

Vastaanottaja

Swerock – Peab Industri Oy

Asiakirjatyyppi

Tutkimusraportti

Päivämäärä

16.5.2024

Mustalahden louhosalue, Kajaani

Ympäristöselvitykset sekä Mustalahteen
ja Karankalahteen purkavien vesien
vaikutusarviointi



Mustalahden louhosalue, Kajaani

Ympäristöselvitykset sekä Mustalahteen ja Karankalahteen
purskavien vesien vaikutusarviointi

Projekti	Mustalahti, purkuvesien vaikutusarviointi	
Vastaanottaja	Swerock - Peab Industri Oy	Ramboll
Asiakirjatyyppi	Ympäristöselvitykset ja vaikutusarviointi	Puutarhakatu 9
Päivämäärä	16.5.2024	70300 Kuopio
Laatija	Elina Lampinen, Anne-Marie Hagman ja Jaana Sunell, Ramboll Finland Oy	P +358 20 755 611
Tarkastaja	Jukka-Pekka Tervo, Ramboll Finland Oy	F +358 20 755 6201
Hyväksyjä	Mikko Sipola, Peab Industri Oy	
Kuvaus	Mustalahden louhosalueen purkuvesien vaikutusarviointi	
Viite	1510076759	

*Kannen kuva: Drone-kuva 11.5.2023, Ramboll Finland Oy. Etualalla laskeutusaltaat, kuva
Mustalahteen päin.*

Sisältö

1.	Johdanto	3
2.	Kohdetiedot	3
2.1	Alueen kallioperä	4
2.2	Ympäristöselvitykset	5
2.3	Kiviainestutkimukset	5
2.3.1	Näytteenotto	5
2.3.2	Petrografiset tutkimukset	6
2.3.3	Laboratoriotutkimukset	6
2.3.4	Hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet	7
2.3.5	Tulokset	7
2.4	Pintavesi	9
2.4.1	Näytteenotto	9
2.4.2	Laboratoriotutkimukset	10
2.4.3	Tulokset	11
2.4.4	Kuormitus	11
2.5	Rehja-Nuasjärvi	12
2.5.1	Ekologinen tila	13
2.5.2	Mustalahden vedenlaatu	15
2.5.3	Karankalahden vedenlaatu	21
2.5.4	Virtaamat koskien Mustalahtea ja Mustalahden tilavuus	25
2.5.5	Virtaamat koskien Karankalahtea	27
2.6	Sedimentti	30
2.6.1	Näytteenotto	30
2.6.2	Laboratoriotutkimukset	30
2.6.3	Tulokset	30
3.	Vaikutukset Mustalahteen	31
3.1	Vaikutukset vedenlaatuun	31
3.2	Vaikutukset kalastoon ja pohjaeläimiin	35
3.3	Vaikutukset ekologiseen luokitukseen	35
4.	Vaikutukset Karankalahteen	37
4.1	Vaikutukset vedenlaatuun	37
4.2	Vaikutukset kalastoon ja pohjaeläimiin	40
4.3	Vaikutukset ekologiseen luokitukseen	40
5.	Yhteenveto	42
	Lähteet	43

Liitteet

Liite 1

Tutkimusohjelmat 4.4.2023 ja 14.6.2023

Liite 2

Laboratorion tutkimustodistukset

Liite 3

Koontitaulukot Sedimentti-, kiviaines- ja vesinäytteet

Liite 4

Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi, Geologian tutkimuskeskus, 14.2.2024

Piirustukset

YMP_1510076759_01 Kiviainestutkimusalueet, louhosalueen vesinäytteet

YMP_1510076759_02 Pintavesi- ja sedimenttitutkimuspisteet

1. Johdanto

Mustalahden louhosalue sijaitsee Kajaanin Mustalahdessa. Swerock - Peab Industri Oy on hakenut kohteelle lupaa kalliokiviaineksen louhimiseksi ja murskaamiseksi, pilaantumattomien maiden vastaanottoon ja läjitykseen sekä jäteasfaltin vastaanottoon, käsittelyyn ja varastointiin ja mullan valmistukseen sekä lupaa aloittaa toiminta ennen päätöksen lainvoimaisuutta. Alueella on ollut aikaisemmin jo vastaavaa toimintaa.

Kainuun ELY-keskus on antanut lausunnon (KAIELY/875/2022), jossa edellytettiin täydennyksiä lupahakemukseen. Lausunnossa veloitettiin luvan hakijaa tutkimaan Mustalahden purkuputken läheisyydestä vedenlaatu ja järven sedimentit. Lisäksi oli selvítettävä miksi louhosalueen purkuvesien metallipitoisuudet ovat nykyisin korkeat. Tässä raportissa esitetään tehdyt selvitykset ja tulosten pohjalta laadittu toiminnan vaikutuksen arviointi Mustalahden ja Karankalahden veden laatuun.

2. Kohdetiedot

Mustalahden louhosalue sijaitsee Kajaanin Mustalahdessa Siikapurontieltä erkanevan tien päässä, noin viiden kilometrin etäisyydellä Kajaanin keskustasta. Louhosalueen purkuvedet johtuvat laskeutusaltaista purkuputken kautta pintavesiojaan ja siitä edelleen pohjoiseen Rehjan Mustalahteen. Maankaatopaikan vedet purkautuvat pintavesiojaan ja edelleen etelään Karankalahteen. Alueen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 2-1).

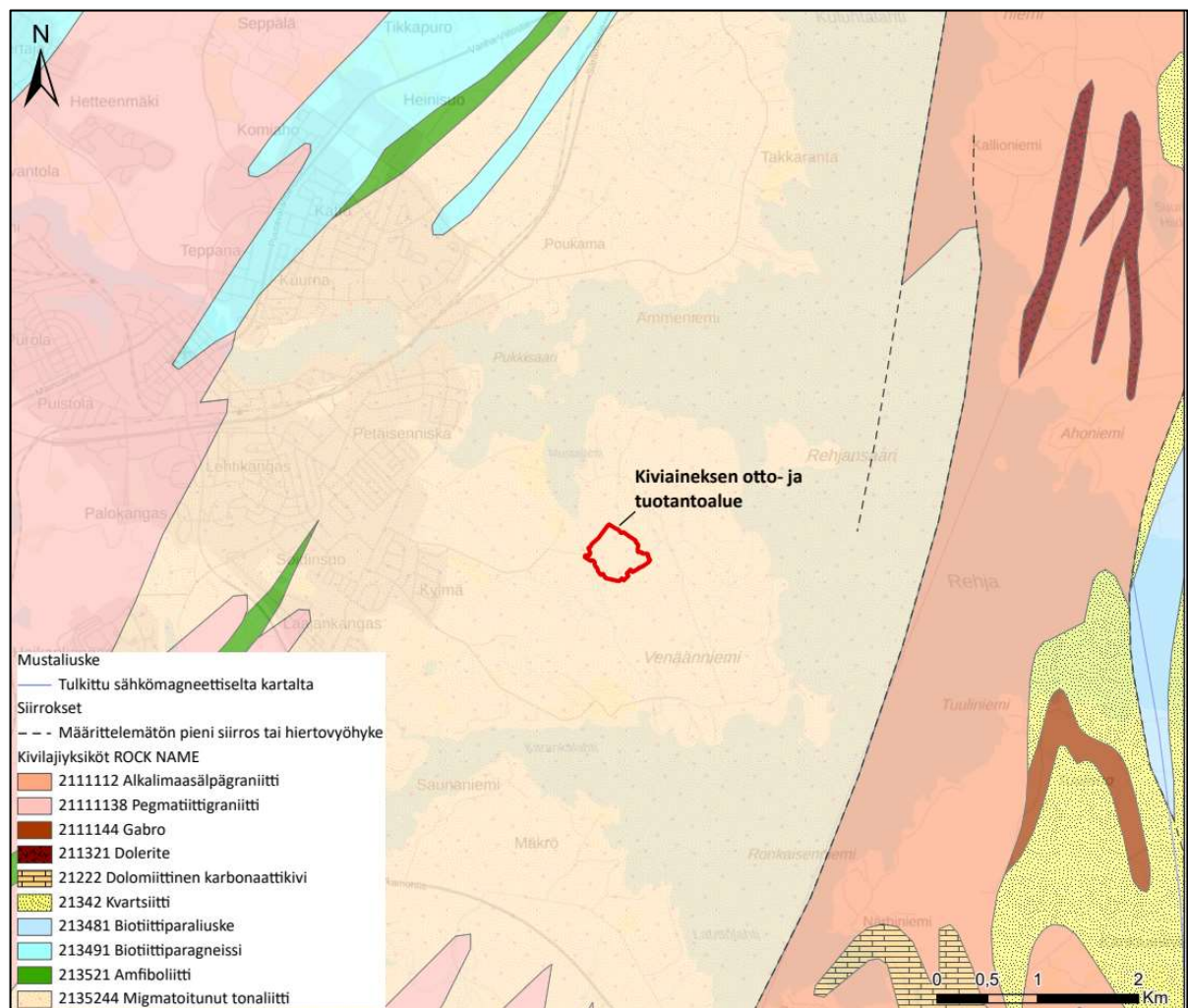


Kuva 2-1. Mustalahden louhosalueen sijainti on esitetty punaisella ympyrällä. Louhosalueen ja maankaatopaikan purkuvesien suunnat on esitetty sinisillä nuolilla.

Purkuvesien laatua Mustalahden ja Karankalahden suuntaan (perusanalyysit, lisäksi sulfaatti, mangaanin ja raudan kokonaispitoisuudet, öljyhiilivedyt) on seurattu vuosittain. Purkuputken laskeutusaltaissa ilmenneen poikkeavan sinertävän värin vuoksi altaiden veden laatua on tutkittu syksyllä 2022 ja keväällä 2023.

2.1 Alueen kallioperä

Kiviaineksen otto- ja tuotantoalueella kallioperä on GTK:n kallioperäaineiston mukaan migmatoitunutta tonaliittia, joka on syväkivi (Kuva 2-2). Aluetta ympäröivät metamorfiset kivilajit pegmatiittigraniitti ja biotiittiparagneissi.



Kuva 2-2. Alueen kallioperä.

Alueella ei ole havaittu sähkömagneettisissa tulkinnoissa mustaliusketta. Havaintojen lähtöaineistona on käytetty GTK:n vuosina 1972–2007 tekemää 3 kHz:n taajuuden sähkömagneettista ja magneettista matalalentomittausaineistoa ja niistä prosessoituja aineistoja.

2.2 Ympäristöselvitykset

Tutkimusten toteutuksesta on laadittu suunnitelma, jonka Kainuun ELY-keskus on hyväksynyt sähköpostitse 4.4.2023 ennen näytteenottoa. Kesäkuussa 2023 toimitettiin lisäksi lisätutkimusten näytteenottosuunnitelma. Tutkimussuunnitelmat on esitetty liitteessä 1. Tutkimusten aikana toteutetut näytteenotot on listattu alla:

- Kivilajien koostumus, näytteenotot 5.4.2023, 9.5.2023 ja 8.11.2023.
- Ympäristövaikutukset Mustalahteen
 - o Louhosalueen purkuputki, näytteenotot 9.5.2023 ja 18.9.2023 (velvoitetarkkailu)
 - o Pintavesinäytteet Mustalahdessa 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023.
 - o Sedimenttinäytteet Mustalahdessa 5.4.2023.
- Ympäristövaikutukset Karankalahteen
 - o Maanlajitysalueen altaista lähtevä vesi 9.5.2023 ja 18.9.2023 (velvoitetarkkailu)
 - o Oja Karankalahden suuntaa 9.5.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023
 - o Pintavesinäytteet Karankalahdessa 5.7.2023 ja 18.9.2023

Lisäksi ennen vaikutusarviointiin liittyvää näytteenottoa toteutettiin vesi- ja sedimenttinäytteenotto louhosalueen laskeutusaltaasta 1.11.2022 ja 15.3.2023. Näytteenottopaikkojen sijainnit on esitetty piirustuksissa YMP_1510076759_01 ja YMP1510076759_02. Näytteiden ostoista ja tutkimuksien suunnittelusta vastasi Ramboll Finland Oy.

2.3 Kiviainestutkimukset

2.3.1 Näytteenotto

Mustalahden louhosalueen kivenlaadun tarkentamisesti alueelta louhituista kiviaineksista otettiin näytteitä 5.4.2023, 9.5.2023 ja 18.9.2023.

5.4.2023 tehdyssä näytteenotossa otettiin yhteensä 16 kappaletta eri raekokoja vastaavia näytteitä (K1-K16). Näytteistä koottiin kolme kokoomaa (KOK1, KOK2, KOK3) louhintaluokkien mukaisesti:

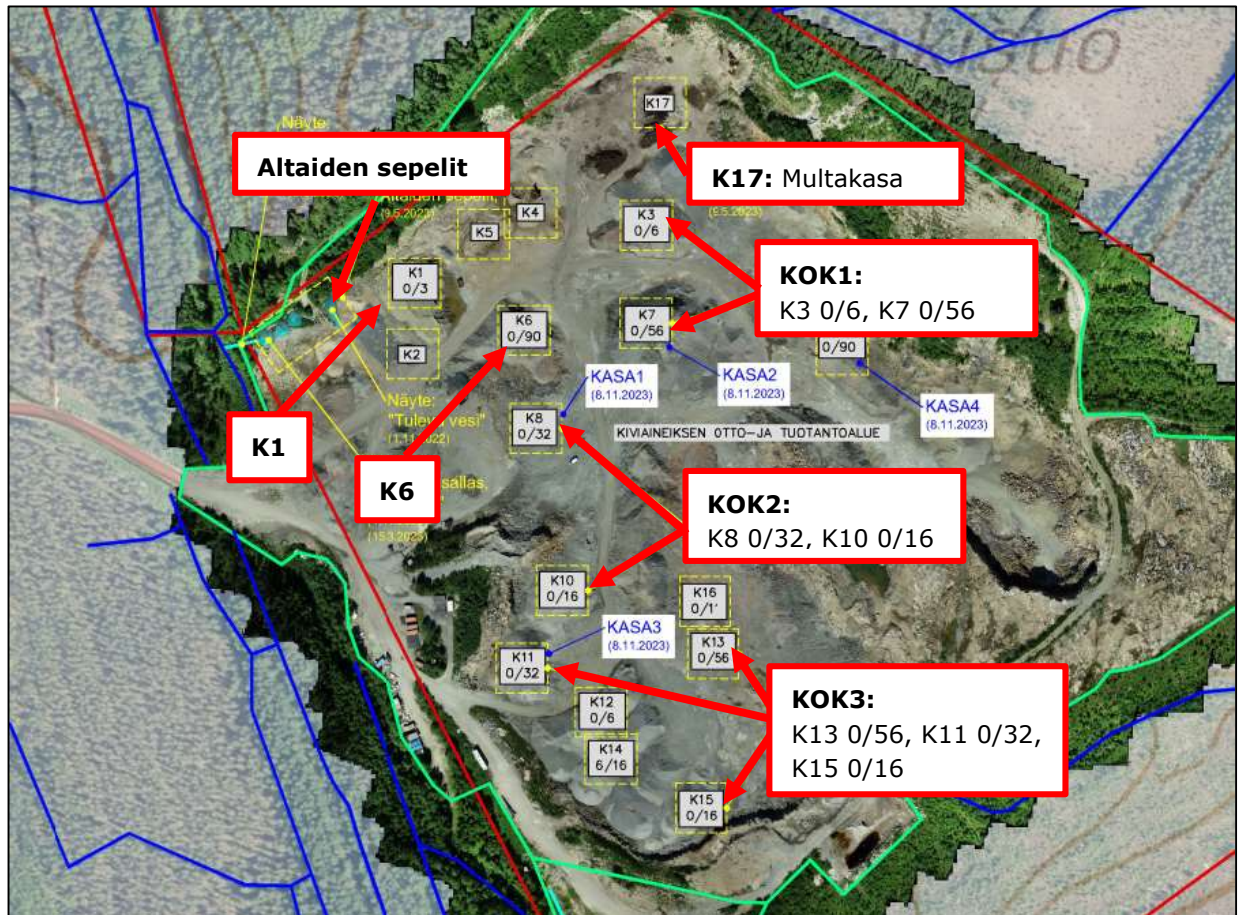
- KOK1 osanäytteet kasoista K3 ja K7
- KOK2 osanäytteet kasoista K8 ja K10
- KOK3 osanäytteet kasoista K11, K13 ja K15

Kiviainestutkimusten näytteidenottosijainnit ja kokoomat on esitetty liitteenä olevassa piirustuksessa YMP_1510076759_01. Ote tutkimuskartasta on esitetty kuvassa (Kuva 2-3). Näytteet kerättiin konetyönä ympäristönäytteenottajan ohjauksessa 5.4.2023.

9.5.2023 otettiin näyte laskeutusaltaiden sepelistä (Altaiden sepelit) sekä multakasasta alueelta (K17). Näytteiden sijainnit on esitetty piirustuksessa YMP_1510076759_01 ja kuvassa (Kuva 2-3).

8.11.2023 Ramboll Finland Oy:n toimesta otettiin neljä kalliomurskenäytettä tuotekasoista (Mustalahti 1-4). Näytteiden sijainnit on esitetty piirustuksessa YMP_1510076759_01 ja

kuvassa (Kuva 2-3). Näytteenoton tulokset on esitetty erikseen laaditussa raportissa *Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi, Geologian tutkimuskeskus, 14.2.2024*, joka on esitetty tämän raportin liitteenä 4. Tuloksia ei ole esitelty tässä raportissa uudestaan, mutta tulokset on otettu huomioon johtopäätöksissä.



Kuva 2-3. Ote tutkimuskartasta YMP_1510076759_01. Laboratoriotutkimuksissa tutkittujen kiviainesnäytteiden sijainnit sekä kokoomat. Kasa1-Kasa4 ovat Mustalahti 1-Mustalahti 4 -näytteet.

2.3.2 Petrografiset tutkimukset

Alueen kallioperästä on tehty vuosina 2011–2021 aikana petrografisia tutkimuksia, joissa murskeesta tehdyistä ohuthieistä on selvitetty kivilajikoostumus. Petrografisia tutkimuksia ovat suorittaneet Lemminkäinen Infra Oy, Destia ja Mitta Oy.

Geologian tutkimuskeskuksen laatimat petrografiset kuvaukset on esitelty liitteenä 4 esitetyn tutkimusraportin (*Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi, Geologian tutkimuskeskus, 14.2.2024*) liitteessä 3 (Kiviaineksen petrografinen kuvaus).

2.3.3 Laboratoriotutkimukset

Kiviainesnäytteistä analysoitiin viisi näytettä SGS:n akkreditoidussa laboratoriossa: K1, K6, KOK1, KOK2 ja KOK3. Näytteistä analysoitiin VNa 214/2007 (Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista) mukaiset kokonaismetallit: As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb ja V sekä Hg, Ca ja Mg sekä kokonaisrikkipitoisuus. Lisäksi kolmesta kokoomanäytteestä KOK1 (edustaa kasoja K3 ja K7), KOK2 (edustaa kasoja K8 ja K10) ja KOK3 (edustaa kasoja K11, K13 ja K15) määritettiin ABA- ja NAG-testaus, hapontuotto ja pH.

2.3.4 Hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet

Kiviaineksen potentiaalinen hapontuottokyky ja neutralointiominaisuudet määritettiin staattisilla testeillä, eli ABA-testillä (Acid Base Counting) ja NAG-testillä (Net Acid Generation). ABA-testin perusteella voidaan arvioida voiko kiviaineksesta muodostua pitkällä aikavälillä happamia valumavesiä. Kiviaineksen luokittelu happoa muodostavaksi tai muodostamattomaksi perustuu neutralointi- ja hapontuottopotentiaalin (NP/AP eli NPR) suhdelukuun ja sulfidisen rikin kokonaispitoisuuteen. Kaivannaisjätteiden luokittelu happoa tuottavaksi ja happoa tuottamattomaksi jätteeksi on esitetty taulukossa 2-1.

Taulukko 2-1 Kiviaineksen luokittelu sulfidisen rikin ja NPR-luvun perusteella.

Sulfidisen rikin pitoisuus	NPR-luku	Luokittelu
<0,1 %	-	Happoa tuottamaton
0,1-1 %	>3	Happoa tuottamaton
0,1-1 %	<3	Happoa tuottava
>1 %	-	Happoa tuottava

NAG-testillä voidaan varmentaa kiviaineksen luokittelua happoa tuottaviksi tai happoa tuottamattomiksi jätteiksi. Kiviaineksen luokittelu hapontuoton perusteella on esitetty taulukossa 2-2.

Taulukko 2-2. Kiviaineksen luokittelu NAG_{pH}- sekä NAG-arvojen perusteella (AMIRA 2002).

NAG _{pH}	NAG (kg H ₂ SO ₄ /t)	Luokittelu
4,5	0	Happoa tuottamaton, NAF
<4,5	0-5	Mahdollisesti happoa tuottava – alhainen kapasiteetti, PAF-LC *
<4,5	>5	Mahdollisesti happoa tuottava, PAF

* PAF-LC -luokitus kuvaa materiaaleja, jotka voidaan käsitellä kalkilla tai sekoittamalla happoa tuottava materiaali happoa tuottamattoman (NAF) materiaalin tai happoa kuluttavan materiaalin kanssa (AMIRA 2002).

2.3.5 Tulokset

2.3.5.1 Petrografiset tutkimukset

Alueelta vuosina 2011-2021 tehdyissä petrografisissa tutkimuksissa kiviainesnäytteiden kivilajeiksi on määritetty migmatiittinen kiillegneissi, graniittinen pegmatoidi, tonaliittinen gneissi ja granodioriittinen gneissi. Kiillegneissi on heikosti suuntautunutta ja jossain määrin muuttunutta, mikä heikentää materiaalin lujuusominaisuuksia. Kiillegneissi sisältää arviolta 20-30 % biotiittiä ja siihen sisältyy sulfidimineraaleja (<2 %). Tonaliittisessa gneississä ei havaittu sulfidimineraaleja. Tonaliittisen gneissin päämineraaleja ovat kvartsi, plagioklaasi ja biotiitti ja se on heikosti suuntautunut sekä rapautumaton. Granodioriittisessä gneississä päämineraaleja ovat plagioklaasi, kvartsi ja maasälpä, eikä siinä havaittu sulfidimineraaleja. Granodioriittinen gneissi on suuntautumaton ja rapautumaton.

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) vuonna 2024 laatimien petrografisten kuvausten perusteella todettiin seuraavaa: ”Näytteissä ei havaittu nopeasti liukenevia karbonaattimineraaleja, jotka ovat yleensä tärkein neutralointipotentiaalin lähde. Näytteiden neutralointipotentiaali on pääasiassa peräisin jostakin hitaammin rapautuvista silikaattimineraaleista, jotka eivät välttämättä reagoi tarpeeksi nopeasti magneettikiisun hapontuottokykyyn. Tämän perusteella läjitetty kivimassa saattaa tuottaa jonkin verran happamuutta.” GTK:n laatimat petrografiset kuvaukset on esitelty kokonaisuudessaan liitteen

4 tutkimusraportin (*Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi, Geologian tutkimuskeskus, 14.2.2024*) liitteessä 3 (Kiviaineksen petrografinen kuvaus, Mustalahti 1).

2.3.5.2 Laboratoriotutkimukset

Laboratorion analyysitodistukset on esitetty liitteessä 2. Tulosten yhteenvetotaulukot on esitetty liitteessä 3.

Kiviainesnäytteiden kokonaismetallipitoisuuksien suuruusluokan arviointiin käytettiin vertailuarvoina VNa 214/2007 mukaisia kynnys- ja ohjearvotasoja. Kokoomanäytteessä KOK1 kromin ja nikkelin pitoisuudet ylittivät kynnysarvotason. Kokoomanäytteessä KOK2 nikkelin pitoisuus 105 mg/kg ylittää alemman ohjearvotason ja koboltin ja kromin pitoisuudet ylittävät kynnysarvotason. Kokoomanäytteessä KOK3 nikkelin pitoisuus 148 mg/kg ja kromin pitoisuus 209 mg/kg ylittävät alemman ohjearvotason ja koboltin pitoisuus kynnysarvotason.

Yksittäin analysoiduista näytteistä näytteessä K1 kromin pitoisuus 106 mg/kg ylittää kynnysarvotason. Näytteessä K6 kaikkien analysoitujen metallien pitoisuudet alittivat kynnys- ja ohjearvotasot, kuten myös altaiden sepelistä otetussa näytteessä sekä multanäytteessä K17.

Kokonaisrikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,06–0,16 %. Näytteiden kokonaisrikkipitoisuudet on esitetty taulukossa 2-3. Pitoisuuksia käytettiin näytteiden valitsemisessa jatkotutkimuksiin.

Taulukko 2-3. Näytteiden kokonaisrikkipitoisuudet (%).

	K1	K6	KOK1	KOK2	KOK3
Rikki %	0,06	0,1	0,11	0,16	0,12

Rikkipitoisuuden perusteella voidaan arvioida mahdollista hapontuotto- ja neutralointipotentiaalia. Rikkipitoisuuden riskirajana käytetään kaivannaisjäteasetuksen VNa 379/2008 mukaisesti 0,1 %. Pitoisuuksien vertailussa Vna:n mukaiseen arvoon täytyy huomioida, että kokonaisrikin pitoisuus ei välttämättä ole kokonaan sulfidista rikkiä. Osa rikkipitoisuudesta voi johtua muiden rikkipitoisten mineraalien, kuten kipsin tai muiden sulfaattimineraalien esiintymisestä, jolloin vertailtava pitoisuusarvo voi todellisuudessa olla pienempi.

Rikkipitoisuuksien perusteella valituista kokoomanäytteistä KOK1-KOK3 määritettiin lisäksi hapontuotto- ja neutralointipotentiaali (NAG). Taulukoissa (Taulukko 2-4 ja 2-5) on esitetty NAG-testien tulokset.

Taulukko 2-4. NAG-testin tulokset näytteistä KOK1, KOK2 ja KOK3.

	KOK1	KOK2	KOK3
NAG _{pH}	4,11	3,59	4,31
NAG pH:seen 4.5, kg H ₂ SO ₄ /t	0,4	0,8	0,3
NAG pH:seen 7.0, kg H ₂ SO ₄ /t	2,2	3,4	1,5
Hapontuotto	Mahdollisesti happoa tuottava – alhainen kapasiteetti, PAF-LC	Mahdollisesti happoa tuottava – alhainen kapasiteetti, PAF-LC	Mahdollisesti happoa tuottava – alhainen kapasiteetti, PAF-LC

Taulukko 2-5. NAG ja ABA testien tulokset.

Näyte	NAG-testi			ABA-testi			
	NAGpH	NAG (pH 4,5)	NAG (pH 7,0)	AP	NP	NPR	S (%) sulfidinen rikki
	pH	kg H ₂ SO ₄ /t	kg H ₂ SO ₄ /t	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t		
KOK1	4,11	0,4	2,2	2,50	7	2,8	0,08
KOK2	3,59	0,8	3,4	4,69	7	1,49	0,15
KOK3	4,31	0,3	1,5	1,56	7,2	4,61	0,05

NAG-testien perusteella näytteet olivat mahdollisesti happoa tuottavia (alhainen kapasiteetti). Vetyperoksidihapetuksen seurauksena pH laski kaikissa näytteissä alle 4,5.

ABA-testillä tutkittujen näytteiden perusteella kivilajit luokittevat hapontuotto-ominaisuuksien perusteella seuraavasti: KOK1- ja KOK2- näytteiden NPR-luvut olivat välillä 1,49–2,8, joten ne ovat **mahdollisesti happoa tuottavia kiviaineksia**. KOK3-näytteen aines todettiin **happoa tuottamattomaksi** (NPR-luku >3 ja sulfidisen rikin pitoisuus < 0,1 %).

2.4 Pintavesi

2.4.1 Näytteenotto

Pintavesinäytepisteiden sijainnit on esitetty liitteenä olevissa piirustuksissa YMP_1510076759_01 (pintavesi ja sedimentti) YMP_1510076759_02 (kiviainestutkimukset sekä louhosalueen vesinäytteet). Ote tutkimuskartasta on esitetty kuvassa (Kuva 2-4).

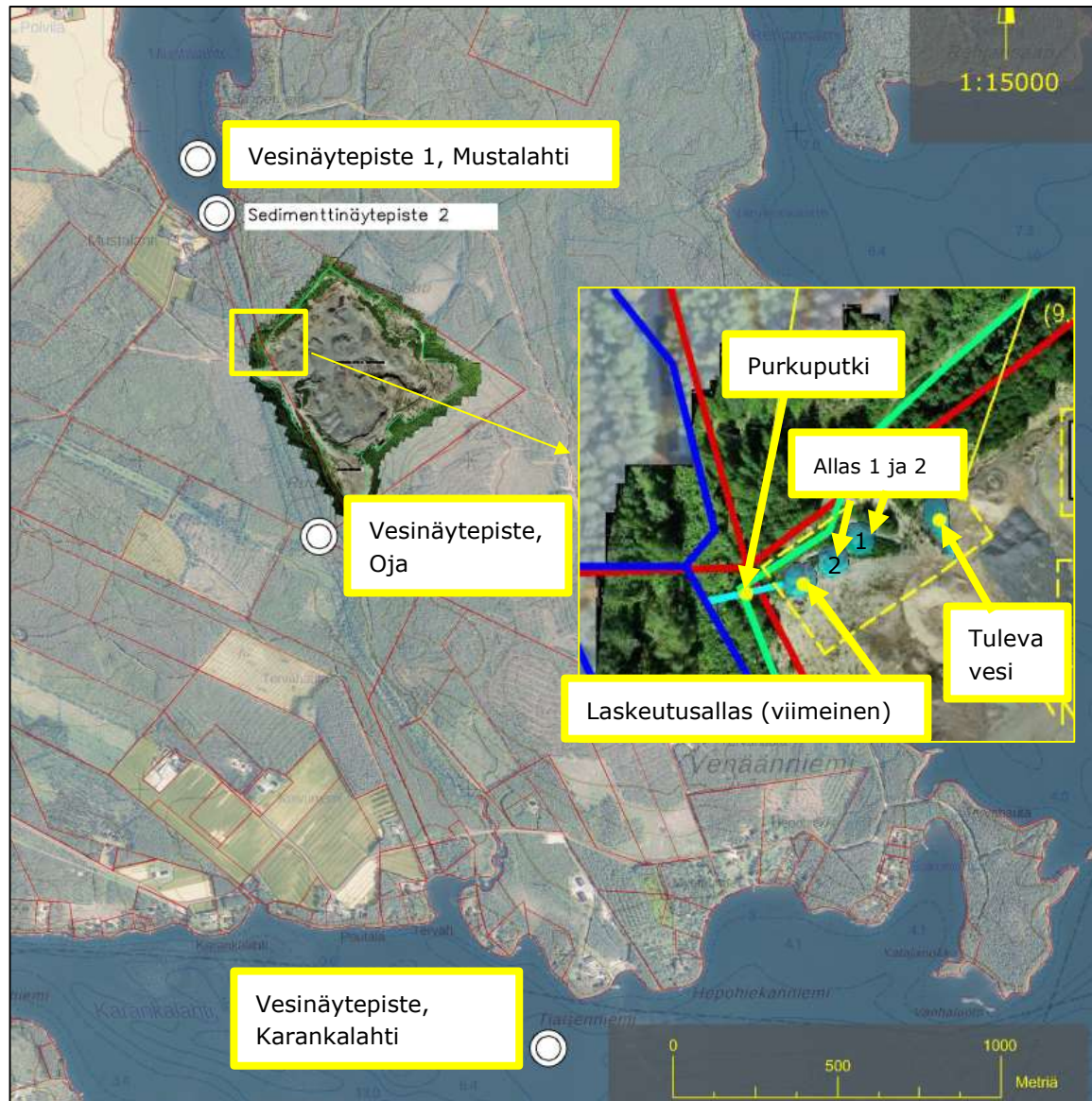
Ennen ympäristöselvitysten pintavesinäytteenottoa kohteesta haettiin vesinäyte (Laskeutusallas) louhosalueen kolmannesta, eli viimeisestä laskeutusaltaasta 15.3.2023. Näyte otettiin jään päältä Limnos-näytteenottimella. Altaassa oli näytteenottohetkellä jäätä noin 0,35 metriä ja vettä noin 1,1 metriä. Näyte otettiin 0,8 metrin syvyydeltä. Myös vuonna 2022 on otettu 1.11.2022 näytteet purkuputkesta, laskeutusaltaasta sekä tulevasta vedestä.

Purkuputkesta ja maankaatopaikan altaista otettiin näytteet 9.5.2023 ja 18.9.2023, jolloin toteutettiin velvoitetarkkailun vuosittainen näytteenotto. Näytteet otettiin näyteottimella tai suoraan pulloon virtaavasta vedestä. Karankalahden suuntaan virtaavasta ojasta otettiin näytteet 9.5.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023. Toukokuussa oja oli vielä osittain lumen peitossa, joten näyte otettiin hieman lähempää maankaatopaikkaa kuin heinä- ja syyskuussa.

Rehjan Mustalahden syvänteestä (Mustalahti/Piste 1) otettiin kerrosvesinäytteet 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023 kolmesta syvyydestä: pinta (1 metrin syvyydeltä), puoliväli (vesipatsaan puoliväli 3,5 m) ja pohja (6 m / 7 m, 1 metri pohjan yläpuolelta). Huhtikuussa näytteet otettiin Limnos-näytteenottimella jään päältä, näytteenottohetkellä näytteenottopisteessä oli 7 metriä vettä ja jäätä noin 50 cm. Veden pinta vesistöissä oli näytteenoton aikana normaalia matalammalla (järven veden pintaa säännöstellään). Heinä- ja syyskuussa näytteet otettiin Limnos-näytteenottimella veneestä. Vettä oli sulan veden näytteenottokerroille 8 metriä ja pohjanäyte otettiin syvyydeltä 7 m.

Karankalahdesta (Karankalahti/Piste 1) otettiin kerrosvesinäytteet 5.7.2023 ja 18.9.2023. Näytteet otettiin Limnos-näytteenottimella kolmesta syvyydestä: pinta (1 metrin syvyydeltä),

puoliväli (vesipatsaan puoliväli 8 m) ja pohja (15 m, 1 metri pohjan yläpuolelta). Vettä oli molemmilla näytteenottokerroilla 16 metriä.



Kuva 2-4. Otteet tutkimuskartoista YMP_1510076759_01 ja 02. Pintavesinäytteiden tutkimuspisteiden sijainnit.

2.4.2 Laboratoriotutkimukset

Laskeutusaltaista (Allas 1, Allas 2 ja viimeinen) otetuista vesinäytteistä analysoitiin laboratoriossa pH, kiintoaine, kokonais- ja liukoiset metallit (Ca, Mg, Mn, Al, Na, K, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Mo, Ni, Zn, B, Ba, Sb, Se) sekä kokonaisrauta ja silikaatti. Lisäksi analysoitiin pH, happi, COD_{Mn}, väri, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, ammonium, nitraatti, nitraattityppi, kloridi, sulfaatti, kokonaisfosfori, kokonaismuutos. Silikaatti analysoitiin myös syksyllä 2022 otetuista vesinäytteistä, kun selvitettiin mahdollisia veden turkoosin värin aiheuttajia laskeutusaltaissa. Kaikkia analyysejä ei tehty kaikista näytteistä. Tehdyt analyysit näytteittäin on esitetty tulosten yhteenvetotaulukossa liitteessä 3.

Mustalahden ja Karankalahden kerrosvesinäytteistä analysoitiin pH, happi, COD_{Mn}, väri, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, ammonium, nitraatti,

nitraattityppi, kloridi, sulfaatti, kokonaisfosfori, kokonaiskovuus, kokonais + liukoiset metallit (Ca, Fe, Mg, Mn, As, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, V, Sb, Hg) sekä kokonaisriikki. Lisäksi heinä- ja syyskuussa analysoitiin TOC biosaatavan nikkelin määrittystä varten.

Laboratorioanalyysit tehtiin SGS Finland Oy:n ja Eurofins Environment Testing Oy:n akkreditoiduissa laboratorioissa.

2.4.3 Tulokset

Laboratorion analyysitodistukset on esitetty liitteessä 2. Tulosten yhteenvetotaulukot on esitetty liitteessä 3.

Yhteenvetotaulukossa on esitetty purkuputken tarkkailutuloksia vuosilta 2015-2022 sekä syksyllä 2022 otettujen näytteiden (laskeutusaltaiin tuleva vesi, viimeinen laskeutusallas) tuloksia. Yhteenvetotaulukossa on myös maankaatopaikan velvoitetarkkailun (Maankaatopaikka, Allas 1 ja Maankaatopaikka, Allas 2) tuloksia.

Laskeutusaltaiin tuleva vesi ja laskeutusaltaan vesi oli lievästi hapanta (5,8...6,3). Myös purkuputken veden pH oli näytteenottokerroilla 6...6,6. Näytteissä oli selvästi ympäristönläatunormin ylittävät pitoisuudet liukoista nikkeliä, 510...1000 µg/l. Nikkelin kokonaispitoisuudet olivat 490...1000 µg/l. Silikaattipitoisuus oli tulevassa vedessä 22 712 µg/l ja purkuputkessa 19 135 µg/l.

2.4.4 Kuormitus

Mustalahteen tuleva kuormitus arvioitiin purkuputken keskimääräisten pitoisuuksien perusteella. Pitoisuudet kerrottiin Mustalahteen laskevan ojan virtaamalla (3,7 l/s). Käytännössä kyseiseen uomaan tulee myös muita vesiä kuin purkuputken vedet. Kyseinen virtaaman arvo on kuitenkin luotettavampi kuin muutama kerta vuodessa tehty virtaamamittaus purkuputkesta näytteenoton yhteydessä. Karankalahteen tuleva kuormitus arvioitiin Karankalahteen laskevan ojan keskimääräisten (heinä- ja syyskuu) pitoisuuksien perusteella. Kyseiselle ojalle määritettiin virtaama (5,1 l/s), jolla pitoisuudet kerrottiin. Arvio kuormituksesta on esitetty taulukossa 2-6.

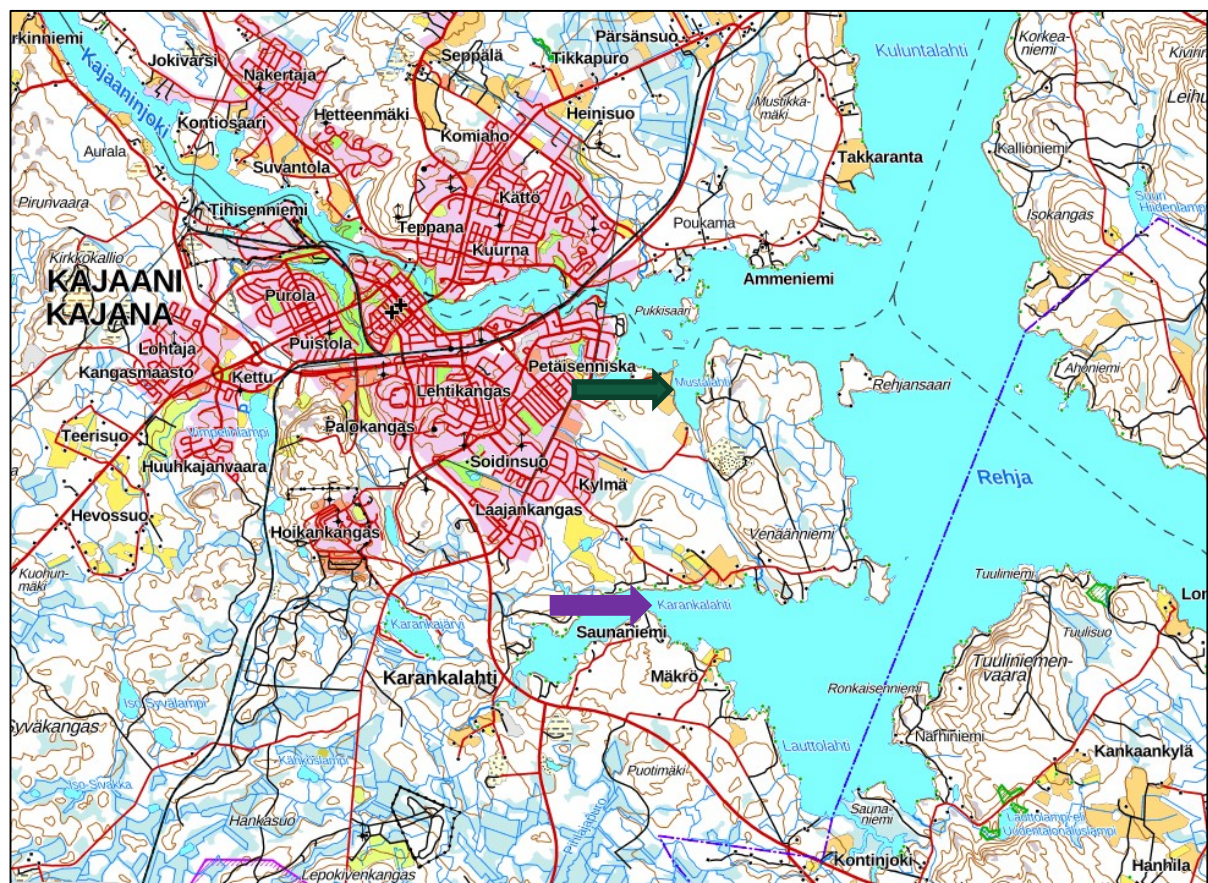
Taulukko 2-6. Arvio Mustalahteen ja Karankalahteen tulevan kuormituksen määrästä kg/a.

Aine	Mustalahti, kg/a	Karankalahti, kg/a
Kokonaisfosfori	0,6	51
Kokonaistyyppi	140	193
Ammoniumtyppi	2,8	23
COD _{Mn}	350	12 497
Kiintoaine	4 247	6401
Kloridi	408	143
Sulfaatti	34 888	5 431
Kalsium	6 534	1 013
Antimoni	0,0	0,1
Arseeni	0,4	0,1
Kadmium	0,1	0,0

Koboltti	12	0,2
Kromi	0,1	0,3
Kupari	2,2	0,6
Lyijy	0,2	0,1
Mangaani	198	85
Nikkeli	86	13
Rauta	198	53
Sinkki	104	13
Magnesium	5 251	611
Rikki	7 234	547
Vanadiini	0,04	3,9

2.5 Rehja-Nuasjärvi

Rehja-Nuasjärvi-vesimuodostuma (59.811.1.001) kuuluu Nuasjärven valuma-alueeseen (59.811) ja sijaitsee Kajaanissa. Tarkastelussa olevat Mustalahdi ja Karankalahti ovat järven lahtia (Kuva 2-5).



