarvoina käytettävien maaperän kaivovesien sekä porakaivovesien mediaanin on <0,5 µg/l. Kupari-, alumiini-, sinkki- ja kadmiumpitoisuudet alittivat vertailuarvoina käytettävien maaperän kaivovesien ja porakaivojen mediaanipitoisuudet.

Kromipitoisuus vaihteli tutkituissa näytteissä välillä 0,42-2,5 µg/l luonnollisen pitoisuuden mediaanin ollessa <0,2 µg/l maaperän kaivovesissä ja porakaivoissa. Alhaisimmat pitoisuudet 0,42–0,43 µg/l mitattiin kairauksen ohijuoksutusvedestä. Ennen kairausta kromipitoisuus vaihteli välillä 0,99–2,4 µg/l ja kairauksen jälkeen välillä 0,9–2,5 µg/l. Kromipitoisuuden ympäristölaatunormi (10 µg/l) alittui.

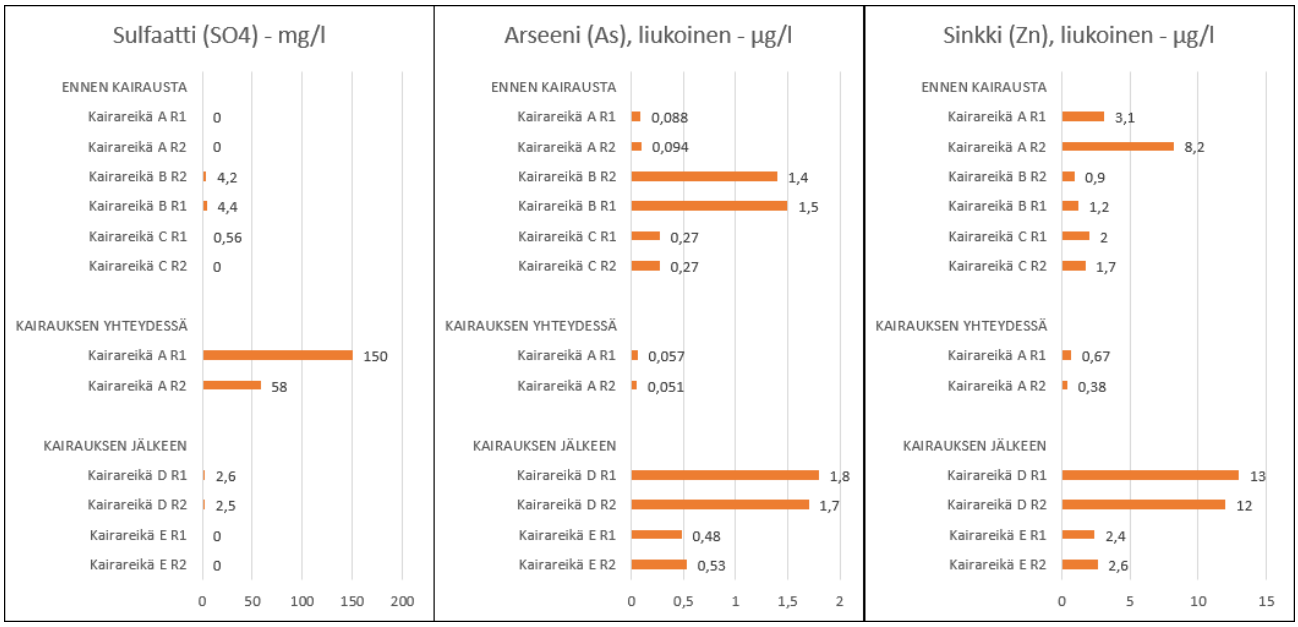
Kobolttipitoisuus vaihteli kairauksen ohijuoksutusvedessä välillä 0,066–0,083 µg/l, kairausta ennen ja sen jälkeen otetuissa näytteissä välillä 0,2–2,5 µg/l. Kobolttipitoisuuden mediaani on maaperän kaivovesissä 0,13 µg/l ja porakaivoissa 0,05 µg/l ja keskiarvot vastaavasti 0,35 µg/l ja 0,45 µg/l. Osassa ennen kairausta ja kairauksen jälkeen otetuissa näytteissä kobolttipitoisuus oli koholla kaivovesien mediaani- ja keskiarvopitoisuuksiin verrattuna. Näytteenoton epävarmuus (koboltille ± 10 %) huomioiden, korkein mitattu kobolttipitoisuus (2,5 µg/l) ylitti pohjaveden ympäristölaatunormin (2 µg/l) 0,25 µg/l.

Nikkelipitoisuus vaihteli ohijuoksutusvedessä välillä 0,35–0,36 µg/l. Ennen kairausta nikkelipitoisuus vaihteli välillä 0,67–8,5 µg/l ja kairauksen jälkeen 1,2–3,4 µg/l. Nikkelin mediaani maaperän kaivovesissä on 0,91 µg/l (keskiarvo 2,2 µg/l) ja porakaivoissa 0,35 µg/l (keskiarvo 1,3 µg/l). Osassa näytteistä mediaani- ja keskiarvopitoisuudet ylittyivät. Korkein mitattu nikkelipitoisuus alitti ympäristönlaatunormin (10 µg/l).

Arseenipitoisuus vaihteli kairauksen ohijuoksutusvedessä välillä 0,051–0,057 µg/l. Pitoisuus vaihteli ennen kairausta välillä 0,088–1,5 µg/l ja kairauksen jälkeen 0,48–1,8 µg/l. Maaperän kaivoissa arseenipitoisuuden mediaani on 0,15 µg/l ja keskiarvo 0,27 µg/l. Vastaavasti porakaivoissa pitoisuudet ovat 0,26 µg/l ja 1,3 µg/l, eli korkeimmat mitatut arseenipitoisuudet vastasivat likimain porakaivojen keskiarvoa.

Toisin kuin kiintoaine- ja metallipitoisuudet, sulfaattipitoisuus oli huomattavasti korkeampi kairauksen ohijuoksutusvedessä verrattuna pitoisuuksiin ennen ja jälkeen kairauksen. Ohijuoksutusvedessä pitoisuus oli välillä 58–150 mg/l, sen luonnollisen pitoisuuden mediaanin ollessa maaperän kaivoissa 14,4 mg/l (keskiarvo 16,0 mg/l) ja porakaivoissa 14,1 mg/l (keskiarvo 17,7 mg/l). Maaperän kaivovesien ja porakaivojen mediaani- ja keskiarvopitoisuuksiin verrattuna todetut sulfaattipitoisuudet olivat siis ohijuoksutusvedessä koholla. Ennen kairausta ja kairauksen jälkeen otetuissa näytteissä pitoisuudet alittivat mediaani- ja keskiarvopitoisuudet.

Kuva 17. Toimija C: kairarei'istä otettujen näytteiden kupari-, kromi-, koboltti-, nikkeli-, alumiini- ja tinapitoisuudet. Arvon ollessa 0, pitoisuus alittaa mittauksen määritysrajan. Näytteet R1/R2 ovat rinnakkaisnäytteitä.



Kuva 18. Toimija C: kairarei'ista otettujen näytteiden sulfaatti-, arseeni- ja sinkkipitoisuus. Arvon ollessa 0, pitoisuus alittaa mittauksen määritysrajan. Näytteet R1/R2 ovat rinnakkaisnäytteitä.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Kairauksen vaikutukset pintavesiin

Toimija A

Toimijan A osalta pintavesinäytteissä pitoisuudet pysyivät pääasiassa vertailuarvona käytettävien luonnollisten pitoisuuksien rajoissa, lukuun ottamatta näytepisteellä A3 havaittuja ylityksiä. Kairauksen jälkeisessä näytteenotossa oli havaittavissa hyvin pientä nousua verrattuna ennen kairausta otettuihin näytteisiin. Pintavesinäytteenotto on tehty kairausten jälkeen touko-kesäkuun vaihteessa, noin 3 kuukautta kairausten päättymisestä, jolloin keskivalunnan mukaan laimenemisolosuhteet ovat paremmat, kuin ennen kairauksia toteutetussa, lokakuun näytteenotossa. Tämän vuoksi kairausten jälkeiset hieman koholla olevat pitoisuudet eivät ole selitettävissä laimenemisolosuhteilla. Toisaalta pitoisuuksien nousu oli samankaltaista kaikilla näytepisteillä, mukaan lukien näytepisteet, jotka sijaitsivat kairausten vaikutusalueen ulkopuolella, esimerkiksi joen sivuhaaroilla, jonne kairauksesta mahdollisesti aiheutuvalla valunnalla ei ole vaikutusta.