Kuva 2-5. Mustalahden ja Karankalahden sijainnit Rehja-Nuasjärvessä. Mustalahden sijainti osoitettu vihreällä ja Karankalahden violetilla nuolella.

2.5.1 Ekologinen tila

Rehja-Nuasjärvi kuuluu Suuret humusjärvet -tyyppiin (Sh). Ekologisessa luokittelussa luokittelutekijän mitattuja arvoja verrataan tyyppikohtaisiin luokkarajoihin. Rehja-Nuasjärven ekologinen luokitus on pysynyt samana eli hyvänä kaikkina kolmena vesienhoitokautena. Tilatavoite on saavutettu.

Biologinen luokitus on ollut kaikkina kausina hyvä. Biologista tekijöistä vesikasvit olivat ensimmäisellä kaudella hyvässä tilassa, muilla kausilla ei ole tehty luokitusta. Kasviplankton on ollut kaikkina kolmena kautena hyvässä tilassa. Pohjaeläimistä on tehty sekä litoraalin eli rantavyöhykkeen että syväneosion luokituksia. Litoraalin pohjaeläimet on luokiteltu ainoastaan toisena kautena ja ne olivat tällöin hyvässä tilassa. Syväneosion pohjaeläimet sekä kalat ovat olleet hyvässä tilassa toisella ja kolmannella kaudella, ensimmäisellä kaudella luokitusta ei ole tehty.

Fysikaalis-kemiallisen luokitus on ollut kaikkina kausina hyvä. Kokonaisfosforipitoisuus on ollut ensimmäisellä ja toisella kaudella hyvä ja noussut kolmannella kaudella erinomaiseen tilaan. Kokonaistyyppipitoisuus on pysynyt erinomaisena kaikkina kolmena kautena. Hydrologis-morfologinen luokitus on ollut ensimmäisellä ja toisella kaudella tyydyttävä, ja laskenut huonoon kolmannella. Ekologinen luokitus on esitetty taulukossa 2-7.

Taulukko 2-7. Rehja-Nuasjärven ekologinen luokitus osatekijöittäin arvioituna 1.–3. vesienhoitokaudella. Taulukossa KeVoMu nimeämisellä tarkoitetaan tarkastelua, jossa otetaan kantaa, onko vesistö keinotekoinen ja/tai voimakkaasti muutettu.

Rehja-Nuasjärven ekologinen luokitus			
	1. luokittelukausi	2. luokittelukausi	3. luokittelukausi
Ekologinen tila	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Kemiallinen tila	Hyvä	Hyvä	Hyvää huonompi
KeVoMu nimeäminen	Ei voimakkaasti muutettu	Ei voimakkaasti muutettu	Ei voimakkaasti muutettu
Biologinen muuttuja	<u>Hyvä</u>	<u>Hyvä</u>	<u>Hyvä</u>
Muu vesikasvillisuus – päällyslevät eli perifyton		Hyvä	-
Kasviplankton	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Muu vesikasvillisuus – vesikasvit eli makrofyytit	Hyvä	-	-
Pohjaeläimet – litoraali- rantavyöhykkeen osio	-	Hyvä	-
Pohjaeläimet – syväneosio	-	Hyvä	Hyvä
Kalat	-	Hyvä	Hyvä
Fysikaalis-kemiallinen muuttuja	<u>Hyvä</u>	<u>Hyvä</u>	<u>Hyvä</u>

Kokonaisfosfori	Hyvä (15 µg/l)	Hyvä (17 µg/l)	Erinomainen (14,03 µg/l)
Kokonaistyyppi	Erinomainen (348 µg/l)	Erinomainen (350 µg/l)	Erinomainen (347,02 µg/l)
Hydrologis-morfologinen muuttuja	<u>Tyydyttävä</u>	<u>Tyydyttävä</u>	<u>Huono</u>
Esteettömyys	-	-	Välttävä
Hydrologia	-	-	Tyydyttävä
Morfologia	-	-	Välttävä

2.5.1.1 Kemiallinen tila

Rehja-Nuasjärven prioriteettiaineiden esiintymistä on arvioitu kaikilla kolmella vesienhoitokaudella. Seuraavaksi esitetyt tiedot on haettu ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmästä. Ensimmäisellä kaudella kaikkien aineiden katsottiin alittuvan asiantuntija-arviona. Ainoastaan tributyyliinayhdisteistä ei ollut tietoa ja niiden pitoisuuden arvioitiin saattavan ylittyä.

Toisella kaudella elohopean todettiin voivan ylittyä kaukokulkeumariskin ja luonnonolosuhteiden perusteella, mutta varsinaisia mittaustuloksia ei ollut käytettävissä. Suurimman osan aineista arvioitiin alittavan raja-arvot. Kadmiumista, nikkelistä, diuronista ja tributyyliinayhdisteistä ei ollut tietoa, mutta niiden pitoisuudet saattavat ylittyä.

Vesienhoidon kolmannella suunnittelukaudella kemiallinen tila on laskenut kaikissa Suomen vesimuodostumissa hyvää huonommaksi palonestoaineena käytettyjen polybromattujen difenyylietterien (PBDE) tiukentuneen ympäristölaatunormin vuoksi. Tarkastellulla alueella ei ole tunnettuja PBDE-päästölähteitä tai muuta kemiallista tilaa heikentävää toimintaa. Kolmannella kaudella Rehja-Nuasjärven kemiallisen tilan luokituksen prioriteettiainelistauksessa on arvioitu polybromattujen difenyylietterien ylittyvän. Suurin osa prioriteettiainepitoisuuksista alittaa ympäristölaatunormit asiantuntija-arviona (Hertta-tietojärjestelmä 2023). Elohopean arvioidaan ylittyvän kaukokulkeumariskin ja luonnonolosuhteiden perusteella myös kolmannella kaudella. Elohopea kalassa alittuu mittaustietojen perusteella. Toisella kaudella esille nostetun kadmiumin, nikkelin ja diuronin pitoisuus arvioidaan alittuvan asiantuntija-arviona. Myös tributyyliinayhdisteiden arvioidaan alittuvan.

Toisella kaudella ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmässä kuvattiin Rehja-Nuasjärven kemiallista tilaa seuraavasti: Nuasjärven kadmiumpitoisuus on ollut vuosina 2012–2013 keskimäärin 0,01 µg/l (max 0,07 µg/l). Nikkelipitoisuus oli keskimäärin 7,0 µg/l (maksimipitoisuus 33,6 µg/l, laatunormi 21 µg/l). Ahvenen elohopeapitoisuus (Hg) määritettiin (8.6.2014) 10 kalasta, joista 3 kpl oli määrämittäisiä (18,4–19,0 cm). Näiden elohopeapitoisuus oli keskimäärin 200 µg Hg/kg (160–250). Muiden näytekalojen (7 kpl 20,9–24,4 cm) elohopeapitoisuuden keskiarvo oli 220 µg Hg/kg.

Kolmannen kauden prioriteettiainelistauksessa oli elohopeasta seuraavaa tietoa: Alle 20 cm:n kalojen (5 kpl) Hg-pitoisuus on keskimäärin 225 µg Hg/kg eli ylittää ympäristölaatunormin.

Ylisuuret kalat mukaan laskien Hg-pitoisuuden keskiarvo on niukasti pienempi kuin ympäristönläätunormi.

2.5.2 Mustalahden vedenlaatu

Mustalahden vesinäytteiden (kevät, kesä ja syksy 2023) tuloksia verrattiin hieman kauempana sijaitseviin kolmeen havaintopisteeseen, joista oli saatavilla ajantasaista tietoa. Nämä olivat Kajaaninjoki 40, Nuasjärvi 45 ja Rehjanselkä 135. Mustalahden vesi kuvaa nykyisellään alueelle tulevan kuormituksen (sisältäen louhosalueen) vaikutusta. Mustalahden alue sijaitsee Kajaanin kaupungin länsipuolella kaksi kilometriä taajama-alueen ulkopuolella. Alueella on pitkään harjoitettu lupien mukaan kallion louhintaa, pilaantumattomien maiden sekä jäteasfaltin vastaanottoa ja käsittelyä sekä mullan valmistusta.

Mustalahden vesi oli kerrostunutta 5.4.2023 otetun näytteen perusteella. Järvessä oli vielä jääpeite näytteenoton aikaan, joten kevättäyskiertoa ei ollut tapahtunut. Makea vesi on tiheintä sen lämpötilan ollessa 4 °C. Keväällä vesi alkaa lämmentä ja painuu pinnalta pohjalle, jolloin vesi sekoittuu vertikaalisesti. Pinnalta kulkeutuu pohjan lähelle hapekasta vettä ja pohjan läheltä ravinteita pintaan. Kesällä vesi alkaa lämpötilakerrostua. Kun vesi on yli 4°C, se on taas kevyempää, eikä voi painua pohjalle vaan pysyy pinnalla ja lämpenee edelleen. Tällöin puhutaan kesäkerrostuneisuudesta. Tämä tilanne oli vallalla heinäkuussa. Mitä lämpimämmäksi päällysvesi lämpenee kesän aikana, sitä vahvempi kerrostuneisuus on, eikä pystysuuntaista sekoittumista pääse tapahtumaan. Tuuli voi sekoittaa järviä 5–20 metrin syvyyteen asti. Lämmintä päällysvettä ja viileämpää alusvettä erottaa niin sanottu harppauskerros, jossa lämpötilan muutos pintaan nähden voi olla 10 astetta. Syksyllä päällysvesi jäähtyy ja tihentyessään painuu pohjaan ja aiheuttaa vastaavanlaisen täyskierron kuin keväälläkin. Talvella vesi jäähtyy edelleen. Alle 4°C lämpötilassa vesi on jälleen kevyempää, eikä enää painu pohjalle vaan pysyy pinnalla ja jäähtyy edelleen. Tällöin syntyy talvikerrostuneisuus, jossa päällysvesi on kylmempää kuin alusvesi. Kun päällysvesi jäähtyy edelleen, pintaveden lämpötila laskee jäätympisteeseen ja pinnalle muodostuu jääpeite.

Mustalahden vedenlaatu (Taulukko 2-9) kuvastaa keskirehevää vesistöä. Kokonaisfosforipitoisuus oli huhtikuussa pinnan lähellä 18 µg/l ja pohjan lähellä 23 µg/l. Heinäkuussa pitoisuudet olivat pinnan lähellä 18 µg/l ja pohjan lähellä 21 µg/l. Syyskuussa pitoisuus oli 14 µg/l (pinta) ja 41 µg/l (pohja). Kajaaninjoessa pitoisuus on ollut 11 µg/l, Nuasjärvi 45 havaintopaikalla pinnan lähellä 13 µg/l ja Rehjanselällä pinnan lähellä 14 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuus oli vastaavasti Mustalahdessa huhtikuussa pinnan lähellä 370 µg/l ja pohjan lähellä 380 µg/l. Heinäkuussa pitoisuus oli pinnan lähellä 350 µg/l ja pohjan lähellä 500 µg/l. Syyskuussa pitoisuus oli 410 µg/l (pinta) ja 540 µg/l (pohja). Kajaaninjoessa tyypeä on ollut 440 µg/l, Nuasjärvellä 362 g/l ja Rehjanselällä 386 µg/l.

Vesistöjen ravinnerajoitteisuutta voidaan arvioida kokonaisravinnesuhteen ja mineraaliravinnesuhteen avulla. Mikäli kokonaisravinnesuhde on yli 17, fosforin on arvioitu rajoittavan leväkasvua ja mikäli se on alle 10, tyyppi on potentiaalinen minimiravinne. Suhteen ollessa 10–17 molemmat ravinteet voivat säädellä levien kasvua (Pietiläinen ja Räike 1999). Mustalahdesta voitiin määrittää ainoastaan kokonaisravinnesuhde, koska liukoisia ravinteita (nitraatti, nitriitti, fosfaatti) ei määritetty. Mustalahden kokonaisravinnesuhteeksi saatiin huhtikuun arvojen mukaan pinnan lähellä 21 ja pohjan lähellä 17. Heinäkuun arvojen mukaan suhde oli pinnan lähellä 19 ja pohjan lähellä 24. Syyskuussa suhde oli 29 (pinta) ja 13 (pohja). Kaikki paitsi syyskuun pohjanläheinen arvo kuvastaa fosforirajoitteisuutta.

Happipitoisuus on ollut hyvä pinnan lähellä kaikkina näytteenottoaikoina. Pohjan lähellä happipitoisuus oli alhainen (3,5 mg/l) huhtikuussa, heinäkuussa (1,9 mg/l) ja syyskuussa (1,6

mg/l), mutta ei vielä kuitenkaan aiheuttanut sisäistä kuormitusta eli fosforin vapautumista vesipatsaaseen.

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukasmaista ainesta. Oravaisen (1999) mukaan puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Avovesiaikana kiintoainesta on levien lisääntymisen takia runsaammin (1–3 mg/l). Myös syvänteiden pohjalla kiintoainepitoisuus on suurempi kuin pintavedessä. Kiintoainepitoisuutta lisäävät jätevesikuormitus, runsas biomassa näytteessä (levät) tai eroosion kuljettama aines (savisamennus). Samoin turvetuotannosta aiheutuu kiintoainekuormitusta. Mustalahden kiintoainepitoisuus oli huhtikuussa kaikissa syvyyksissä alle määritysrajan (< 1 mg/l). Heinäkuussa kiintoainesta oli pinnan lähellä alle määritysrajan ja pohjan lähellä 1,9 mg/l. Syyskuussa kiintoainepitoisuus oli 1,6 mg/l pinnan lähellä ja peräti 19 mg/l pohjan lähellä. Kajaaninjoessa kiintoainetta ei ole määritetty, Nuasjärvellä pitoisuus on ollut pinnan lähellä 1,1 mg/l ja Rehjanselällä 1 mg/l.

Veden väriarvo kuvaa veden ruskeutta. Mitä enemmän vesistön valuma-alueella on suota, sitä ruskeampaa on vesi. Värittömien vesien väriarvot ovat 5–15 mgPt/l. Lievää humusleimaa osoittaa lukema 20–40 mgPt/l. Humuspitoisia ovat vedet, joiden väri on 50–100 mgPt/l. Erittäin ruskeissa vesissä väri voi olla 100–200 mgPt/l. Tällainen väri näkyy jo paljaalla silmällä selvänä veden ruskeutena (suovedet). (Oravainen 1999). Vesimuodostumien tyypittelyssä raja-arvot ovat 30 mgPt/l ja 90 mgPt/l. Alle 30 mgPt/l kuvaa vähähumuksista, yli 30 mgPt/l on humuksinen vesistö, ja yli 90 mgPt/l kuvaa runsashumuksista vesistöä.

Mustalahdessa veden väriarvo oli huhtikuussa pinnan lähellä 80 mgPt/l ja pohjan lähellä 60 mgPt/l. Heinäkuussa veden väriarvo oli pinnan lähellä 70 mgPt/l ja pohjan lähellä 80 mgPt/l. Syyskuussa veden väri oli 82 mgPt/l (pinta) ja 84 mgPt/l (pohja). Kajaaninjoessa ja Nuasjärvellä väriarvoa ei ole määritetty, Rehjanselällä väriluku on ollut pinnan lähellä 69 mgPt/l. Väriarvo kuvaa humusvaikutusta.

Kemiallinen hapenkulutus mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. COD_{Mn}-määrittäksessä hapettuvat osittain myös humusyhdisteet, joten se kuvaa samalla vesien humusleimaisuutta. Humusvesissä COD_{Mn}-arvo on 10–20 mg O₂/l. Värittömien vesien COD_{Mn}-arvo on 4–10 mg O₂/l. Jätevedet, jotka sisältävät orgaanisia aineita, lisäävät COD_{Mn}-arvoa. COD_{Mn}-arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan. Järven perustason määrää valuma-alueen suopinta-ala. (Oravainen 1999). Mustalahdessa kemiallinen hapenkulutus oli huhtikuussa pinnan lähellä 14 mg/l ja pohjan lähellä 11 mg/l. Heinäkuussa kemiallinen hapenkulutus oli pinnan lähellä 13 mg/l ja pohjan lähellä 13 mg/l. Syyskuussa arvo oli 15 mg/l (pinta) ja 16 mg/l (pohja). Arvot kuvaavat humuspitoista vettä. Kajaaninjoessa kemiallista hapenkulutusta ei ole määritetty. Nuasjärvellä kemiallinen hapenkulutus on ollut pinnan lähellä 14,3 mg/l ja pohjan lähellä 14,1 mg/l. Rehjanselällä kemiallinen hapenkulutus on ollut pinnan lähellä 13,3 mg/l ja pohjan lähellä 12,8 mg/l.

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää. Korkea arvo kuvaa suurta suolapitoisuutta. Makeissa vesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja) (Oravainen 1999). Suolojen määrää lisäävät jätevedet (jäteveden sähkönjohtavuus 50–100 mS/m) ja peltolannoitus.

Mustalahden sähkönjohtavuus oli huhtikuussa pinnan lähellä 3,1 mS/m ja pohjan lähellä 6,1 mS/m. Heinäkuussa sähkönjohtavuus oli pinnan lähellä 4,3 mS/m ja pohjan lähellä 4,6 mS/m. Syyskuussa sähkönjohtavuus oli 3,3 mS/m (pinta) ja 5,2 mS/m (pohja). Mustalahden sähkönjohtavuus on sisävesille tyypillisellä tasolla. Kajaaninjoessa sähkönjohtavuus on ollut 4,2

mS/m, Nuasjärvellä pinnan lähellä 3,8 mS/m ja pohjan lähellä 4,3 mg/l. Rehjanselällä sähköjohtavuus on ollut pinnan lähellä 3,4 mS/m ja pohjan lähellä 4,2 mS/m.

Veden normaali pH on lähellä neutraalia (pH = 7,0). Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi happamalla puolella vesien luontaisesta humuskuormituksesta johtuen (pH yleensä 6,5–6,8). (Oravainen 1999). Mustalahden veden pH-arvo oli huhtikuussa pinnan lähellä 6,6 ja pohjan lähellä 6,5. Heinäkuussa pH-arvo oli pinnan lähellä 6,6 ja pohjan lähellä 6,3. Syyskuussa pH-arvo oli 6,5 (pinta) ja 6,4 (pohja). Kajaaninjoessa veden pH on ollut 6,7, Nuasjärvellä pinnan lähellä samoin 6,7 ja Rehjanselällä pinnan lähellä 6,6.

Alkaliniteetti mittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta siihen happoa lisättäessä. Mustalahden veden alkaliniteetti on vaihdellut huhti-, heinä- ja syyskuussa eri syvyyksissä välillä 0,1–0,23. Alla olevan taulukon mukaisesti Mustalahden puskurikyky on keskimäärin tyydyttävä (Taulukko 2-8). Kajaaninjoen alkaliniteettiä ei ole määritetty, Nuasjärvessä se on ollut pinnan lähellä 0,1 ja Rehjanselällä pinnan lähellä samoin 0,1.

Taulukko 2-8. Luonnonvesien puskurointikyvyn luokitus (Oravainen 1999).

Alkaliniteetti (mmol/l) luonnonvesissä	Puskurikyky
> 0,2	hyvä
0,1–0,2	tyydyttävä
0,05–0,1	välttävä
0,01–0,05	huono
0–0,01	loppunut

Oravaisen (1999) mukaan alhaisimmat rautapitoisuudet esiintyvät kirkkaissa karuissa vesissä, joissa päällysveden rautapitoisuus on luokkaa 50–200 µg/l. Humusvesissä taso on selvästi korkeampi, koska rauta sitoutuu humusyhdisteisiin. Normaali taso on 400–600 µg/l. Erittäin ruskeissa vesissä rautaa voi olla jopa 1000 µg/l (suovedet). Myös eroosio lisää rautapitoisuuksia, sillä huuhtoutuva maa-aineksessa oleva rauta tulee esille analyysissä. Rautapitoisuudet ovat erittäin sameissa jokivesissä 3 000–6 000 µg/l.

Mustalahden vesinäytteiden tulokset vesikerroksissa on esitetty taulukoissa 2-9, 2-11 ja 2-12. Mustalahden raudan kokonaispitoisuus oli heinäkuussa pinnan lähellä 570 µg/l, vesipatsaan puolivälissä 470 µg/l ja pohjan lähellä 570 µg/l. Pitoisuudet kuvastavat humusvaikutusta.

Sulfaatti (SO_4^{2-}) on rikkihapon (H_2SO_4) anioni, jonka useimmat yhdisteet ovat vesiliukoisia. Suomen järvissä sulfaattia on luontaisesti vain muutamia milligrammoja. Sulfaatin vaikutus vesien tilaan tapahtuu muiden ravinteiden kautta. Sulfaatti voi muuttua mikrobitoiminnan vuoksi hapettomissa oloissa myrkylliseksi rikkivedyksi, joka lisää vesien pohja-aineksesta vapautuvan fosforin määrää reagoidessaan raudan kanssa. Tästä seuraa rehevöitymisen kiihtymistä. Sulfaatti voi myös vaikuttaa vesien kerrostumiseen hyvin suurina pitoisuuksina ja sitä kautta muun muassa happitilanteeseen.

Mustalahdessa sulfaattipitoisuus oli huhtikuussa pinnan lähellä 4,2 mg/l ja pohjan lähellä 13 mg/l. Heinäkuussa pitoisuus oli pinnan lähellä 9 mg/l ja pohjan lähellä 9,4 mg/l. Syyskuussa sulfaattia oli pinnan lähellä 5,7 mg/l ja pohjan lähellä 7,7 mg/l. Pohjan lähellä pitoisuus oli hieman korkeampi huhtikuussa, mutta selvää kertymistä pohjan läheiseen veteen ei ole havaittavissa. Heinäkuussa pinnan ja pohjan lähellä ei ole näkyvissä merkittävää eroa

pitoisuuksissa. Syyskuussa pohjan lähellä oli sulfaattia hieman pintaa enemmän. Kajaaninjoessa sulfaattia on ollut 8,5 mg/l, Nuasjärvellä pinnan lähellä 7,6 mg/l ja pohjan lähellä 9,0 mg/l. Rehjanselällä pinnan lähellä pitoisuus on ollut 6,8 mg/l ja pohjan lähellä 40 m:n syvyydessä 8,3 mg/l. Vesistössä ei ole tällä perusteella havaittavissa sulfaatin voimakasta kertymistä alusveteen. Kuitenkin pitoisuus on Rehjanselän pitoisuutta korkeampi, mikä kertoo kuormitusvaikutuksesta.

Taulukko 2-9. Mustalahden 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023 otettujen vesinäytteiden analyysien tulokset eri vesikerroksissa.

	Piste 1 / pinta 1 m			Piste 1 / puoliväli 3,5-4 m			Piste 1 / pohja 6-7 m		
	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023
Lämpötila	-	16,5	-		16,3			8,2	
pH	6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,7	6,5	6,3	6,4
Alkaliteetti, mmol/l	0,13	0,1	0,11	0,16	0,1	0,098	0,18	0,11	0,23
Ammoniumtyppi, µg/l	23	16	23	15	27	25	12	74	130
COD _{Mn} , mg/l	14	13	15	12	14	15	11	13	16
Happipitoisuus, mg/l	11,2	9,1	9,0	7,4	9,1	9,1	3,5	1,9	1,6
Kokonaisfosfori, µg/l	18	18	14	22	14	14	23	21	41
Kokonaisytyppi, µg/l	370	350	410	390	380	390	380	500	540
Kiintoaine, mg/l	< 1,0	< 1,0	1,6	< 1,0	1,5	2,0	< 1,0	1,9	19
Kloridi, mg/l	0,7	0,5	0,74	0,9	0,9	0,74	0,9	0,9	0,92
Sulfaatti, mg/l	4,2	9	5,7	10	9,3	5,7	13	9,4	7,7
Sähkönjohtavuus, mS/m	3,1	4,3	3,3	4,9	4,3	3,4	6,1	4,6	5,2
Väri, mg Pt/l	80	70	82	70	80	83	60	80	84

Metallit määritettiin sekä suodattamattomina kokonaispitoisuuksina että liukoisina pitoisuuksina Mustalahden näytteenottopisteestä 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023 pinnan läheisestä vedestä, välivedestä sekä pohjan läheisestä vedestä. Mustalahdesta mitatut kokonais- ja liukoiset antimoni-, arseeni-, kadmium-, koboltti-, kromi-, kupari-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet ja eivät

ylit pintavesien ympäristölaatonormeja, haitattoman pitoisuuden tasojä (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja kokonais- eikä liukoisine pitoisuuksina (Taulukko 2-13). Nikkelin kokonais- ja liukoiset pitoisuudet ylittivät huhtikuun ja syyskuun näytteessä pohjan läheisessä vedessä sekä ympäristölaatonormin (5 µg/l) että PNEC-arvon (7,1 µg/l). Heinäkuussa nikkelillä ei tapahtunut ylityksiä. Kajaaninjoessa suodatetun nikkelin pitoisuus on ollut 1,2 µg/l, Nuasjärvellä pinnan lähellä 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 1,3 µg/l. Rehjanselällä pinnan lähellä pitoisuus on ollut 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 40 m:n syvyydessä 1,2 µg/l.

Ympäristölaatonormi kuvaa biosaatavaa nikkeliä koko vuoden keskiarvona. Huhtikuussa otettu vesinäyte on yksittäinen, ja sen nikkelin biosaatavaa osuutta ei pystytä määrittämään, koska määrittäminen vaatii DOC-pitoisuuden. Määrittäminen tehtiin heinäkuun ja syyskuun näytteenottojen yhteydessä. Heinäkuussa hiilen pitoisuus oli kaikissa vesikerroksissa 11 mg/l ja syyskuussa 12 mg/l.

Biosaatavan nikkelin osuus määritettiin käyttämällä bio-met:n excelpohjaista työkalua. Kyseisen työkalun saa ladattua bio-met:n nettisivuilta (www.bio-met.net). Excelliin syötetään tiedot veden pH-arvosta, liukoisesta nikkelipitoisuudesta ja kalsiumpitoisuudesta ja ohjelma laskee tämän jälkeen biosaatavan nikkelin pitoisuuden. Biosaatava nikkeli määritettiin sekä Mustalahdelle että Karankalahdelle kaikille syvyyksille. Mustalahden biosaatavan nikkelin pitoisuus oli 0,36 µg/l (vaihteluväli 0,18–0,80 µg/l) (Taulukko 2-11). Kyseinen pitoisuus ei aiheuta haittaa vesieläölle.

Taulukko 2-10. Mustalahden biosaatavan nikkelin pitoisuudet eri syvyyksissä 5.7.2023 ja 18.9.2023.

	Pinta		Puoliväli		Pohja	
	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023
Mustalahti, biosaatava nikkeli µg/l	0,23	0,24	0,24	0,18	0,47	0,8

Mustalahden vesistövaikutusselvityksessä selvitettiin myös rikin pitoisuus vesistössä. Rikkiä päätyy luonnonvesiin liukenemalla kallioperästä, lannoitteista sekä ilmaperäisenä laskeutuma. Suomessa purovesissä on rikkiä sulfaattina noin 1–75 mg/l (Lindholm 2005 ref. Lahermo ym. 1996). Liennut rikki saostuu hapettavassa ympäristössä sulfaattina ja pelkistävissä olosuhteissa sulfidina. On arvioitu, että Suomen sisävesien kokonaisrikkipitoisuus olisi noin 5 mg/l (Lindholm 2005 ref. Lahermo ym. 1996, Särkkä 1996). Rikin kokonaispitoisuus sisältää kaiken vedessä sillä hetkellä olleiden rikkiyhdisteiden rikin.

Mustalahden rikkipitoisuus oli pinnan lähellä heinäkuussa 3,1 mg/l ja syyskuussa 1,9. Pohjan läheisessä vedessä rikkipitoisuus oli heinäkuussa 3,0 mg/l ja syyskuussa 2,3 mg/l. Pitoisuudet vastaavat Suomen sisävesien tasoa.

Taulukko 2-11. Mustalahden metallien liukoiset pitoisuudet eri syvyyksissä 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023.

	Piste 1 / pinta 1 m			Piste 1 / puoliväli 3,5–4 m			Piste 1 / pohja 6–7 m		
Metalli, µg/l	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023

Antimoni	< 0,1	< 0,1	<0,20	< 0,1	< 0,1	<0,20	< 0,1	< 0,1	<0,20
Arseeni	0,3	0,3	0,24	0,3	0,3	0,29	0,3	0,3	0,51
Kadmium	< 0,024	< 0,024	<0,030	< 0,024	< 0,024	<0,030	0,043	< 0,024	<0,030
Kalsium	2 900	3 500	-	4 400	3 600	-	5 300	3 800	-
Koboltti	< 0,15	< 0,15	0,11	<0,15	< 0,15	<0,10	0,65	0,28	2,6
Kromi	0,46	< 0,40	<0,50	0,45	0,45	<0,50	0,46	0,45	<0,50
Kupari	< 1	< 1	0,89	< 1	< 1	0,94	< 1	< 1	0,71
Lyijy	< 0,15	< 0,15	<0,10	< 0,15	< 0,15	<0,10	< 0,15	< 0,15	<0,10
Mangaani	16	19	-	22	22	-	150	110	-
Magnesium	1 100	1 400	-	1 700	1 500	-	2 200	1 500	-
Nikkeli	0,84	1,6	1,7	3,6	1,7	1,4	8,8	3,2	5,8
Rauta	380	330	-	330	330	-	400	510	-
Sinkki	< 5	< 5	2,7	< 5	< 5	2,6	12	7,7	5,3
Vanadiini	0,4	0,4	0,25	0,4	0,6	0,24	0,4	0,7	0,29

Taulukko 2-12. Mustalahden metallien kokonaispitoisuudet eri syvyyksissä 5.4.2023, 5.7.2023 ja 18.9.2023.

Metalli, µg/l	Piste 1 / pinta 1 m			Piste 1 / puoliväli 3,5-4 m			Piste 1 / pohja 6-7 m		
	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.4.2023	5.7.2023	18.9.2023
Antimoni	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Arseeni	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Elohopea			<0,10			<0,10			<0,10
Kadmium	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Kalsium	3 200	3 500	-	4 800	3 600	-	5 600	3 800	-
Koboltti	< 0,3	< 0,3	< 0,5	< 0,3	< 0,3	< 0,5	0,8	< 0,3	3,5
Kromi	< 1,0	< 1,0	< 3,0	< 1,0	< 1,0	< 3,0	< 1,0	< 1,0	< 3,0
Kupari	< 1	< 1	< 3,0	1,1	1,4	< 3,0	1,1	1,1	< 3,0
Lyijy	< 0,5	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 0,5	< 1,0
Mangaani	23	49	-	27	47	-	190	120	-
Magnesium	1 100	1 400	-	1 800	1 500	-	2 200	1 500	-
Nikkeli	< 3	< 3	< 3	3,8	< 3	< 3	9,4	3,3	9,7
Rauta	570	450	-	470	440	-	570	710	-
Sinkki	< 5	< 5	6,6	5,5	15	< 5,0	11	12	7,9

Rikki	-	3 108	1 900	-	3 174	1 900	-	3 011	2 300
Vanadiini	< 0,5	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 0,5	< 1,0	< 0,5	0,6	1,7

Taulukko 2-13. Ympäristölaatu normit, haitattoman pitoisuuden tasot (PNEC-arvoja), talousvedelle asetetut raja-arvot ja Yhdysvaltojen (US EPA, Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto (United States Environmental Protection Agency) tai Kanadan käyttämät akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvot (CCME, Kanadan ympäristöministeriöneuvosto, Canadian Council of Ministers of the Environment). Kaikille aineille ei ole määritetty raja-arvoja.

	Vertailu- arvo	Vertailu arvo	Vertailu- arvo	Vertailuarvo	Vertailuarvo
Aine	Pintaveden ympäristön- laatu normi	Haitaton pitoisuus pintaved essä (PNEC)	Talousveden raja-arvo	Toksisuuden raja- arvot US EPA	Toksisuuden raja- arvot CCME (akuutti / krooninen)
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Arseeni		13	10	340 / 150	- / 5
Kadmium	0,1-0,25	0,19	5	1,8 / 0,72	1 / 0,09
Kromi		6,5	50	16-570 / 11-74	- / 1-8,9
Kupari		7,8	2 000		
Elohopea		0,057		1,4 / 0,77	- / 0,026
Nikkeli	5	7,1	20	470 / 52	
Lyijy	1,4-1,5	7,0		82 / 3,2	
Sinkki		20,6		120 / 120	37 / 7
Kloridi		100 000	250 000	860 000 / 230 000	640 000 / 120 000
Sulfaatti		250 000	250 000		

2.5.3 Karankalahden vedenlaatu

Karankalahdesta haettiin vesinäytteet 5.7.2023 ja 18.9.2023 kolmesta eri syvyydestä (1 m, 8 m ja 15 m). Karankalahdesta ei ollut ajantasaista tietoa saatavilla, viimeisimmät näytteet oli haettu vuonna 2004.

Karankalahden vesinäytteiden tulokset vesikerroksissa on esitetty taulukoissa 2-14, 2-16 ja 2-17. Karankalahden vedenlaatu kuvastaa Mustalahden tavoin keskirehevää vesistöä. Heinäkuussa pinnan lähellä kokonaisfosforipitoisuus oli 17 µg/l ja pohjan lähellä 14 µg/l. Syyskuussa pitoisuus oli 12 µg/l (pinta) ja 19 µg/l (pohja). Nuasjärvi 45 havaintopaikalla kokonaisfosforipitoisuus oli pinnan lähellä 13 µg/l ja Rehjanselällä pinnan lähellä 14 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuus oli vastaavasti Karankalahdessa heinäkuussa pinnan lähellä 360 µg/l ja pohjan lähellä 410 µg/l. Syyskuussa pitoisuus oli 390 µg/l (pinta) ja 490 µg/l (pohja). Nuasjärvellä tyypeä on ollut 362 g/l ja Rehjanselällä 386 µg/l.

Karankalahden kokonaisravannesuhteeksi saatiin heinäkuussa pinnan lähellä 21 ja pohjan lähellä 29. Syyskuussa suhde oli pinnan lähellä 33 ja pohjan lähellä 26. Kaikki arvot kuvastavat fosforirajoitettisuutta.

Happipitoisuus on ollut hyvä koko vesipatsaassa, ollen heinäkuussa pinnan lähellä 9,6 mg/l ja alusvedessä 9,3 mg/l. Syyskuussa happea oli pinnan lähellä 8,6 mg/l ja pohjan lähellä 6,3 mg/l.

Karankalahden kiintoainepitoisuus oli heinäkuussa pinnan lähellä ja välivedessä alle määrittäysrajan (< 1 mg/l), pohjan lähellä pitoisuus oli 1,2 mg/l eli hyvin alhainen. Syyskuussa

kiintoainetta oli 1,4 mg/l pinnan lähellä ja 2,6 mg/l pohjan lähellä. Nuasjärvellä kiintoaineen pitoisuus on ollut pinnan lähellä 1,1 mg/l ja Rehjanselällä 1 mg/l.

Karankalahdessa veden väriarvo oli heinäkuussa pinnan lähellä 80 mgPt/l ja pohjan lähellä 80 mgPt/l. Syyskuussa väriarvo oli 82 mgPt/l (pinta) ja 93 mgPt/l (pohja). Arvot kuvaavat humusvaikutusta. Nuasjärvellä värilukua ei ole määritetty, Rehjanselällä väriluku on ollut pinnan lähellä 69 mgPt/l.

Karankalahdessa kemiallinen hapenkulutus oli heinäkuussa pinnan lähellä 14 mg/l ja pohjan lähellä 14 mg/l. Syyskuussa arvo oli 15 mg/l (pinta) ja 16 mg/l (pohja). Arvot kuvaavat humuspitoista vettä. Nuasjärvellä kemiallinen hapenkulutus on ollut pinnan lähellä 14,3 mg/l ja pohjan lähellä 14,1 mg/l. Rehjanselällä kemiallinen hapenkulutus on ollut pinnan lähellä 13,3 mg/l ja pohjan lähellä 12,8 mg/l.

Karankalahden sähkönjohtavuus oli heinäkuussa pinnan lähellä 4,2 mS/m ja pohjan lähellä 4,4 mS/m. Syyskuussa sähkönjohtavuus oli 3,5 mS/m (pinta) ja 4,3 mS/m (pohja). Karankalahden sähkönjohtavuus on sisävesille tyypillisellä tasolla. Nuasjärvellä sähkönjohtavuus on ollut pinnan lähellä 3,8 mS/m ja pohjan lähellä 4,3 mg/l. Rehjanselällä sähkönjohtavuus on ollut pinnan lähellä 3,4 mS/m ja pohjan lähellä 4,2 mS/m.

Karankalahden veden pH-arvo oli heinäkuussa pinnan lähellä 6,7 ja pohjan lähellä 6,4. Syyskuussa veden pH-arvo oli 6,7 (pinta) ja 6,5 (pohja). Nuasjärvellä veden pH on ollut pinnan lähellä samoin 6,7 ja Rehjanselällä pinnan lähellä 6,6.

Karankalahden veden alkaliniteetti on vaihdellut eri syvyyksissä välillä 0,1–0,12. Alla olevan taulukon mukaisesti Karankalahden puskurikyky on tyydyttävä (Taulukko 2-8). Nuasjärvessä alkaliteetti on ollut pinnan lähellä 0,1 ja Rehjanselällä pinnan lähellä samoin 0,1.

Karankalahden raudan kokonaispitoisuus määritettiin heinäkuussa kertaluonteisesti. Rautapitoisuus oli tällöin pinnan lähellä 340 µg/l ja pohjan lähellä 420 µg/l. Pitoisuudet kuvastavat humusvaikutusta.

Karankalahdessa sulfaattipitoisuus oli heinäkuussa pinnan lähellä 8,9 mg/l ja pohjan lähellä 9 mg/l. Syyskuussa pitoisuus oli 5,9 mg/l (pinta) ja 7,6 mg/l (pohja). Tulosten perusteella sulfaatti ei ole kerääntynyt pohjan läheiseen veteen. Nuasjärvellä sulfaattia on ollut pinnan lähellä 7,6 mg/l ja pohjan lähellä 9,0 mg/l. Rehjanselällä pinnan lähellä pitoisuus on ollut 6,8 mg/l ja pohjan lähellä 40 m:n syvyydessä 8,3 mg/l. Pitoisuus oli heinäkuussa hieman Rehjanselän pitoisuutta korkeampi, mikä kertoo kuormitusvaikutuksesta.

Taulukko 2-14. Karankalahden 5.7.2023 ja 18.9.2023 otettujen vesinäytteiden analyysien tulokset eri vesikerroksissa.

	Piste 1 / pinta 1 m		Piste 1 / puoliväli 8 m		Piste 1 / pohja 15 m	
	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023
pH	6,7	6,7	6,5	6,7	6,4	6,5
Lämpötila, °C	17	-	12,5	-	9,5	-
Alkaliteetti, mmol/l	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11	0,12
Ammoniumtyppi, µg/l	24	16	29	18	29	15

COD _{Mn} , mg/l	14	15	12	14	14	16
Happipitoisuus, mg/l	9,6	8,6	9,8	9,0	9,3	6,3
Kokonaisfosfori, µg/l	17	12	13	12	14	19
Kokonaistyppe, µg/l	360	390	390	380	410	490
Kiintoaine, mg/l	< 1,0	1,4	< 1,0	1,2	1,2	2,6
Kloridi, mg/l	0,8	0,8	0,9	0,81	0,9	0,95
Sulfaatti, mg/l	8,9	5,9	10	5,9	9	7,6
Sähkönjohtavuus, mS/m	4,2	3,5	4,5	3,6	4,4	4,3
Väri, mg Pt/l	80	82	70	82	80	93

Metallit määritettiin sekä suodattamattomina kokonaispitoisuuksina että liukoisine pitoisuuksina Karankalahden näytteenottopisteestä 5.7.2023 ja 18.9.2023 pinnan läheisestä vedestä, välivedestä sekä pohjan läheisestä vedestä. Karankalahdesta mitatut kokonais- ja liukoiset antimoni-, arseeni-, kadmium-, koboltti-, kromi-, kupari-, lyijy- ja sinkkipitoisuudet ja eivät ylitä pintavesien ympäristölaatuunormeja, haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja kokonais- eikä liukoisine pitoisuuksina. Nikkelin kokonaispitoisuus ylittää syyskuussa pohjan läheisessä vedessä sekä ympäristölaatuunormin (5 µg/l) että PNEC-arvon (7,1 µg/l). Kajaaninjoessa suodatetun nikkelin pitoisuus on ollut 1,2 µg/l, Nuasjärvellä pinnan lähellä 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 1,3 µg/l. Rehjanselällä pinnan lähellä pitoisuus on ollut 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 40 m:n syvyydessä 1,2 µg/l.

Ympäristölaatuunormi kuvaa biosaatavaa nikkeliä koko vuoden keskiarvona. Nikkelin biosaatavan osuuden määrittäminen vaatii DOC-pitoisuuden. Määrittäminen tehtiin heinäkuun ja syyskuun näytteenottojen yhteydessä. Heinäkuussa hiilen pitoisuus oli kaikissa vesikerroksissa 11 mg/l ja syyskuussa pinnan lähellä 12 mg/l ja pohjan lähellä 13 mg/l. Biosaatavan nikkelin määrittäminen on käsitelty tarkemmin Mustalahden vedenlaatua koskevassa osiossa. Karankalahden biosaatavan nikkelin pitoisuus oli keskimäärin 0,24 (vaihteluväli 0,17–0,50 µg/l) (Taulukko 2-15). Kyseinen pitoisuus ei aiheuta haittaa vesieliöstölle.

Taulukko 2-15. Karankalahden biosaatavan nikkelin pitoisuudet eri syvyyksissä 5.7.2023 ja 18.9.2023.