Näytepisteellä A3 havaitut pitoisuudet poikkesivat muilla näytepisteillä havaituista, noin 3 kuukautta kairauksen jälkeen otettujen näytteiden pitoisuuksista. Toisaalta samanlaisia poikkeavia pitoisuuksia ei havaittua näytepiseillä A1 ja A2, jotka edustavat tutkimusalueen lähimpiä näytepisteitä. Näytepisteillä A1 ja A2 ei havaita suuria vaihteluita ja esimerkiksi sähkönjohtavuus ja nikkelipitoisuus ovat olleet alhaisempia verrattuna ennen kairauksia tehtyyn näytteenottoon.

Kairauksista syntyvä vesimäärä vastaa noin 1–2 % näytepisteiden A1 ja A2 keskimääräisestä kuukausikeskivirtaamasta, kun taas näytepisteellä A3 vastaava osuus on vain 0,2 %. Siten mahdollisen kairauksista syntyvän kuormituksen tulisi olla nähtävissä myös näytepisteillä A1 ja A2,

jotka sijaitsevat lähempänä kairauskohdetta ja joissa laimenemisolosuhteet ovat huonommat, kuin näytepisteellä A3.

Toimija B

Toimijan B osalta pääasiassa suurimmat pitoisuudet esiintyvät näytepisteellä A5, joka sijaitsee kairauksiin nähden kaikista kauimpana verrattuna muihin näytepisteisiin. Lisäksi näytepisteellä A5 on parhaimmat laimenemisolosuhteet. Siten näytepisteen A5 kohonneiden pitoisuuksien voidaan päätellä johtuvan jostain muista tekijöistä kuin kairauksesta. Muita kohonneita pitoisuuksia on ollut 11.3.2020 näytteenoton yhteydessä sinkin, kuparin, lyijyn ja kromin osalta. Maaliskuussa laimenemisolosuhteet ovat huonoimmat verrattuna muihin kuukausiin, jolloin näytteenottoa on tehty, mikä voi olla syynä kohonneille pitoisuuksille. Esimerkiksi näytepisteiden A3, A4 ja A5 tuloksista voidaan huomata, että sinkki-, lyijy-, nikkeli- ja kadmiumpitoisuudet ovat pääsääntöisesti hieman korkeampia marraskuussa, kuin toukokuussa, mikä korreloi laimenemisolosuhteiden kanssa niiden ollessa parhaimmat toukokuussa. Toisaalta esimerkiksi kuparipitoisuus ei korreloi selkeästi laimenemisolosuhteiden kanssa. Näytepisteellä A4 kairauksissa käytettävän veden osuus oli 1,3 % näytepisteen kokonaisvirtaamasta ja vastaavasti näytepisteellä A5 osuus oli 0,6 %. Siten myös toimijan B osalta kairauksessa käytettävä vesimäärä on hyvin pieni suhteessa alueella virtaavan veden määrään ja kairauksesta syntyvän, maastoon laskettavan veden pitoisuuksien tulisi olla erittäin korkeita, jotta näytepisteiden veden laadussa voidaan havaita muutoksia.

Toimija C

Toimijan C osalta pintaveden laatu pysyi hyvin luonnollisen vaihteluvälin rajoissa, kun veden laatua verrattiin purovesistä mitattuihin luonnollisiin pitoisuuksiin. Boorin ja raudan osalta luonnollinen pitoisuus ylittyi näytepisteellä 6b, mutta ylitykset olivat hyvin pieniä, etenkin kun huomioidaan mittausepävarmuus, joka on raudalle ±10 % ja boorille ±12 %. Lisäksi tulee huomioida, että luonnolliselle pitoisuudelle annetut viitearvot edustavat koko Suomen aluetta. Luonnolliset pitoisuudet voivat vaihdella alueellisesti, eivätkä koko Suomen alueen vesistä muodostetut keskiarvot siten kerro alueen tyypillisistä luonnollisista pitoisuuksista. Luonnollisien pitoisuuksien viitearvoja ei siis tule käyttää raja-arvojen tavoin, vaan ne antavat käsityksen siitä, millaisia pitoisuuksia vesissä voi keskimäärin Suomen alueella esiintyä.

Näytepisteen 2d yläjuoksulla oli käynnissä olevia kairauksia näytteenottohetkellä. Tästä huolimatta näytepisteellä ei havaittu poikkeavia pitoisuuksia. Eroavia pitoisuuksia ei myöskään havaittu näytepisteellä 1a, joka sijaitsee kairausten yläjuoksulla eikä siten ole kairausten vaikutusalueella. Pintavesipitoisuuksissa ei ollut myöskään havaittavissa ajallisia muutoksia, kun verrattiin vuosien 2015, 2018 ja 2020 näytteenottojen tuloksia.

Yhteenveto

Pintavesien osalta kairausten lähimmillä näytepisteillä ei ollut havaittavissa muutoksia pintaveden laadussa. Kairauksen pintaveden osuus on ollut korkeintaan 2 % näytepisteiden virtaamasta, kun kairauksissa käytetty vesimäärä on ollut tiedossa. Kun kairaukseen käytetty vesimäärä laskettiin sen mukaan, mikä on maastoon laskettavan veden maksimimäärä, kairauksessa käytetyn veden osuus oli 4,4 % tarkastellun näytepisteen virtaamasta. Kairauksessa käytettävä vesimäärä on hyvin pieni suhteessa alueella liikkuvan pintaveden määrään, jolloin pitoisuuksien täytyisi olla hyvin korkeita, jotta muutoksia pintaveden laadussa voitaisiin havaita. Lisäksi pintavesinäytteet on kerätty

toimijoiden A ja B osalta 1,5–5 kuukautta kairauksien loputtua ja toimijan C osalta 6–18 kuukautta kairauksien loputtua lukuun ottamatta näytepistettä 2d, jonka vesireitin yläjuoksulla on ollut kairauksia käynnissä. Koska kairausten vaikutusalueella tehdyn näytteenoton ja kairausten välillä on pääsääntöisesti pitkä viive, pintaveden laatu kuvaa ennemmin kairauksesta aiheutuvia pitkäaikaisia vaikutuksia, kuin mahdollista kairauksen aikana tapahtuvaa kuormitusta.

6.2 Kairauksessa muodostuvat jäähdytysvedet

Tutkimusalueilla ei tutkittu suoraan pohjaveden laatua pohjavesiputkista, minkä vuoksi kairausten vaikutuksia pohjavesiin ei ole tässä selvityksessä käytettyjen tarkkailutulosten perusteella voitu tarkastella. Toimija C on kuitenkin selvittänyt kairarei'issä olevan veden laatua sekä kairauksessa syntyvän veden laatua. Kairauksessa syntyvän veden laatu on oleellinen tekijä myös mahdollisten pohjavesivaikutuksien kannalta, kun kairauksessa syntyvä vesi lasketaan maastoon. Maastoon laskettu vesi voi kulkeutua maaperän kautta pohjavesiin ja näin aiheuttaa vaikutuksia pohjaveden laatuun.

Toimijan C jäähdytysvesitutkimuksen osalta havaittiin, että metallipitoisuuksissa tapahtui vaihtelua luonnollisen vaihtelun rajoissa, lukuun ottamatta alumiinipitoisuutta, jossa tapahtui selkeä nousu. Pitoisuuden nousun arveltiin olevan lähtöisin kairauksessa käytetystä alumiiniputkesta, jonka hiertyminen on voinut aiheuttaa alumiinipitoisuuden nousua kairaukseen käytetyssä vedessä. Alumiinipitoisuus nousi yli kymmenkertaiseksi jäähdytysvetenä käytetyssä vedessä, verrattuna vesistöstä otettuun pintaveteen. Tuloksissa täytyy kuitenkin huomioida, että kairauksessa käytetystä vedestä otettu näyte otettiin ”soijavedestä”, jossa kairauksessa syntynyt kiintoaines on vielä mukana ja joka erotetaan ennen veden laskemista maastoon. Vaikka tulos perustuu yhteen näytteenottokertaan ja näyte on otettu ”soijavedestä”, ei voida sulkea pois mahdollisuutta, etteikö kairauksista voi aiheutua alumiinin osalta hyvin vähäistä kuormitusta. Kuormituksen osalta on huomioitava, että kairauksissa syntyvä vesimäärä on hyvin vähäinen. Lisäksi kairauksessa syntyvä mahdollinen kuormitus ajoittuu hyvin lyhyelle aikajaksolle eikä siten esimerkiksi metalleja pääse kertymään ympäristöön.