	Pinta 1 m		Puoliväli 8 m		Pohja 15 m	
	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023
Karankalahti, biosaatava nikkeli µg/l	0,18	0,17	0,18	0,17	0,22	0,5

Karankalahden rikkipitoisuus oli pinnan lähellä heinäkuussa 3,1 mg/l ja syyskuussa 2,0 mg/l. Pohjan läheisessä vedessä rikkipitoisuus oli heinäkuussa 3,1 mg/l ja syyskuussa 2,6 mg/l. Pitoisuudet vastaavat Suomen sisävesien tasoa.

Taulukko 2-16. Karankalahden metallien liukoiset pitoisuudet eri syvyyksissä 5.7.2023 ja 18.9.2023.

Pinta 1 m	Puoliväli 8 m	Pohja 15 m
-----------	---------------	------------

Metalli, µg/l	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023
Antimoni	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,1	< 0,2
Arseeni	0,3	0,32	0,2	0,22	0,3	0,33
Kadmium	< 0,024	< 0,030	< 0,024	< 0,030	< 0,024	< 0,030
Kalsium	3 600	-	3 800	-	3 800	-
Koboltti	< 0,15	< 0,10	< 0,15	< 0,10	< 0,15	< 0,20
Kromi	0,45	< 0,50	0,4	< 0,50	0,48	0,53
Kupari	< 1	0,73	< 1	0,72	< 1	0,96
Lyijy	< 0,15	< 0,10	< 0,15	< 0,10	< 0,15	0,15
Mangaani	12	-	12	-	20	-
Magnesium	1 500	-	1 500	-	1 500	-
Nikkeli	1,3	1,3	1,2	1,3	1,5	3,9
Rauta	340	-	310	-	420	-
Sinkki	< 5	2,6	< 5	2,5	< 5	5
Vanadiini	0,3	0,21	0,7	0,22	0,5	0,36

Taulukko 2-17. Karankalahden metallien kokonaispitoisuudet eri syvyyksissä 5.7.2023 ja 18.9.2023.

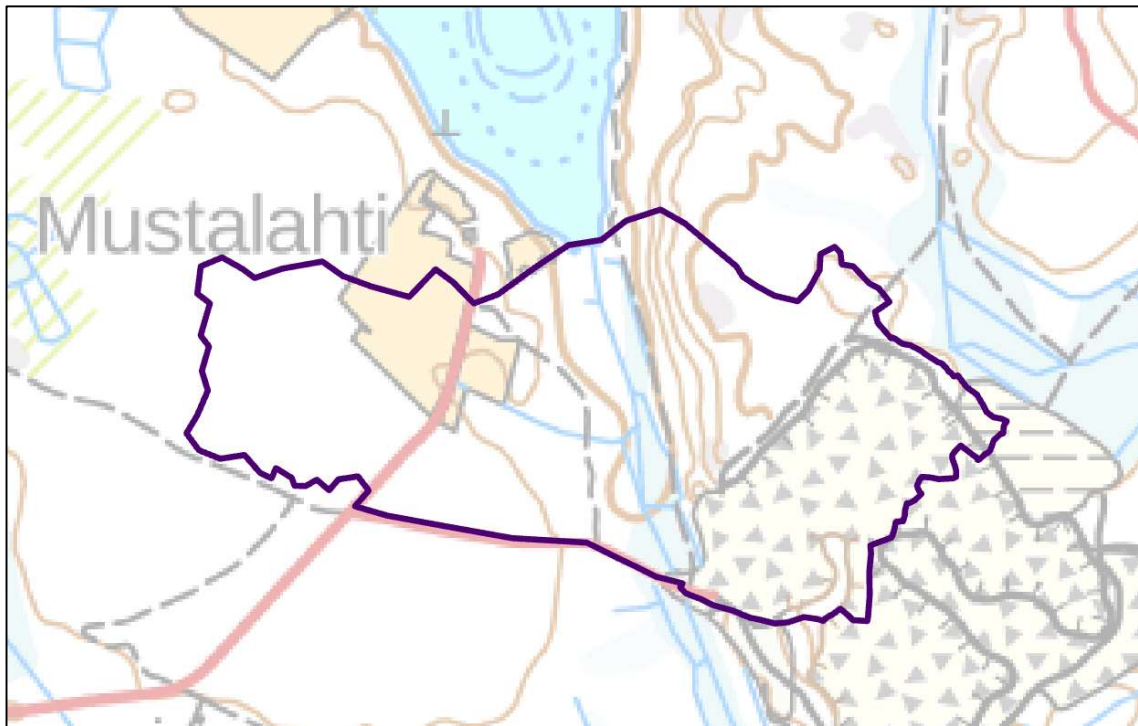
	Pinta 1 m		Puoliväli 8 m		Pohja 15 m	
Metalli, µg/l	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023	5.7.2023	18.9.2023
Antimoni	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Arseeni	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Kadmium	< 0,1	< 0,10	< 0,1	< 0,10	< 0,1	< 0,10
Kalsium	3 400	-	3 800	-	3 700	-
Koboltti	< 0,3	< 0,50	< 0,3	< 0,50	< 0,3	< 0,50
Kromi	< 1,0	< 3,0	< 1,0	< 3,0	< 1,0	< 3,0
Kupari	1,5	< 3,0	1,1	< 3,0	1	< 3,0
Lyijy	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0
Mangaani	33	-	34	-	66	-
Magnesium	1 400	-	1 500	-	1 400	-
Nikkeli	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3	5,5

Rauta	400	-	400	-	560	-
Sinkki	5,6	< 5,0	7,8	17	< 5,0	7,2
Rikki	3 093	2 000	3 474	2 000	3 134	2 600
Vanadiini	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0	< 0,5	< 1,0

2.5.4 Virtaamat koskien Mustalahtea ja Mustalahden tilavuus

Mustalahteen laskevan ojan virtaama määritettiin valuma-alueen (Kuva 2-6) perusteella. Mustalahteen laskevan ojan koko valuma-alueen laajuus n. 0,28 km², josta saadaan keskialivalunnaksi 3,1 l/s/km² ja keskivalunnaksi 13,1 l/s/km². Louhosalueelta on mitattu virtaamia myös näytteenottojen yhteydessä vuosina 2015–2022. Virtaamat ovat vaihdelleet välillä 0,4–2 l/s ja suurin osa edustanee ylivirtaama-aikaa. Laskennallisesti arvioidut virtaamat ovat melko hyvin linjassa mitattujen virtaama-arvojen kanssa.

- Keskivirtaama MQ: 3,7 l/s
- Keskialivirtaama, MNQ: 0,9 l/s



Kuva 2-6. Mustalahteen laskevan purkuojan valuma-alue.

Mustalahdelle ja Rehja-Nuasjärvelle määritettiin erikseen omat valuma-alueet ja niihin pohjautuvat virtaamat. Mustalahden valuma-alueen (Kuva 2-7) kooksi saatiin 1,1 km² (sis. noin 23 % vesialuetta). Virtaamien määrittämisessä käytettiin vertailuvesistö-menetelmää. Koska lähialueella ei ole vastaavia pieniä valuma-alueita, joilta olisi olemassa virtaamadataa, on vertailuvesistöjen virtaamatietoina hyödynnetty vesistömallijärjestelmän (VEMALA) virtaamia. Vertailuvesistöinä ovat lähialueelta Purnunniemi, Ammeniemi ja Siikapuro.

Määritetty vertailuarvot (vertailuvesistöjen keskiarvot):

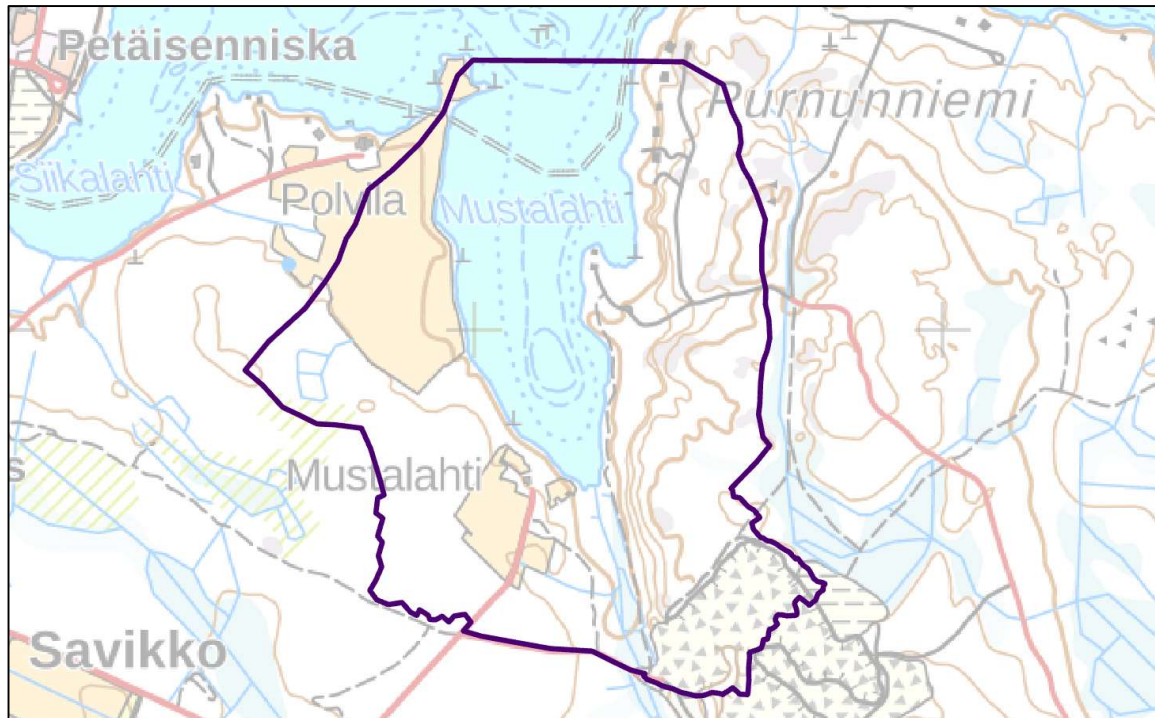
- Keskialivalunta (MNq) 3,3 l/s/km²
- Keskivalunta (Mq) 13,1 l/s/km²

Keskialivalunnan määrittämisessä on käytetty Weibullin jakaumaa.

Määritetyt virtaamat Mustalahdelle:

- Keskialivirtaama (MNQ) 3,5 l/s
- Keskivirtaama (MQ) 14,3 l/s

Mustalahden syvyys määritettiin digitoimalla syvyyskäyrät ja pisteet maastokartalta, ja kolmioimalla tämä syvyysaineisto. Mustalahden tilavuudeksi saatiin tällä tavalla n. 480 000 m³.



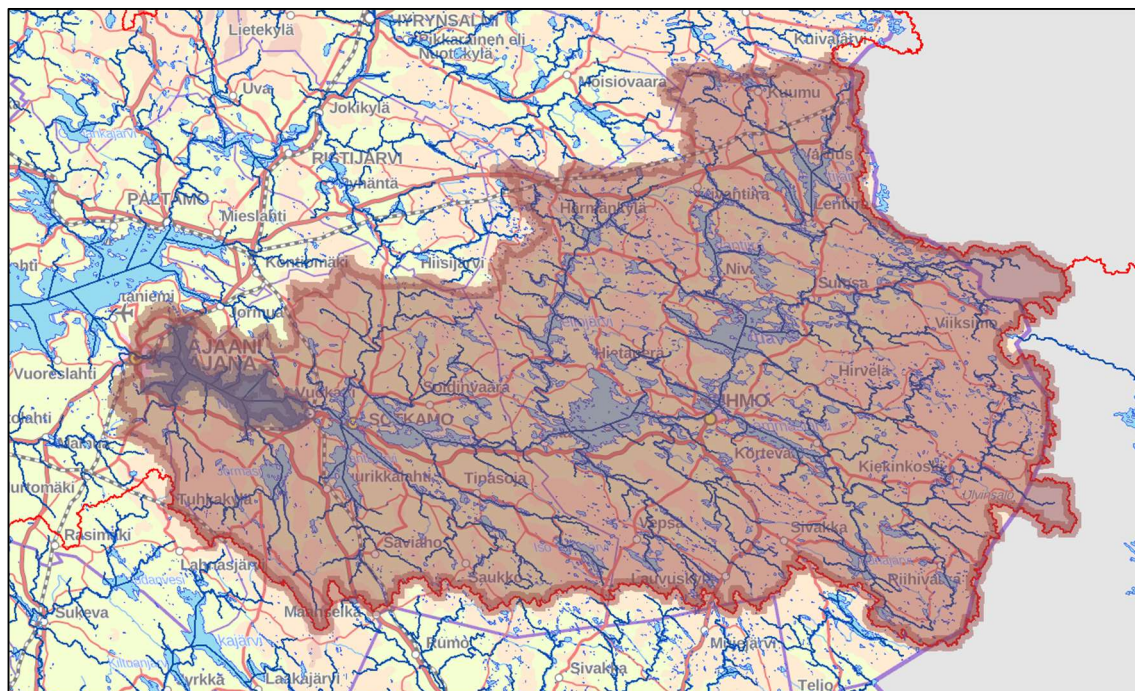
Kuva 2-7. Mustalahden valuma-alue.

Rehja-Nuosjärven luusuassa valuma-alue on 7 475 km² (Kuva 2-8). Valuma-alue käsittää 1. jakovaiheen valuma-alueet Nuasjärven-Kiimasjärven alue (59.8) ja Ontojärven – Lentuan valuma-alue (59.9). Rehja-Nuosjärvestä laskevassa Kajaaninjoessa on virtaamamittausasema Nuosjärvi, Koivukoski (5902650), josta mittauksia vuodesta 1948 alkaen. Vesistö on säännöstelty. Virtaama-analyysi tehtiin aikavälin 1970–2022 virtaamista. Keskialivirtaamien määrittämisessä on käytetty Weibullin jakaumaa.

Määritetyt virtaamat Koivukoskelle:

- Keskialivirtaama (MNQ) 21 m³/s
- Keskivirtaama (MQ) 91 m³/s.

Koivukosken mittausasemalla valuma-alue on muutaman neliökilometrin suurempi kuin Rehja-Nuosjärven luusuassa. Ero valuma-alueiden koossa on kuitenkin niin pieni, ettei sillä ole vaikutusta määritettyyn keskiali- tai keskivirtaamaan.



Kuva 2-8. Rehja-Nuasjärven valuma-alue.

Mustalahden virtaamaa tarkasteltiin myös sekoittumisen kautta. Karttatarkastelun perusteella Mustalahden vesi sekoittuu Kajaaninjoen virtaamaan. Mustalahden edustalla on saaria, jotka todennäköisesti ohjaavat veden virtausta Mustalahteen päin. Mustalahden veden ajateltiin sekoittuvan 1–5 % edellä määritettyyn Rehja-Nuasjärven virtaamaan.

2.5.5 Virtaamat koskien Karankalahtea

- 1) Karankalahden ja Lauttolahden valuma-alue: 134 km² (sis. noin 5 % Karanka- ja Lauttolahden vesialuetta) (Kuva 2-9)
- 2) Karankalahden valuma-alue: 34 km² (sis. noin 5 % Karankalahden vesialuetta) (Kuva 2-10)
- 3) Louhokselta laskevan ojan (Ruunasuon oja) valuma-alue: 0,4 km² (39 ha) (Kuva 2-11)

Virtaamien määrittämisessä on käytetty vertailuvesistö-menetelmää. Koska lähialueella ei ole vastaavia pieniä valuma-alueita, joilta olisi olemassa virtaamadataa, on vertailuvesistöjen virtaamatietoina hyödynnetyt vesistömallijärjestelmän (VEMALA) virtaamia. Vertailuvesistöinä Ruunasuon ojan virtaamamäärittämisessä ovat lähialueelta Purnunniemi, Ammeniemmi ja Siikapuro. Karanka- ja Lauttolahden osalta on hyödynnety vesistömallijärjestelmässä Karankalahteen laskevalle ojalle simuloituja virtaamia. Lauttolahteen laskevalle Kontinjoelle ei löydy vesistömallijärjestelmästä erikseen simuloituja virtaamia.

Määritetty vertailuarvot Karanka- ja Lauttolahdelle:

- Keskialivalunta (MNq) 2,2 l/s/km²
- Keskivalunta (Mq) 12,7 l/s/km²

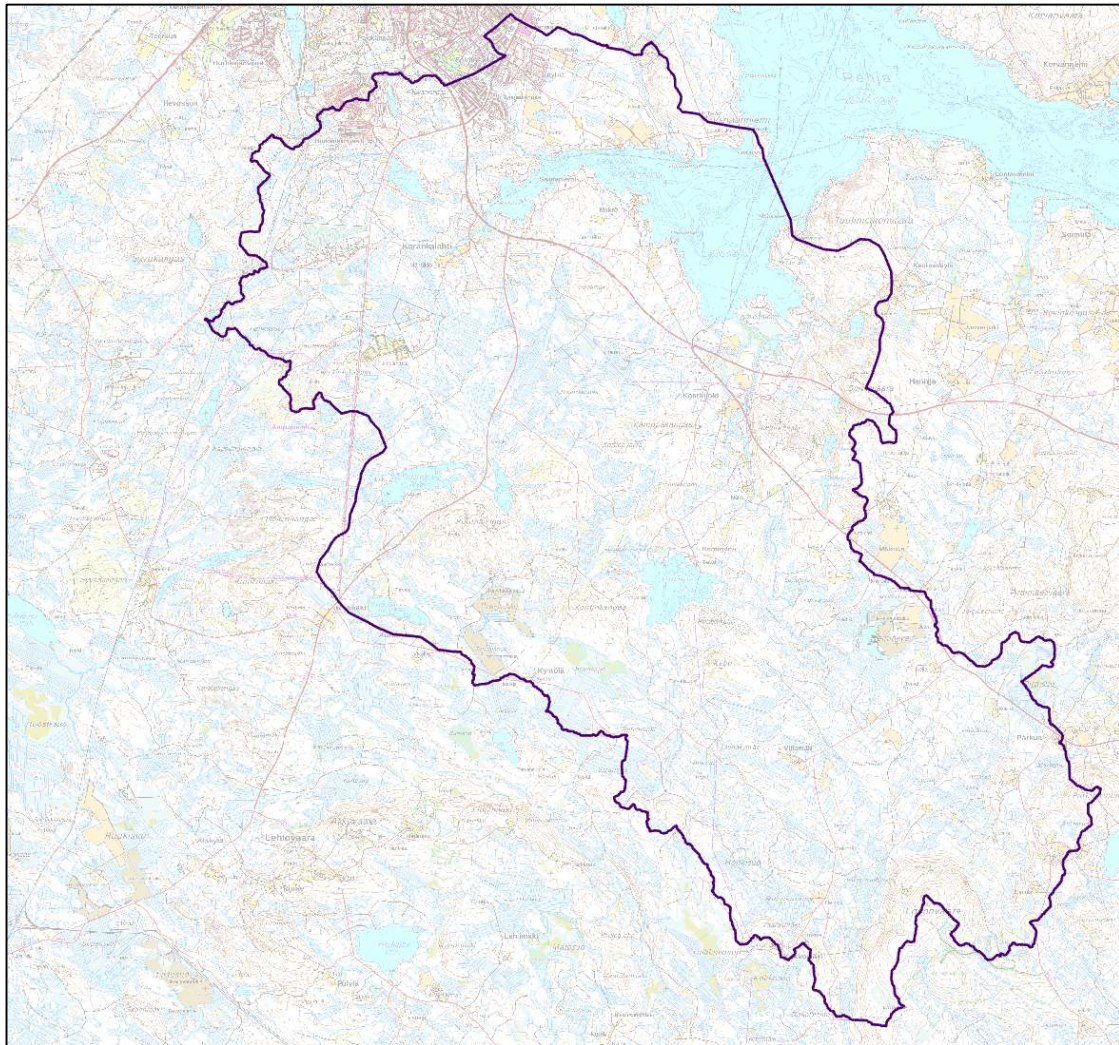
Määritetty vertailuarvot Ruunasuonojalle (vertailuvesistöjen keskiarvot):

- Keskialivalunta (MNq) 2,9 l/s/km²
- Keskivalunta (Mq) 13,1 l/s/km²

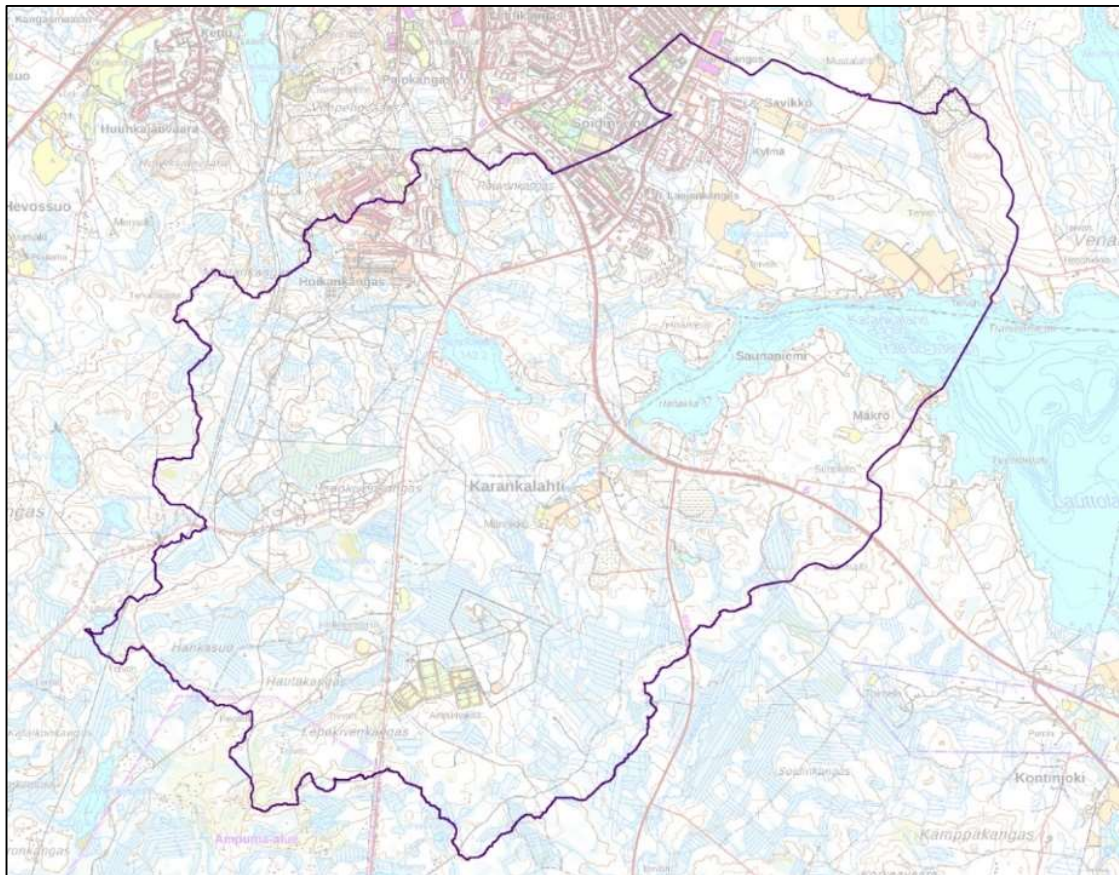
Keskivalunnan määrittämisessä on käytetty normaalijakaumaa ja keskialivalunnan määrittämisessä on käytetty Weibullin jakaumaa.

Määritetyt virtaamat valuma-alueille ovat:

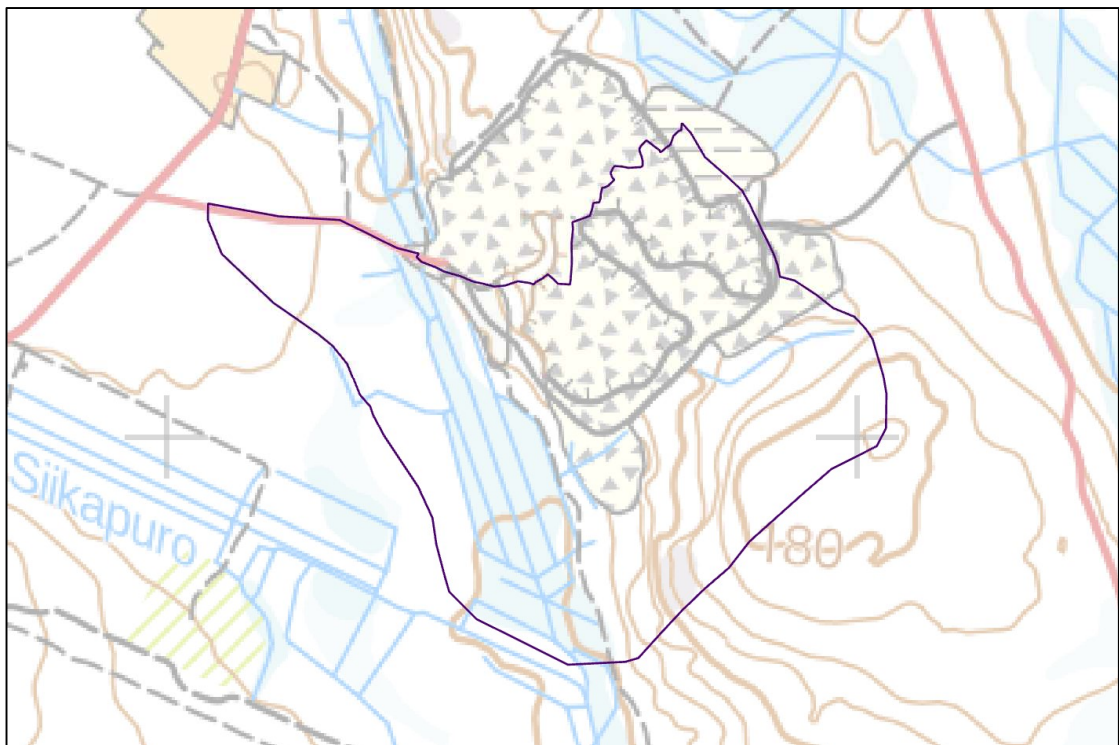
- 1) Karanka- ja Lauttolahden valuma-alue
 - Keskialivirtaama (MNQ) 295 l/s
 - Keskivirtaama (MQ) 1700 l/s
- 2) Karakalahden valuma-alue
 - Keskialivirtaama (MNQ) 75 l/s
 - Keskivirtaama (MQ) 432 l/s
- 3) Ruunasuon oja
 - Keskialivirtaama (MNQ) 1,1 l/s
 - Keskivirtaama (MQ) 5,1 l/s



Kuva 2-9. Karanka- ja Lauttolahden valuma-alue.



Kuva 2-10. Karankalahden valuma-alue.

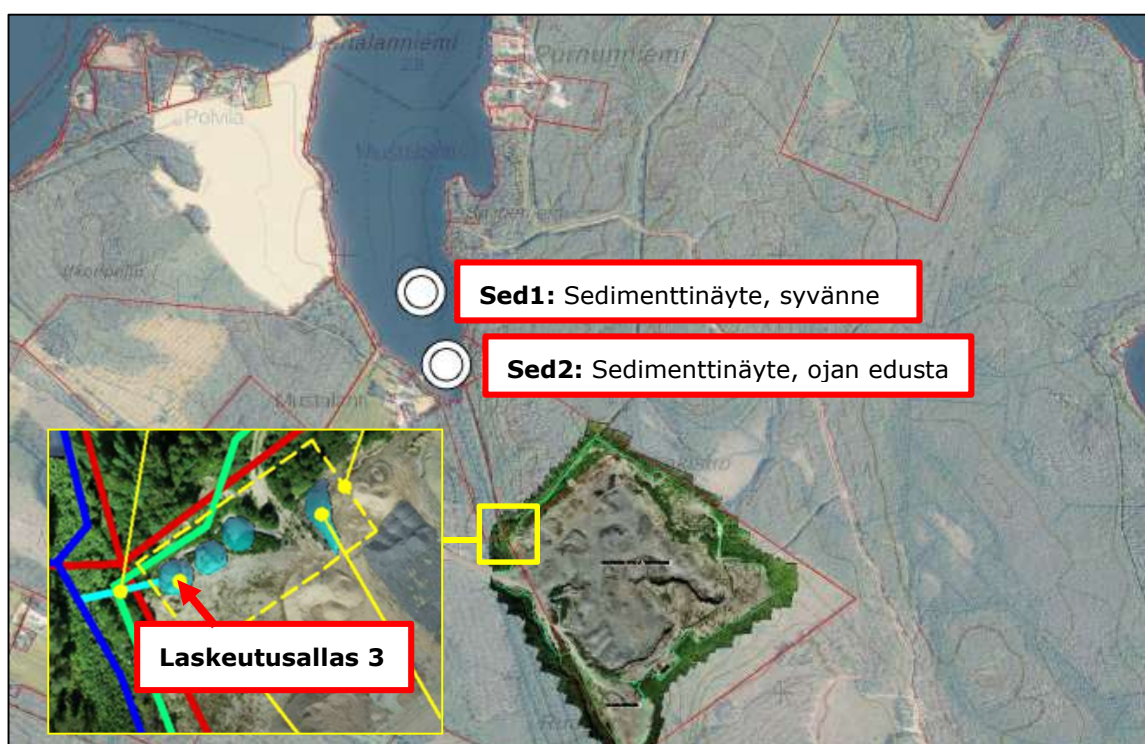


Kuva 2-11. Louhokselta laskevan ojan (Ruunasuon oja) valuma-alue.

2.6 Sedimentti

2.6.1 Näytteenotto

Laskeutusaltaasta otettiin sedimenttinäyte (Laskeutusallas 3) vesinäytteenoton yhteydessä 15.3.2023. Näyte otettiin yhdestä kohdasta sedimenttinäytteenottimella. Rehjan Mustalahdesta otettiin sedimenttinäytteet (Sed1 ja Sed2) 5.4.2023. Sed1-näyte otettiin Mustalahden syvänteestä ja Sed2 Mustalahdesta purkavan ojan edustalta. Näytteenottosijainnit on esitetty piirustuksessa YMP_1510076759_02 sekä kuvassa (Kuva 2-12). Näytteet otettiin jään päältä käsikäyttöisellä sedimenttinäytteenottimella (Ejkelkamp Multisampler). Tutkimuspisteen alueelle tehtiin 2-3 osanäytteenottopistettä jään läpi kairaamalla. Näytteenottopisteet sijoitettiin noin 5 metrin etäisyydelle toisistaan esim. kolmion muotoon. Sedimenttinäytteet otettiin jokaisesta pisteestä sedimentin pintakerroksesta (0–10 cm ja 10–20 cm).



Kuva 2-12. Ote tutkimuskartasta YMP_1510076759_02. Sedimenttinäytepisteiden sijainnit.

2.6.2 Laboratoriotutkimukset

Laskeutusaltaasta otetusta sedimenttinäytteestä analysoitiin laboratoriossa kokonaismetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Zn, V, Ca) ja pH.

Rehjan Mustalahdesta otetuista sedimenttinäytteistä analysoitiin kokonaismetallit (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Fe, Al, Mn), kuiva-aines ja orgaanisen aineksen määrä (hehkutushäviö). Lisäksi määritettiin kuiva-aineesta raekokojakauma (< 2 mm näytteestä paino-% savea).

2.6.3 Tulokset

Laskeutusaltaan sedimenttinäytteessä metallien pitoisuudet olivat korkeita etenkin nikkelin ja sinkin osalta. Sedimenttinäytteiden tuloksia voidaan verrata suuntaa antavasti VNa 214/2007 kynnys- ja ohjearvotasoihin. Nikkelin pitoisuus 300 mg/kg ylittää ylemmän ohjearvotason ja sinkin pitoisuus 505 mg/kg ylittää vaarallisen jätteen cut off -arvon. Kynnysarvon ylittäviä pitoisuuksia todettiin arseenin, koboltin, kromin ja kuparin osalta.

Mustalahdesta otetuissa sedimenttinäytteissä (Sed1 ja Sed2) metallien pitoisuudet olivat huomattavasti matalammat laskeutusaltaaseen verrattuna ja Vna 214/2007 kynnys- tai ohjearvot eivät ylittyneet minkään metallin osalta. Lisäksi normalisoituja laboratorioanalyysien tuloksia Mustalahden sedimenttien osalta vertailtiin Ympäristöhallinnon ruoppaus- ja läjitysohjeen (Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015) laatukriteereihin. Ohjeessa on esitetty näytteenoton kohdentamista ja ruoppausmassan läjityskelpoisuuden arviointia varten seuraavat pitoisuustasot:

- Taso 1: luonnontilainen
- Taso 1A: todetuilla haitta-ainepitoisuuksilla ei ole vaikutusta läjityskelpoisuuteen
- Taso 1B: läjitettävissä sekä ns. hyvälle että tyydyttävälle läjitysalueelle
- Taso 1C: läjitettävissä ns. hyvälle läjitysalueelle
- Taso 2: pääsääntöisesti läjityskelvoton

Näytteen Sed1 (syväne) sedimenttiaines vastaa pitoisuustasoltaan luokkaa 1A, eli todetuilla haitta-ainepitoisuuksilla ei ole vaikutusta aineksen läjityskelpoisuuteen. Näytteen Sed2 (ojan edusta) sedimenttiaines vastaa pitoisuustasoltaan luokkaa 1, eli luonnontilainen. Normalisoitujen tulosten yhteenvetotaulukko on esitetty liitteessä 3.

Laboratorion analyysitodistukset on esitetty liitteessä 2. Tulosten yhteenvetotaulukko on esitetty liitteessä 3. Yhteenvetotaulukossa on esitetty myös syksyllä 2022 otetut sedimenttinäytteet, joista mitattiin metallien pitoisuuksia XRF-kenttämittarilla (Olympos Innov-X). Syksyn 2022 näytteissä (tuleva-allas sekä laskeutusallas 2) nikkelin pitoisuudet ylittivät kynnysarvotason.

3. Vaikutukset Mustalahteen

3.1 Vaikutukset vedenlaatuun

Kuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisäykset laskettiin Mustalahteen virtaamapainotteisesti. Virtaamat arvioitiin erikseen keski- ja alivirtaamalle. Lisäksi laskettiin tilavuuteen pohjautuen pitoisuuslisäykset (Taulukko 3-1). Tarkasteltava kuormitus muodostui purkuputken kautta tulevasta arvioidusta nykytilanteen mukaisesta kuormituksesta. Purkuputken vedenlaatua on seurattu vuodesta 2015 lähtien. Kuormituksen vaikutusta arvioitiin käyttämällä keskimääräistä purkuveden vedenlaatua vuosilta 2015–2023. Kokonaisfosforin pitoisuutta ei ollut aiemmin määritetty, joten sen kuormitus pohjautuu 9.5.2023 ja 18.9.2023 otettuihin vesinäytteisiin. Saatua pitoisuuslisäyksiä verrattiin Mustalahden vedenlaatutietoihin sekä VHS-havaintopaikan pitoisuuksiin. VHS-paikan pitoisuutta käytettiin tarkasteluissa, jotta voitiin arvioida vaikutukset ekologiseen tilaan ja luokituksen luokkarajoihin.

Käytettäessä aiemmin esitettyä Mustalahden virtaamaa pitoisuuslisäysten laskemisessa huomattiin, että saadut pitoisuuslisäykset olivat huomattavan suuria verrattuna vesistön nykytilanteeseen. Vesistö on kuitenkin vastaanottanut kuormitusta useamman vuoden, joten sen nykytilanteen pitäisi kuvata kuormituksen vaikutusta. Kun Mustalahden aluetta tutkitaan tarkemmin karttatarkasteluna, voidaan olettaa, että sen vesi sekoittuu Rehja-Nuasjärven virtaamaan kuten kappaleessa 3.2.5. on esitetty. Tästä syystä Mustalahdelle päädyttiin käyttämään virtaamaa, joka on 1 % Rehja-Nuasjärven virtaamasta. Tarkastelu tehtiin myös 5 % sekoittumiselle, jossa pitoisuudet jäivät vielä alhaisemmaksi.

Taulukko 3-1. Mustalahden laskennalliset pitoisuuslisäykset vuosien 2015–2023 mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaama ja alivirtaamatilanteessa sekä tilavuuden mukaisesti. Virtaama perustuu Mustalahden määritettyyn pieneen valuma-alueeseen.

Mustalahti				
		Keskivirtaama (0,014 m ³ /s)	Keskialivirtaama (0,0035 m ³ /s)	Tilavuus (480 000 m ³)
Kokonaisfosfori	µg/l	1,3	5,4	1,2
Kokonaistyyppi	µg/l	310	1269	292
NH ₄ -N	µg/l	6,2	25	5,8
COD _{Mn}	mg/l	0,8	3,1	0,7
Kiintoaine	mg/l	9,4	38	8,8
Kloridi	mg/l	0,9	3,7	0,9
Sulfaatti	mg/l	44	180	41
Kalsium	mg/l	14,5	59	13,6
Antimoni	µg/l	0,01	0,05	0,01
Arseeni	µg/l	0,78	3,17	0,73
Kadmium	µg/l	0,26	1,06	0,24
Koboltti	µg/l	22	91	21
Kromi	µg/l	0,13	0,53	0,12
Kupari	µg/l	4,14	16,91	3,89
Lyijy	µg/l	0,39	1,59	0,36
Mangaani	µg/l	440	1797	413
Nikkeli	µg/l	193	788	181
Rauta	µg/l	492	2009	462
Sinkki	µg/l	230	941	216
Magnesium	mg/l	12	48	11
Rikki	µg/l	16 042	65 543	15 072
Vanadiini	µg/l	64,69	264,29	60,77

Taulukko 3-2. Mustalahden laskennalliset pitoisuuslisäykset vuosien 2015–2023 mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaama- ja alivirtaamatilanteessa. Virtaama perustuu Rehja-Nuasjärven määritettyyn valuma-alueeseen. Työssä arvioitiin Mustalahden veden sekoittuvan 1–5 % Rehja-Nuasjärven keski- ja keskialivirtaamaan.

Mustalahti					
		Sekoittuminen; 5 % Rehja- Nuasjärven keskivirtaamasta	Sekoittuminen; 5 % Rehja-Nuasjärven alivirtaamasta	Sekoittuminen; 1 % Rehja-Nuasjärven keskivirtaamasta	Sekoittuminen; 1 % Rehja-Nuasjärven keskialivirtaamasta
Kokonais- fosfori	µg/l	0,004	0,02	0,02	0,09
Kokonais- tyyppi	µg/l	0,98	4,23	4,88	21,14
NH ₄ -N	µg/l	0,02	0,08	0,10	0,42
COD	mg/l	0,002	0,011	0,012	0,053
Kiintoaine	mg/l	0,03	0,128	0,148	0,641
Kloridi	mg/l	0,003	0,012	0,014	0,062
Sulfaatti	mg/l	0,138	0,599	0,691	2,995
Kalsium	mg/l	0,046	0,197	0,228	0,987
Antimoni	µg/l	0,000	0,000	0,00	0,00

Arseeni	µg/l	0,002	0,011	0,01	0,05
Kadmium	µg/l	0,001	0,004	0,00	0,02
Koboltti	µg/l	0,070	0,303	0,35	1,52
Kromi	µg/l	0,000	0,002	0,00	0,01
Kupari	µg/l	0,013	0,056	0,07	0,28
Lyijy	µg/l	0,001	0,005	0,01	0,03
Mangaani	µg/l	1,382	5,990	6,91	29,95
Nikkeli	µg/l	0,606	2,625	3,03	13,13
Rauta	µg/l	1,545	6,695	0,008	0,033
Sinkki	µg/l	0,724	3,136	3,62	15,68
Magnesium	mg/l	0,037	0,159	0,183	0,793
Rikki	µg/l	50,4	218	252	1 092
Vanadiini	µg/l	0,2	0,9	1,02	4,4

Rehja-Nuasjärvi kuuluu Suuret humusjärvet (Sh) -tyyppiin. Suuret humusjärvet-tyypille on annettu luokkarajat kokonaisfosforille ja kokonaistypelle (Taulukko 3-3).

Taulukko 3-3. Rehja-Nuasjärven järvityypin ekologisen luokituksen luokkarajat (Aroviita ym. 2019).

		Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Suuret humusjärvet	Kokonaisfosfori, µg/l	-15	15–25	25–40	40–80	80–
	Kokonaistyyppi, µg/l	-460	460–600	600–900	900–1300	1300 -

Ympäristöhallinnon Avoimen tiedon Hertta -tietojärjestelmästä haettu vesienhoidon (VHS) vesimuodostumakohtaista pitoisuutta verrattiin laskennallisiin pitoisuuslisäyksiin (Taulukko 3-2 Taulukko 3-4). Toimintaa on ollut jo vuodesta 2015, joten käytännössä toiminnan aiheuttama kuormituksen vaikutus on jo mukana vedenlaadussa. Vuosittain tulee kuormitusta tuon laskennallisen pitoisuuslisäyksen verran, ja se laimenee isompaan vesimassaan ja siirtyy osittain eteenpäin Kajaaninjokea pitkin. VHS pitoisuudet ovat vesimuodostumaan liitettyjen havaintopaikkojen tuloksista laskettuja keskiarvoja. Järjestelmä laskee vesimuodostumaan valittujen havaintopaikkojen tuloksista keskiarvoja. Jos havaintopaikkoja on useita, saatetaan niistä laskea ensin erikseen keskiarvot, joista vielä lopuksi otetaan keskiarvo. Tarkastelussa haettiin Rehja-Nuasjärven vesimuodostumakohtaiset pitoisuustiedot. Hertta-tietojärjestelmän mukaan Rehja-Nuasjärven vesimuodostuman kokonaisfosforipitoisuus oli 14 µg/l. Tämä tarkoittaa yllä olevan taulukon mukaisesti erinomaista tilaa. Kokonaistypen pitoisuus on 347 µg/l, joka kuvaa samoin erinomaista tilaa.

Taulukko 3-4. Mustalahden pitoisuuslisäykset keskivirtaamatilanteessa sekä veden laatu Mustalahden havaintopaikalla eri syvyyksissä sekä vesienhoidon seuranta- ja mittauspaikalla (Rehja-Nuasjärven vesimuodostuma).

	Piste 1 / pinta 1 m	Piste 1 / puoliväli 3,5 m	Piste 1 / pohja 6 m	VHS, kolmas kausi	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama (5 % sekoittuminen)	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama (1 % sekoittuminen)
Kokonaisfosfori, µg/l	18	22	23	14	0,004	0,02
Kokonaistyyppi, µg/l	370	390	380	347	0,98	4,88
NH ₄ -N, µg/l	23	15	12	16,19	0,02	0,10
COD _{Mn} , mg/l	14	12	11	-	0,002	0,012
Kiintoaine, karkea, mg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	-	0,03	0,148
Kloridi, mg/l	0,7	0,9	0,9	-	0,003	0,014
Sulfaatti, mg/l	4,2	10	13	-	0,138	0,691
Kalsium, mg/l	32	48	56	-	0,046	0,228
Antimoni, µg/l	<1	< 1	< 1	-	0,000	0,00
Arseeni, µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	0,002	0,01
Kadmium, µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	0,001	0,00
Koboltti, µg/l	< 0,3	< 0,3	0,8	-	0,070	0,35
Kromi, µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	-	0,000	0,00
Kupari, µg/l	< 1	1,1	1,1	-	0,013	0,07
Lyijy, µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	0,001	0,01
Mangaani, µg/l	23	27	190	-	1,382	6,91
Nikkeli, µg/l	0,84	3,6	8,8	-	0,606	3,0
Rauta, µg/l	570	470	570	-	1,545	7,7
Sinkki, µg/l	< 5	5,5	11	-	0,724	3,62
Magnesium, mg/l	11	18	22	-	0,037	0,183
Rikki, µg/l	2 504	2 537	2 656	-	50,4	252
Vanadiini, µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	-	0,2	1,0

Kokonaisfosforin pitoisuudenlisäys oli 5 %:n sekoittumisella keskivirtaamatilanteessa 0,004 µg/l ja 1 % sekoittumisella 0,02 µg/l. Kyseisillä pitoisuuden lisäyksillä ei ole heikentävää vaikutusta vedenlaadulle. Kokonaistyyppipitoisuus kasvaa 1 µg/l keskivirtaamatilanteessa, joka perustuu 5 % sekoittumiseen ja 5 µg/l keskivirtaamatilanteessa, joka perustuu 1 % sekoittumiseen. Mustalahti on yhden näytteenoton perusteella fosforirajoitteinen, joten tyyppipitoisuuden kasvulla ei ole rehevöitymistä aiheuttavia vaikutuksia.

Ammoniumtyyppipitoisuuden pitoisuuslisäys oli Mustalahdella 1 % sekoittumisella keskivirtaamatilanteessa 0,1 µg/l. Tällä ei katsota olevan vedenlaatua heikentäviä vaikutuksia. Alivirtaamatilanteessa ei myöskään esiinny heikentäviä vaikutuksia. Ammoniumioni (NH₄⁺) on heikko happo, joka reagoi emästen kanssa muodostaen ammoniakkia. Tämän vuoksi veden pH:n kasvaessa (pH >8,0) siinä alkaa esiintyä ammoniakkia (NH₃), joka on kaloille myrkyllistä. Ammoniumin happovakio on 9,2. Tämä tarkoittaa, että pH-arvon ollessa 9,2, puolet ammoniumin määrästä on muuttunut ammoniakiksi. Mustalahdessa veden pH-arvo vaihteli kevään 2023 näytteenotokerralla syvyydestä riippuen välillä 6,5–6,6. Myöskään Rehjanselän tai Nuasjärven veden pH-arvo ei ole ollut yli 8. Ammoniumtyypin muuttuminen ammoniakiksi ei tällöin ole mahdollista. Tämän seurauksena voidaan todeta, että ammoniumtyypen nousu ei aiheuta ammoniakkin muodostumista, eikä näin ollen myöskään haittaa kalastolle.

Ammoniumtyppi voi aiheuttaa hapen kulutusta. Oravaisen (1999) mukaan vaikutus jää vähäiseksi, mikäli pitoisuusnousu on pienempi kuin 100 µg/l. Lisäksi päällysvedessä ammoniumin hapettuessa oleellista happivajetta ei muodostu, koska luontainen ilmastuminen kompensoi hapen kulutuksen. Virtavesissä veden virtauksen aikaansaama ammoniumtyypen hapetus on luontaisesti tehokasta. Ammoniumtyypen pitoisuuslisäys oli keskivirtaamatilanteessa Mustalahdessa 0,1 µg/l, millä ei katsota olevan heikentävää vaikutusta vedenlaatuun. Mustalahden happipitoisuus on ollut pääosin hyvällä tasolla. Alivirtaamatilanteessa ammoniumtyypen lisäys on 1 % sekoittumisella 0,4 µg/l, millä ei ole veden laatua heikentäviä vaikutuksia.

Kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuuslisäykset kasvavat erittäin vähän 1 % sekoittumisen keski- ja alivirtaamatilanteessa, eikä niillä ole veden laatua heikentäviä vaikutuksia. Myöskään kiintoainepitoisuuden erittäin vähäisellä kasvulla ei ole vedenlaatua heikentäviä vaikutuksia.

Vaikutukset veden pH-arvoon arvioitiin vertaamalla Mustalahden veden pH-arvoa ja purkuputkesta johtuvan veden pH-arvoa. Purkuputken veden pH-arvo on ollut vuosina 2015-2023 välillä 5,6-6,8. Alhaisin arvo (5,6) mitattiin vuonna 2019. Keskimäärin veden pH-arvo on ollut 6,1. Vuosina 2020-2023 pH-arvo on ollut keskimäärin 6,3 (vaihteluväli 6,0-6,8). Mustalahdessa veden pH-arvo on ollut keskimäärin 6,5 (vaihteluväli 6,3-6,6) vuoden 2023 tuloksiin pohjautuen. Mustalahden puskurikyky on todettu aiemmin vedenlaatukappaleessa olevan keskimäärin tyydyttävä. Purkuveden pH-arvo ei vaikuta Mustalahden veden laatuun heikentävästi. Nykytilassa Mustalahteen on jo tullut hieman hapanta vettä, eikä sen vaikutus näy vedenlaadussa.

Lasketut metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja (aiemmin esitetty Taulukko 2-13). Ainoastaan nikkelin pitoisuuslisäys (13,1 µg/l) 1 % sekoittumisen alivirtaamatilanteessa ylittää ympäristölaatonormin ja PNEC-arvon.

3.2 Vaikutukset kalastoon ja pohjaeläimiin

Vaikutukset eliöstöön arvioitiin vedenlaadun kautta. Mustalahden nikkelin liukoinen pitoisuus ja kokonaispitoisuus ylittivät pohjan lähellä huhti- ja syyskuussa ympäristölaatonormin ja haitattoman aineen pitoisuuden. Tällöin pohjanläheinen vesi saattoi aiheuttaa jonkinlaista haittaa pohjaeläimistöille tai pohjan lähellä eläville kalalajeille, heinäkuussa haittoja ei aiheutunut. Muita vedenlaatua heikentäviä muutoksia ei ole havaittavissa. Veden pH-arvo on pysynyt kalastolle sopivana. Kuormitus ei tule lisääntymään, vaan on jo mukana Mustalahden vedenlaadussa. Mustalahden nikkelipitoisuutta tulee seurata tarkemmin, jotta voidaan arvioida sen vaikutuksia eliöstöön. Ympäristölaatonormi kuvaa biosaatavaa nikkeliä koko vuoden keskiarvona. Biosaatavan nikkelin määrittämiseen tarvitaan nikkelin liukoisen pitoisuuden lisäksi DOC ja veden pH. Mustalahden biosaatavan nikkelin pitoisuus oli 0,36 µg/l (vaihteluväli 0,18-0,80 µg/l). Kyseinen pitoisuus ei aiheuta haittaa vesieläimille.

3.3 Vaikutukset ekologiseen luokitukseen

Rehja-Nuasjärvi on luokiteltu kokonaisfosforipitoisuutensa (14 µg/l) perusteella erinomaiseksi. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 15 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden lisäyksillä keski- ja alivirtaamatilanteessa ei ole vaikutusta luokitukseen. Kokonaistypen pitoisuuden (347 µg/l) perusteella Rehja-Nuasjärven tila on erinomainen. Kokonaistypen lisäys oli keskivirtaamatilanteessa 1 µg/l ja alivirtaamatilanteessa 5 µg/l koskien Mustalahtea. Vesimuodostuman tasolla pitoisuuden lisäykset jäävät marginaalisiksi (kokonaistypellä keskivirtaamatilanteessa 0,05 µg/l ja alivirtaamatilanteessa 0,21 µg/l).

Pitoisuusnousut on laskettu pahimman mahdollisen skenaarion mukaan, jossa kuorma tulee suoraan Rehja-Nuasjärveen, vaikka todellisuudessa osa kuormituksesta laimentuu Mustalahdessa ja toisaalta siirtyy Kajaaninjokea pitkin Oulujärveen.

Taulukko 3-5. Laskennalliset pitoisuuslisäykset, VHS-paikan pitoisuudet sekä havaintopaikan Rehjanselkä 135 pitoisuudet (metallien pitoisuudet ovat suodatettuja).

	Rehjanselkä 135, 1 m syvyys	Rehjanselkä 135, 40 m syvyys	VHS, kolmas kausi	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama	Pitoisuuslisäys, alivirtaama
Kokonaisfosfori, µg/l	14	26	14	0,000	0,001
Kokonaistyyppi, µg/l	386	424	347	0,05	0,21
NH ₄ -N, µg/l	11,2	32	16,19	0,00	0,00
COD _{Mn} , mg/l	13,3	12,8	-	0,000	0,001
Kiintoaine, karkea, mg/l	1,0	0,83	-	0,001	0,006
Kloridi, mg/l	1,0	1,1	-	0,000	0,001
Sulfaatti, mg/l	6,8	8,2	-	0,007	0,030
Alumiini, µg/l	94	88	-	0,065	0,282
Kalsium, mg/l	3,2	3,7	-	0,002	0,010
Antimoni, µg/l	0,1	0,1	-	0,000	0,000
Arseeni, µg/l	0,37	0,3	-	0,000	0,001
Kadmium, µg/l	0,02	0,015	-	0,000	0,000
Koboltti, µg/l	0,05	0,05	-	0,003	0,015
Kromi, µg/l	0,4	0,7	-	0,000	0,000
Kupari, µg/l	0,6	0,6	-	0,001	0,003
Lyijy, µg/l	8,7	0,05	-	0,000	0,000
Mangaani, µg/l	19,3	133	-	0,069	0,300
Molybdeeni, µg/l	-	-	-	0,000	0,000
Nikkeli, µg/l	1,1	1,2	-	0,030	0,131
Rauta, µg/l	386	459	-	0,077	0,335
Kalium, mg/l	-	-	-	0,001	0,003
Sinkki, µg/l	3,5	3,9	-	0,036	0,157
Seleen, µg/l	-	-	-	0,000	0,000
Natrium, mg/l	1,9	2,3	-	0,000	0,002
Magnesium, mg/l	1,1	1,1	-	0,002	0,008
Boori, µg/l	-	-	-	0,004	0,018
Vanadiini, µg/l	-	-	-	0,010	0,044

Rehja-Nuasjärven vesimuodostuman kasviplankton on luokiteltu ekologiselta tilaltaan hyväksi. Kokonaisfosforin lisäykset ovat sekä keskivirtaama- että alivirtaamatilanteessa erittäin vähäisiä, eikä niillä katsota olevan vaikutuksia perifytoniin.

Rehja-Nuasjärven syvänteiden pohjaeläimet kuvaavat hyvää tilaa. Rehja-Nuasjärven kiintoainepitoisuuden nousu keski- eikä alivirtaamatilanteessa on erittäin vähäistä, samoin ravinnepitoisuuksien nousu. Ammoniumtypen pitoisuuden kasvu on erittäin vähäistä, marginaalista, eikä sillä katsota olevan hapen kulutusta aiheuttavia vaikutuksia.

Rehja-Nuasjärven kalasto on arvioitu hyväksi. Koekalastuksien mukaan biomassat ja yksilömäärät ovat kuitenkin väheneviä (tyydyttävä) ja särkikalojen osuus on 27 % (erinomainen). Lisäksi järvestä esiintyy indikaattorilajeista siikaa. Vaikutukset Rehja-Nuasjärven kalastoon katsotaan erittäin vähäisiksi. Rehja-Nuasjärven happitilanne on pysynyt hyvänä, eikä hankkeen kuormitus huononna sitä.

Lasketut metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja (aiemmin esitetty Taulukko 2-13). Nikkelin pitoisuudet Rehja-Nuasjärvessä Rehjanselän havaintopaikalla ovat olleet pinnan lähellä 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 1,2 µg/l. Pitoisuudet eivät ylitä yllä mainittuja raja-arvoja.

4. Vaikutukset Karankalahteen

4.1 Vaikutukset vedenlaatuun

Kuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisäykset laskettiin Karankalahteen virtaamapainotteisesti. Virtaamat arvioitiin erikseen keski- ja alivirtaamalle (Taulukko 4-1/Taulukko 3-1). Tarkasteltava kuormitus muodostui Karankalahteen purkautuvan ojan kautta arvioidusta nykytilanteen mukaisesta kuormituksesta. Ojasta haettiin vesinäytteet kesällä ja syksyllä 2023. Kuormituksen vaikutusta arvioitiin käyttämällä keskimääräistä purkuveden vedenlaatua näiltä näytteenottoerkoilta. Saatuja pitoisuuslisäyksiä verrattiin Karankalahden vedenlaatu-tietoihin sekä VHS-havaintopaikan pitoisuuksiin. VHS-paikan pitoisuutta käytettiin tarkasteluissa, jotta voitiin arvioida vaikutukset ekologiseen tilaan ja luokituksen luokkarajoihin.

Kun käytettiin aiemmin esitettyä Karankalahden virtaamaa pitoisuuslisäysten laskemisessa todettiin, että saadut pitoisuuslisäykset vastasivat Karankalahden nykytilannetta. Karankalahden vesi virtaa eteenpäin kohti Rehjanselkää. Pitoisuuslisäykset laskettiin myös laajemmalle alueelle ottamalla Lauttolahden alue mukaan tarkasteluun. Pitoisuuslisäykset olivat kummallakin tarkastelutavalla alhaisia. Myös laskennalliset pitoisuuslisäykset koko Nuasjärvi-Rehjaan jäivät erittäin alhaisiksi.

Taulukko 4-1. Karankalahden laskennalliset pitoisuuslisäykset vuoden 2023 mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaama ja alivirtaamatilanteessa. Virtaama perustuu Karankalahden määritettyyn valuma-alueeseen.

Karankalahti			
		Keskivirtaama (0,432 m ³ /s)	Keskialivirtaama (0,075 m ³ /s)
Kokonaisfosfori	µg/l	3,75	21,6
Kokonaistyyppi	µg/l	14,2	81,6
NH₄-N	µg/l	1,65	9,52
COD_{Mn}	mg/l	0,92	5,28
Kiintoaine	mg/l	0,47	2,71
Kloridi	mg/l	0,01	0,06
Sulfaatti	mg/l	0,40	2,30
Kalsium	mg/l	0,07	0,43
Antimoni	µg/l	0,01	0,03
Arseeni	µg/l	0,00	0,02
Kadmium	µg/l	0,00	0,01
Koboltti	µg/l	0,02	0,10
Kromi	µg/l	0,02	0,12
Kupari	µg/l	0,04	0,24
Lyijy	µg/l	0,01	0,05
Mangaani	µg/l	6,26	36,0

Nikkeli	µg/l	0,92	5,30
Rauta	µg/l	3,90	22,4
Sinkki	µg/l	0,92	5,30
Magnesium	mg/l	44,9	258
Rikki	µg/l	40,1	231
Vanadiini	µg/l	0,28	1,63

Taulukko 4-2. Karankalahden-Lauttolahden laskennalliset pitoisuuslisäykset vuoden 2023 mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaama ja alivirtaamatilanteessa. Virtaama perustuu Karankalahden-Lauttolahden määritettyyn valuma-alueeseen.

Karankalahti-Lauttolahti			
		Keskivirtaama (1,7 m ³ /s)	Keskialivirtaama (0,295 m ³ /s)
Kokonaisfosfori	µg/l	0,95	5,50
Kokonaistyyppi	µg/l	3,60	20,8
NH ₄ -N	µg/l	0,42	2,42
COD _{Mn}	mg/l	0,23	1,34
Kiintoaine	mg/l	0,12	0,69
Kloridi	mg/l	0,00	0,02
Sulfaatti	mg/l	0,10	0,58
Kalsium	mg/l	0,02	0,11
Antimoni	µg/l	0,00	0,01
Arseeni	µg/l	0,00	0,01
Kadmium	µg/l	0,00	0,00
Koboltti	µg/l	0,00	0,03
Kromi	µg/l	0,01	0,03
Kupari	µg/l	0,01	0,06
Lyijy	µg/l	0,00	0,01
Mangaani	µg/l	1,59	9,16
Nikkeli	µg/l	0,23	1,35
Rauta	µg/l	0,99	5,71
Sinkki	µg/l	0,23	1,35
Magnesium	mg/l	11,4	65,7
Rikki	µg/l	10,2	58,8
Vanadiini	µg/l	0,07	0,41

Rehja-Nuasjärvi kuuluu Suuret humusjärvet (Sh) -tyyppiin. Suuret humusjärvet-tyypille on annettu luokkarajat kokonaisfosforille ja kokonaistypelle (Taulukko 3-3).

Taulukko 4-3. Rehja-Nuasjärven järvityypin ekologisen luokituksen luokkarajat (Aroviita ym. 2019).

		Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Suuret humusjärvet	Kokonaisfosfori, µg/l	-15	15-25	25-40	40-80	80-
	Kokonaistyyppi, µg/l	-460	460-600	600-900	900-1300	1300 -

Vesienhoidon (VHS) vesimuodostumakohtaista pitoisuutta verrattiin laskennallisiin pitoisuuslisäyksiin (Taulukko 4-2, Taulukko 4-4). Toiminnan aiheuttama kuormituksen vaikutus on jo mukana vedenlaadussa, koska toimintaa on ollut jo vuodesta 2015. Vuosittain tulee kuormitusta tuon laskennallisen pitoisuuslisäyksen verran, ja se laimenee isompaan vesimassaan ja siirtyy osittain eteenpäin kohti Rehjanselkää. Hertta-tietojärjestelmän mukaan Rehja-Nuasjärven vesimuodostuman kokonaisfosforipitoisuus oli 14 µg/l. Tämä tarkoittaa yllä olevan taulukon mukaisesti erinomaista tilaa. Kokonaistypen pitoisuus on 347 µg/l, joka kuvaa samoin erinomaista tilaa.

Taulukko 4-4. Karankalahden pitoisuuslisäykset keskivirtaamatilanteessa sekä veden laatu Karankalahden havaintopaikalla eri syvyyksissä sekä vesienhoidon seurantapaikalla (Rehja-Nuasjärven vesimuodostuma).

	Pinta 1 m	Puoliväli 8 m	Pohja 15 m	VHS, kolmas kausi	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama (Karankalahti)	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama (Karankalahti- Lauttolahti)
Kokonaisfosfori, µg/l	14,5	12,5	16,5	14	3,75	0,95
Kokonaistyyppi, µg/l	375	385	450	347	14,2	3,60
NH ₄ -N, µg/l	20	23,5	22	16,19	1,65	0,42
COD _{Mn} , mg/l	14,5	13	15	-	0,92	0,23
Kiintoaine, karkea, mg/l	0,95	0,85	1,9	-	0,47	0,12
Kloridi, mg/l	0,8	0,86	0,93	-	0,01	0,00
Sulfaatti, mg/l	7,4	8,0	8,3	-	0,40	0,10
Kalsium, mg/l	3,4	3,8	3,7	-	0,07	0,02
Antimoni, µg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	-	0,01	0,00
Arseeni, µg/l	0,4	0,4	0,4	-	0,00	0,00
Kadmium, µg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	0,00	0,00
Koboltti, µg/l	0,2	0,2	0,2	-	0,02	0,00
Kromi, µg/l	1	1	1	-	0,02	0,01
Kupari, µg/l	1,5	1,3	1,25	-	0,04	0,01
Lyijy, µg/l	0,4	0,4	0,4	-	0,01	0,00
Mangaani	33	34	66	-	6,26	1,59
Nikkeli, µg/l	1,5	1,5	3,5	-	0,92	0,23
Rauta, µg/l	400	400	560	-	3,90	0,99
Sinkki, µg/l	4,1	12,4	4,9	-	0,92	0,23
Magnesium, µg/l	1 400	1 500	1 400	-	44,9	11,4
Rikki, µg/l					44,9	10,2
Vanadiini, µg/l	0,4	0,4	0,4	-	0,28	0,07

Kokonaisfosforin pitoisuudenlisäys laskettuna pelkästään Karankalahteen oli keskivirtaamatilanteessa 3,8 µg/l ja Karanka-Lauttolahteen laskettuna 0,95 µg/l. Kyseisillä pitoisuuden lisäyksillä ei ole heikentävää vaikutusta vedenlaadulle. Kokonaistyyppipitoisuus kasvaa 14 µg/l keskivirtaamatilanteessa (Karankalahti) ja 3,6 µg/l keskivirtaamatilanteessa (Karankalahti-Lauttolahti). Karankalahti on kahden näytteenoton perusteella fosforirajoitteinen, joten tyyppipitoisuuden kasvulla ei ole rehevöitymistä aiheuttavia vaikutuksia.

Ammoniumtyyppipitoisuuden pitoisuuslisäys oli Karankalahdella keskivirtaamatilanteessa 1,7 µg/l ja Karanka-Lauttolahdella 0,4 µg/l. Tällä ei katsota olevan vedenlaatua heikentäviä vaikutuksia. Alivirtaamatilanteessa ei myöskään esiinny heikentäviä vaikutuksia. Karankalahdessa veden pH-arvo vaihteli vuoden 2023 näytteenottokerroilla syvyydestä

riippuen välillä 6,5–6,6. Myöskään Rehjanselän tai Nuasjärven veden pH-arvo ei ole ollut yli 8. Ammoniumtypen muuttuminen ammoniakiksi ei tällöin ole mahdollista. Tämän seurauksena voidaan todeta, että ammoniumtypen nousu ei aiheuta ammoniakin muodostumista, eikä näin ollen myöskään haittaa kalastolle.

Ammoniumtypen pitoisuuslisäys oli keskivirtaamatilanteessa Karankalahdessa 0,4–1,7 µg/l, millä ei katsota olevan heikentävää vaikutusta vedenlaatuun. Karankalahden happipitoisuus on ollut pääosin hyvällä tasolla. Alivirtaamatilanteessa ammoniumtypen lisäys on 2,4–9,5 µg/l, millä ei ole veden laatua heikentäviä vaikutuksia.

Kemiallisen hapenkulutuksen pitoisuuslisäykset kasvavat erittäin vähän keski- ja alivirtaamatilanteessa, eikä niillä ole veden laatua heikentäviä vaikutuksia. Myöskään kiintoainepitoisuuden erittäin vähäisellä kasvulla ei ole vedenlaatua heikentäviä vaikutuksia.

Vaikutukset veden pH-arvoon arvioitiin vertaamalla Karankalahden veden pH-arvoa ja purkuputkesta johtuvan veden pH-arvoa. Karankalahteen johtuvan (Oja länsipuoli) veden pH-arvo on ollut vuonna 2023 keskimäärin 5,8 (vaihteluväli 5,3–6,4). Karankalahdessa veden pH-arvo on ollut keskimäärin 6,6 (vaihteluväli 6,4–6,7) vuoden 2023 tuloksiin pohjautuen. Karankalahden puskurikyky on todettu aiemmin vedenlaatukappaleessa olevan keskimäärin tyydyttävä. Länsipuolen oja pitkin tulevan veden pH-arvo ei vaikuta Karankalahden veden laatuun heikentävästi. Nykytilassa Karankalahteen on jo tullut hieman hapanta vettä, eikä sen vaikutus näy vedenlaadussa.

Lasketut metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja (aiemmin esitetty Taulukko 2-13).

4.2 Vaikutukset kalastoon ja pohjaeläimiin

Vaikutukset eliöstöön arvioitiin vedenlaadun kautta. Karankalahden nikkelin kokonaispitoisuus oli 18.9.2023 pohjan lähellä tasan ympäristölaatunormi (5,5 µg/l). Tämä voisi mahdollisesti aiheuttaa jonkinlaista haittaa pohjaeläimistölle ja pohjan lähellä eläville kalalajeille. Tämän vuoksi päädyttiin määrittämään biosaatavan nikkelin osuus. Veden pH-arvo on pysynyt kalastolle sopivana. Muita vedenlaatua heikentäviä muutoksia ei ole havaittavissa. Kuormitus ei tule lisääntymään, vaan on jo mukana Karankalahden vedenlaadussa. Karankalahdesta määritettiin myös TOC ja sen avulla laskettiin biosaatavan nikkelin osuus. Biosaatavan nikkelin pitoisuus oli 0,24 µg/l (0,17–0,5 µg/l vaihteluväli) eli nikkeli ei aiheuta haittaa vesieliöille.

4.3 Vaikutukset ekologiseen luokitukseen

Rehja-Nuasjärvi on luokiteltu kokonaisfosforipitoisuutensa (14 µg/l) perusteella erinomaiseksi. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 15 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden lisäyksillä keski- ja alivirtaamatilanteessa ei ole vaikutusta luokitukseen. Kokonaistypen pitoisuuden (347 µg/l) perusteella Rehja-Nuasjärven tila on erinomainen. Kokonaistypen lisäys oli keskivirtaamatilanteessa 3,6–14,2 µg/l ja alivirtaamatilanteessa 21–82 µg/l koskien Karankalahtea/Karanka-Lauttolahtea. Vesimuodostuman tasolla pitoisuuden lisäykset jäävät marginaalisiksi (kokonaistypellä keskivirtaamatilanteessa 0,07 µg/l ja alivirtaamatilanteessa 0,3 µg/l).

Pitoisuusnousut on laskettu pahimman mahdollisen skenaarion mukaan, jossa kuorma tulee suoraan Rehja-Nuasjärveen, vaikka todellisuudessa osa kuormituksesta laimentuu Karankalahdessa.

Taulukko 4-5. Laskennalliset pitoisuuslisäykset, VHS-paikan pitoisuudet sekä havaintopaikan Rehjanselkä 135 pitoisuudet (metallien pitoisuudet ovat suodatettuja).

	Rehjanselkä 135, 1 m syvyys	Rehjanselkä 135, 40 m syvyys	VHS, kolmas kausi	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama	Pitoisuuslisäys, alivirtaama
Kokonaisfosfori, µg/l	14	26	14	0,018	0,077
Kokonaistyyppi, µg/l	386	424	347	0,067	0,291
NH ₄ -N, µg/l	11,2	32	16,19	0,008	0,034
COD _{Mn} , mg/l	13,3	12,8	-	0,004	0,019
Kiintoaine, karkea, mg/l	1,0	0,83	-	0,002	0,010
Kloridi, mg/l	1,0	1,1	-	0,000	0,000
Sulfaatti, mg/l	6,8	8,2	-	0,002	0,008
Kalsium, mg/l	3,2	3,7	-	0,000	0,000
Antimoni, µg/l	0,1	0,1	-	0,000	0,000
Arseeni, µg/l	0,37	0,3	-	0,000	0,000
Kadmium, µg/l	0,02	0,015	-	0,000	0,000
Koboltti, µg/l	0,05	0,05	-	0,000	0,000
Kromi, µg/l	0,4	0,7	-	0,000	0,001
Kupari, µg/l	0,6	0,6	-	0,000	0,000
Lyijy, µg/l	8,7	0,05	-	0,030	0,129
Mangaani, µg/l	19,3	133	-	0,004	0,019
Nikkeli, µg/l	1,1	1,2	-	0,004	0,019
Rauta, µg/l	386	459	-	0,213	0,923
Sinkki, µg/l	3,5	3,9	-	0,191	0,826
Magnesium, mg/l	1,1	1,1	-	0,000	0,000
Rikki, µg/l	-	-	-	0,000	0,000
Vanadiini, µg/l	-	-	-	0,000	0,000

Rehja-Nuasjärven vesimuodostuman kasviplankton on luokiteltu ekologiselta tilaltaan hyväksi. Kokonaisfosforin lisäykset ovat sekä keskivirtaama- että alivirtaamatilanteessa erittäin vähäisiä, eikä niillä katsota olevan vaikutuksia perifytoniin.

Rehja-Nuasjärven syvänteen pohjaeläimet kuvaavat hyvää tilaa. Rehja-Nuasjärven kiintoainepitoisuuden nousu keski- eikä alivirtaamatilanteessa on erittäin vähäistä, samoin ravinnepitoisuuksien nousu. Ammoniumtypen pitoisuuden kasvu on erittäin vähäistä, marginaalista, eikä sillä ei katsota olevan hapen kulutusta aiheuttavia vaikutuksia.

Rehja-Nuasjärven kalasto on arvioitu hyväksi. Koekalastuksien mukaan biomassat ja yksilömäärät ovat kuitenkin väheneviä (tyyydyttävä) ja särkikalojen osuus on 27 % (erinomainen). Lisäksi järvessä esiintyy indikaattorilajeista siikaa. Vaikutukset Rehja-Nuasjärven kalastoon katsotaan erittäin hyvin vähäisiksi. Rehja-Nuasjärven happitilanne on pysynyt hyvänä, eikä maa-aineksen oton kuormitus huononna sitä.

Lasketut metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja (aiemmin esitetty Taulukko 2-13). Nikkelin pitoisuudet Rehja-Nuasjärvessä Rehjanselän havaintopaikalla ovat olleet pinnan lähellä 1,1 µg/l ja pohjan lähellä 1,2 µg/l. Pitoisuudet eivät ylitä yllä mainittuja raja-arvoja.

5. Yhteenveto

Tutkimuksissa todettiin ympäristöriskiä lisäävänä haitta-aineena erityisesti nikkeliä, jota esiintyy alueen kiviaineksessa, vesinäytteissä ja altaiden sedimentissä. Laskeutusaltaissa havaitun sinisen värin arvioidaan olevan peräisin korkeasta nikkelpitoisuudesta. Tehtyjen tutkimusten perusteella on todettu, että nikkeliä saattaa liueta läjitetystä kiviaineksesta alueen ympäristöön. Tulokset koskevat ensisijaisesti tutkittuja näytteitä, eivätkä välttämättä vastaa muita alueen kiviaineksista otettuja näytteitä kallioperän pitoisuuksien mahdollisen vaihtelun vuoksi.

Toiminta Mustalahden louhosalueella on aloitettu vuonna 1986. Nykyinen kuormitus ei heikennä Mustalahden eikä Karankalahden vedenlaatua, eikä aiheuta myöskään haittaa niiden kalastolle tai pohjaeläimistöille. Ravinnekuormitus on erittäin vähäistä. Haittaa aiheuttavien metallien pitoisuudet jäävät erittäin alhaisiksi ja veden pH-arvo on pysynyt molemmissa yli kuuden. Myöskään sedimenttiin ei ole kertynyt haitallisia aineita, eikä niitä tällöin liukene veteen. Molemmat lahdet kuuluvat isompaan Rehja-Nuasjärven -vesimuodostumaan. Vesimuodostuman tasolla pitoisuuden lisäykset jäävät marginaalisiksi, eivätkä heikennä sen ekologista tilaa minkään osatekijän osalta.

Happoa tuottavien kivien vaikutus jää vähäiseksi koskien vedenlaatua. Nykytilassa näitä kiviä on jo louhittu, eikä vaikutuksia ole havaittu. Biosaatavan nikkelin pitoisuus on sekä Mustalahdessa että Karankalahdessa erittäin alhainen, eikä aiheuta haittaa vesieliöstölle.

Ramboll Finland Oy
Kuopiossa 16.5.2024

Lähteet

Hertta-tietojärjestelmä. 2023. Haku koskien vesistöjen prioriteettiaineita 16.6.2023.

Lahermo P., Väänänen P., Tarvainen T. ja Salminen R. 1996. Suomen geokemian atlas, Osa 3:105. Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. 149 s. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

Lindholm M. 2005. Veden ja järvisedimenttien laatu Vihtamonjoen valuma-alueella Sotkamossa. Pro Gradu-tutkielma. Maantieteen laitos. Helsingin yliopisto. Huhtikuu 2005. 110 s.

Oravainen R. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 26 s.

Pietiläinen O.-P. ja Räike A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristö 313. 37 s.

Särkkä J. 1996. Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet. 157 s. Gaudeamus, Tampere.

Liite 1

Tutkimusohjelmat 4.4.2023 ja 14.6.2023

Mustalahti, ympäristölupahakemusta täydentävät selvitykset

Maastotutkimukset, Mustalahti

Projekti	Mustalahti purkuvesien vaikutusarviointi
Vastaanottaja	Mikko Sipola, Kristiina Hänninen, Peab Industri Oy
Päivämäärä	4.4.2023
Laatija	Elina Lampinen, Jukka-Pekka Tervo, Ramboll Finland Oy
Liitteet	Liite 1: Yhteenveto tarkkailun tuloksista 2015-2022 Liite 2: Kiviaineksien alustavat näytteenottoalueet
Viite	1510076759

TYÖOHJELMA

1. Yleistä

Peab Industri Oy on hakenut ympäristölupaa kalliokiviaineksen louhimiseksi ja murskaamiseksi, pilaantumattomien maiden vastaanottoon ja läjitykseen sekä jäteasfaltin vastaanottoon, käsittelyyn ja varastointiin ja mullan valmistukseen Kajaanin Mustalahden louhosalueella sekä lupaa aloittaa toiminta ennen päätöksen lainvoimaisuutta. Alueella on ollut aikaisemmin jo vastaavaa toimintaa, jonka ympäristölupa on päättynyt.

Kainuun ELY-keskus on antanut ympäristölupahakemuksesta lausunnon (KAIELY/875/2022), jossa edellytetään täydennyksiä lupahakemukseen. Lausunnossa veloitetaan luvan hakijaa tutkimaan Mustalahden purkuputkeAn läheisyydestä vedenlaatu ja järven sedimentit. Lisäksi on selvitettävä miksi louhosalueen purkuvesien metallipitoisuudet ovat nykyisin korkeat. Saatujen tulosten pohjalta arvioidaan toiminnan vaikutukset Mustalahden veden laatuun.

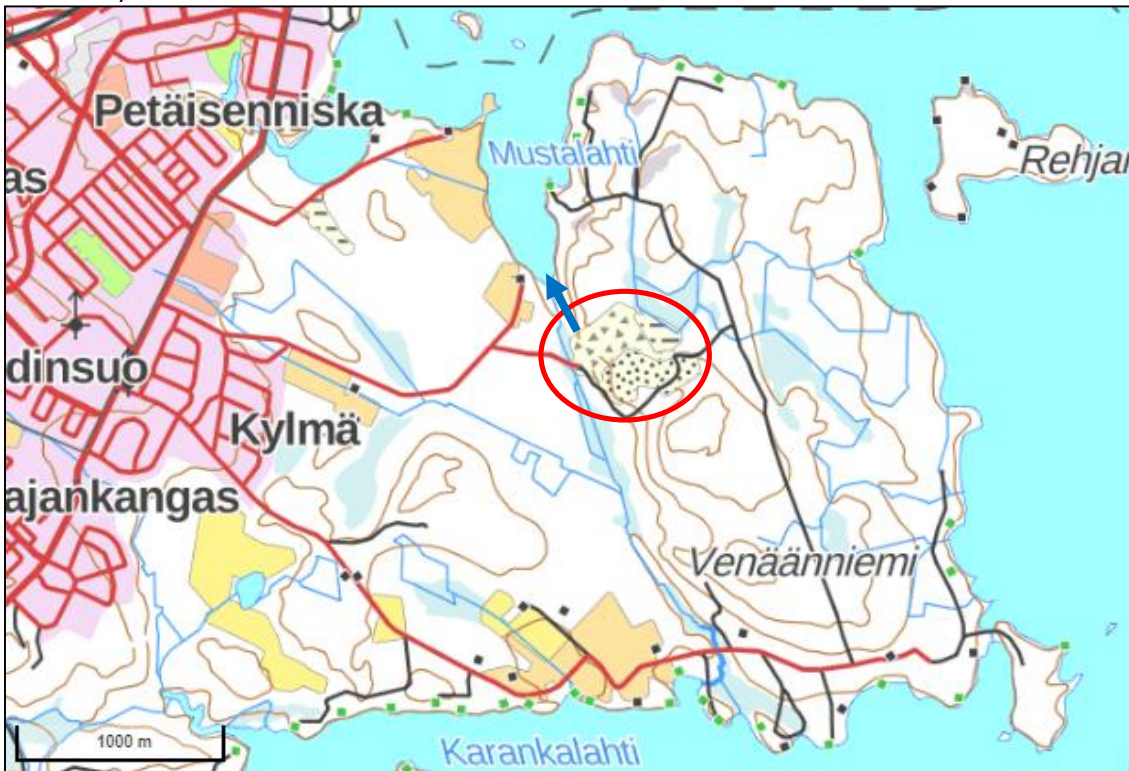
Tässä dokumentissa on esitetty työohjelma Mustalahden sedimentin ja järven vedenlaadun sekä Mustalahden louhosalueen kiviaineksen laadun selvittämiseksi. Alueella olevan kiviaineksen laadun perusteella selvitetään, mistä purkuveden pitoisuudet ovat peräisin ja miten niitä on mahdollista vähentää. Tarvittaessa tutkimuksia täydennetään myöhemmin tehtävinä lisätutkimuksina. Tutkimusohjelma hyväksytetään Kainuun ELY-keskuksella ennen tutkimuksen maastotöiden toteuttamista.

1.1 Lähtökohdat

Mustalahden louhosalue sijaitsee Kajaanin Mustalahdessa Siikapurontieltä erkanevan tien päässä, noin 5 kilometrin etäisyydellä Kajaanin keskustasta. Louhosalueen purkuvedet johtuvat laskeutusaltaista purkuputken kautta pintavesiojaan ja siitä edelleen Rehjan Mustalahteen. Alueen sijainti on esitetty kuvassa (Kuva 1).

Purkuveden laatua (perusanalyysit, lisäksi sulfaatti, mangaanin ja raudan kokonaispitoisuudet, öljyhiilivedyt) on seurattu vuosittain. Laskeutusaltaissa ilmenneen poikkeavan sinertävän värin vuoksi altaiden veden laatua on tutkittu syksyllä 2022 ja keväällä 2023. Lisäksi maankaatopaikalta purkautuvien vesien laatua on tarkkailtu vuosittain.

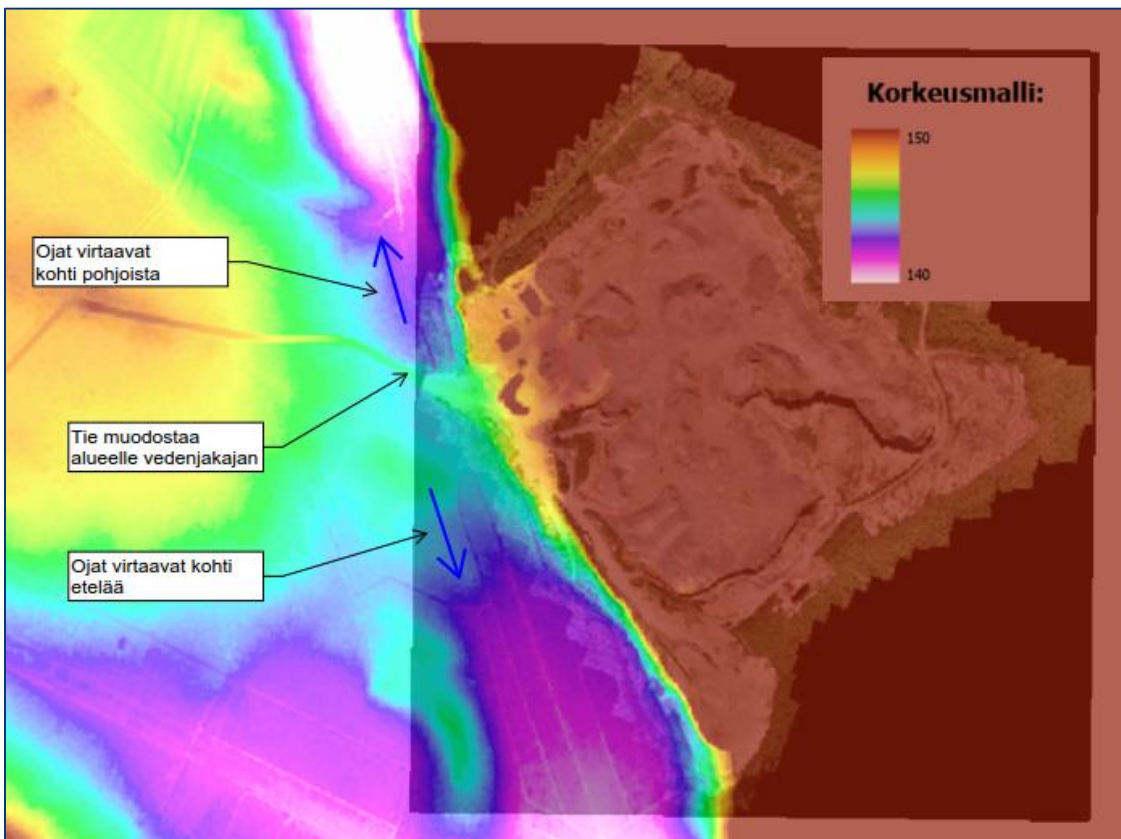
Yhteenveto tarkkailun tuloksista vuosilta 2015-2022 sekä laskeutusaltaista otettujen näytteiden tulokset on esitetty liitteessä 1.



Kuva 1 Mustalahden louhosalueen sijainti esitetty punaisella ympyrällä. Louhosalueen purkuvesien suunta esitetty sinisellä nuolella.

Kuvassa 2 on esitetty Mustalahden louhosalueen valuma-alue Maanmittauslaitoksen aineistoon perustavana korkeusmallitarkasteluna. Tarkastelun perusteella louhokselle lännestä tuleva tielinja toimii veden jakajana, jolloin louhoksen alueelta vedet ohjautuvat pohjoisen ja etelän suuntaan.