Vuoden 2022 ns. kairareikätutkimuksessa on selvitetty pääasiassa maastoon laskettavan kairauksen ohijuoksutusveden laatua. Tuloksista voidaan havaita maastoon laskettavan kairauksessa syntyvän ohijuoksutusveden metallipitoisuuksien olevan matalia verrattuna ennen kairausta ja kairauksen jälkeen kairarei'istä otetun veden metallipitoisuuksiin. Ohijuoksutusvedessä ainoastaan sähkönjohtavuus ja sulfaattipitoisuus olivat koholla verrattuna kairarei'istä mitattuihin pitoisuuksiin. Sulfaattipitoisuus nousi tutkimuksessa ohijuoksutusvedessä melkein kymmenkertaiseksi verrattuna muihin näytteisiin. Sulfaattipitoisuuteen liittyy kuitenkin epävarmuutta, koska rinnakkaisnäytteissä pitoisuudet erosivat melko suuresti (150 mg/l / 58 mg/l). Pitoisuuden vaihtelu voi siis olla suurta kairauksen aikana. Näyte pyrittiin keräämään aikana, jolloin kairaus lävistää mineralisaation, jolloin kairaukseen käytetyn veden pitoisuuksien odotetaan olevan korkeimmillaan. Vuoden 2015 jäähdytysvesitutkimuksessa sulfaattipitoisuudessa ei todettu vastaavaa pitoisuuden nousua.

Vuoden 2022 tutkimuksessa osassa kairarei'istä otetuista näytteistä kromi-, koboltti- ja nikkelipitoisuudet olivat luonnollisia vertailuarvoja korkeampia ja kobolttipitoisuus ylitti pohjavedelle asetetun ympäristönlaatunormin. Luonnollisiin vertailuarvoihin verrattuna

korkeampia pitoisuuksia havaittiin kairarei'issä ennen ja jälkeen kairauksen. Samalla tutkimusalueella tehdyn jäähdytysvesitutkimuksen yhteydessä geologisen näkökulman perusteella on odotettavissa, että kuparin ja koboltin pitoisuudet voivat nousta kairausvedessä alueen mineralogian vuoksi. Alumiinin, nikkelin ja kromin pitoisuuksien nousu voi johtua kairauslaitteiden kromiteräosista. On siis mahdollista, että kairauksessa käytettävän veden metallipitoisuudet nousevat, riippuen alueen mineralogiasta ja kairaukseen käytettävästä laitteistosta. Luonnollisia vertailuarvoja korkeampien pitoisuuksien osalta tulee huomioida, että vesien luonnolliset arvot voivat vaihdella alueellisesti. Luonnollisien vesien pitoisuuksia kuvaamaan käytetyt vertailuarvot eivät huomioi alueellisia vaihteluita, vaan ne ovat koko Suomen alueelta muodostettuja keskiarvoja.

On kuitenkin huomioitava, että kairauksessa syntyvä vesimäärä on lähtökohtaisesti suhteellisen pieni ja pitoisuuksien tulisi olla hyvin suuria niiden vaikutuksien havaitsemiseksi vesistöissä tai pohjavesissä. Lisäksi kairauksen kesto ajoittuu suhteellisen lyhyelle aikavälille ja mahdolliset vaikutukset ovat hyvin paikallisia. Koska tutkimuksissa ei tarkasteltu pohjaveden laatua, vaan kairareikien sekä kairauksessa syntyvän veden laatua, ei kairausten mahdollisia vaikutuksia pohjavesiin voida tässä yhteydessä arvioida tarkemmin.