Louhos- ja maankaatopaikan alueen laskeutusaltaissa ilmenevää poikkeavaa sinertävää väriä ja tarkkailuissa säännöllisesti havaittua kohonneita sulfaattipitoisuuksia on ilmennyt vain pohjoisen puoleisissa Mustalahden purkavissa altaissa, joten tutkimuksen tässä vaiheessa purkuvesien vaikutuksia arvioidaan ainoastaan pohjoisen suuntaan.



Kuva 2. Kuvassa esitetty alueen valuma-alue Maanmittauslaitoksen korkeusmallitarkasteluna.

2. Näytteenottosuunnitelma

2.1 Vesinäytteet

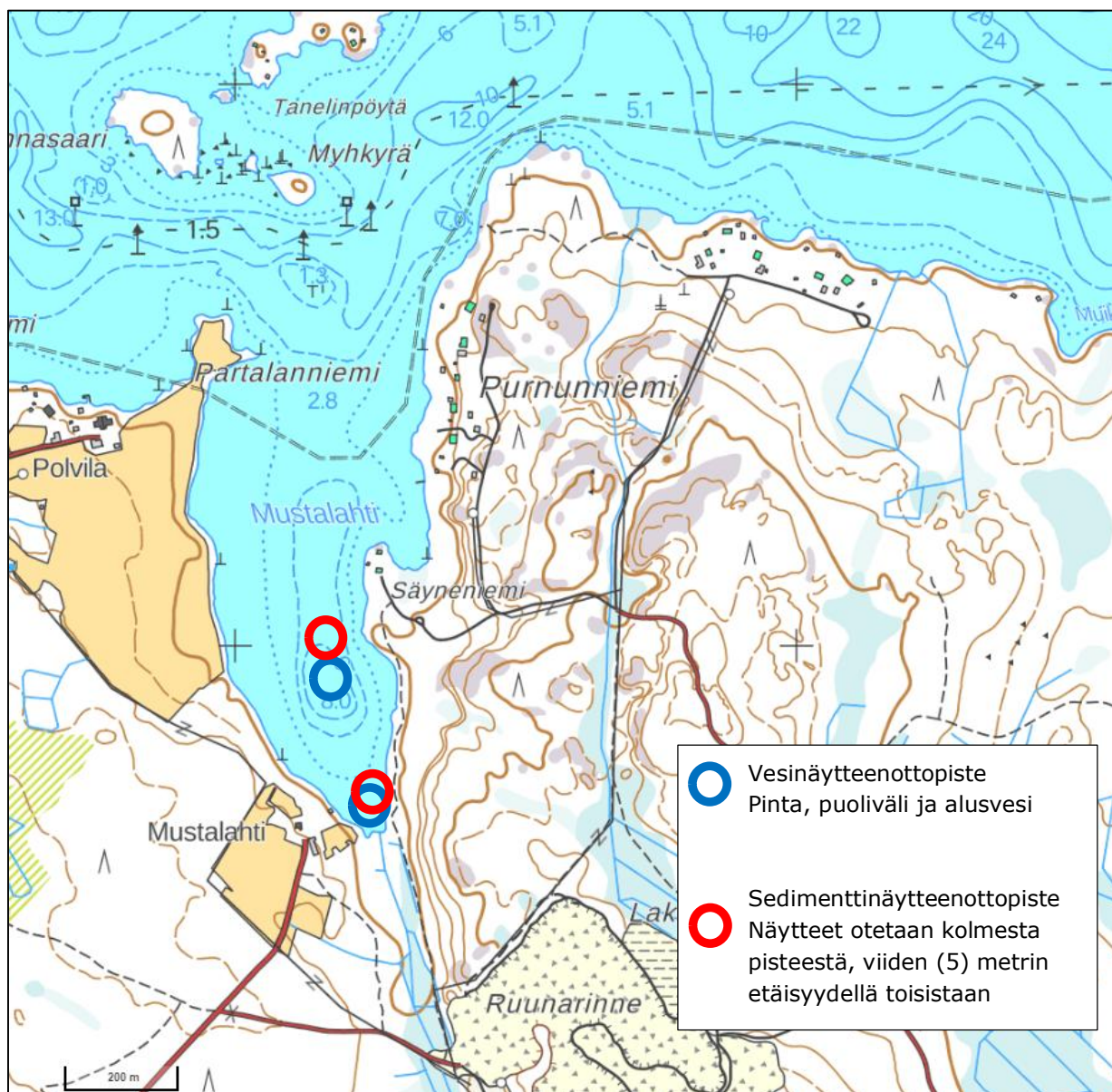
Vesinäytteiden tutkimuspisteiden 2 kpl sijainnit on esitetty kuvassa (Kuva 2). Vesinäytteet otetaan Mustalahden purkavan ojan suusta, Mustalahden syvänteestä (syvyys 8 m). Vesinäytteet otetaan Limnos-näytteenottimella kolmesta syvyydestä: pinta (1 metrin syvyydeltä), puoliväli (vesipatsaan puoliväli) ja pohja (1 metri pohjan yläpuolelta). Mikäli vesisyvyys purkavan ojan suulla on alle 3 metriä, otetaan ainoastaan pintavesinäyte. Vesinäytteenoton yhteydessä näytteistä kirjataan ylös lämpötila sekä aistinvaraiset havainnot (väri, sameus, haju).

2.2 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteiden alustavat tutkimuspisteiden 2 kpl sijainnit on esitetty kuvassa (Kuva 2). Näytteet otetaan jään päältä käsikäyttöisellä sedimenttinäytteenottimella (Ejkelkamp Multisampler). Edustavien näytteiden ottamiseksi kartalle merkityn tutkimuspisteen alueelle tehdään 2-3 osanäytteenottopistettä jään läpi kairaamalla. Näytteenottopisteet sijoitetaan noin 5 metrin etäisyydelle toisistaan esim. kolmion muotoon. Sedimenttinäytteet otetaan jokaisesta pisteestä sedimentin pintakerroksesta (0-10 cm ja 10-20 cm). Otetut osanäytteet valokuvataan ja niistä kootaan kokoomanäyte, joka edustaa kyseistä tutkimuspistettä.

2.3 Kivinäytteet

Mustalahden louhosalueen kivenlaadun tarkentamiseksi alueelta louhitusta kiviaineksista otetaan alueittain ja laaduittain (kiviaines, kivituhka, multa ja turve) noin 5-6 kpl kokoomanäytteitä. Jokainen kokoomanäyte muodostuu noin 5-10 osanäytteestä. Näytteet kerätään kattavasti alueen eri puolilla olevista kiviaineskasoista konetyönä. Kaikki otetut näytteet ja näytteenottoalueet valokuvataan. Alustavat tutkimusalueet on esitetty liitteessä 2. Tarkemmat näytteenottosijainnit ja määrät tarkentuvat näytteenotossa tehtyjen havaintojen perusteella. Näytteenottoa ohjaa SYKE:n sertifioima ympäristönäytteenottaja.



Kuva 3. Alustavat sedimentti- ja vesinäytteenottopisteet.

2.4 Laboratorioanalyysit

Vesinäytteet

Vesinäytteistä analysoidaan seuraavat analyysit:

- Väriluku, pH, happi, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, kiintoaine, COD_{Mn}, Kloridi, sulfaatti, kovuus, typen ja fosforin kokonaispitoisuus, ammoniumtyppi, nitraatti, Rikki
- Kokonaismetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Hg, Ca, Mg, Mn, Fe)
- Liukoiset metallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Hg, Ca, Mg, Mn, Fe)

Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteistä analysoidaan seuraavat analyysit:

- Kokonaisraskasmetallit (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As, Fe, Al, Mn, Hg).
- Normalisointia varten tehdään seuraavat määritykset:
 - kuiva-aines
 - orgaanisen aineksen määrä (hehkutushäviö)
 - kuiva-aineesta raekokojakauma (< 2 mm näytteestä paino-% savea).

Kivinäytteet (analyysit tehdään murskatusta näytteestä)

Kivinäytteistä (5-6 kpl) analysoidaan seuraavat analyysit:

- Pima-metallit VNa 214/2007 (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V ja Zn sekä Hg, Ca, Mg)
- Kokonaisrikkipitoisuus

Mikäli kiviainesnäytteissä todetaan merkittäviä rikki- ja metallipitoisuuksia, tehdään näytteille tarkentavia hapontuottomäärityksiä (NAGpH ja hapontuotto).

3. Raportointi

Tutkimusten tulosten perusteella arvioidaan lisätutkimusten tarve heti tulosten valmistuttua. Tutkimusten toteutus ja tulokset raportoidaan Mustalahden purkuvesien vaikutusarviointiraportin yhteydessä. Toiminnan aiheuttaman kuormituksen vaikutukset Mustalahden vedenlaatuun arvioidaan pitoisuuslisäyslaskelmien avulla. Saatuja tuloksia verrataan jo olemassa olevaan tietoon vesistön taustapitoisuuksista, joita on saatavilla Karpalosta mm. tarkkailupisteistä Rehjanselkä 135, Nuasjärvi 45 ja Kajaaninjoki 40.

Vaikutusarviointiraportissa raportoidaan myös tutkimuksissa todetut päästölähteet ja mahdolliset keinot päästöjen vähentämiseksi.

4. Aikataulu

Kohdan 2 mukaiset maastotyöt toteutetaan, kun ELY-keskus on hyväksynyt tämän tutkimussuunnitelman. Tutkimukset on suunniteltu toteutettavaksi huhtikuussa viikon 13 aikana. Tutkimustulokset raportoidaan niiden valmistuttua.

Vaikutusarviointiraportti valmistuu kesällä 2023.

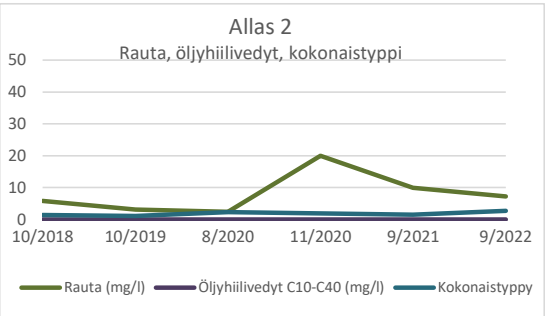
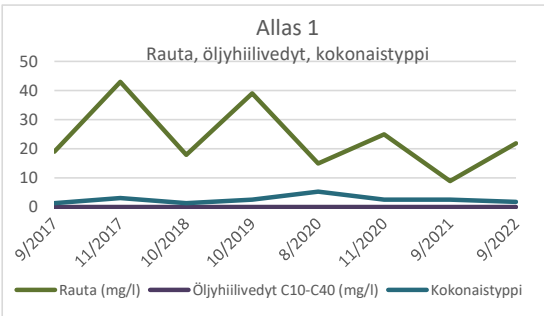
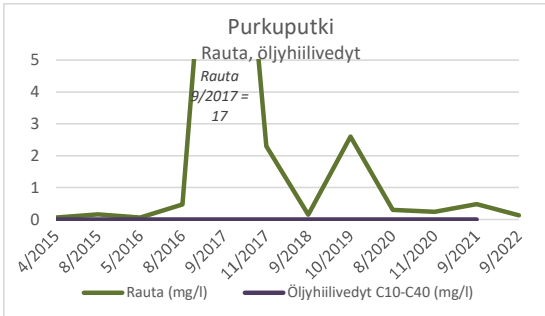
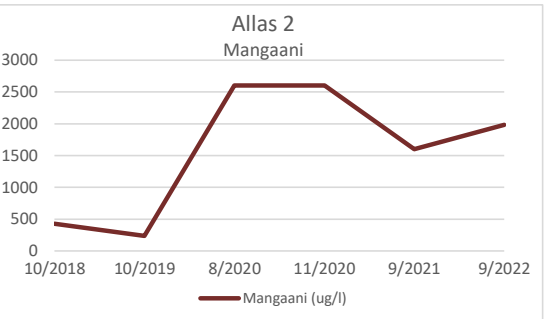
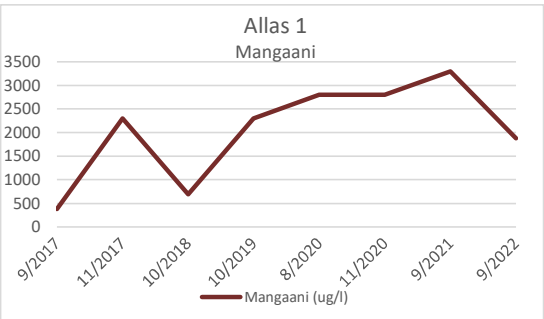
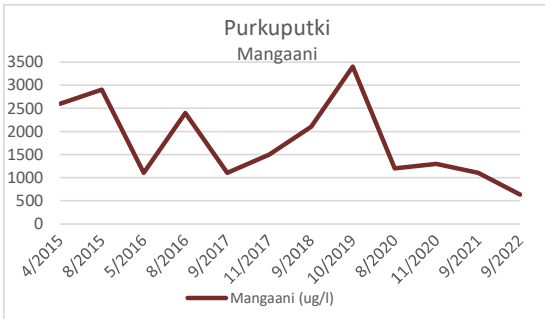
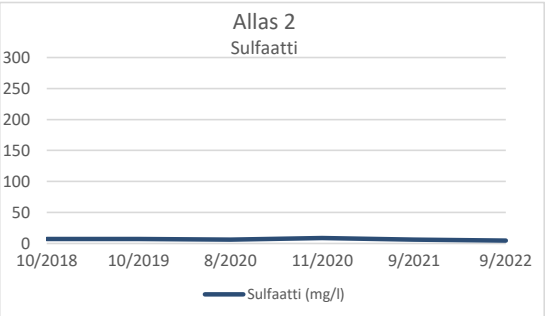
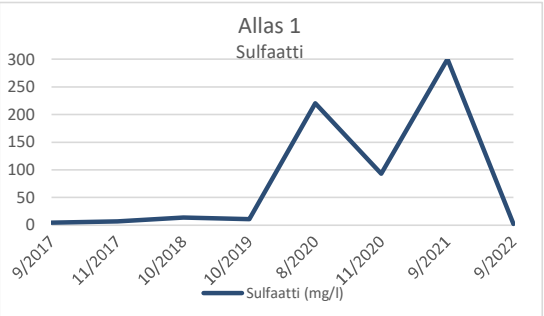
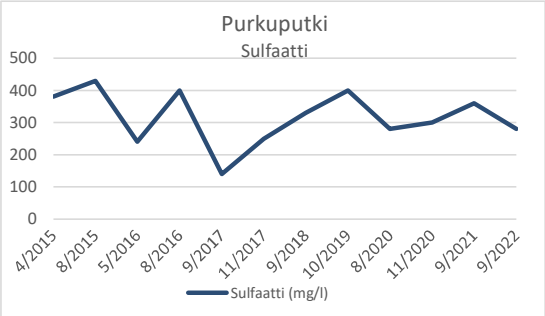
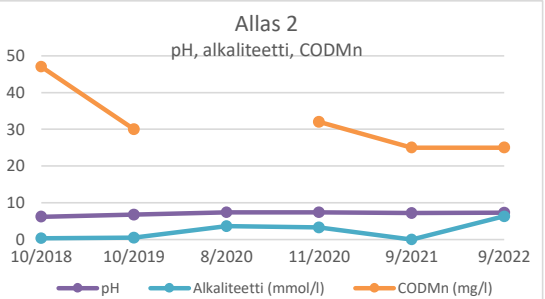
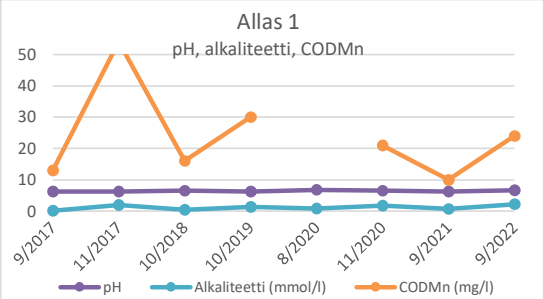
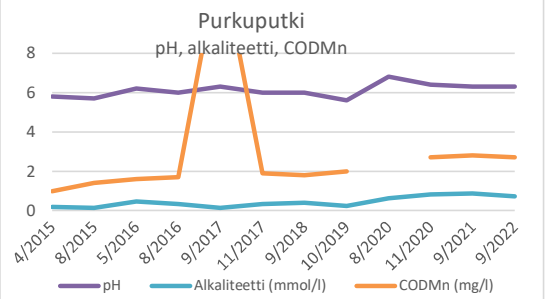
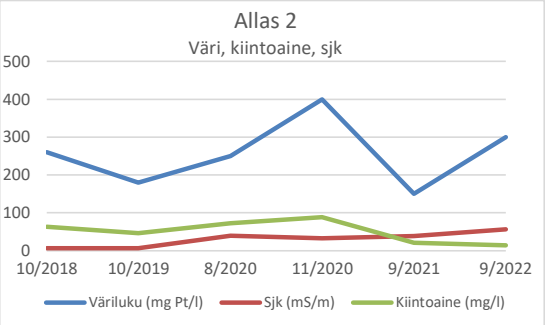
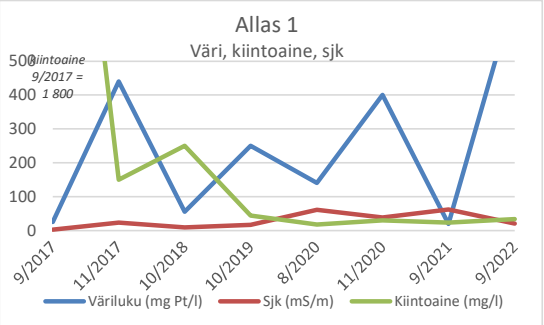
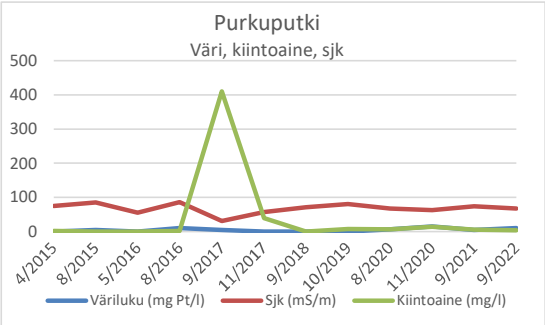
Kuopiossa 4.4.2023

Ramboll Finland Oy

Liitteet

1. Yhteenvetotaulukko tarkkailun tuloksista 2015-2022
2. Kiviaineksien alustavat näytteenottoalueet

Vedenlaadun perusanalyysit													Metallit, kok.pitoisuudet		Öljyhiilivedyt			
Piste	Ajankohta	Väriluku	pH	Sähkönjohtavuus	Alkaliteetti	Kiintoaine	COD _{Mn}	Kloridi (Cl)	Sulfaatti (SO ₄)	Kovuus	Typpi (N) Tyypen kokonaispitoisuus	Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)	Ionit Nitraatti (NO ₃ -)	Mn	Fe	C ₁₀ -C ₂₁ Keskit.	C ₂₁ -C ₄₀ Raskaat	C ₁₀ -C ₄₀ sum.
(1) talousveden laatuvaatimus		aisti	6,5...9,5	250			5	250	250			(0,40)	50	50	0,2			
(1) talousvedenlaatuvaatimus													50	50	0,2			
(1.2) pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimukset		5	6,5...9,5	250			5	100	250			(0,40)	50	50	0,2			
(1.2) pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimukset								25	150			0,2	50					0,05
(2) Pohjavettä pilaavat aineet ja niiden EQS		enimmäispit.	6-11						400									100
(7) HSY:n puhdistamoille johdettava vesi		mg Pt/l	-	mS/m	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Purkupuutki																		
	30.4.2015	<5	5,8	75	0,17	2,1	0,98	3	380	3,68			6,1	2600	0,057			
	15.8.2015	5	5,7	85	0,14	<2	1,4	4,2	430	3,77				2900	0,16	<0,05	<0,05	<0,05
	6.5.2016	<5	6,2	55	0,46	<2	1,6	3,4	240	2,3				1100	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
	31.8.2016	10	6	86	0,32	2,1	1,7	5,1	400	3,73				2400	0,47	<0,05	<0,05	<0,05
	13.9.2017	5	6,3	31	0,13	410	13	1,7	140	1,6				1100	17	<0,05	<0,05	<0,05
	7.11.2017	<5	6	57	0,32	39	1,9	2,7	250	2,5				1500	2,3	<0,05	<0,05	<0,05
	11.9.2018	<5	6	71	0,4	<2	1,8	3,4	330	3,1				2100	0,15	<0,05	<0,05	<0,05
	7.10.2019	<5	5,6	80	0,23	7,7	2	3,8	400	3,6				3400	2,6	<0,05	<0,05	<0,05
	26.8.2020	6,4	6,8	67	0,61	5,8		5,3	280		1,2			1200	0,3	<0,02	<0,02	<0,02
	12.11.2020	15	6,4	62,4	0,82	14	2,7	4,3	300	2,83				1300	0,24	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2021	5	6,3	73,5	0,87	5,2	2,8	4,3	360	3,42	0,78	0,025		1100	0,48	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2022	10	6,3	67,3	0,71	3,2	2,7	2,7	280	3,15				634	0,123	<0,025	<0,025	<0,05
Maankaatopaikka, Allas 1																		
	13.9.2017	25	6,3	2,6	0,13	1800	13	0,2	4,4		1,4	<0,022		380	19	<0,05	<0,05	<0,05
	7.11.2017	440	6,3	23	2	150	54	1,5	7		3,1	0,35		2300	43	<0,05	<0,05	<0,05
	25.10.2018	55	6,5	8,8	0,49	250	16	0,65	14		1,4	0,3		690	18	<0,05	<0,05	<0,05
	31.10.2019	250	6,3	17	1,4	44	30	1,8	11		2,6	1,7		2300	39	<0,05	<0,05	<0,05
	26.8.2020	140	6,8	61	0,86	18		5	220		5,3			2800	15	<0,02	<0,02	<0,02
	12.11.2020	400	6,5	38,7	1,8	30	21	2,5	93	1,58	2,6	1,3		2800	25	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2021	20	6,3	61,9	0,69	23	10	2,7	300	2,79	2,6	0,91		3300	8,9	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2022	700	6,7	20,4	2,2	34	24	1,5	2,3	0,9	1,8	1,3		1880	21,81	<0,025	<0,025	<0,05
Maankaatopaikka, Allas 2																		
	25.10.2018	260	6,2	6,8	0,35	63	47	1,1	7,2		1,4	0,059		430	5,8	<0,05	<0,05	<0,05
	31.10.2019	180	6,7	7,1	0,44	46	30	1	7,3		1,1	0,1		240	3,1	<0,05	<0,05	<0,05
	26.8.2020	250	7,4	39	3,6	72		5,2	6,5		2,3			2600	2,4	<0,02	<0,02	<0,02
	12.11.2020	400	7,4	33	3,3	89	32	4	9	1,45	1,9	1		2600	20	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2021	150	7,2	38,5	<0,02	21	25	3,4	6,3	2	1,5	0,62		1600	9,9	<0,025	<0,025	<0,05
	29.9.2022	300	7,3	56,6	6,3	14	25	4,1	4,8	2,97	2,7	1,8		1980	7,199	<0,025	<0,025	<0,05



Viitearvot:
(1) STMa 1352/2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista
(2) VNä 1040/2006. Valtioneuvoston asetus vesienhoidon järjestämisestä (myöhempi muutokseen)

		Vedenlaadun perusanalyysit	Liukoiset metallit																
Piste	Ajankohta	pH	Al	Ca	Sb	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	K	Zn	Se	Na	Mg	B
(1) Ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin (1) Suurimmat sallitut pitoisuusrajat (1) Sisämaan pintavedet AA-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Sisämaan pintavedet MAC-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Talousveden ottoon tarkoitetut pintavedet AA-EQS (1) Yksilöity vaaralliseksi aineeksi	AA-EQS MAC-EQS						<0,08-0,25 0,2 ≤0,45-1,5 ≤0,45-1,5			1,2 1,3 14 14			4 8,6 34 34						
			µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l
Tuleva vesi	1.11.2022	5,8	850	56	<0,1	3,9	1,3	<0,2	10	1,9	950	<1,0	1000	15	1300	0,6	8,5	45	<100
Laskeutusallas (viimeinen)	1.11.2022	6	440	55	<0,1	3,4	1,2	<0,2	8,9	1,1	850	<1,0	970	15	1200	0,6	8,3	44	<100
	15.3.2023	6,3	330	41	<0,2	3,1	1	<0,2	6,7	0,53	940	<4	910	14	1200	0,6	8,3	42	<100
Purkuputki	30.4.2015	5,8																	
	15.8.2015	5,7																	
	6.5.2016	6,2																	
	31.8.2016	6																	
	13.9.2017	6,3																	
	7.11.2017	6																	
	11.9.2018	6																	
	7.10.2019	5,6																	
	26.8.2020	6,8																	
	12.11.2020	6,4																	
	29.9.2021	6,3																	
	29.9.2022	6,3																	
	1.11.2022	6	440	54	<0,1	3,4	1,2	<0,2	9,1	1	860	<1,0	980	15	1200	0,6	8,4	44	<100
XX = Pitoisuus ylittää VNä 1022/2006 AA-EQS mukaisen ympäristölaatu normin (vuosikeskiarvo)		16	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
XX = Pitoisuus ylittää VNä 1022/2006 MAC-EQS mukaisen ympäristölaatu normin (sallittu enimmäispitoisuudet)		6,1	520	52	0,13	3,5	1,2	0,20	8,7	1,1	900	1,8	970	15	1200	0,60	8,4	44	100
Σ = Vertailuarvo esitetty summapitoisuudelle muiden yhdisteiden kanssa		6,0	440	55	0,10	3,4	1,2	0,20	9,0	1,1	900	1,0	980	15	1200	0,60	8,4	44	100
EQS = ympäristölaatu normi, AA = vuosikeskiarvo, MAC = sallittu enimmäispitoisuus		5,6	330	41	0,10	3,1	1,0	0,20	6,7	0,53	850	1,0	910	14	1200	0,60	8,3	42	100
Summapitoisuudet laskettu ns. lower bound -laskentatavalla, eli määritysrajan alittavat pitoisuudet lasketaan arvolla 0		6,8	850	56	0,20	3,9	1,3	0,20	10	1,9	950	4,0	1000	15	1300	0,60	8,5	45	100
		0,29	200	6,1	0,043	0,29	0,11	-	1,2	0,49	45	1,3	34	0,43	43	-	0,083	1,1	-

Viitearvot:
(1) VNä 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (myöhempi muutoksineen)

		Metallit, kokonaispitoisuudet																				Lisätietoja	Analyytitodistuksen
Piste	Ajankohta	Al	Ca	Sb	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	Fe	K	Zn	Se	Na	Mg	B	Silikaatti			
																							tunnus
(1) Ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin (1) Suurimmat sallitut pitoisuusrajat (1) Sisämaan pintavedet AA-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Sisämaan pintavedet MAC-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Talousveden ottoon tarkoitetut pintavedet AA-EQS (1) Yksilöity vaaralliseksi aineeksi	AA-EQS MAC-EQS					10 <0,08-0,25 0,2 <0,45-1,5 x			1,2 1,3 14			4 8,6 34											
		µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l			
Tuleva vesi	1.11.2022	3000	58	<1,0	4,6	1,3	<1,0	12	2,4	970	<1,0	1100	0,44	16	1400	<1,0	8,8	47	<200	22712		KE22-06934 R0	
Laskeutusallas (viimeinen)	1.11.2022	1900	59	<1,0	4,1	1,2	<1,0	11	1,5	900	<1,0	1000	0,29	16	1300	<1,0	9	47	<200	15319		KE22-06934 R0	
	15.3.2023	1400	55	<1	3,8	1	1,9	9,2	1,3	950	<4	900	590	14	1200	<1	8,2	43	<200	19800		KE23-01117 R0	
Purkuputki	30.4.2015									2600			0,057										
	15.8.2015									2900			0,16										
	6.5.2016									1100			0,06										
	31.8.2016									2400			0,47										
	13.9.2017									1100			17										
	7.11.2017									1500			2,3										
	11.9.2018									2100			0,15										
	7.10.2019									3400			2,6										
	26.8.2020									1200			0,3										
	12.11.2020									1300			0,24										
	29.9.2021									1100			0,48										
	29.9.2022									634			0,123										
	1.11.2022	1600	56	<1,0	3,8	1,2	<1,0	11	1,5	880	<1,0	1000	0,27	15	1200	<1,0	8,6	45	<200	19135		KE22-06934 R0	
XX = Pitoisuus ylittää VNä 1022/2006 AA-EQS mukaisen ympäristönlautunormin (vuosikeskiarvon) XX = Pitoisuus ylittää VNä 1022/2006 MAC-EQS mukaisen ympäristönlautunormin (sallittu enimmäispitoisuudet) Σ = Vertailuarvo esitetty summapitoisuudelle muiden yhdisteiden kanssa EQS = ympäristönlautunormi, AA = vuosikeskiarvo, MAC = sallittu enimmäispitoisuus Summapitoisuudet laskettu ns. lower bound -laskentatavalla, eli määritysrajan alittavat pitoisuudet lasketaan arvolla 0		4	4	4	4	4	4	4	4	16	4	4	16	4	4	4	4	4	4				
		2000	57	1,0	4,1	1,2	1,2	11	1,7	1600	1,8	1000	38	15	1300	1,0	8,7	46	200				
		1800	57	1,0	4,0	1,2	1,0	11	1,5	1200	1,0	1000	0,30	16	1300	1,0	8,7	46	200				
		1400	55	1,0	3,8	1,0	1,0	9,2	1,3	630	1,0	900	0,057	14	1200	1,0	8,2	43	200				
		3000	59	1,0	4,6	1,3	1,9	12	2,4	3400	4,0	1100	590	16	1400	1,0	9,0	47	200				
		620	1,6	-	0,33	0,11	0,39	1,0	0,43	810	1,3	71	140	0,83	83	-	0,30	1,7	-				

Viitearvot:
(1) VNä 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (myöhempine muutoksineen)

Kasakartta

V = Vanha kasa
M = Multa

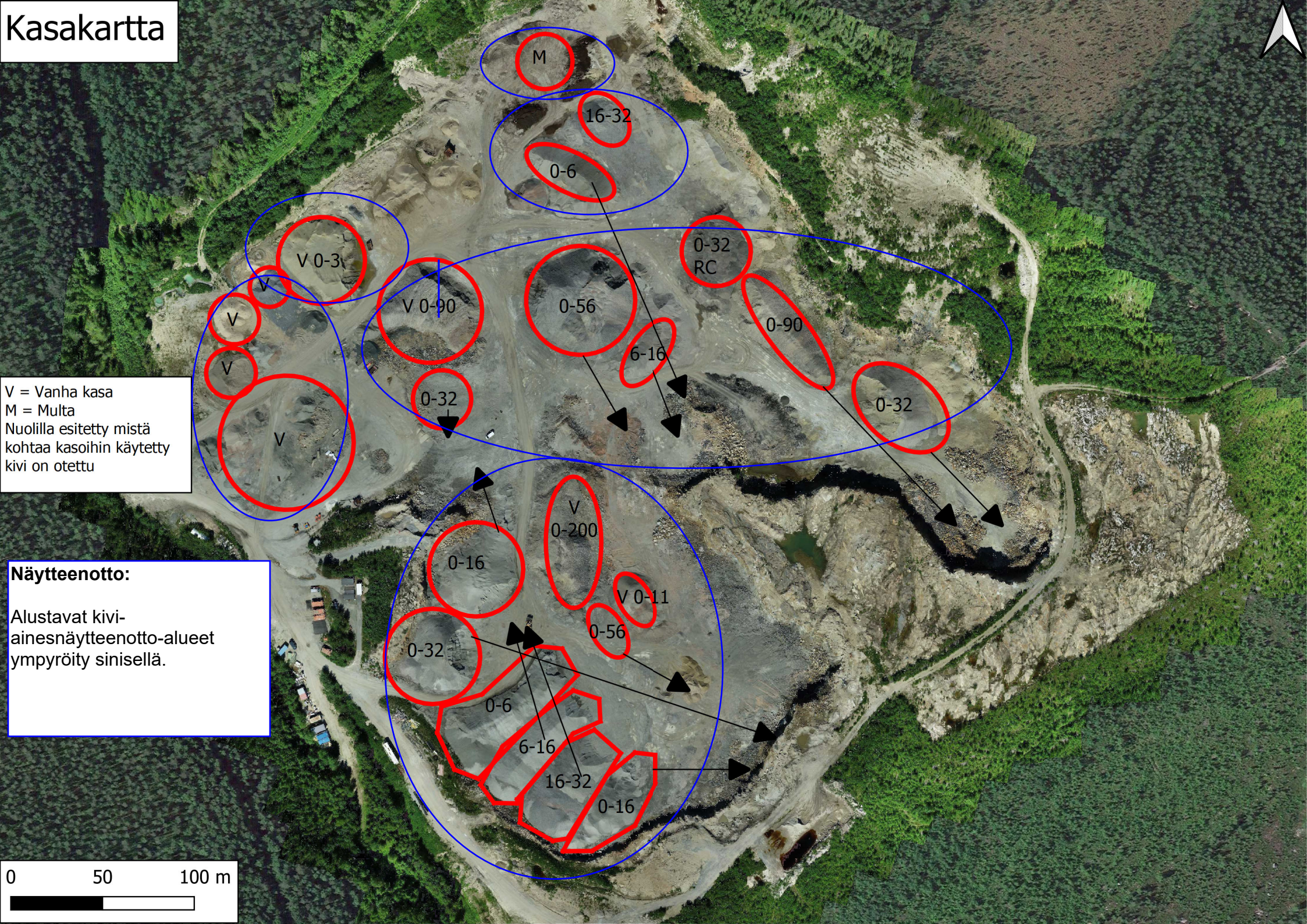


Kasakartta

V = Vanha kasa
M = Multa
Nuolilla esitetty mistä
kohtaa kasoihin käytetty
kivi on otettu

Näytteenotto:

Alustavat kivi-
ainesnäytteenotto-alueet
ympyröity sinisellä.



Mustalahti, ympäristölupahakemusta täydentävät lisäselvitykset

Maastotutkimukset, Mustalahti

Projekti **Mustalahti purkuvesien vaikutusarviointi**
Vastaanottaja **Mikko Sipola, Kristiina Hänninen, Peab Industri Oy**
Päivämäärä **14.6.2023**
Laatija **Anne-Marie Hagman, Jukka-Pekka Tervo, Ramboll Finland Oy**

Viite **1510076759**

TYÖOHJELMA

1. Yleistä

Peab Industri Oy on hakenut ympäristölupaa kalliokiviaineksen louhimiseksi ja murskaamiseksi, pilaantumattomien maiden vastaanottoon ja läjitykseen sekä jäteasfaltin vastaanottoon, käsittelyyn ja varastointiin ja mullan valmistukseen Kajaanin Mustalahden louhosalueella sekä lupaa aloittaa toiminta ennen päätöksen lainvoimaisuutta. Alueella on ollut aikaisemmin jo vastaavaa toimintaa, jonka ympäristölupa on päättynyt.

Tässä dokumentissa on esitetty jatkosuunnitelma Mustalahden vedenlaadun sekä Karankalahden vedenlaadun selvittämiseksi. Jatkosuunnitelma perustuu 13.6.2023 pidettyyn kokoukseen Kajaanin kaupungin, ELY:n, Peab Industri Oy:n ja Rambollin välillä. Tutkimusohjelma hyväksytetään Kajaanin kaupungin ja Kainuun ELY-keskuksen viranomaisilla ennen tutkimuksen maastotöiden toteuttamista.

2. Näytteenottosuunnitelma

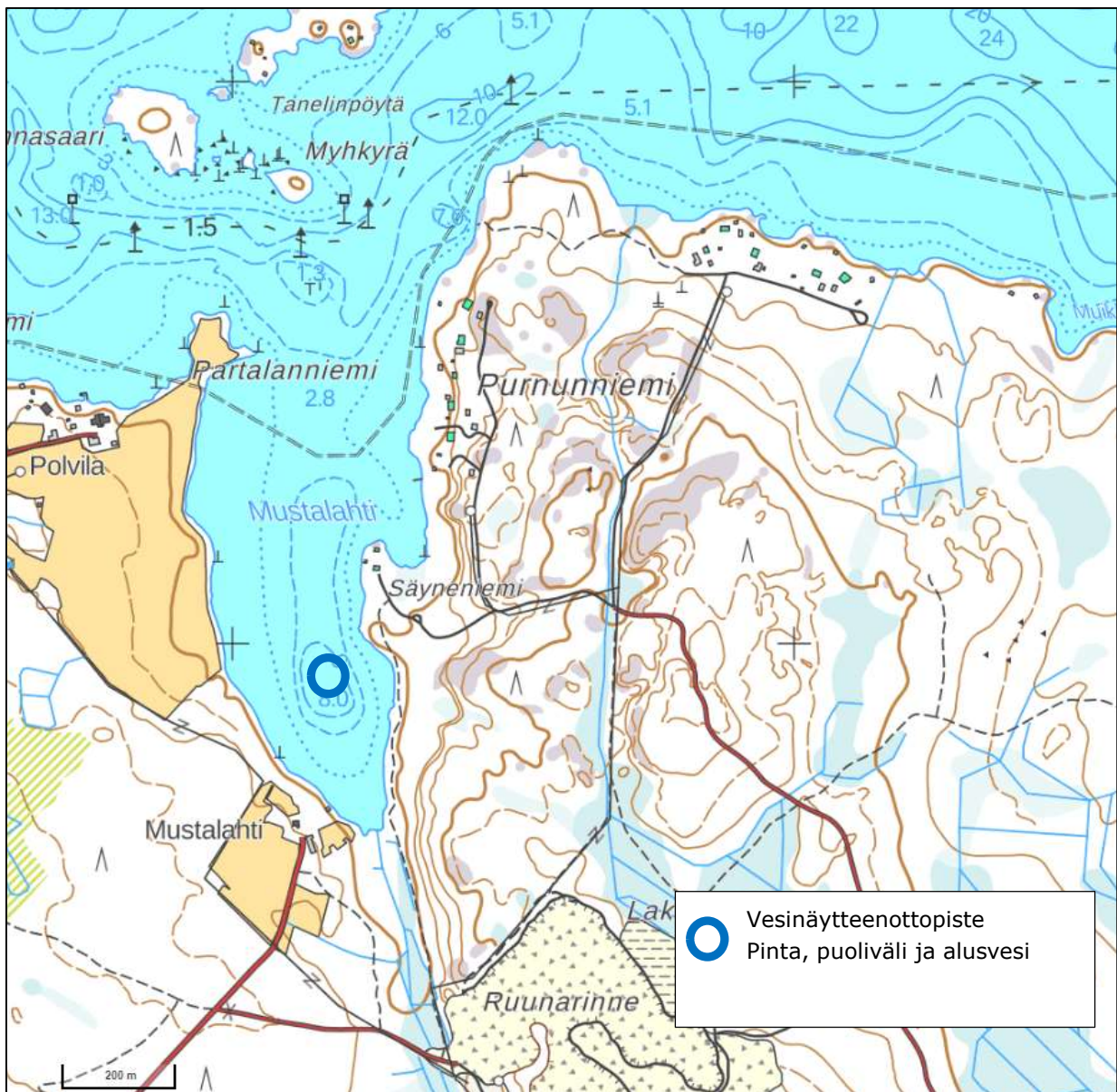
2.1 Vesinäytteet

Mustalahti

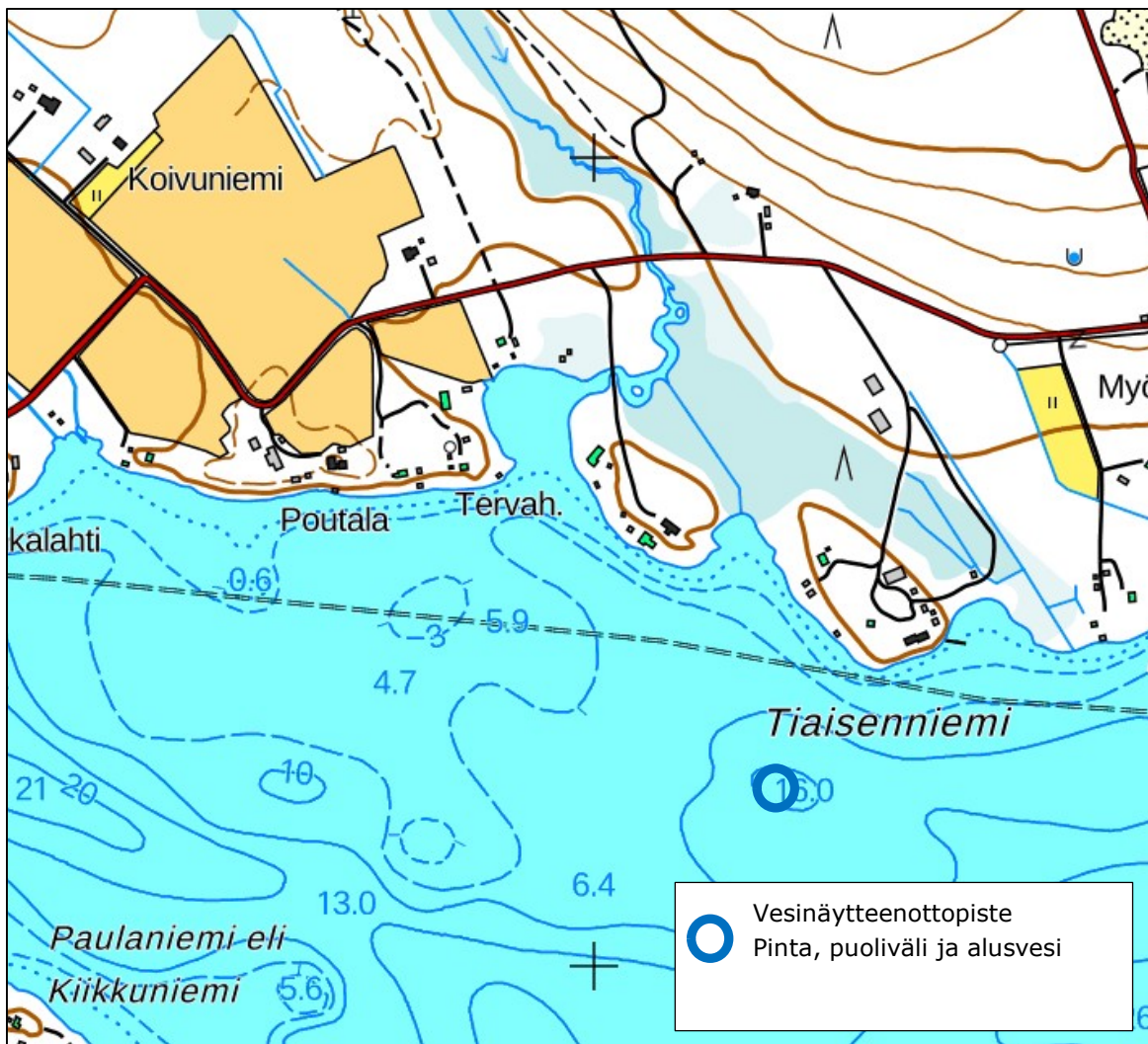
Vesinäytteet käydään hakemassa kesällä (kesä-heinäkuu) ja myöhemmin alkusyksystä (syys-lokakuu) samasta paikasta kuin aiemmin keväällä (Kuva 1). Vesinäytteet otetaan Mustalahden syvänteestä (syvyys n. 8 m). Vesinäytteet otetaan Limnos-näytteenottimella kolmesta syvyydestä: pinta (1 metrin syvyydeltä), puoliväli (vesipatsaan puoliväli) ja pohja (1 metri pohjan yläpuolelta). Vesinäytteenoton yhteydessä näytteistä kirjataan ylös lämpötila sekä aistinvaraiset havainnot (väri, sameus, haju).

Karankalahti

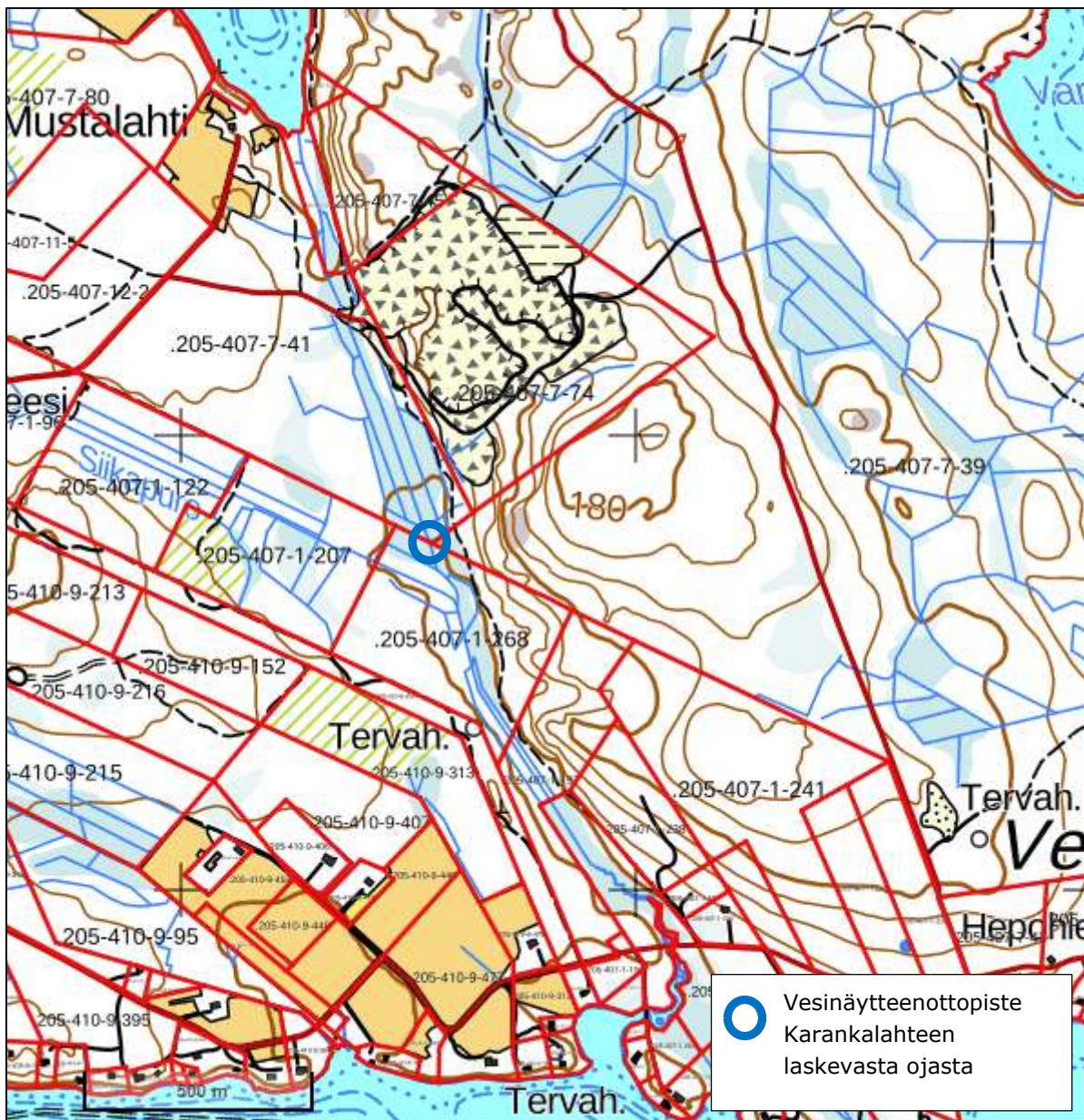
Karankalahdesta haetaan vastaavat vesinäytteet kuin Mustalahdestakin. Vesinäytteet otetaan Limnos-näytteenottimella kolmesta syvyydestä: pinta (1 metrin syvyydeltä), puoliväli (vesipatsaan puoliväli) ja pohja (1 metri pohjan yläpuolelta). Lisäksi otetaan vesinäyte Karankalahteen johtavasta ojasta. Vesinäytteenoton yhteydessä näytteistä kirjataan ylös lämpötila sekä aistinvaraiset havainnot (väri, sameus, haju).



Kuva 1. Vesinäytteenottopisteen sijainti Mustalahdessa.



Kuva 2. Karankalahden vesinäytteenottopiste syvänteestä.



Kuva 3. Vesinäytteenottopiste Karankalahteen laskevasta ojasta.

2.2 Laboratorioanalyysit

Vesinäytteistä analysoidaan seuraavat analyysit:

- Väriluku, pH, happi, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, kiintoaine, COD_{Mn}, Kloridi, sulfaatti, kovuus, typen ja fosforin kokonaispitoisuus, ammoniumtyppi, nitraatti, rikki, DOC.
- Kokonaismetallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Hg, Ca, Mg, Mn, Fe)
- Liukoiset metallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Hg, Ca, Mg, Mn, Fe)

3. Raportointi

Tutkimusten toteutus ja tulokset raportoidaan Mustalahden purkuvesien vaikutusarviointiraportin yhteydessä. Toiminnan aiheuttaman kuormituksen vaikutukset Mustalahden vedenlaatuun arvioidaan

pitoisuuslisäyslaskelmien avulla. Sama arviointi tehdään Karankalahden puolelle. Saatuja tuloksia verrataan jo olemassa olevaan tietoon vesistön taustapitoisuuksista.

Vaikutusarviointiraportissa raportoidaan myös tutkimuksissa todetut päästölähteet ja mahdolliset keinot päästöjen vähentämiseksi.

4. Aikataulu

Kohdan 2 mukaiset maastotyöt toteutetaan, kun ELY-keskus on hyväksynyt tämän tutkimussuunnitelman. Vaikutusarviointiraportti valmistuu syksyllä 2023.

Kuopiossa 14.6.2023

Ramboll Finland Oy

Liite 2 Laboratorion tutkimustodistukset

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Arttu Savolainen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-01575 R0
Raportointi pvm 20.04.2023
Saapumis pvm 13.04.2023
Aloituspvm 13.04.2023
Valmistumis pvm 20.04.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759 mustalahti
Näytteiden lkm 5

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, vääräntäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Kivinäytteet

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-01575.001
K1
05.04.2023KE23-01575.002
K6
05.04.2023KE23-01575.003
KOK1 (K3,K7)
05.04.2023KE23-01575.004
KOK2 (K8,K10)
05.04.2023KE23-01575.005
KOK3
(K11,K13,K15)
05.04.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16170, EPA3015A, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Arseeni	mg/kg KA.	0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7	<0.7
Kadmium	mg/kg KA.	0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Koboltti	mg/kg KA.	0.3	14.6	9.6	17.2	22.6	22.4
Kromi	mg/kg KA.	0.7	106.2	58.6	113.3	182.6	208.7
Kupari	mg/kg KA.	1.4	19.1	21.6	31.3	37.8	43.4
Nikkeli	mg/kg KA.	0.5	25.3	20.0	55.9	105.4	148.3
Lyijy	mg/kg KA.	0.5	11.2	16.7	11.3	6.9	9.3
Vanadiini	mg/kg KA.	0.5	68.6	48.0	68.2	95.4	72.2
Sinkki	mg/kg KA.	1.9	69.4	61.0	103.5	94.4	178.4
Antimoni *	mg/kg KA.	1	1.4	<1.0	1.3	1.8	1.9
Rikki *	mg/kg KA.	10	618	1034	1106	1550	1243

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: ISO 22036, SFS-EN 16170, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Elohopea *	mg/kg KA.	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
------------	-----------	-----	------	------	------	------	------

Kiinteiden näytteiden murskaus Menetelmä: SFS ISO 11464

Murskaus *	kg	0.1	-	3.00	2.50	2.50	2.80
------------	----	-----	---	------	------	------	------

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Elina Lampinen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

Projekti - -
Asiakkaan viite **1510076759 mustalahti**
Näytteiden lkm 3

NÄYTE

SGS Refno KE23-03504 R0
Raportointi pvm 03.07.2023
Saapumis pvm 26.06.2023
Aloituspvm 26.06.2023
Valmistumis pvm 03.07.2023

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023

Lisätilaus töille KE23-01575 ja -2051

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, vääräntäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisuutena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimiKE23-03504.001
KOK1 (K3, K7)KE23-03504.002
KOK2 (K8, K10)KE23-03504.003
KOK3 (K11, K13,
K15)

Analyysi

Yksikkö

DL

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: Sis.menet. SGSF1003 perustuu SFS-ISO 11465, EN 15934, SFS-EN 14346 kumottu

Kuiva-ainepitoisuus	paino-%	2	93.8	93.9	97.5
---------------------	---------	---	------	------	------

Anionit maanäytteestä (1:10 vesiutusteesta) Menetelmä: SGSF718 Sisäinen menetelmä, IC

Sulfaatti (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	10	140	450	55
-----------------------------------	-----------	----	-----	-----	----

Liukoiset metallit maanäytteestä (1:10 vesiutusteesta) Menetelmä: SGSF537 Sisäinen menetelmä ICP-AES

Alumiini (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Arseeni (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Boori (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	20	<20	<20	<20
Kalsium (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	1.4	5.4	<0.2
Rauta (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Kadmium (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Koboltti (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kromi (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kupari (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Nikkeli (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	0.2	<0.1
Lyijy (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Antimoni (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Seleen (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Sinkki (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Vanadiini (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Fosfori (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kalium (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	3.8	6.2	3.1
Magnesium (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	1.2	5.2	0.2
Natrium (1:10 vesiutusteesta) *	mg/kg KA.	0.2	1.0	1.2	0.9

pH (H₂O) maanäytteestä Menetelmä: SFS-ISO 10390

pH (H ₂ O)	pH-yksikkö	2	6.3	4.8	6.6
-----------------------	------------	---	-----	-----	-----

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Jukka-Pekka Tervo
Osoite PL 25
ESPOO 02601

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759 mustalahti
Näytteiden lkm 3

NÄYTE

SGS Refno KE23-02051 R0
Raportointi pvm 05.06.2023
Saapumis pvm 03.05.2023
Aloitus pvm 03.05.2023
Valmistumis pvm 05.06.2023

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023
Liittinä raportti CA19137-MAY23 (NAG-testi)

ALLEKIRJOITUKSET

Eeva Niemelä
Asiakaspalvelukoordinaattori

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

* Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 3) Alihankinta SGS Canada Inc. akkreditoitu testauslaboratorio, CALA A1999
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.



Näyttenumero	KE23-02051.001	KE23-02051.002	KE23-02051.003
Näytteen nimi	KOK1 (K3,K7)	KOK2 (K8,K10)	KOK3
Näytteenottopvm	05.04.2023	05.04.2023	(K11,K13,K15) 05.04.2023

Analyyysi

Yksikkö DL

NAG-testi 3) Menetelmä: Miller et al. (1997)

Alku pH *	pH-yksikkö	1	Katso liite	Katso liite	Katso liite
NAG *	kg H2SO4/T	1	Katso liite	Katso liite	Katso liite
NAG pH *	pH-yksikkö	1	Katso liite	Katso liite	Katso liite

**SGS Canada Inc.**

P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
 Lakefield - Ontario - KOL 2H0
 Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

SGS Finland

Attn : Olli-Pekka Jaakola

Kotolahdentie 10
 FIN-48310 Kotka,
 Finland

Phone: 35852106200
 Fax: 35853453366

NAG Test

Project : PO# 168501327

02-June-2023

Date Rec. : 18 May 2023

LR Report: CA19137-MAY23

Reference: KE23-02051 - PO#
168501327

Copy: #1

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Final Report

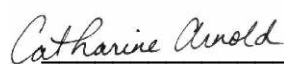
Analysis	1: Analysis Start Date	2: Analysis Start Time	3: Analysis Completed Date	4: Analysis Completed Time	5: KE23-02051.001 KOK1 (K3,K7)	6: KE23-02051.002 KOK2 (K8,K10)
Sample Date & Time					N/A	N/A
Sample weight [g]	31-May-23	07:08	02-Jun-23	14:22	1.52	1.46
Vol H2O2 [mL]	31-May-23	07:08	02-Jun-23	14:22	150	150
Initial pH	31-May-23	07:08	02-Jun-23	14:22	4.11	3.59
NaOH [Normality]	31-May-23	07:08	02-Jun-23	14:22	0.10	0.10
Vol NaOH to PH 4.5 [mL]	31-May-23	09:51	02-Jun-23	14:22	0.11	0.23
Vol NaOH to PH 7.0 [mL]	31-May-23	09:51	02-Jun-23	14:22	0.67	1.02
NAG (pH 4.5) [kg H2SO4/tonne]	31-May-23	09:51	02-Jun-23	14:22	0.4	0.8
NAG (pH 7.0) [kg H2SO4/tonne]	31-May-23	09:51	02-Jun-23	14:22	2.2	3.4

Analysis	7: KE23-02051.003 KOK3 (K11,K13,K15)
Sample Date & Time	N/A
Sample weight [g]	1.52
Vol H2O2 [mL]	150
Initial pH	4.31
NaOH [Normality]	0.10
Vol NaOH to PH 4.5 [mL]	0.09
Vol NaOH to PH 7.0 [mL]	0.48
NAG (pH 4.5) [kg H2SO4/tonne]	0.3
NAG (pH 7.0) [kg H2SO4/tonne]	1.5

NAG = (49 x vol. of base x N of base)/sample weight
 kg H2SO4/tonne

Method Descriptions

Parameter	Units	Description	SGS Method Code
Initial pH		glass electrode	NA
NAG (pH 4.5)	kg H2SO4/tonne	NAG	ME-CA-[ENV]ARD-LAK-AN-008
NAG (pH 7.0)	kg H2SO4/tonne	NAG	ME-CA-[ENV]ARD-LAK-AN-008
NaOH	Normality	Normality of NaOH used for ABA Titration	NA
Sample weight	g	Weight of Sample used.	NA
Vol H2O2	mL	Volume	NA
Vol NaOH to PH 4.5	mL	Vol NaOH to PH 4.5	NA
Vol NaOH to PH 7.0	mL	Vol NaOH to PH 7.0	NA



Catharine Arnold, B.Sc., C.Chem
Project Specialist,
Environment, Health & Safety

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Elina Lampinen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759 mustalahti
Näytteiden lkm 3

NÄYTE

SGS Refno KE23-03505 R0
Raportointi pvm 19.09.2023
Saapumis pvm 26.06.2023
Aloitus pvm 26.06.2023
Valmistumis pvm 19.09.2023

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023

Lisätilaus töille KE23-01575 ja -2051
Liitteenä analyysiraportti CA19032-JUL23 (ABA-testi)

ALLEKIRJOITUKSET

Eeva Niemelä
Asiakaspalvelukoordinaattori

ALAVIITEET, HUOMAUTUKSET JA ALIHANKINTA

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 3) SGS Canada Inc., CALA A1999, akkr. ISO/IEC 17025:2017
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioda, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.



Näyttenumero	KE23-03505.001	KE23-03505.002	KE23-03505.003
Näytteen nimi	KOK1 (K3, K7)	KOK2 (K8,K10)	KOK3 (K11, K13, K15)
Yksikkö	DL		

Analyyysi

ABA-testi 3) Menetelmä: Modifioitu EN15875

ABA-testi *	ei yksikköä	-	Ks. Liite	Ks. Liite	Ks. Liite
-------------	-------------	---	-----------	-----------	-----------

**SGS Canada Inc.**

P.O. Box 4300 - 185 Concession St.
Lakefield - Ontario - KOL 2H0
Phone: 705-652-2000 FAX: 705-652-6365

SGS Finland

Attn : Olli-Pekka Jaakola

Kotolahdentie 10
FIN-48310 Kotka,
Finland

Phone: 35852106200
Fax: 35853453366

ABA - Method EN15875

Project : PO# 168501327

18-September-2023

Date Rec. : 06 July 2023
LR Report: CA19032-JUL23
Reference: KE23-03505 - PO#
168501327

Copy: #1

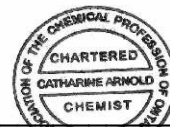
CERTIFICATE OF ANALYSIS

Final Report

Analysis	3: Analysis Completed Date	4: Analysis Completed Time	5: Analysis KE23-03505.001	6: Analysis KE23-03505.002	7: Analysis KE23-03505.003
Sample Date & Time			N/A	N/A	N/A
Paste pH [no unit]	22-Aug-23	16:35	5.06	3.90	6.06
Carbonate Rating	22-Aug-23	16:35	< 0.025	< 0.025	< 0.025
Sample weight [g]	22-Aug-23	16:35	2.08	2.09	2.00
HCl_add [mL]	22-Aug-23	16:35	2.80	2.50	2.50
HCl [Normality]	22-Aug-23	16:35	1.00	1.00	1.00
NaOH [Normality]	22-Aug-23	16:35	1.00	1.00	1.00
Vol NaOH to pH=8.3 [mL]	22-Aug-23	16:35	4.70	5.68	5.01
Final pH [no unit]	22-Aug-23	16:35	2.15	2.17	2.16
NP [t CaCO3/1000 t]	22-Aug-23	16:35	-45.7	-76.1	-62.8
AP [t CaCO3/1000 t]	18-Sep-23	11:41	2.50	4.69	1.56
Net NP [t CaCO3/1000 t]	18-Sep-23	11:41	-48.20	-80.79	-64.36
NP/AP [ratio]	18-Sep-23	11:41	-18.28	-16.23	-40.19
S [%]	18-Sep-23	11:40	0.096	0.349	0.122
Acid Leachable SO4-S [%]	18-Sep-23	11:40	< 0.04	0.20	0.07
Sulphide [%]	18-Sep-23	11:40	0.08	0.15	0.05
C [%]	18-Aug-23	09:26	0.062	0.054	0.009
CO3 (pyro) as %CO3 [%]	18-Aug-23	09:26	< 0.025	< 0.025	< 0.025

Catharine Arnold

Catharine Arnold, B.Sc., C.Chem
Project Specialist,
Environment, Health & Safety



ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Jukka-Pekka Tervo
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

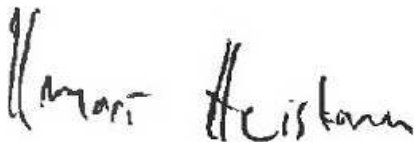
SGS Refno KE23-02346 R0
Raportointi pvm 17.05.2023
Saapumis pvm 11.05.2023
Aloitus pvm 11.05.2023
Valmistumis pvm 16.05.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759/ Mustalahti
Näytteiden lkm 1

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen 9.5.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Ilmari Heiskanen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi
Näytteenottopvm

KE23-02346.001
K17
09.05.2023

Multakasa

Analyysi

Yksikkö

DL

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16170, EPA3015A, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Arseeni	mg/kg KA.	0.7	0.7
Kadmium	mg/kg KA.	0.3	<0.3
Koboltti	mg/kg KA.	0.3	5.1
Kromi	mg/kg KA.	0.7	24.7
Kupari	mg/kg KA.	1.4	16.3
Nikkeli	mg/kg KA.	0.5	16.8
Lyijy	mg/kg KA.	0.5	3.7
Vanadiini	mg/kg KA.	0.5	22.4
Sinkki	mg/kg KA.	1.9	20.0
Antimoni *	mg/kg KA.	1	<1.0
Rikki *	mg/kg KA.	10	844

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: ISO 22036, SFS-EN 16170, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Elohopea *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
------------	-----------	-----	------

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Jukka-Pekka Tervo
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-02347 R0
Raportointi pvm 23.05.2023
Saapumis pvm 11.05.2023
Aloitus pvm 11.05.2023
Valmistumis pvm 23.05.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759/ Mustalahti
Näytteiden lkm 1

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen 9.5.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi
Näytteenottopvm

KE23-02347.001
Altaiden sepeli
09.05.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16170, EPA3015A, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Arseeni	mg/kg KA.	0.7	1.1
Kadmium	mg/kg KA.	0.3	<0.3
Koboltti	mg/kg KA.	0.3	0.8
Kromi	mg/kg KA.	0.7	9.2
Kupari	mg/kg KA.	1.4	21.2
Nikkeli	mg/kg KA.	0.5	7.3
Lyijy	mg/kg KA.	0.5	2.9
Vanadiini	mg/kg KA.	0.5	2.7
Sinkki	mg/kg KA.	1.9	5.9
Antimoni *	mg/kg KA.	1	<1.0
Rikki *	mg/kg KA.	10	11

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: ISO 22036, SFS-EN 16170, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Elohopea *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
------------	-----------	-----	------

Kiinteiden näytteiden murskaus Menetelmä: SFS ISO 11464

Murskaus *	kg	0.1	2.50
------------	----	-----	------

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Arttu Savolainen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-01503 R0
Raportointi pvm 21.04.2023
Saapumis pvm 06.04.2023
Aloitus pvm 06.04.2023
Valmistumis pvm 21.04.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759, mustalahi
Näytteiden lkm 3

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

MUSTALAHTI VESI

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-01503.001
Piste 1, 1m
05.04.2023KE23-01503.002
Piste 1, 3,5m
05.04.2023KE23-01503.003
Piste 1, 6m
05.04.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523

pH	pH-yksikkö	2	6.6	6.5	6.5
----	------------	---	-----	-----	-----

Happi vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 25813

Happi	mg/l	0.3	11.2	7.4	3.5
-------	------	-----	------	-----	-----

Kemiallinen hapenkulutus COD(Mn) luonnonvedestä Menetelmä: SFS3036

COD(Mn), luonnonvesi	mg/l	1	14	12	11
----------------------	------	---	----	----	----

Väri vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7887

Väri	mg Pt/l	5	80	70	60
------	---------	---	----	----	----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.13	0.16	0.18
--------------	--------	------	------	------	------

Kokonaistyyppi vedestä, CFA Menetelmä: ISO 29441

Kokonaistyyppi	µg N/l	25	370	390	380
----------------	--------	----	-----	-----	-----

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:en

Kloridi	mg/l	0.3	0.7	0.9	0.9
Sulfaatti	mg/l	0.3	4.2	10	13

Ammonium/Ammoniumtyppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 11732

Ammonium, NH ₄	µg/l	6.5	30	20	15
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	µg N/l	5	23	15	12

Kokonaisfosfori vedestä, CFA Menetelmä: ISO 15681-2

Kokonaisfosfori	µg P/l	5	18	22	23
-----------------	--------	---	----	----	----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	3.1	4.9	6.1
-----------------	------	-----	-----	-----	-----

Kokonaiskovuus (kalsiumin ja magnesiumin summa) vedestä Menetelmä: SFS 3003 modifioitu

Kokonaiskovuus	mmol/l	0.05	0.12	0.18	0.22
----------------	--------	------	------	------	------

Näyttenumero	KE23-01503.001	KE23-01503.002	KE23-01503.003
Näytteen nimi	Piste 1, 1m	Piste 1, 3,5m	Piste 1, 6m
Näytteenottopvm	05.04.2023	05.04.2023	05.04.2023

Analyysi	Yksikkö	DL
----------	---------	----

Nitraatti/Nitraattityppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 13395

Nitraatti, NO3	µg/l	23	410	520	580
Nitraattityppi, NO3-N	µg N/l	5	92	120	130

Liukoinen elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea suodatetusta näytteestä	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------------------------------	------	------	-------	-------	-------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.1	0.3	0.3	0.3
Kadmium	µg/l	0.024	<0.024	<0.024	0.043
Koboltti	µg/l	0.15	<0.15	<0.15	0.65
Kromi	µg/l	0.2	0.46	0.45	0.46
Kupari	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
Nikkeli	µg/l	0.6	0.84	3.6	8.8
Lyijy	µg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Vanadiini	µg/l	0.1	0.4	0.4	0.4
Sinkki	µg/l	5	<5.0	<5.0	12
Antimoni	µg/l	0.1	<0.1	<0.1	0.1
Kalsium	µg/l	100	2900	4400	5300
Magnesium	µg/l	10	1100	1700	2200
Rauta	µg/l	10	380	330	400
Mangaani	µg/l	3	16	22	150

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------	------	------	-------	-------	-------

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
Arseeni	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmium	µg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kalsium	µg/l	200	3200	4800	5600
Koboltti	µg/l	0.3	<0.3	<0.3	0.8
Kromi	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
Kupari	µg/l	1	<1.0	1.1	1.1
Lyijy	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Magnesium	µg/l	30	1100	1800	2200
Mangaani	µg/l	3	23	27	190
Nikkeli	µg/l	3	<3.0	3.8	9.4
Rauta	µg/l	50	570	470	570
Sinkki	µg/l	5	<5.0	5.5	11
Vanadiini	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Rikki *	µg/l	100	1330	3276	4227
---------	------	-----	------	------	------

Kiintoaine vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 872



Näyttenumero	KE23-01503.001	KE23-01503.002	KE23-01503.003
Näytteen nimi	Piste 1, 1m	Piste 1, 3,5m	Piste 1, 6m
Näytteenottopvm	05.04.2023	05.04.2023	05.04.2023

Analyyysi

Yksikkö

DL

Kiintoaine vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 872 (continued)

Kiintoaine, lasikuitusuodatin GF/C	mg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0
------------------------------------	------	---	------	------	------

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Sanna Mähönen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

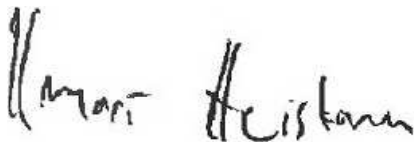
SGS Refno KE23-02232 R0
Raportointi pvm 17.05.2023
Saapumis pvm 09.05.2023
Aloituspvm 09.05.2023
Valmistumis pvm 17.05.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759, Mustalahti
Näytteiden lkm 4

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen, 9.5.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Ilmari Heiskanen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi
Näytteenottopvm

KE23-02232.001

N1

09.05.2023

Purkuputki

KE23-02232.002

N2

09.05.2023

Allas 1

KE23-02232.003

N3

09.05.2023

Allas 2

KE23-02232.004

N4

09.05.2023

Oja

Analyysi

Yksikkö

DL

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523

pH	pH-yksikkö	2	6.6	6.7	6.7	6.4
----	------------	---	-----	-----	-----	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	44.5	31.4	34.4	24.1
-----------------	------	-----	------	------	------	------

Kemiallinen hapenkulutus COD(Mn) luonnonvedestä Menetelmä: SFS3036

COD(Mn), luonnonvesi	mg/l	1	3.9	27	20	22
----------------------	------	---	-----	----	----	----

Väri vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7887

Väri	mg Pt/l	5	5	650	450	80
------	---------	---	---	-----	-----	----

Kiintoaine vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 872

Kiintoaine, lasikuitusuodatin GF/C	mg/l	1	10	80	27	3.5
------------------------------------	------	---	----	----	----	-----

Ammonium/Ammoniumtyppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 11732

Ammonium, NH ₄	µg/l	6.5	29	2600	1900	280
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	µg N/l	5	23	2000	1500	220

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.64	2.9	2.9	0.37
--------------	--------	------	------	-----	-----	------

Kokonaistyyppi vedestä, CFA Menetelmä: ISO 29441

Kokonaistyyppi	µg N/l	25	1700	2900	2100	900
----------------	--------	----	------	------	------	-----

Liukoinen elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea suodatetusta näytteestä	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------------------------------	------	------	-------	-------	-------	-------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.1	1.5	0.4	0.3	0.2
Kadmium	µg/l	0.024	0.87	<0.024	0.075	0.17
Koboltti	µg/l	0.15	88	7.1	8.5	39
Kromi	µg/l	0.2	<0.20	2.9	1.1	0.80
Kupari	µg/l	1	16	1.7	1.6	2.7
Nikkeli	µg/l	0.6	510	8.6	30	180
Lyijy	µg/l	0.15	0.54	0.20	<0.15	<0.15
Vanadiini	µg/l	0.1	0.2	3.1	1.6	1.0

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-02232.001
N1
09.05.2023KE23-02232.002
N2
09.05.2023KE23-02232.003
N3
09.05.2023KE23-02232.004
N4
09.05.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Sinkki	µg/l	5	680	12	33	210
Antimoni	µg/l	0.1	<0.1	0.4	0.4	1.1

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------	------	------	-------	-------	-------	-------

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arseeni	µg/l	0.5	2.3	0.8	0.6	<0.5
Kadmium	µg/l	0.1	0.8	<0.1	0.2	0.2
Koboltti	µg/l	0.3	86	8.6	10	41
Kromi	µg/l	1	<1.0	9.5	4.9	1.3
Kupari	µg/l	1	21	5.1	6.1	3.9
Lyijy	µg/l	0.5	1.4	1.3	0.6	<0.5
Nikkeli	µg/l	3	490	13	36	200
Sinkki	µg/l	5	580	5.4	37	190
Vanadiini	µg/l	0.5	<0.5	10	6.1	1.4

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:en

Kloridi	mg/l	0.3	1.7	1.8	1.9	1.3
Sulfaatti	mg/l	0.3	170	12	33	86

Kokonaiskovuus (kalsiumin ja magnesiumin summa) vedestä Menetelmä: SFS 3003 modifioitu

Kokonaiskovuus	mmol/l	0.05	1.99	1.45	1.58	0.94
----------------	--------	------	------	------	------	------

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Jukka-Pekka Tervo
Osoite PL 25
ESPOO 02601

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759, Mustalahti
Näytteiden lkm 1

NÄYTE

SGS Refno KE23-02795 R0
Raportointi pvm 01.06.2023
Saapumis pvm 31.05.2023
Aloituspvm 31.05.2023
Valmistumis pvm 01.06.2023

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen, 9.5.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, vääräntäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.



ANALYYSIRAPORTTI

KE23-02795 R0

Näyttenumero	KE23-02795.001
Näytteen nimi	N1
Näytteenottopvm	09.05.2023
Purkuputki	

Analyyysi Yksikkö DL

Kokonaisfosfori vedestä, CFA Menetelmä: ISO 15681-2

Kokonaisfosfori	µg P/l	5	7.2
-----------------	--------	---	-----

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Jukka-Pekka Tervo
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-02797 R0
Raportointi pvm 16.06.2023
Saapumis pvm 31.05.2023
Aloituspvm 31.05.2023
Valmistumis pvm 15.06.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759, Mustalahti
Näytteiden lkm 3

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen, 9.5.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Mia Karjalainen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.



ANALYYSIRAPORTTI

KE23-02797 R0

Näyttenumero	KE23-02797.001	KE23-02797.002	KE23-02797.003
Näytteen nimi	N2	N3	N4
Näytteenottopvm	09.05.2023	09.05.2023	09.05.2023
	Allas 1	Allas 2	Oja

Analyyysi

Yksikkö

DL

Kokonaisfosfori vedestä, CFA Menetelmä: ISO 15681-2

Kokonaisfosfori	µg P/l	5	120	49	18
-----------------	--------	---	-----	----	----

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Elina Lampinen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-03755 R0
Raportointi pvm 19.07.2023
Saapumis pvm 06.07.2023
Aloituspvm 06.07.2023
Valmistumis pvm 19.07.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759
Näytteiden lkm 7

KOMMENTIT

Näytteenotto: Sanna Mähönen 5.7.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Jonna Luukkainen
Avustava kemisti

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-03755.001
Mustalahti, pinta
(piste 1) 1 m
05.07.2023KE23-03755.002
Mustalahti,
puoliväli (piste 1)
4m
05.07.2023KE23-03755.003
Mustalahti, pohja
(piste 1) 7m
05.07.2023KE23-03755.004
Karankalahti,
pinta 1m
05.07.2023KE23-03755.005
Karankalahti,
puoliväli 8m
05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523

pH	pH-yksikkö	2	6.6	6.6	6.3	6.7	6.5
----	------------	---	-----	-----	-----	-----	-----

Happi vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 25813

Happi	mg/l	0.3	9.1	9.1	1.9	9.6	9.8
-------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Kemiallinen hapenkulutus COD(Mn) luonnonvedestä Menetelmä: SFS3036

COD(Mn), luonnonvesi	mg/l	1	13	14	13	14	12
----------------------	------	---	----	----	----	----	----

Väri vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7887

Väri	mg Pt/l	5	70	80	80	80	70
------	---------	---	----	----	----	----	----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	4.3	4.3	4.6	4.2	4.5
-----------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Kokonaistyyppi vedestä, CFA Menetelmä: ISO 29441

Kokonaistyyppi	µg N/l	25	350	380	500	360	390
----------------	--------	----	-----	-----	-----	-----	-----

Kokonaisfosfori vedestä, CFA Menetelmä: ISO 15681-2

Kokonaisfosfori	µg P/l	5	18	14	21	17	13
-----------------	--------	---	----	----	----	----	----

Nitraatti/Nitraattityppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 13395

Nitraatti, NO3	µg/l	23	290	340	620	300	500
Nitraattityppi, NO3-N	µg N/l	5	66	77	140	67	110

Ammonium/Ammoniumtyppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 11732

Ammonium, NH4	µg/l	6.5	21	35	95	31	37
Ammoniumtyppi, NH4-N	µg N/l	5	16	27	74	24	29

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Rikki *	µg/l	100	3108	3174	3011	3093	3474
---------	------	-----	------	------	------	------	------

Liuenneen hiilen määrittäminen vedestä Menetelmä: SFS-EN 1484

Liuennut haihtumaton orgaaninen hiili D-NPOC	mg/l	0.5	11	11	11	11	11
--	------	-----	----	----	----	----	----

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-03755.001
Mustalahti, pinta
(piste 1) 1 m
05.07.2023KE23-03755.002
Mustalahti,
puoliväli (piste 1)
4m
05.07.2023KE23-03755.003
Mustalahti, pohja
(piste 1) 7m
05.07.2023KE23-03755.004
Karankalahti,
pinta 1m
05.07.2023KE23-03755.005
Karankalahti,
puoliväli 8m
05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arseeni	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Kadmium	µg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kalsium	µg/l	200	3500	3600	3800	3400	3800
Koboltti	µg/l	0.3	<0.3	<0.3	0.3	<0.3	<0.3
Kromi	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Kupari	µg/l	1	<1.0	1.4	1.1	1.5	1.1
Lyijy	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Magnesium	µg/l	30	1400	1500	1500	1400	1500
Mangaani	µg/l	3	49	47	120	33	34
Nikkeli	µg/l	3	<3.0	<3.0	3.3	<3.0	<3.0
Rauta	µg/l	50	450	440	710	400	400
Sinkki	µg/l	5	<5.0	15	12	5.6	7.8
Vanadiini	µg/l	0.5	<0.5	<0.5	0.6	<0.5	<0.5

Liukoinen elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea suodatetusta näytteestä	µg/l	0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13	<0.13
----------------------------------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2
Kadmium	µg/l	0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024	<0.024
Koboltti	µg/l	0.15	<0.15	<0.15	0.28	<0.15	<0.15
Kromi	µg/l	0.2	0.40	0.45	0.45	0.45	0.40
Kupari	µg/l	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Nikkeli	µg/l	0.6	1.6	1.7	3.2	1.3	1.2
Lyijy	µg/l	0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15	<0.15
Vanadiini	µg/l	0.1	0.4	0.6	0.7	0.3	0.7
Sinkki	µg/l	5	<5.0	<5.0	7.7	<5.0	<5.0
Antimoni	µg/l	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Kalsium	µg/l	100	3500	3600	3800	3600	3800
Magnesium	µg/l	10	1400	1500	1500	1500	1500
Rauta	µg/l	10	330	330	510	340	310
Mangaani	µg/l	3	19	22	110	12	12

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10
--------------	--------	------	------	------	------	------	------

Kiintoaine vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 872

Kiintoaine, lasikuitusuodatin GF/C	mg/l	1	<1.0	1.5	1.9	<1.0	<1.0
------------------------------------	------	---	------	-----	-----	------	------

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:en

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-03755.001
Mustalahti, pinta
(piste 1) 1 m
05.07.2023KE23-03755.002
Mustalahti,
puoliväli (piste 1)
4m
05.07.2023KE23-03755.003
Mustalahti, pohja
(piste 1) 7m
05.07.2023KE23-03755.004
Karankalahti,
pinta 1m
05.07.2023KE23-03755.005
Karankalahti,
puoliväli 8m
05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:en (continued)

Kloridi	mg/l	0.3	0.5	0.9	0.9	0.8	0.9
Sulfaatti	mg/l	0.3	9.0	9.3	9.4	8.9	10

Kokonaiskovuus (kalsiumin ja magnesiumin summa) vedestä Menetelmä: SFS 3003 modifioitu

Kokonaiskovuus	mmol/l	0.05	0.15	0.15	0.16	0.15	0.16
----------------	--------	------	------	------	------	------	------

Näyttenumero
Näytteen nimi
NäytteenottopvmKE23-03755.006
Karankalahti,
pohja 15m
05.07.2023KE23-03755.007
Oja
Karankalahteen
oja
05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

pH vedestä Menetelmä: ISO 10523

pH	pH-yksikkö	2	6.4	5.8
----	------------	---	-----	-----

Happi vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 25813

Happi	mg/l	0.3	9.3	7.1
-------	------	-----	-----	-----

Kemiallinen hapenkulutus COD(Mn) luonnonvedestä Menetelmä: SFS3036

COD(Mn), luonnonvesi	mg/l	1	14	130
----------------------	------	---	----	-----

Väri vedestä Menetelmä: SFS-EN ISO 7887

Väri	mg Pt/l	5	80	350
------	---------	---	----	-----

Sähkönjohtavuus vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 27888

Sähkönjohtavuus	mS/m	0.5	4.4	5.2
-----------------	------	-----	-----	-----

Kokonaistyyppi vedestä, CFA Menetelmä: ISO 29441

Kokonaistyyppi	µg N/l	25	410	1500
----------------	--------	----	-----	------

Kokonaisfosfori vedestä, CFA Menetelmä: ISO 15681-2

Kokonaisfosfori	µg P/l	5	14	600
-----------------	--------	---	----	-----

Nitraatti/Nitraattityppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 13395

Nitraatti, NO3	µg/l	23	560	<23
Nitraattityppi, NO3-N	µg N/l	5	130	<5.0

Näyttenumero	KE23-03755.006	KE23-03755.007
Näytteen nimi	Karankalahti,	Oja
Näytteenottopvm	pohja 15m	Karankalahteen
	05.07.2023	oja
		05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Ammonium/Ammoniumtyppi vedestä, CFA Menetelmä: SFS-EN ISO 11732

Ammonium, NH ₄	µg/l	6.5	37	190
Ammoniumtyppi, NH ₄ -N	µg N/l	5	29	150

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-AES Menetelmä: ISO 11885

Rikki *	µg/l	100	3134	4009
---------	------	-----	------	------

Liuenneen hiilen määrittäminen vedestä Menetelmä: SFS-EN 1484

Liennut haihtumaton orgaaninen hiili D-NPOC	mg/l	0.5	11	32
---	------	-----	----	----

Elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea	µg/l	0.13	<0.13	<0.13
----------	------	------	-------	-------

Metallien kokonaispitoisuudet vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Antimoni	µg/l	1	<1.0	<1.0
Arseeni	µg/l	0.5	<0.5	<0.5
Kadmium	µg/l	0.1	<0.1	<0.1
Kalsium	µg/l	200	3700	6300
Koboltti	µg/l	0.3	<0.3	3.5
Kromi	µg/l	1	<1.0	2.4
Kupari	µg/l	1	1.0	5.2
Lyijy	µg/l	0.5	<0.5	1.7
Magnesium	µg/l	30	1400	3800
Mangaani	µg/l	3	66	290
Nikkeli	µg/l	3	<3.0	26
Rauta	µg/l	50	560	33000
Sinkki	µg/l	5	<5.0	31
Vanadiini	µg/l	0.5	<0.5	4.3

Liukoinen elohopea vesinäytteestä Menetelmä: Kumottu SFS-EN 1483:2007

Elohopea suodatetusta näytteestä	µg/l	0.13	<0.13	<0.13
----------------------------------	------	------	-------	-------

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2

Arseeni	µg/l	0.1	0.3	0.2
Kadmium	µg/l	0.024	<0.024	<0.024
Koboltti	µg/l	0.15	<0.15	1.3
Kromi	µg/l	0.2	0.48	0.61
Kupari	µg/l	1	<1.0	<1.0
Nikkeli	µg/l	0.6	1.5	7.7
Lyijy	µg/l	0.15	<0.15	<0.15
Vanadiini	µg/l	0.1	0.5	0.8
Sinkki	µg/l	5	<5.0	16
Antimoni	µg/l	0.1	<0.1	0.6
Kalsium	µg/l	100	3800	3800
Magnesium	µg/l	10	1500	3200
Rauta	µg/l	10	420	2400

Näyttenumero
Näytteen nimi
Näytteenottopvm

KE23-03755.006
Karankalahti,
pohja 15m
05.07.2023

KE23-03755.007
Oja
Karankalahteen
oja
05.07.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Liukoiset metallit vesinäytteestä, ICP-MS Menetelmä: EN ISO 17294-2 (continued)