7 EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Toimijan A osalta näytteenottoa tehtiin 3–4 kuukautta ennen kairauksia sekä 4–5 kuukautta kairauksien jälkeen. Ennen kairauksia tehtävä näytteenotto kuvastaa alueen taustapitoisuutta. Kairauksien jälkeen tehdyn näytteenoton ja kairausten välillä on huomattava viive, joka aiheuttaa merkittävää epävarmuutta tulosten tulkintaan. Tulosten perusteella voidaan arvioida pitkäaikaisvaikutuksia, mutta mahdollisia kairaushetkellä aiheutuvia vaikutuksia ei voida arvioida.

Toimija B:n tutkimusalueelta ei otettu näytteitä ennen kairausten aloitusta. Ensimmäiset näytteet virtavesistä otettiin noin 1,5 kuukautta kairausten päättymisen jälkeen. Taustapitoisuustiedon puuttuminen aiheuttaa epävarmuutta tulosten tulkintaan, sillä tarkastellun vesistön laadusta ei ole tietoa ennen kairausten alkamista. Toimijan A tavoin näytteenoton ajankohta suhteessa kairauksiin ei kuvasta suoraan kairaustoiminnasta aiheutuvaa kuormitusta, vaan ennemmin mahdollisia kairauksesta aiheutuvia pitempiaikaisia vaikutuksia.

Toimijan C osalta pintaveden näytteenotto toteutettiin näytepisteellä 4b kaksi kertaa vuosina 2018 ja 2020. Muilla näytepisteillä näytteenotto tehtiin kerran. Näytteenottoa tehtiin elokuussa 2015, lokakuussa 2018 ja syyskuussa 2020. Veden laadussa tapahtuva vuodenaikaisvaihtelu ei selviä näytteenotosta, koska näytteenottoa tehtiin pääasiassa kerran samalta näytepisteeltä. Vaikka näytteenottoa tehtiin useampana vuonna, ajallisen muutoksen arviointi on epävarmaa näytteenottoon käytettyjen näytepisteiden sijainnin vaihtuvuuden sekä vuodenaikaisvaihtelun vuoksi. Näytteenotto antaa ennemmin yleiskuvan alueen pintaveden laadusta.

Epävarmuustekijöiden vähentämiseksi, toiminnan tarkkailun tai lisäselvitysten suunnittelussa olisi hyvä huomioida seuraavia asioita entistä paremman laadun varmistamiseksi:

- Vaikutusten arvioinnin kannalta tärkeää on tuntea lähtötilanne, eli toiminnan vaikutukseen piiriin kuuluvien vesimuodostumien vedenlaatu ennen toiminnan aloittamista, toiminnan aikana, sekä toiminnan päättymisen jälkeen.

- Havaintopaikat tulisi suunnitella kohdekohtaisesti siten, että ne edustavat kuormitusta aiheuttavan toiminnan yläpuolista aluetta (tausta), välitöntä vaikutuspiiriä, sekä päästön laimenemista päästölähteestä virtaussuuntaan alaspäin. Tarkkailua tulisi suorittaa samoilta havaintopaikoita koko tarkkailujakson ajan. Tarkkailussa tulisi huomioida myös vesireitillä olevat järvialtaat (myös syvyyssuuntainen tarkkailu).
- Toiminnanaikaiset näytteet tulisi ottaa havaintokerroittain sekä päästöstä että vastaanottavasta vesistöstä. Päästön osalta tulee havaintokertakohtaisesti tuntea määrä ja laatu.
- Yksittäinen koekairaus on kestoltaan melko lyhytaikainen, ja maastoon purettavien kuormittavien vesien määrä pääsääntöisesti melko pieni, joten ympäristöön kohdistuvan kuormitusvaikutuksen arvioidaan loppuvan melko pian kairausvesien maastoon johtamisen päätyttyä. Laimenemiseen vaikuttavat vastaanottavan vesimuodostuman tilavuus (järvialtaat), virtaamaolosuhteet sekä vuodenaika. Tämän vuoksi kuormituksen päättymisen jälkeinen näytteenotto alapuolisessa vesistössä (myös taustapisteellä) olisi hyvä aloittaa hyvin pian toiminnan päätyttyä (esim. 1 d, 1 vk, 2 vk, 1 kk, 2 kk, 6 kk kuormituksen päätyttyä).
- Veden pH:n, johtokyvyn ja metallimääritysten lisäksi määritysvalikoimiin olisi hyvä lisätä kiintoaine, ja tapauskohtaisesti vesistöistä otettavien näytteiden osalta myös sameus.
- Tulosten tarkastelun kannalta tärkeitä tietoja ovat kairauksessa käytettävän jäähdytysveden alkuperä ja laatu, kairauksessa ja jäähdytysvesien käsittelyssä käytettävät kemikaalit ja niiden määrät, maastoon purettavien vesien määrä ja laatu, sekä tieto siitä, jätetäänkö kairauksen yhteydessä syntyvä soija maastoon, vai viedäänkö se pois tutkimusalueelta.