Mangaani	µg/l	3	20	180
----------	------	---	----	-----

Alkaliteetti vesinäytteestä Menetelmä: SFS 3005

Alkaliteetti	mmol/l	0.02	0.11	0.20
--------------	--------	------	------	------

Kiintoaine vesinäytteestä Menetelmä: SFS-EN 872

Kiintoaine, lasikuitusuodatin GF/C	mg/l	1	1.2	110
------------------------------------	------	---	-----	-----

Anionit vedestä, IC Menetelmä: SFS-EN ISO 10304-1:en

Kloridi	mg/l	0.3	0.9	0.5
Sulfaatti	mg/l	0.3	9.0	7.9

Kokonaiskovuus (kalsiumin ja magnesiumin summa) vedestä Menetelmä: SFS 3003 modifioitu

Kokonaiskovuus	mmol/l	0.05	0.16	0.23
----------------	--------	------	------	------

Tutkimustodistus AR-23-RZ-036439-02
Raportointipäivämäärä 06.10.2023

Sivu 1/8

Näyte-erä EUAA56-00152291
Tilausviite 1510076759

Ramboll Finland Oy
Jukka-Pekka Tervo
Itsehallintokuja 3
02600 Espoo
FINLAND

Tämä tuloste korvaa aiemman, 27/09/2023 päivätyn tulosteen AR-23-RZ-036439-01

Mustalahti, purkuvesien vaikutusarviointi

Näytenumero	750-2023-00073198	750-2023-00073199	750-2023-00073200	750-2023-00073201	750-2023-00073202
Asiakkaan näytetunniste	Mustalahti, pinta 1m	Mustalahti, puoliväli 4m	Mustalahti, pohja 7m	Karankalahti, pinta 1m	Karankalahti, puoliväli 8m
Näyttematriisi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Näytteen kuvaus	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Vastaanottopäivä	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023
Näytteenottopäivä	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023
Näytteenottaja	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Tulos	Tulos
Esikäsittely					
Suodatus (0,45 µm) RZE27		Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset					
pH *	RZB10	6,5	6,7	6,4	6,7
Sähkönjohtavuus 25°C *	RZB60 mS/m	3,3	3,4	5,2	3,5
Väri *	RZB61 mg Pt/l	82	83	84	82
Alkaliteetti *	RZB14 mmol/l	0,11	0,098	0,23	0,10
Liuenut happi (O2) *	RZB18 mg/l	9,0	9,1	1,6	8,6
Kiintoaine (GF/C) *	RZC23 mg/l	1,6	2,0	19	1,4
CODMn *	RZB56 mg/l	15	15	16	15
DOC *	RZB26 mg/l	12	12	12	12
Kloridi (Cl-) *	RZB76 mg/l	0,74	0,74	0,92	0,80
Sulfaatti (SO4) *	RZB86 mg/l	5,7	5,7	7,7	5,9
Typpi (N), kokonais *	RZD13 µg/l	410	390	540	390
Ammoniumtyppi (NH4-N) *	RZU50 µg/l	23	25	130	16
Nitraatti (NO3) *	RZD84 mg/l	0,25	0,23	0,063	0,21
Fosfori (P), kokonaispitoisuus *	RZD27 µg/l	14	14	41	12
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HNO3, ICP-MS					
Kokonaiskovuus *	RZL44 mmol/l	0,12	0,12	0,17	0,12
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO3, ICP-MS					
Antimoni (Sb) *	RZ0G2 µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Arseeni (As) *	RZ0FW µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Elohopea (Hg) *	RZ0G3 µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10

Näyttenumero	750-2023-00073198	750-2023-00073199	750-2023-00073200	750-2023-00073201	750-2023-00073202
Asiakkaan näytetunniste	Mustalahti, pinta 1m	Mustalahti, puoliväli 4m	Mustalahti, pohja 7m	Karankalahti, pinta 1m	Karankalahti, puoliväli 8m
Näyttematriisi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Näytteen kuvaus	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Vastaanottopäivä	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Tulos	Tulos
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS					
Elohopea (Hg) *	RZ0G3 µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Kadmium (Cd) *	RZ0G5 µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Koboltti (Co) *	RZ0G6 µg/l	<0,50	<0,50	3,5	<0,50
Kromi (Cr) *	RZ0G1 µg/l	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Kupari (Cu) *	RZ0GP µg/l	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Lyijy (Pb) *	RZ0FZ µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Nikkeli (Ni) *	RZ0G9 µg/l	<3,0	<3,0	9,7	<3,0
Rikki (S)	RZ0HJ µg/l	1900	1900	2300	2000
Sinkki (Zn) *	RZ0H0 µg/l	6,6	<5,0	7,9	17
Vanadiini (V) *	RZ0GD µg/l	<1,0	<1,0	1,7	<1,0
Mikroaaltohajotus kuningasvesi *	RZE17	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS					
Antimoni (Sb), liukoinen *	RZ0D5 µg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Arseeni (As), liukoinen *	RZ0D6 µg/l	0,24	0,29	0,51	0,22
Elohopea (Hg), liukoinen *	RZ0DJ µg/l	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Kadmium (Cd), liukoinen *	RZ0DA µg/l	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030
Koboltti (Co), liukoinen *	RZ0DG µg/l	0,11	<0,10	2,6	<0,10
Kromi (Cr), liukoinen *	RZ0DB µg/l	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Kupari (Cu), liukoinen *	RZ0D2 µg/l	0,89	0,94	0,71	0,72
Lyijy (Pb), liukoinen *	RZ0DC µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Nikkeli (Ni), liukoinen *	RZ0E6 µg/l	1,7	1,4	5,8	1,3
Sinkki (Zn), liukoinen *	RZ0DF µg/l	2,7	2,6	5,3	2,5
Vanadiini (V), liukoinen *	RZ0E2 µg/l	0,25	0,24	0,29	0,21

Näyttenumero	750-2023-00073203	750-2023-00073204	750-2023-00073205	750-2023-00073206	750-2023-00073207
Asiakkaan näytetunniste	Karankalahti, pohja 15m	Oja	Purkuputki	Allas 1	Allas 2
Näyttematriisi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Näytteen kuvaus	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Vastaanottopäivä	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023
Näytteenottopäivä	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023	18.09.2023
Näytteenottaja	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen	Sanna Mähönen
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Tulos	Tulos
Esikäsittely					
Suodatus (0,45 µm) RZE27		Tehty	Tehty		
Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset					
pH *	RZB10	6,5	5,3	6,1	7,4
Sähkönjohtavuus 25°C *	RZB60 mS/m	4,3	3,8	51	57
Väri *	RZB61 mg Pt/l	93	500	3,3	54
Alkaliteetti *	RZB14 mmol/l	0,12	0,068	0,18	5,3
Liuennot happi (O ₂) *	RZB18 mg/l	6,3	1,7		
Kiintoaine (GF/C) *	RZC23 mg/l	2,6	6,0	4,4	4,6
CODMn *	RZB56 mg/l	16	81		
DOC *	RZB26 mg/l	13	54	2,7	31
Kloridi (Cl-) *	RZB76 mg/l	0,95	0,87	3,5	3,6
Sulfaatti (SO ₄) *	RZB86 mg/l	7,6	7,4	220	17
Typpi (N), kokonais *	RZD13 µg/l	490	1300	3500	2800
Ammonium (NH ₄) *	RZU45 mg/l			2,5	2,1
Ammoniumtyppi (NH ₄ -N) *	RZU50 µg/l	15	59	1900	1700
Nitraatti (NO ₃) *	RZD84 mg/l	0,61	0,12		
Fosfori (P), kokonaispitoisuus *	RZD27 µg/l	19	36	<6,0	
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HNO₃, ICP-MS					
Kokonaiskovuus *	RZL44 mmol/l	0,15	0,24	1,9	2,7
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS					
Antimoni (Sb) *	RZ0G2 µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Arseeni (As) *	RZ0FW µg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Elohopea (Hg) *	RZ0G3 µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Kadmium (Cd) *	RZ0G5 µg/l	<0,10	<0,10	0,84	<0,10
Koboltti (Co) *	RZ0G6 µg/l	<0,50	1,5	120	2,8
Kromi (Cr) *	RZ0G1 µg/l	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Kupari (Cu) *	RZ0GP µg/l	<3,0	<3,0	27	<3,0
Lyijy (Pb) *	RZ0FZ µg/l	<1,0	<1,0	1,6	<1,0
Mangaani (Mn) *	RZ0GS µg/l			760	2100
Nikkeli (Ni) *	RZ0G9 µg/l	5,5	8,0	720	8,6

Näyttenumero	750-2023-00073203	750-2023-00073204	750-2023-00073205	750-2023-00073206	750-2023-00073207
Asiakkaan näytetunniste	Karankalahti, pohja 15m	Oja	Purkuputki	Allas 1	Allas 2
Näyttematriisi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Näytteen kuvaus	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi	Pintavesi
Vastaanottopäivä	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023	19.09.2023
Analyysit	Yksikkö	Tulos	Tulos	Tulos	Tulos
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS					
Rauta (Fe) *	RZ0GE µg/l		230	49000	2100
Rikki (S)	RZ0HJ µg/l	2600	2700	62000	
Sinkki (Zn) *	RZ0H0 µg/l	7,2	13	880	6,1
Vanadiini (V) *	RZ0GD µg/l	<1,0	1,6	<1,0	6,5
Mikroaaltohajotus kuningasvesi *	RZE17	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS					
Antimoni (Sb), liukoinen *	RZ0D5 µg/l	<0,20	<0,20		
Arseeni (As), liukoinen *	RZ0D6 µg/l	0,33	0,27		
Elohopea (Hg), liukoinen *	RZ0DJ µg/l	<0,020	<0,020		
Kadmium (Cd), liukoinen *	RZ0DA µg/l	<0,030	<0,030		
Koboltti (Co), liukoinen *	RZ0DG µg/l	0,20	0,71		
Kromi (Cr), liukoinen *	RZ0DB µg/l	0,53	0,90		
Kupari (Cu), liukoinen *	RZ0D2 µg/l	0,96	1,9		
Lyijy (Pb), liukoinen *	RZ0DC µg/l	0,15	0,55		
Nikkeli (Ni), liukoinen *	RZ0E6 µg/l	3,9	3,2		
Sinkki (Zn), liukoinen *	RZ0DF µg/l	5,0	5,5		
Vanadiini (V), liukoinen *	RZ0E2 µg/l	0,36	1,2		
>C10-C40 Öljyhiilivetyjakeet					
Öljyhiilivedyt (summa C10-C40) *	RZP0L mg/l		<0,02	<0,02	<0,02
Öljyhiilivedyt >C10-C21 *	RZP0L mg/l		<0,02	<0,02	<0,02
Öljyhiilivedyt >C21-C40 *	RZP0L mg/l		<0,02	<0,02	<0,02

*Menetelmä on akkreditoitu.

Lisätiedot

Näytteelle (750-2023-00073205) on lisätty fosfori- ja rikkitulokset asiakkaan pyynnöstä.

Kokonaisfosforin määrittärajaa on jouduttu nostamaan matriisihäiriön vuoksi näytteellä (750-2023-00073205).

YHTEYSHENKILÖ

Sami Tyrväinen Analyysipalvelupäällikkö

SamiTyrvainen@eurofins.fi +358 50 434 4092

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäysraja	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
Esikäsittely						
RZE27	Suodatus (0,45 µm)			Ei	Sis. men., Suodatus	RZ
Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ
RZB60	Sähkönjohtavuus 25°C	0,2mS/m(<4mS/m) 5%(>4mS/m)	0,1 mS/m	Kyllä	SFS-EN 27888:1994, mod.	RZ
RZB61	Väri	2mg/lPt(<20) 10%(≥20)	2 mg Pt/l	Kyllä	SFS-EN ISO 7887:2012, spektrofotometrinen	RZ
RZB14	Alkaliteetti	0,01mmol/l(<0,1) 10%(>0,1)	0,02 mmol/l	Kyllä	SFS-EN ISO 9963-1:1996	RZ
RZB18	Liuennot happi (O ₂)	0,2mg/l(<2) 10%(≥2)	0,2 mg/l	Kyllä	SFS-EN 25813:1993, mod.	RZ
RZC23	Kiintoaine (GF/C)	15% (>3,3 mg/l) 0,5 mg/l (<3,3 mg/l)	1 mg/l	Kyllä	SFS-EN 872:2005 mod.	RZ
RZB56	CODMn	0,4mg/l(<4mg/l) 10%(>4mg/l)	0,5 mg/l	Kyllä	SFS 3036:1981, automaattinen titraus	RZ
RZB26	DOC	24%(<2mg/l) 15%(=2mg/l)	1 mg/l	Kyllä	SFS-EN 1484:1997	RZ
RZB76	Kloridi (Cl ⁻), -	10%	0,5 mg/l	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ
RZB86	Sulfaatti (SO ₄), -	12%(<4mg/l) 10%(>4mg/l)	0,5 mg/l	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ
RZD13	Typpi (N), kokonais, -	15 % (>70 µg/l) 10 µg/l (<70 µg/l)	50 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 11905-1:1998	RZ
RZU45	Ammonium (NH ₄), -	15%(>0.026mg/l) 0.0039mg/l(<0.026mg/l)	0,006 mg/l	Kyllä	EN ISO 11732:2005, mod.	RZ
RZU50	Ammoniumtyppi (NH ₄ -N), -	15%(>20µg/l) 3µg/l(<20µg/l)	5 µg/l	Kyllä	EN ISO 11732:2005, mod.	RZ
RZD84	Nitraatti (NO ₃), -	0,020mg/l(<0,062mg/l) 15%(≥0,062mg/l)	0,02 mg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 13395:1997, mod.	RZ
RZD27	Fosfori (P), kokonaispitoisuus, -	15 % (>10 µg/l) 1,5 µg/l (<10 µg/l)	3 µg/l	Kyllä	Sis. men. EF2087, Discrete analyzer, Spektrofotometri (DA)	RZ
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HNO₃, ICP-MS						
RZL44	Kokonaiskovuus	15%(>0.027mmol/l) 25%(<0.027mmol/l)	0,005 mmol/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO₃, ICP-MS						
RZ0G2	Antimoni (Sb), 7440-36-0	20%	1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0FW	Arseeni (As), 7440-38-2	20%	1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0G3	Elohopea (Hg), 7439-97-6	15 % (>0,1 µg/l) ja 25 % (<1 µg/l)	0,05 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0G5	Kadmium (Cd), 7440-43-9	20%	0,1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0G6	Koboltti (Co), 7440-48-4	20%	0,5 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0G1	Kromi (Cr), 7440-47-3	20%	3 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0GP	Kupari (Cu), 7440-50-8	20%	3 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0FZ	Lyijy (Pb), 7439-92-1	20%	1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ

Alkuaineet, kokonaispitoisuus, HCl/HNO ₃ , ICP-MS						
RZ0GS	Mangaani (Mn), 7439-96-5	20%	5 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0G9	Nikkeli (Ni), 7440-02-0	20%	3 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0GE	Rauta (Fe), 7439-89-6	20%	25 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0HJ	Rikki (S), 63705-05-5	22%	500 µg/l	Ei	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0H0	Sinkki (Zn), 7440-66-6	20%	5 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0GD	Vanadiini (V), 7440-62-2	20%	1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZE17	Mikroaaltolahotus kuningasvesi			Kyllä	SFS-EN ISO 15587-1	RZ
Alkuaineet, liukoinen pitoisuus, ICP-MS						
RZ0D5	Antimoni (Sb), liukoinen, 7440-36-0	15%(>2µg/l) 16%(1-2µg/l) 25%(0.2-1µg/l)	0,2 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0D6	Arseeni (As), liukoinen, 7440-38-2	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0,2 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DJ	Elohopea (Hg), liukoinen, 7439-97-6	15%(>1µg/l) 20%(0.05-1µg/l) 40%(<0.05µg/l)	0,02 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DA	Kadmium (Cd), liukoinen, 7440-43-9	15%(>1µg/l) 17%(0.1-1µg/l) 20%(<0.1µg/l)	0,03 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DG	Koboltti (Co), liukoinen, 7440-48-4	15%(>0.2µg/l) 20%(<0.2µg/l)	0,1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DB	Kromi (Cr), liukoinen, 7440-47-3	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0,5 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0D2	Kupari (Cu), liukoinen, 7440-50-8	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0,5 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DC	Lyijy (Pb), liukoinen, 7439-92-1	15%(>0.2µg/l) 25%(<0.2µg/l)	0,1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0E6	Nikkeli (Ni), liukoinen, 7440-02-0	15%(>1µg/l) 25%(<1µg/l)	0,2 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0DF	Sinkki (Zn), liukoinen, 7440-66-6	15%(>20µg/l) 20%(2-20µg/l) 30%(<2µg/l)	1 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
RZ0E2	Vanadiini (V), liukoinen, 7440-62-2	15%(>1µg/l) 20%(<1µg/l)	0,2 µg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 17294-2:2016	RZ
>C10-C40 Öljyhiilivetyjakeet						
RZP0L	Öljyhiilivedyt (summa C10-C40)	22%	0,02 mg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 9377-2:2001	RZ
RZP0L	Öljyhiilivedyt >C10-C21	22%	0,02 mg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 9377-2:2001	RZ
RZP0L	Öljyhiilivedyt >C21-C40	22%	0,02 mg/l	Kyllä	SFS-EN ISO 9377-2:2001	RZ

Laboratorio		
RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

Tutkimustodistuksen jakelu: elina.lampinen@ramboll.fi, jukka-pekka.tervo@ramboll.fi, sanna.mahonen@ramboll.fi

Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen kopioiminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Näytteet on toimitettu laboratorioon asiakkaan toimesta, ellei tutkimustodistuksella toisin ilmoiteta.

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Elina Lampinen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

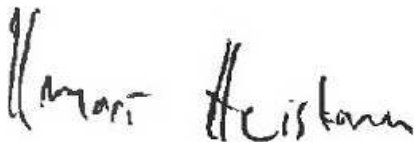
SGS Refno KE23-01198 R0
Raportointi pvm 24.03.2023
Saapumis pvm 20.03.2023
Aloitus pvm 20.03.2023
Valmistumis pvm 24.03.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510019655, Mustalahti
Näytteiden lkm 1

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 15.3.2023

ALLEKIRJOITUKSET



Ilmari Heiskanen
Laboratoriokemisti

ALAVIITTEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, väärentäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

Näyttenumero
Näytteen nimi

KE23-01198.001
Laskeutusallas
sedimentti

Analyysi

Yksikkö

DL

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16170, EPA3015A, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Arseeni	mg/kg KA.	0.7	9.9
Kadmium	mg/kg KA.	0.3	<0.3
Koboltti	mg/kg KA.	0.3	62.5
Kromi	mg/kg KA.	0.7	128.8
Kupari	mg/kg KA.	1.4	132.5
Nikkeli	mg/kg KA.	0.5	299.5
Lyijy	mg/kg KA.	0.5	27.8
Vanadiini	mg/kg KA.	0.5	97.9
Sinkki	mg/kg KA.	1.9	504.5
Antimoni *	mg/kg KA.	1	<1.0
Kalsium *	mg/kg KA.	50	4746

Metallit maa ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: ISO 22036, SFS-EN 16170, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Elohopea *	mg/kg KA.	0.2	<0.2
------------	-----------	-----	------

pH (H₂O) maanäytteestä Menetelmä: SFS-ISO 10390

pH (H ₂ O)	pH-yksikkö	2	5.8
-----------------------	------------	---	-----

ASIAKAS

Nimi RAMBOLL FINLAND OY
Yhteyshenkilö Arttu Savolainen
Osoite PL 25
ESPOO 02601

NÄYTE

SGS Refno KE23-01580 R0
Raportointi pvm 25.04.2023
Saapumis pvm 13.04.2023
Aloituspvm 13.04.2023
Valmistumis pvm 25.04.2023

Projekti - -
Asiakkaan viite 1510076759 mustalahti
Näytteiden lkm 2

KOMMENTIT

Näytteenotto: Arttu Savolainen 5.4.2023

Liitteenä rakeisuustutkimustodistus

ALLEKIRJOITUKSET



Eeva Niemelä
Asiakaspalvelukoordinaattori

ALAVIITEET JA HUOMAUTUKSET

- * Tämä analyysi ei ole akkreditoitu 13) Alihankinta Suomen GPS-mittaus Oy testauslaboratorio
DL Määritysraja
- Ei analysoitu
Laboratorio toimittaa analyysien mittausepävarmuusarviot pyydettyäessä.

Yritys on antanut tämän dokumentin palvelujen yleisten toimitusehtojensa mukaisesti, jotka ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sgs.com/en/terms-and-conditions>. Toimitusehdot sisältävät rajoituksia yrityksen vahingonkorvausvastuuseen, hyvityksiin ja lain valintaan. Tämän dokumentin haltijan tulee huomioida, että informaatio tässä dokumentissa kuvaa tilanteen sellaisena kuin yhtiö on sen työsuorituksensa aikana todennut asiakkaan mahdollisten ohjeiden mukaisesti. Yrityksen vastuu rajoittuu yrityksen asiakkaaseen eikä tämä dokumentti estä kaupan osapuolia käyttämästä kaupan asiakirjojen mukaisia oikeuksia ja velvoitteita. Tämän dokumentin sisällön tai ulkomuodon luvaton muuttaminen, vääräntäminen tai vääristely on lainvastaista ja tekijä voidaan asettaa syytteeseen lain ankarimman tulkinnan mukaisesti. Ellei erikseen ole mainittu, tässä dokumentissa esitetyt tulokset koskevat vain testattuja näytteitä. Näytteitä säilytetään korkeintaan 2 viikkoa. Tämän dokumentin saa kopioida vain kokonaisena, ellei yritys ole antanut kirjallista lupaa osittaiseen kopiointiin.

MUSTALAHTI SEDIMENTTI

Näyttenumero	KE23-01580.001	KE23-01580.002
Näytteen nimi	SED PISTE 1	SED PISTE 2
Näytteenottopvm	0-0,15 05.04.2023	0-0,2 05.04.2023

Analyysi

Yksikkö

DL

Kuiva-ainepitoisuus Menetelmä: Sis.menet. SGSF1003 perustuu SFS-ISO 11465, EN 15934, SFS-EN 14346 kumottu

Kuiva-ainepitoisuus	paino-%	2	30.6	51.3
---------------------	---------	---	------	------

Metallit sedimentti ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: ISO 22036, SFS-EN 16170, SFS-EN 16174:2012 kumot., ISO 12914

Elohopea *	mg/kg KA.	0.1	<0.1	<0.1
------------	-----------	-----	------	------

Hekikutushäviö sedimenttinäytteestä (550 C) Menetelmä: SFS 3008

Hekikutushäviö (550 C)	paino-% KA.	0.5	8.5	11.2
------------------------	-------------	-----	-----	------

Metallit sedimentti ICP-AES kuningasvesi Menetelmä: SFS-EN ISO 11885, SFS-EN 16170, EPA3015A, SFS-EN 16174:2012 kumot, ISO 12914

Arseeni	mg/kg KA.	0.7	2.4	1.9
Kadmium	mg/kg KA.	0.3	<0.3	<0.3
Kromi	mg/kg KA.	0.7	53.8	40.9
Kupari	mg/kg KA.	1.4	15.8	13.0
Nikkeli	mg/kg KA.	0.5	23.6	23.8
Lyijy	mg/kg KA.	0.5	4.7	4.8
Sinkki	mg/kg KA.	1.9	69.3	50.9
Alumiini *	mg/kg KA.	20	21330	13630
Rauta *	mg/kg KA.	50	26910	19500
Magnesium *	mg/kg KA.	20	7005	5471
Mangaani *	mg/kg KA.	10	437	387

Rakeisuus 13) Menetelmä: SFS-EN ISO 17892-4:2016

Kuiva- / pesuseulonta / hydrometri *	Läpäisy-%	-	Kts. liite	Kts. liite
--------------------------------------	-----------	---	------------	------------



RAKEISUUSTUTKIMUS

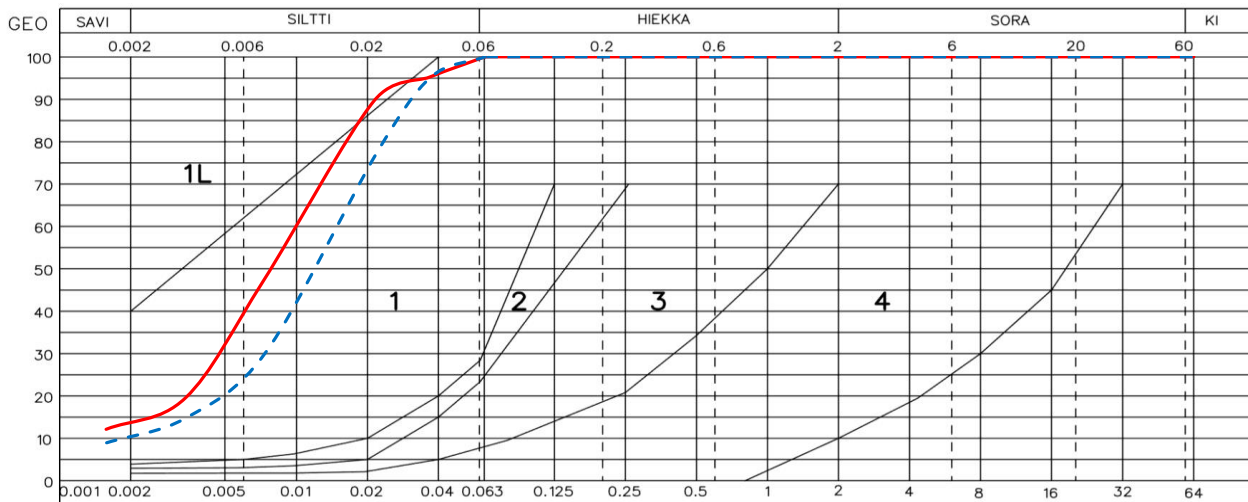
X
Y
Z

Projekti	Rakeisuustutkimus
Tilaaaja	SGS Finland Oy
Saapumispvm	21.4.2023

SGS työnnumero	KE23-01580
Yhteyshenkilö	Janika Hurri
Tutkimuspvm	21- 25.04.2023

Kuvaajatunnus	—	- - - -			
Näyttenumero	KE23-01580.001	KE23-01580.002			
Näytetunnus	SED PISTE1 0.00-0.15	SED PISTE2 0.00-0.20			
Routivuus GEO	Routiva	Routiva			
Menetelmät (*)	2,3	2,3			
Turpeen maatuneisuus					
Vesipitoisuus %					
Humuspitoisuus %					
Savipitoisuus %	14.0	10.4			
Kivisyys > 200 mm					
Kivisyys 63 - 200 mm					
Leikkauslujuus					
Sensitiivisyys					
Hienousluku %					
d ₅₀	0.008	0.012			
Maalaji	saSi	saSi			

(*) 1. SFS-EN ISO 17892-4:2016 (kuivaseulonta) 2. SFS-EN ISO 17892-4:2016 (pesuseulonta) 3. SFS-EN ISO 17892-4:2016 (hydrometri) 4. SFS-EN ISO 17892-1 (vesipitoisuus) 5. SFS-EN 1744-1 (humuspitoisuus) 6. SFS-EN ISO 17892-12:2018 (hienousluku/juoksuraja, plastisuusraja) 7. Von Post (turpeen maatuneisuusaste) 8. SFS-EN ISO 17892-6:2017(Kartiokoe)



	0.002*	0.006*	0.02*	0.063	0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	16	22.4*	31.5	64
KE23-01580.001	14.0	38.4	85.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
KE23-01580.002	10.4	24.9	71.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

*Laskettu läpäisyprosentti

Huomioitavaa

KE23-01580.001	-
KE23-01580.002	-

Tässä testausselostuksessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille.

Kamunen Susanna

Kamunen Susanna 25.4.2023

Suomen GPS-Mittaus Oy
Asevarikontie 15, 70800 Kuopio
PANK-hyväksytty laboratorio

Liite 3

Koontitaulukot

Sedimentti-, kiviaines- ja vesinäytteet

					Metallit ja puolimetallit														
Pistetunnus	Päivä-määrä	Raekoko		Vertailuarvot ¹	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	S	S	pH (H2O)	Analyyssi-todistuksen tunnus
				kynnysarvo	2	5	0,5	1	20	100	100	60	50	200	100	-	-	-	
				alempi ohjearvo	10	50	2	10	100	200	150	200	100	250	150	-	-	-	
				ylempi ohjearvo	50	100	5	20	250	300	200	750	150	400	250	-	-	-	
				pienin vaarallisen jätteen cut off -arvo	10 000	1 000	1 000	1 000	380	1 000	400	1 000	380	400	5 600	-	-	-	
				pienin sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja	25 000	2 500	2 500	2 500	380	1 000	1 000	2 500	380	1 000	5 600	-	-	-	
				kohdekohtaisella riskinarviolla määriteltä tavoitepitoisuus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		mm	L/T	Lisätietoja / havainnot	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	
K1	5.4.2023	0/3	T		1,4	<0,7	<0,2	<0,3	15	106	19	11	25	69	69	618	0,060		KE23-01575 R0
K2	5.4.2023	0/16	T																
K3	5.4.2023	0/6	T																
K4	5.4.2023	0/6	T																
K5	5.4.2023	0/6	T																
K6	5.4.2023	0/90	T		<1,0	<0,7	<0,2	<0,3	9,6	59	22	17	20	61	48	1 034	0,10		KE23-01575 R0
K7	5.4.2023	0/56	T																
K8	5.4.2023	0/32	T																
K10	5.4.2023	0/16	T																
K11	5.4.2023	0/32	T																
K12	5.4.2023	0/6	T																
K13	5.4.2023	0/56	T																
K14	5.4.2023	6/16	T																
K15	5.4.2023	0/16	T																
K16	5.4.2023	0/11	T																
K17	9.5.2023	Multa	T		<1,0	0,70	<0,2	<0,3	5,1	25	16	3,7	17	20	22	844	0,080		KE23-02346 R0
Altaiden sepelit	9.5.2023	32/63	T		<1,0	1,1	<0,2	<0,3	0,80	9,2	21	2,9	7,3	5,9	2,7	11	0,0010		KE23-02347 R0
KOK1	5.4.2023			Osanäytteet: K3,K7	1,3	<0,7	<0,2	<0,3	17	113	31	11	56	131	68	1 106	0,11	6,3	KE23-01575 R0, KE23-03504 R0, KE23-02051
KOK2	5.4.2023			Osanäytteet: K8,K10	1,8	<0,7	<0,2	<0,3	23	183	38	6,9	105	94	95	1 550	0,16	4,8	KE23-01575 R0, KE23-03504 R0, KE23-02051
KOK3	5.4.2023			Osanäytteet: K11,K13,K15	1,9	<0,7	<0,2	<0,3	22	209	43	9,3	148	178	72	1 243	0,12	6,6	KE23-01575 R0, KE23-03504 R0, KE23-02051
Mustalahti 1	8.11.2023	0/32	T	Näytteet tuotekasoista GTK:n analyysieihin															Liite 4: GTK raportti
Mustalahti 2	8.11.2023	0/56	T	Näytteet tuotekasoista GTK:n analyysieihin															Liite 4: GTK raportti
Mustalahti 3	8.11.2023	0/32	T	Näytteet tuotekasoista GTK:n analyysieihin															Liite 4: GTK raportti
Mustalahti 4	8.11.2023	0-90	T	Näytteet tuotekasoista GTK:n analyysieihin															Liite 4: GTK raportti

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnysarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon
XXXX	tulos ylittää vaarallisen jätteen cut off -arvon
XXXX	tulos ylittää pienimmän sovellettavan vaarallisen jätteen raja-arvon
XXXX	tulos ylittää kohdekohtaisella riskinarviolla määritetyn tavoitepitoisuuden

Huomautukset:

1.-12. = kts. VNa 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määrittäysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määrittäysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

0 = pilaantumaton
1 = lievä
2 = kohtalainen
3 = voimakas
L = Luonnonmaa
T = Täyttömaa

						Kenttämittaukset								Metallit ja puolimetallit 2														
Pistetunnus	Syvyys (m)	Kerros- paksuus	Päivä- määrä	Maalaji arvio	Vertailuarvot ¹	As	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	Org.aines	Kuiva- aine	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	pH (H2O)	Analyyysi- todistuksen tunnus		
					luontainen pitoisuus / alueellinen taustapitoisuus	1	31	22	5	17	31			0,02	1	0,005	0,03	8	31	22	5	17	31	38				
					kynnysarvo	5	100	100	60	50	200	Hehkutus-	-	2	5	0,5	1	20	100	100	60	50	200	100	-			
					alempi ohjearvo	50	200	150	200	100	250	häviö	-	10	50	2	10	100	200	150	200	100	250	150	-			
					ylempi ohjearvo	100	300	200	750	150	400	-	-	50	100	5	20	250	300	200	750	150	400	250	-			
					pienin vaarallisen jätteen cut off -arvo	1 000	1 000	400	1 000	380	400	-	-	10 000	1 000	1 000	1 000	380	1 000	400	1 000	380	400	5 600	-			
					pienin sovellettava vaarallisen jätteen pitoisuusraja	2 500	1 000	1 000	2 500	380	1 000	-	-	25 000	2 500	2 500	2 500	380	1 000	1 000	2 500	380	1 000	5 600	-			
					kohdekohtaisella riskinarviolla määritelty tavoitepitoisuus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Lisätietoja / havainnot						mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	-			
LASKEUTUSALTAAT																												
Tuleva	0,0 - 0,1	0,1	2.11.2022	Sa, Si	sedimenttinäyte tulevan altaan pohjasta, pitoisuudet mitattu XRF:llä		98	58		76	152																	
Laskeutusallas 2	0,0 - 0,1	0,1	2.11.2022	Sa, Si	sedimenttinäyte laskeutusaltaan pohjasta, pitoisuudet mitattu XRF:llä		96	54		61	177																	
Laskeutusallas 3	0,0 - 0,1	0,1	15.3.2023	Sa, Si	Sedimenttinäyte laskeutusaltaan pohjasta suoraan labraan									<1	9,9	<0,2	<0,3	63	129	133	28	300	505	98	5,8	KE23-01198 R0		
MUSTALAHTI, REHJA																												
Sed 1	0,0 - 0,15	0,2	5.4.2023	Sedimentti	Sedimenttinäyte Rehjan Mustalahdesta syvänteestä							8,5 %	30,6 %		2,4	<0,1	<0,3		54	16	4,7	24	69			KE23-01580 R0		
Sed 2	0,0 - 0,2	0,2	5.4.2023	Sedimentti	Sedimenttinäyte Rehjan Mustalahdesta purkavan ojan edustalta							11,2 %	51,3 %		1,9	<0,1	<0,3		41	13	4,8	24	51			KE23-01580 R0		

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnysarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon
XXXX	tulos ylittää vaarallisen jätteen cut off -arvon
XXXX	tulos ylittää pienimmän sovellettavan vaarallisen jätteen raja-arvon
XXXX	tulos ylittää kohdekohtaisella riskinarviolla määritetyn tavoitepitoisuuden

Huomautukset:

- 1.-12. = kts. VNa 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määrittysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määrittysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

- 0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

- 0 = pilaantumaton
1 = lievä
2 = kohtalainen
3 = voimakas
- L = Luonnonmaa
T = Täyttömaa

									Metallit								
Pistetunnus	Syvyys (m)	Kerros- paksuus	Maalaji arvio	Maalaji määritetty	Org.aines	Savipit.	Kuiva- aine	Viitearvot	As	Hg	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	
					Hehkutus- häviö	-	-		1	<15	<0,1	<0,5	<65	<35	<40	<45	<170
					-	-	-		1A	15	0,1	0,5	65	35	40	45	170
					-	-	-		1B	50	0,6	2,5	270	50	80	50	360
					-	-	-		1C	70	0,8	2,5	270	70	100	60	500
					-	-	-		2	70	1	2,5	270	90	200	60	500
					-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-
									mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Sed 1	0,0 - 0,15	0,2	saSi	saSi	8,5 %	14,0 %	30,6 %		2,9	<	<	69	20	5,5	35	92	
Sed 2	0,0 - 0,2	0,2	saSi	saSi	11,2 %	10,4 %	51,3 %		2,3	<	<	58	17	5,7	41	73	
					2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	
					9,85 %	12,20 %	40,95 %		2,6	0,0	0,0	64	18	5,6	38	83	
					9,85 %	12,20 %	40,95 %		2,6	0,0	0,0	64	18	5,6	38	83	
					8,50 %	10,40 %	30,60 %		2,3	0,0	0,0	58	17	5,5	35	73	
					11,20 %	14,00 %	51,30 %		2,9	0,0	0,0	69	20	5,7	41	92	
					1,35 %	1,80 %	10,35 %		0,28	0,0	0,0	5,7	1,7	0,094	3,1	9,7	

Viitearvovertailu, VNa 214/2007 ja YM julkaisu 2/2019:

X	tulos ylittää kynnsarvon
XX	tulos ylittää alemman ohjearvon
XXX	tulos ylittää ylemmän ohjearvon
XXXX	tulos ylittää vaarallisen jätteen cut off -arvon
XXXX	tulos ylittää pienimmän sovellettavan vaarallisen jätteen raja-arvon
XXXX	tulos ylittää kohdekohtaisella riskinarviolla määritetyn tavoitepitoisuuden

Huomautukset:

1.-12. = kts. VNa 214/2007
13. = Luvuissa ovat mukana kaikki numeeriset tulokset. Jos tulos alittaa määritysrajan, on laskennassa tuloksena käytetty määritysrajaa
14. = Aistihavainto kosteudesta, kts. oheinen luokitus
15. = Aistihavainto pilaantuneisuudesta, kts. oheinen luokitus

Kosteus:

0 = kuiva
1 = kostea
2 = märkä
3 = pv-tason alla

Aistihavainnot pilaantuneisuudesta:

0 = pilaantumaton
1 = lievä
2 = kohtalainen
3 = voimakas

L = Luonnonmaa
T = Täyttömaa

Piste	Ajankohta	Kenttämittaukset		Vedenlaadun perusanalyysit													Liukoiset metallit																								
		Lämpötila	Väri/luku	pH	Sähkönjohtavuus	Alkaliteetti	Happipitoisuus (O ₂)	Kiintoaine	COD _{Mn}	Kloridi (Cl)	Sulfraatti (SO ₄)	Kovuus	Typen kokonaispitoisuus	Ammoniumtyppi (NH ₄ -N)	Fosfori (kokonaispitoisuus)	Ionit	Al	Ca	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	Fe	K	Zn	V	Se	Na	Mg	B				
(1) Ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin (1) Suurimmat sallitut pitoisuusrajat (1) Sisämaan pintavedet AA-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Sisämaan pintavedet MAC-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Talousveden ottoon tarkoitetut pintavedet AA-EQS (1) Yksilöity vaaralliseksi aineeksi (2) Suositus pintaveden yleiseksi vertailuarvoksi		AA-EQS MAC-EQS																			0,07 0,07	<0,08-0,25 0,2 ≤0,45-1,5 ≤0,45-1,5						1,2 1,3 14 14				4 8,6 34 34									
		°C	mg Pt/l		mS/m	mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mg/l	µg/l	mg/l	µg/l	mg/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	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l				
LOUHOXSELTA LÄHTEVÄT VEDET																																									
Tuleva vesi	1.11.2022			5,8			13										850	56	<0,1	3,9		1,3		<0,2	10	1,9	950	<1,0	1000		15	1300		0,6	8,5	45	<100				
Laskeutusallas (viimeinen)	1.11.2022			6			7,3										440	55	<0,1	3,4		1,2		<0,2	8,9	1,1	850	<1,0	970		15	1200		0,6	8,3	44	<100				
Laskeutusallas (viimeinen)	15.3.2023			6,3													330	41	<0,2	3,1		1		<0,2	6,7	0,53	940	<4	910		14	1200		0,6	8,3	42	<100				
Purkuputki	30.4.2015		<5	5,8	75	0,17		2,1	0,98	3	380	3,68			6,1																										
Purkuputki	15.8.2015		5	5,7	85	0,14		<2	1,4	4,2	430	3,77																													
Purkuputki	6.5.2016		<5	6,2	55	0,46		<2	1,6	3,4	240	2,3																													
Purkuputki	31.8.2016		10	6	86	0,32		2,1	1,7	5,1	400	3,73																													
Purkuputki	13.9.2017		5	6,3	31	0,13		410	13	1,7	140	1,6																													
Purkuputki	7.11.2017		<5	6	57	0,32		39	1,9	2,7	250	2,5																													
Purkuputki	11.9.2018		<5	6	71	0,4		<2	1,8	3,4	330	3,1																													
Purkuputki	7.10.2019		<5	5,6	80	0,23		7,7	2	3,8	400	3,6																													
Purkuputki	26.8.2020		6,4	6,8	67	0,61		5,8		5,3	280		1,2																												
Purkuputki	12.11.2020		15	6,4	62,4	0,82		14	2,7	4,3	300	2,83																													
Purkuputki	29.9.2021		5	6,3	73,5	0,87		5,2	2,8	4,3	360	3,42	0,78	0,025																											
Purkuputki	29.9.2022		10	6,3	67,3	0,71		3,2	2,7	2,7	280	3,15																													
Purkuputki	1.11.2022			6			7,1										440	54	<0,1	3,4		1,2		<0,2	9,1	1	860	<1,0	980		15	1200		0,6	8,4	44	<100				
Purkuputki (N1)	9.5.2023			6,6	44,5	0,64		10	3,9	1,7	170	1,99	1,7	0,023	7,2				<0,1	1,5	<0,13	0,87	88	<0,2	16	0,54		510			680	0,2									
Purkuputki	18.9.2023		3,3	6,1	51	0,18		4,4		3,5	220	1,9			<6																										
MAANKAATOPAICALTA LÄHTEVÄT VEDET																																									
Allas 1	13.9.2017		25	6,3	2,6	0,13		1800	13	0,2	4,4		1,4	<0,022																											
Allas 1	7.11.2017		440	6,3	23	2		150	54	1,5	7		3,1	0,35																											
Allas 1	25.10.2018		55	6,5	8,8	0,49		250	16	0,65	14		1,4	0,3																											
Allas 1	31.10.2019		250	6,3	17	1,4		44	30	1,8	11		2,6	1,7																											
Allas 1	26.8.2020		140	6,8	61	0,86		18		5	220	5,3																													
Allas 1	12.11.2020		400	6,5	38,7	1,8		30	21	2,5	93	1,58	2,6	1,3																											
Allas 1	29.9.2021		20	6,3	61,9	0,69		23	10	2,7	300	2,79	2,6	0,91																											
Allas 1	29.9.2022		700	6,7	20,4	2,2		34	24	1,5	2,3	0,9	1,8	1,3																											
Allas 1 (N2)	9.5.2023			6,7	31,4	2,9		80	27	1,8	12	1,45	2,9	2	120				0,4	0,4	<0,13	<0,024	7,1	2,9	1,7	0,2		8,6			12	3,1									
Allas 1	18.9.2023		520	6,6	40	3,8		58		2,3	5,3	1,8	3,5	1,9																											
Allas 2	25.10.2018		260	6,2	6,8	0,35		63	47	1,1	7,2		1,4	0,059																											
Allas 2	31.10.2019		180	6,7	7,1	0,44		46	30	1	7,3		1,1	0,1																											
Allas 2	26.8.2020		250	7,4	39	3,6		72		5,2	6,5		2,3																												
Allas 2	12.11.2020		400	7,4	33	3,3		89	32	4	9	1,45	1,9	1																											
Allas 2	29.9.2021		150	7,2	38,5	<0,02		21	25	3,4	6,3	2	1,5	0,62																											
Allas 2	29.9.2022		300	7,3	56,6	6,3		14	25	4,1	4,8	2,97	2,7	1,8																											
Allas 2 (N3)	9.5.2023			6,7	34,4	2,9		27	20	1,9	33	1,58	2,1	1,5	49				0,4	0,3	<0,13	0,075	8,5	1,1	1,6	<0,15		30			33	1,6									
Allas2	18.9.2023		54	7,4	57	5,3		4,6		3,6	17	2,7	2,8	1,7																											
Oja länsipuolella (N4)	9.5.2023			6,4	24,1	0,37		3,5	22	1,3	86	0,94	0,9	0,2	18				1,1	0,2	<0,13	0,17	39	0,8	2,7	<0,15		180			210	1									
Oja	5.7.2023	11	500	5,8	5,2	0,2	7,1	110	130	0,5	7,9	0,23	1,5	0,15	600	<0,023			0,6	0,2	<0,13	<0,024	1,3	0,61	<1,0	<0,15		7,7			16	0,8									
Oja	18.9.2023	11	500	5,3	3,8	0,068	1,7	6	81	0,87	7,4	0,24	1,3	0,059	36	0,12			<0,20	0,27	<0,020	<0,030	0,71	0,9	1,9	0,55		3,2			5,5	1,2									