8 YHTEENVETO

Pintavesistä tehtyyn näytteenottoon liittyi epävarmuustekijöitä, kuten pitkä viive näytteenoton ja kairauksien välillä. Tämä korostuu etenkin pintavesien ollessa virtavesiä, jolloin veden vaihtuvuus on suuri. Aikaväli, jolloin kairaus tapahtuu, on suhteellisen lyhyt. Lisäksi kairauksessa syntyvä vesimäärä on hyvin pieni. Pintavesiin kohdistuvien vaikutusten osalta kairauksesta aiheutuvan kuormituksen tulisi olla hyvin suuri, jotta se voitaisiin havaita pintaveden laadussa. Kairauksessa käytetyn pienen vesimäärän ja kairauksen tilapäisyyden vuoksi mahdollisen kuormituksen vaikutukset jäävät hyvin paikallisiksi ja lyhytaikaisiksi.

Pohjaveden osalta vaikutuksia voi aiheutua maastoon johdetun veden kautta. Tutkimuksessa ei käsitelty sitä, millaisia vaikutuksia maastoon jätetty kairauksessa syntynyt kiintoaines voi aiheuttaa. Kiintoaineen pois kuljettaminen on pakollista luonnonsuojelualueilla, jolloin siitä ei aiheudu kuormitusta ympäristöön. Alueilla, jotka eivät ole suojeltuja, kiintoaines voidaan joko jättää maastoon tai ottaa talteen. Mahdollisen maastoon jätetyn kiintoaineksen vaikutukset voidaan niiden melko vähäisen määrän vuoksi arvioida lähtökohtaisesti pieniksi.

Kairarei'istä tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että kairauksessa käytetyn veden tai kairareiässä olevan veden metallipitoisuudet voivat kohota, riippuen alueen mineralogiasta sekä kairaukseen käytettävästä laitteistosta. Kairaukseen käytettävä vesimäärä on kuitenkin hyvin pieni ja kairareiässä oleva vesi jää kairareikään. Täten vaikutukset voidaan arvioida vähäisiksi.

LÄHTEET

Aroviita, J., Mitikka, S., Vienonen, S., 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. Suomen ympäristökeskus.

Eurofins Ahma Oy, 2020. Näytteet 18.12.2019, lausunto.

Hatakka, T., Tarvainen, T., Vesterbacka, P., 2002. 500 kaivoa - tulokset vuoden 2001 pohjavesikartoituksesta.

Heitner, H.I., 2004. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology: Flocculating Agents. Saatavissa: https://doi.org/10.1002/0471238961.0612150308050920.a01.pub2

Hertta, 2022. Ympäristötiedon hallintajärjestelmä. Saatavissa: https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/hearts/welcome.asp

Kaivosteollisuus ry, 2021. Malminetsintäopas. Saatavissa: https://www.gtk.fi/ajankohtaista/malminetsintaopas-kokoaa-yhteen-alan-hyvat-kaytannot-ja-pelisaannot/

Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T., Salminen R., 1996. Suomen geokemian atlas, osa 3: Ympäristögeokemia-purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus.

Selvitys, 2015. Havaintoja ja kommentteja alueen vesinäytteistä geologisesta näkökulmasta.

Siimes, K., Vähä, E., Junttila, V., Lehtonen, K.K., Mannio, J., 2019. Haitalliset aineet Suomen vesissä. Tilanne ja seurannan suuntaviivat. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 8/2019. Suomen ympäristökeskus.

ENVINEER

envineer.fi