Piste	Ajankohta	Metallit, kokonaispitoisuudet																				Öljyhiilivedyt				Analyysitodistuksen tunnus		
		Al	Ca	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	Fe	K	Zn	V	Se	Na	Mg	S	B	C ₁₀ -C ₂₁ Kehitt.	C ₂₁ -C ₄₀ Raskaat		C ₁₀ -C ₄₀ sum.	Silikaatti
(1) Ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin (1) Suurimmat sallitut pitoisuusraajat (1) Sisämaan pintavedet AA-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Sisämaan pintavedet MAC-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Talousveden ottoon tarkoitetut pintavedet AA-EQS (1) Yksilöity vaaralliseksi aineeksi (2) Suositus pintaveden yleiseksi vertailuarvoksi						50/5	10 <0,08-0,25 0,2 <0,45-1,5			1,2 1,3 14			4 8,6 34															
		µg/l	mg/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	
LOUHOXSELTA LÄHTEVÄT VEDET																												
Tuleva vesi	1.11.2022	3000	58	<1,0	4,6		1,3		<1,0	12	2,4	970	<1,0	1100	0,44	16	1400		<1,0	8,8	47		<200				22712	KE22-06934 R0
Laskeutusallas (viimeinen)	1.11.2022	1900	59	<1,0	4,1		1,2		<1,0	11	1,5	900	<1,0	1000	0,29	16	1300		<1,0	9	47		<200				15319	KE22-06934 R0
Laskeutusallas (viimeinen)	15.3.2023	1400	55	<1	3,8		1		1,9	9,2	1,3	950	<4	900	590	14	1200		<1	8,2	43		<200				19800	KE23-01117 R0
Purkuputki	30.4.2015											2600			0,057													
Purkuputki	15.8.2015											2900			0,16									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	6.5.2016											1100			0,06									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	31.8.2016											2400			0,47									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	13.9.2017											1100			17									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	7.11.2017											1500			2,3									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	11.9.2018											2100			0,15									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	7.10.2019											3400			2,6									<0,05	<0,05	<0,05		
Purkuputki	26.8.2020											1200			0,3									<0,02	<0,02	<0,02		
Purkuputki	12.11.2020											1300			0,24									<0,025	<0,025	<0,05		
Purkuputki	29.9.2021											1100			0,48									<0,025	<0,025	<0,05		
Purkuputki	29.9.2022											634			0,123									<0,025	<0,025	<0,05		
Purkuputki	1.11.2022	1600	56	<1,0	3,8		1,2		<1,0	11	1,5	880	<1,0	1000	0,27	15	1200		<1,0	8,6	45		<200				19135	KE22-06934 R0
Purkuputki (N1)	9.5.2023			<1	2,3	<0,13	0,8	86	<1	21	1,4			490			580	<0,5										KE23-02232 R0, KE23-02795 R0
Purkuputki	18.9.2023			<1	<1	<0,10	0,84	120	<3,0	27	1,6	760		720	0,23		880	<1,0				62000		<0,02	<0,02	<0,02		AR-23-RZ-036439-02
MAANKAATOPAICALTA LÄHTEVÄT VEDET																												
Allas 1	13.9.2017											380			19									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 1	7.11.2017											2300			43									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 1	25.10.2018											690			18									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 1	31.10.2019											2300			39									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 1	26.8.2020											2800			15									<0,02	<0,02	<0,02		
Allas 1	12.11.2020											2800			25									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 1	29.9.2021											3300			8,9									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 1	29.9.2022											1880			21,81									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 1 (N2)	9.5.2023			<1	0,8	<0,13	<0,1	8,6	9,5	5,1	1,3			13			5,4	10										KE23-00232 R0, KE23-02797 R0
Allas 1	18.9.2023			<1	<1	<0,10	<0,10	10	7,7	<3,0	<1,0	4200		12	49		6,1	6,5						<0,02	<0,02	<0,02		AR-23-RZ-036439-02
Allas 2	25.10.2018											430			5,8									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 2	31.10.2019											240			3,1									<0,05	<0,05	<0,05		
Allas 2	26.8.2020											2600			2,4									<0,02	<0,02	<0,02		
Allas 2	12.11.2020											2600			20									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 2	29.9.2021											1600			9,9									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 2	29.9.2022											1980			7,199									<0,025	<0,025	<0,05		
Allas 2 (N3)	9.5.2023			<1	0,6	<0,13	0,2	10	4,9	6,1	0,6			36			37	6,1										KE23-00232 R0, KE23-02797 R0
Allas2	18.9.2023			<1	<1	<0,10	<0,10	2,8	<3,0	<3,0	<1,0	2100		8,6	2,1		<5,0	1						<0,02	<0,02	<0,02		AR-23-RZ-036439-02
Oja länsipuolella (N4)	9.5.2023			<1	<0,5	<0,13	0,2	41	1,3	3,9	<0,5			200			190	1,4										KE23-02232 R0, KE23-02797 R0
Oja	5.7.2023			<1,0	<0,5	<0,13	<0,10	3,5	2,4	5,2	1,7	290		26			31	4,3										KE23-03755 R0
Oja	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	1,5	<3,0	<3,0	<1,0	760		8			13	1,6										AR-23-RZ-036439-02

Piste	Ajankohta	Vedenlaadun perusanalyysit																Luukoiset metallit																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		Kenttämittaukset																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Viitearvot:

(1) VNa 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (myöhempi muutoksineen)

Piste	Ajankohta	Metallit, kokonaispitoisuudet																				Öljyhiilivedyt					Silikaatti	Analyysitodistuksen tunnus
		Al	Ca	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Mn	Mo	Ni	Fe	K	Zn	V	Se	Na	Mg	S	B	C ₁₀ -C ₂₁ Keskitt.	C ₂₁ -C ₄₀ Raskaat	C ₁₀ -C ₄₀ sum.		
(1) Ei saa päästää pintaveteen tai vesihuoltolaitoksen viemäriin (1) Suurimmat sallitut pitoisuusrajat (1) Sisämaan pintavedet AA-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Sisämaan pintavedet MAC-EQS (1) Merivedet ja muut pintavedet (1) Talousveden ottoon tarkoitettut pintavedet AA-EQS (1) Yksilöity vaaralliseksi aineeksi (2) Suositus pintaveden yleiseksi vertailuarvoksi						50/5	10 <0,08-0,25 0,2 <0,45-1,5				1,2 1,3 14			4 8,6 34														
						x	x	0,5	3,4	7,8	7,2		29	20			3,1-7,8	4,1										
		µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
VAIKUTUSARVIOINNIN PINTAVESINÄYTTEET 2023																												
MUSTALAHTI																												
Piste 1 / pinta 1 m	5.4.2023		3,2	<1,0	<0,5		<0,1	<0,3	<1,0	<1,0	<0,5	23		<3,0	0,57		<5,0	<0,5			11							KE23-01503 R0
Piste 1 / pinta 1 m	5.7.2023		3,5	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	<1,0	<0,5	49		<3,0	0,45		<5,0	<0,5			1,4	3108						KE23-03755 R0
Piste 1 / pinta 1 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	<0,50	<3,0	<3,0	<1,0			<3,0			6,6	<1,0				1900						AR-23-RZ-036439-02
Piste 1 / puoliväli 3,5 m																												
Piste 1 / puoliväli 4 m	5.4.2023		4,8	<1,0	<0,5		<0,1	<0,3	<1,0	1,1	<0,5	27		3,8	0,47		5,5	<0,5			18							KE23-01503 R0
Piste 1 / puoliväli 4 m	5.7.2023		3,6	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	1,4	<0,5	47		<3,0	0,44		15	<0,5			1,5	3174						KE23-03755 R0
Piste 1 / puoliväli 4 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	<0,50	<3,0	<3,0	<1,0			<3,0			<5,0	<1,0				1900						AR-23-RZ-036439-02
Piste 1 / pohja 6 m																												
Piste 1 / pohja 7 m	5.4.2023		5,6	<1,0	<0,5		<0,1	0,8	<1,0	1,1	<0,5	190		9,4	0,57		11	<0,5			22							KE23-01503 R0
Piste 1 / pohja 7 m	5.7.2023		3,8	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	1,1	<0,5	120		3,3	0,71		12	<0,5			1,5	3011						KE23-03755 R0
Piste 1 / pohja 7 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	3,5	<3,0	<3,0	<1,0			9,7			7,9	1,7				2300						AR-23-RZ-036439-02
KARANKALAHTI																												
Pinta 1 m																												
Pinta 1 m	5.7.2023		3,4	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	1,5	<0,5	33		<3,0	0,4		5,6	<0,5			1,4	3093						KE23-03755 R0
Pinta 1 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	<0,50	<3,0	<3,0	<1,0			<3,0			<5,0	<1,0				2000						AR-23-RZ-036439-02
Puoliväli 8 m																												
Puoliväli 8 m	5.7.2023		3,8	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	1,1	<0,5	34		<3,0	0,4		7,8	<0,5			1,5	3474						KE23-03755 R0
Puoliväli 8 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	<0,50	<3,0	<3,0	<1,0			<3,0			17	<1,0				2000						AR-23-RZ-036439-02
Pohja 15 m																												
Pohja 15 m	5.7.2023		3,7	<1,0	<0,5	<0,13	<0,1	<0,3	<1,0	1	<0,5	66		<3,0	0,56		<5,0	<0,5			1,4	3134						KE23-03755 R0
Pohja 15 m	18.9.2023			<1,0	<1,0	<0,10	<0,10	<0,50	<3,0	<3,0	<1,0			5,5			7,2	<1,0				2 600						AR-23-RZ-036439-02

Viitearvot:
(1) VNa 1022/2006. Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (myöhempine muutoksineen).

Liite 4

Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi,
Geologian tutkimuskeskus, 14.2.2024

Peab Industri Oy
**Mustalahden kiviaineksen
ympäristöominaisuuksien arviointi**

Heikki Pirinen
Teemu Karlsson

14.2.2024

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

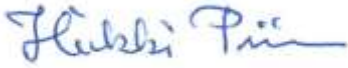
KUVAILULEHTI

14.02.2024

GTK/874/03.04.22/2023

Tekijät Heikki Pirinen Teemu Karlsson	Raportin laji GTK:n raportti Toimeksiantaja Peab Industri Oy
Raportin nimi Mustalahden kiviaineksen ympäristöominaisuuksien arviointi (Peab Industri Oy)	
Tiivistelmä Tämä raportti koskee Mustalahden kiviaineslouhimon tuotekasoista Ramboll Finland Oy:n toimesta otettujen kiviainesnäytteiden Mustalahti 1–4 ympäristöominaisuuksien arviointia. Arvioinnissa sovellettiin Ympäristöministeriön julkaisemaa opasta kaivannaisjätteen luokittelusta pysyväksi (SY21/2011), joka perustuu kaivannaisjäteasetuksen VNa 379/2008 muutokseen VNa 717/2009, ja on yhteneväinen myös uudemman kaivannaisjäteasetuksen VNa 190/2013 kanssa. On kuitenkin huomioitava, ettei kaivannaisjätteen luokittelua ole tarkoitettu kiviainestuotteiden luokitteluun. Tulosten perusteella näytettä Mustalahti 2 voidaan pitää kaivannaisjäteasetuksen (VNa 160/2013) tarkoittamana inerttinä kiviaineksena. Muita tutkittuja Mustalahden kiviainesnäytteitä ei voida suoraan määritellä inerteiksi kiviaineksiksi, sillä näytteen Mustalahti 4 kokonaisrikkipitoisuus on > 0,1 % ja NP/AP-luku < 3, ja näytteiden Mustalahti 1 ja Mustalahti 3 joidenkin haitta-aineiden pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen kynnsarvon. Mustalahden kiviainesnäytteiden ympäristöriskiä lisäävä haitta-aine on erityisesti nikkeli, jota esiintyy herkästi rapautuvassa magneettikiisussa. Läjitetystä kiviaineksesta saattaa siis liueta nikkeliä alueen ympäristöön. Vain yhden näytteen kobolttipitoisuus ylitti PIMA-asetuksen kynnsarvon niukasti, ja kromi esiintyy yleensä luonnon olosuhteissa niukkaliukoissa oksideissa. Läjitetynä kivimassa saattaa tuottaa jonkin verran happamuutta, sillä NP/AP-luvun perusteella näytteet ovat hapontuoton suhteen epävarmuusalueella tai potentiaalisesti happoa tuottavia. Lisäksi näytteiden neutralointipotentiaali on peräisin suhteellisen hitaasti reagoivista silikaattimineraaleista, jotka eivät välttämättä reagoi tarpeeksi nopeasti magneettikiisun hapontuottokykyyn. Tulokset koskevat ensisijaisesti tutkittuja näytteitä, eivätkä välttämättä vastaa muita alueen kalliosta otettuja näytteitä. Tämä raportti korvaa aiemman 5.2.2024 päivätyn raportin.	

14.2.2024

Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Kiviaines, karakterisointi, Mustalahti			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Suomi; Kajaani			
Karttalehdet Q5214F4			
Arkistosarjan nimi GTK:n raportti		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä 10 + 7 liitettä	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus
Yksikkö ja vastuualue Energia ja rakentamisen ratkaisut ja Kiertotalouden ratkaisut		Hanketunnus 50401-10119	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Paavo Härmä Ryhmäpäällikkö (ma), Energia ja rakentamisen ratkaisut		Allekirjoitus/nimen selvennys  Heikki Pirinen Geologi, Energia ja rakentamisen ratkaisut	

14.2.2024

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Aineisto ja tutkimusmenetelmät	4
3	Tulokset	6
4	Yhteenveto	8
5	Lähteet	9
6	Liitteet	10

Liitteet:

Liite 1. Mustalahden hapontuotto AR-23-GQ-006432-01. Eurofins Environment Testing Finland Oy.

Liite 2. Mustalahden haitta-aineet AR-24-GQ-000272-01. Eurofins Environment Testing Finland Oy.

Liite 3. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, Mustalahti 1. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 4. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, Mustalahti 2. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 5. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, Mustalahti 3. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 6. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, Mustalahti 4. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 7. Maaperän taustapitoisuudet. Geologian tutkimuskeskus.

14.2.2024

1 JOHDANTO

Tämä raportti koskee Mustalahden kiviaineslouhimon tuotekasoista Mustalahti 1–4 otettujen kiviainesnäytteiden ympäristöominaisuuksien arviointia. Arvioinnissa käytettiin hyödyksi Ympäristöministeriön julkaisemaa opasta kaivannaisjätteen luokittelusta pysyväksi (SY21/2011), joka perustuu kaivannaisjäteasetuksen VNa 379/2008 muutokseen VNa 717/2009, ja on yhteneväinen myös uudemman kaivannaisjäteasetuksen VNa 190/2013 kanssa. On kuitenkin huomioitava, ettei kaivannaisjätteen luokittelua ole tarkoitettu kiviainestuotteiden luokitteluun. Kiviainesta ei esimerkiksi läjitetä suurena massana (vrt. kaivosten sivukivikasat) pitkiä aikoja yhdessä paikassa, mikä vähentää mahdollisia ympäristövaikutuksia.

2 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimuksessa hyödynnettiin neljää noin 10–15 kg kokoomanäytettä (kalliomurske) Mustalahti 1–4 (taulukko 1). Näytteet koottiin Mustalahden kiviaineslouhimon tuotekasoista Ramboll Finland Oy:n henkilöstön toimesta.

Näytemateriaalin pääkivilajina ovat tonaliittinen biotiittirikas kiillegneissi ja sen graniittista koostumusta oleva kiilleköyhä leukosomiosa.

Jokaiselle kokoomanäytteelle (Mustalahti 1–4) on tehty standardin SFS-EN 932-3:2022 mukaiset yksinkertaistetut petrografiset kuvaukset (Liitteet 3 – 6). Kiillegneissin päämineraaleja (>5 %) ovat runsausjärjestyksessä plagioklaasi, biotiitti ja kvartsi. Tunnistettuja sulfidimineraaleja ovat magneettikiisu, rikkikiisu ja kuparikiisu. Graniitin päämineraaleja ovat kalimaasälpä, plagioklaasi ja kvartsi. Sulfidimineraaleista tunnistettiin ainoastaan rikkikiisu.

Mustalahti 1 kokoomanäyte sisälsi myös biotiitti-amfiboliliusketta (9 %), jossa tunnistettuja sulfidimineraaleja olivat rikkikiisu ja kuparikiisu ja Mustalahti 3 kokoomanäyte sisälsi dioriittia (23 %), jossa rikkikiisu oli ainut tunnistettu sulfidimineraali. Mustalahti 1 kokoomanäyte sisälsi tonaliittia (30 %) ja Mustalahti 4 kokoomanäyte sisälsi granodioriittia (21 %). Kummastakaan ei tunnistettu sulfidimineraaleja.

Näytteet toimitettiin Eurofins Oy:lle Jyväskylään kemiallisia analyysejä varten (Liitteet 1 ja 2), jossa näytteet esikäsiteltiin (kuivaus < 40 °C:ssa, murskaus leukamurskaimella > 70 % < 2 mm, jauhatus karkaistussa hiiliteräsjauhinpannussa, ositus rännijakolaitteella).

Tutkimustulosten pohjalta arvioitiin, täyttävätkö kiviainesnäytteet pysyvälle jätteelle säädetyt raja-arvot (VNa 717/2009 ja VNa 190/2013), ovatko ne happoa muodostavia, ja mitkä ovat niiden mahdolliset haitta-aineiden lähteet.

14.2.2024

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt kokoomanäytteet.

Kokoomanäyte	Tyyppi	Kivilaji
Mustalahti 1	Kalliomursketta tuotekasasta	• tonaliittinen kiillegneissi (34 %) • tonaliitti (30 %) • graniitti (22 %) • biotiitti-amfiboliliuske (9 %) • kvartsikivi (3%) • graniittinen gneissi (2 %)
Mustalahti 2	Kalliomursketta tuotekasasta	• graniitti (52 %) • tonaliittinen kiillegneissi (36 %) • kvartsikivi (7 %) • graniittinen gneissi (5 %)
Mustalahti 3	Kalliomursketta tuotekasasta	• graniitti (36 %) • kvartsidioriittinen kiillegneissi (26 %) • dioriitti (24 %) • kiillegneissi + kvartsijuoni (7 %) • kiillegneissi + graniitti (4 %) • biotiitti-amfiboliliuske (1 %)
Mustalahti 4	Kalliomursketta tuotekasasta	• graniitti (42 %) • tonaliittinen kiillegneissi (29 %) • granodioriitti (21 %) • kvartsikivi (8 %)

Alkuaineiden sitoutumista näytemateriaaleihin tarkasteltiin kuuman kuningasvesiuuton avulla ISO 11466 standardin mukaan (Eurofins Labtium 512). Kuningasvesiuuttoa käytetään erityisesti sulfidiseen mineraalifraktioon sitoutuneiden alkuainepitoisuuksien määrittelyssä. Uutossa liukenevat myös osittain tai kokonaan Fe- ja Mn-oksidit sekä osa silikaattimineraaleista, kuten rautasilikaatit, kiilteet (esim. biotiitti), kloriitti ja savimineraalit (Doležal et al. 1968, Chao and Sanzalone 1977). Kuuma kuningasvesiuutto ei vastaa kokonaispitoisuutta silikaatteihin ja oksideihin sitoutuneiden metallien osalta. Kuningasvesiuuton tulokset ovat vertailukelpoisia ns. PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) ohje- ja raja-arvojen kanssa, joita käytetään arvioitaessa kaivannaisjätteiden pysyvyyttä (vrt. Kaivannaisjäteasetus VNa 190/2013). Metallipitoisuudet määritettiin uutteista ICP-OES- tai ICP-MS-tekniikoilla.

Näytteiden hapontuottokykyä määritettiin standardin SFS-EN 15875 pohjalta. Neutraloimispotentiaali (NP) määritettiin titrausmenetelmällä (Eurofins Labtium 827T) ja hapontuottopotentiaali (AP) rikkianalysaattorilla määritetyn rikkipitoisuuden mukaan. Näiden perusteella laskettiin neutraloimispotentiaalisuhde (NP/AP tai NPR) ja nettoneutralointipotentiaali (NNP). Neutralointikyvyllä tarkoitetaan kiviaineksessa olevien happamuutta neutraloivien mineraalien kykyä puskuroida sulfidimineraalien hapettumisessa muodostuvaa happamuutta. Näyteaineksen katsotaan olevan potentiaalisesti happoa tuottavaa, jos $NPR < 1$ tai $NNP < -20$, epävarmuusalueella jos $NPR 1-3$ tai $NNP -20...+20$ ja happoa tuottamatonta, jos $NPR > 3$ tai $NNP > +20$ (Price 2009).

14.2.2024

3 TULOKSET

Kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) mukaan inertin kiviaineksen sulfidirikin enimmäispitoisuus on 0,1 %. Jos neutraloimispotentiaalin (NP) ja hapontuottopotentiaalin (AP) suhde (NP/AP) on vähintään 3, inertin kiviaineksen sulfidirikin enimmäispitoisuus on 1 %. Standardin SFS-EN 15875 mukaisessa ABA-testissä AP määritetään kokonaisrikin perusteella.

Näytteiden kokonaisrikkipitoisuus oli välillä 0,1–0,2 %. Näytteiden Mustalahti 2, Mustalahti 3 ja Mustalahti 4 kokonaisrikkipitoisuus on 0,1 %, joten kaivannaisjäteasetuksen mukaisesti ne luokitellaan hapontuottopotentiaalin suhteen inerteiksi kiviaineksiksi. Näytteen Mustalahti 1 kokonaisrikkipitoisuus on 0,2 %, mutta NP/AP -luku < 3, joten se ei luokiteta inertiksi kiviainekseksi.

Näytteiden Mustalahti 1, Mustalahti 2 ja Mustalahti 3 NP/AP luku oli 1–3, joten ne ovat epävarmuusalueella hapontuoton suhteen. Näytteen Mustalahti 4 NP/AP luku oli alle 1, joten se on todennäköisesti happoa tuottavaa kiviainesta. NPP-luvun (NP-AP) perusteella kaikki näytteet ovat hapontuottopotentiaalin suhteen epävarmuusalueella (NNP välillä -20... +20). Näytteissä ei petrografisten kuvausten perusteella havaittu nopeasti liukenevia karbonaattimineraaleja, jotka ovat yleensä tärkein neutralointipotentiaalin lähde. Näytteiden neutralointipotentiaali on pääasiassa peräisin jostakin hitaammin rapautuvista silikaattimineraaleista, jotka eivät välttämättä reagoi tarpeeksi nopeasti magneettikiisun hapontuottokykyyn. Tämän perusteella läjitetty kivimassa saattaa tuottaa jonkin verran happamuutta.

Taulukko 2. Näytteiden kokonaisrikkipitoisuus (kok.S), sekä ABA-testissä määritetyt hapontuottopotentiaali (AP), neutralointipotentiaali (NP), NP/AP suhde, sekä nettoneutraloimispotentiaali (NNP).

	kok.S	AP	NP	NP/AP	NNP
	%	kg CaCO ₃ /t	kg CaCO ₃ /t		kg CaCO ₃ /t
Mustalahti 1	0,2	5,3	5,6	1,1	0,3
Mustalahti 2	0,1	2,8	3,2	1,1	0,39
Mustalahti 3	0,1	3,1	3,8	1,2	0,68
Mustalahti 4	0,1	3,8	2,8	0,8	-1,0

Näytteiden hivenmetallien, arseenin ja elohopean geokemialliset analyysitulokset on esitetty taulukossa 3. Kaivannaisjäteasetuksen (VNa 190/2013) mukaan kiviaines voidaan luokitella pysyväksi, jos mm. PIMA-asetuksessa (VNa 214/2007) määriteltyjen haitta-aineiden pitoisuudet eivät ylitä PIMA-asetuksessa esitettyjä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia.

Mustalahden alue kuuluu metalliprovinssiin 3, jossa moreenimaan luontaiset haitta-ainepitoisuudet saattavat olla kansallisia moreenin pitoisuuksien keskiarvoa suurempia.

14.2.2024

GTK:n taustapitoisuusrekisterin mukaan (Liite 7), noin 15 km säteellä alueesta, taustapitoisuudet eivät kuitenkaan ylitä PIMA-asetuksen kynnysarvoja.

Näytteellä Mustalahti 1 PIMA-asetuksen kynnysarvot ylittyvät koboltin (21 mg/kg vs. Kynnysarvo 20 mg/kg) ja kromin (177 mg/kg vs. 100 mg/kg) osalta, sekä PIMA asetuksen alemman ohjearvon nikkelin (130 mg/kg vs. 100 mg/kg) osalta.

Näytteellä Mustalahti 3 PIMA-asetuksen kynnysarvo ylittyy nikkelin (71 mg/kg vs. 50 mg/kg) osalta.

Näytteiden Mustalahti 2 ja Mustalahti 4 osalta PIMA-asetuksen kynnysarvot eivät ylittyneet.

PIMA-asetuksessa ei ole määritetty ohjearvoja molybdeenille, mutta tuloksia voidaan verrata vanhempiin SAMASE-arvoihin (Puolanne et al. 1994). SAMASE-ohjearvo molybdeenille on 5 mg/kg ja raja-arvo 200 mg/kg. Näytteiden kuningasvesiuuttoiset molybdeenipitoisuudet eivät ylittäneet SAMASE-ohjearvoa.

Kuningasvesiuuttoisten pitoisuuksien perusteella Mustalahden kiviainesnäytteiden ympäristöriskiä lisäävä haitta-aine on erityisesti nikkeli. Vain yhden näytteen kobolttipitoisuus ylitti PIMA-asetuksen kynnysarvon niukasti. Kromi esiintyy yleensä oksideissa, jotka ovat pysyviä mineraaleja ja liukenevat heikosti luonnon olosuhteissa. Nikkeli ja koboltti esiintyvät yhdessä, todennäköisesti herkästi rapautuvassa magneettikiisussa.

Taulukko 3. Näytteiden ympäristölle haitallisten hivenmetallien, arseenin ja elohopean kuningasvesiliukoiset pitoisuudet. Kuningasvesiliukoisten pitoisuuksien vertailuarvoina on esitetty valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin asetuksen (ns. PIMA-asetus VNa 214/2007) ohjearvot. PIMA-asetuksessa ei ole määritelty ohjearvoja molybdeenille.

	Sb	As	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V	Mo*
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
PIMA kynnysarvo	2	5	1	20	100	100	60	50	200	100	
PIMA alempi ohjearvo	10	50	10	100	200	150	200	100	250	150	5**
PIMA ylempi ohjearvo	50	100	20	250	300	200	750	150	400	250	200**
Mustalahti 1	0,02	0,2	0,04	21	177	43	8,3	130	107	81	1,6
Mustalahti 2	<0,02	0,1	0,06	13	98	30	12	47	127	59	1,1
Mustalahti 3	<0,02	0,1	0,08	14	98	30	18	71	151	53	2,0
Mustalahti 4	<0,02	0,1	0,04	11	74	65	11	33	88	56	1,5

*SAMASE-ohjearvot (Puolanne et al. 1994).

14.2.2024

4 YHTEENVETO

Tutkituista Mustalahden kiviainesnäytteistä Mustalahti 2 voidaan määritellä kaivannaisjäteasetuksen (VNa 160/2013) tarkoittamaksi inertiksi kiviainekseksi. Muita tutkittuja Mustalahden kiviainesnäytteitä ei voida suoraan määritellä inerteiksi kiviainekseksi, sillä näytteen Mustalahti 4 kokonaisrikkipitoisuus on $> 0,1 \%$ ja NP/AP-luku < 3 , ja näytteiden Mustalahti 1 ja Mustalahti 3 joidenkin haitta-aineiden pitoisuudet ylittivät PIMA-asetuksen kynnysarvon.

Mustalahti 1 näytteessä koboltin ja kromin kuningasvesiuuttoiset pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen kynnysarvon ja nikkelin pitoisuudet PIMA-asetuksen alemman ohjearvon. Mustalahti 3 näytteessä nikkelin kuningasvesiuuttoiset pitoisuudet ylittävät PIMA-asetuksen kynnysarvon. Mustalahti 2 ja Mustalahti 4 näytteiden kuningasvesiuuttoiset haitta-ainepitoisuudet eivät ylittäneet PIMA-asetuksen kynnysarvoja.

Mustalahden kiviainesnäytteiden ympäristöriskiä lisäävä haitta-aine on erityisesti nikkeli, jota esiintyy herkästi rapautuvassa magneettikiisussa. Läjitetystä kiviaineksesta saattaa siis liueta nikkeliä alueen ympäristöön. Vain yhden näytteen kobolttipitoisuus ylitti PIMA-asetuksen kynnysarvon niukasti, ja kromi esiintyy yleensä luonnon olosuhteissa niukkaliukoisissa oksideissa.

Läjitettyä kivimassa saattaa tuottaa jonkin verran happamuutta, sillä NP/AP-luvun perusteella näytteet ovat hapontuoton suhteen epävarmuusalueella tai potentiaalisesti happoa tuottavia. Lisäksi näytteiden neutralointipotentiaali on peräisin suhteellisen hitaasti reagoivista silikaattimineraaleista, jotka eivät välttämättä reagoi tarpeeksi nopeasti magneettikiisun hapontuottokykyyn.

On huomioitava, ettei kaivannaisjätteen luokittelua ole tarkoitettu kiviainestuotteiden luokitteluun. Kiviainesta ei esimerkiksi läjitetä suurena massana (vrt. kaivosten sivukivikasat) pitkiä aikoja yhdessä paikassa, mikä todennäköisesti vähentää mahdollisia ympäristövaikutuksia.

Tulokset koskevat ensisijaisesti tutkittuja näytteitä, eivätkä välttämättä vastaa muita alueen kalliosta otettuja näytteitä.

14.2.2024

5 LÄHTEET

Chao, T.T., Sanzolone, R.F. 1977. Chemical dissolution of sulphide minerals. Journal of Research of the U.S. Geological Survey, Vol 5(4): 409–412.

Doležal, J., Povondra, P., Sulcek, Z. 1968. Decomposition techniques in inorganic analysis. London: Iliffe Books Ltd, 224 p.

Price, W.A. 2009. Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1. 579 p.

Puolanne, J., Pyy, O., Jeltsch, U. 1994. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnostusprojekti; loppuraportti. Helsinki, Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Muistio 5/1994.

SFS-EN 15875. Characterization of waste. Static test for determination of acid potential and neutralization potential of sulfidic waste.

SFS-ISO 11466. Soil quality. Extraction of trace elements soluble in aqua regia. (SFS-ISO 11466:2007)

SY21/2011. Hannu Luodes, Päivi M. Kauppila, Teemu Karlsson, Maria Nikkarinen, Soile Aatos, Anna Tornivaara, Margareta Wahlström ja Tommi Kaartinen, 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi; Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011.

VNa 214/2007; Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 1.3.2007.

VNa 379/2008; Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 5.6.2008.

VNa 717/2009; muutos Valtioneuvoston asetukseen kaivannaisjätteistä (VNa 379/2008).

VNa 190/2013; Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 14.3.2013.

14.2.2024

6 LIITTEET

Liite 1. Mustalahden hapontuotto AR-23-GQ-006432-1_Kiinteät_näytteet_JKL_Teemu_Karlsson_17.11.2023

Liite 2. Mustalahden haitta-aineet AR-24-GQ-000272-01_Kiinteät_näytteet_JKL_Teemu_Karlsson_20.12.2023

Liite 3. Pirinen, H. 2024a. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi, Mustalahti 1. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 4. Pirinen, H. 2024b. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi, Mustalahti 2. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 5. Pirinen, H. 2024c. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi, Mustalahti 3. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 6. Pirinen, H. 2024d. Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi, Mustalahti 4. Geologian tutkimuskeskus.

Liite 7. Maaperän taustapitoisuudet (GTK)

Analytical Report
Reporting Date

AR-23-GQ-006432-01
30.11.2023

Page 1/2

Batch code
Order reference

EUAB30-00028439
50401-10119

GTK, 5040300356 KTR
Kaivosympäristöt ja sivuvirrat
Teemu Karlsson
Vuorimiehentie 5
02151 ESPOO
FINLAND

Mustalahden hapontuotto

Sample code		748-2023-00012134		748-2023-00012135	748-2023-00012136	748-2023-00012137
Client sample code		Mustalahti 1		Mustalahti 2	Mustalahti 3	Mustalahti 4
Matrix		Other solid matrices		Other solid matrices	Other solid matrices	Other solid matrices
Sample description		Kiviainesnäyte		Kiviainesnäyte	Kiviainesnäyte	Kiviainesnäyte
Reception date		17.11.2023		17.11.2023	17.11.2023	17.11.2023
Sample Taker		Heikki Pirinen		Heikki Pirinen	Heikki Pirinen	Heikki Pirinen
Analysis		Unit	Result	Result	Result	Result
Environmental samples, analyses						
Sulphur (S)	GQKS1	%	0,17	0,09	0,10	0,12
AP	GQKAB	Kg CaCO3/m etric tonne	5,3	2,8	3,1	3,8
NP	GQKAB	Kg CaCO3/T ON	5,6	3,2	3,8	2,8
NNP	GQKAB	Kg CaCO3/m etric tonne	<0,3	0,39	0,68	<0,3
NPR	GQKAB		1,1	1,1	1,2	0,75
ANC	GQKAB	Kg H2SO4/m etric tonne	5,5	3,1	3,7	2,7
MPA	GQKAB	Kg H2SO4/m etric tonne	5,2	2,8	3,1	3,7
NAPP	GQKAB	Kg H2SO4/m etric tonne	<0,3	<0,3	<0,3	0,93
Environmental samples, pretreatments						
jaw crushing	GQV41		Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Grinding	GQV44		Done	Done	Done	Done

*Method is accredited.

CONTACT PERSON

Liisa Laitinen Laboratory Analyst

LiisaLaitinen@eurofins.fi +358 5041 04144

Report is electronically validated.

Eurofins Environment Testing Finland Oy

Heinämäentie 2
40250 Jyväskylä
FINLAND

+358 40 805 3608

www.eurofins.fi

VAT number: FI27522925

Method information

Testcode	Parameter name, CAS	Default MU	Default LOQ	Accredited	Method	Laboratory
Environmental samples, analyses						
GQKS1	Sulphur (S), 7704-34-9	<0,5%±16% >0,5%±9%	0,01 %	No	Internal Method, Spectrophotometry (IR)	GQ
GQKAB	AP		0,32 Kg CaCO3/metric tonne	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	NP			No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	NNP		0,3 Kg CaCO3/metric tonne	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	NPR		0,1	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	ANC		0,3 Kg H2SO4/metric tonne	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	MPA		0,32 Kg H2SO4/metric tonne	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
GQKAB	NAPP		0,3 Kg H2SO4/metric tonne	No	Internal Method, Technique [Calculation]	GQ
Environmental samples, pretreatments						
GQV41	jaw crushing			No	Internal Method, Crushing	GQ
GQV44	Grinding			No		GQ

Laboratory

GQ	Eurofins Environment Testing Finland (Jyväskylä)
----	--

Analytical report recipients: analysis-results@gtk.fi, teemu.karlsson@gtk.fi

Explanatory note

Partial copying of the report is permitted only with the written permission of the laboratory. Results are only valid for received and tested samples. The samples have been delivered to the laboratory by the customer, unless stated otherwise in the analytical report.

Analytical Report
Reporting Date

AR-24-GQ-000272-01
15.01.2024

Page 1/4

Batch code
Order reference

EUAB30-00028861
50401-10119

GTK, 5040300356 KTR
Kaivosympäristöt ja sivuvirrat
Teemu Karlsson
Vuorimiehentie 5
02151 ESPOO
FINLAND

Mustalahden haitta-aineet

Sample code	748-2023-00014214		748-2023-00014215	748-2023-00014216	748-2023-00014217
Client sample code	Mustalahti 1		Mustalahti 2	Mustalahti 3	Mustalahti 4
Matrix	Other solid matrices		Other solid matrices	Other solid matrices	Other solid matrices
Sample description	Kiviaines		Kiviaines	Kiviaines	Kiviaines
Reception date	20.12.2023		20.12.2023	20.12.2023	20.12.2023
Sample Taker	Heikki Pirinen		Heikki Pirinen	Heikki Pirinen	Heikki Pirinen
Analysis	Unit	Result	Result	Result	Result
Aqua regia extraction					
Digestion	YBV20	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
Aluminium	YB27E mg/kg	16500	12300	13800	9970
Boron (B)	YB27F mg/kg	<5	<5	<5	<5
Calcium (Ca)	YB27G mg/kg	1710	719	872	312
Iron (Fe)	YB27I mg/kg	30100	23400	23300	18300
Magnesium (Mg)	YB27K mg/kg	16600	9710	12100	7560
Phosphorus	YB27L mg/kg	309	162	269	110
Potassium (K)	YB27S mg/kg	11100	7560	10200	7070
Sodium (Na)	YB27V mg/kg	234	205	261	265
Sulphur (S)	YB27W mg/kg	1440	941	902	908
Titanium (Ti)	YB280 mg/kg	2460	1480	1660	1200
Arsenic (As)	YB2RN mg/kg	0,182	0,127	0,117	0,108
Barium (Ba)	YB2RP mg/kg	164	109	191	126
Lead (Pb)	YB2RQ mg/kg	8,26	12,1	17,5	11,2
Cobalt (Co)	YB2RR mg/kg	21,0	12,8	13,6	10,5
Chromium (Cr)	YB2RS mg/kg	177	97,5	98,0	73,7
Lithium (Li)	YB2RT mg/kg	24,0	21,2	26,2	19,4
Nickel (Ni)	YB2RU mg/kg	130	47,1	71,4	32,5
Tin (Sn)	YB2RV mg/kg	0,26	0,20	0,37	0,28
Vanadium (V)	YB2RW mg/kg	81,1	59,0	52,7	55,6
Silver (Ag)	YB2RY mg/kg	0,057	0,054	0,049	0,080
Beryllium (Be)	YB2S0 mg/kg	0,195	0,151	0,192	0,170
Cadmium (Cd)	YB2S1 mg/kg	0,037	0,064	0,075	0,038
Copper (Cu)	YB2S2 mg/kg	42,9	30,2	29,6	65,3
Molybdenum (Mo)	YB2S5 mg/kg	1,61	1,12	1,96	1,52
Yttrium (Y)	YB2SQ mg/kg	4,14	4,45	5,80	4,83

Analytical Report
Reporting Date

AR-24-GQ-000272-01
15.01.2024

Page 2/4

Sample code		748-2023-00014214	748-2023-00014215	748-2023-00014216	748-2023-00014217
Client sample code		Mustalahti 1	Mustalahti 2	Mustalahti 3	Mustalahti 4
Matrix		Other solid matrices	Other solid matrices	Other solid matrices	Other solid matrices
Sample description		Kiviaines	Kiviaines	Kiviaines	Kiviaines
Reception date		20.12.2023	20.12.2023	20.12.2023	20.12.2023
Analysis	Unit	Result	Result	Result	Result
Aqua regia extraction					
Uranium (U)	YB2SN mg/kg	8,17	5,29	14,9	8,33
Rubidium (Rb)	YB2S6 mg/kg	63,0	47,6	64,1	50,0
Antimony (Sb)	YB2S7 mg/kg	0,024	<0,02	<0,02	<0,02
Selenium (Se)	YB2S8 mg/kg	0,260	0,252	0,271	0,249
Zinc (Zn)	YB2S9 mg/kg	107	127	151	87,7
Bismuth (Bi)	YB2SB mg/kg	0,029	0,016	0,025	0,023
Lanthanum (La)	YB2SE mg/kg	15,3	24,4	15,5	13,0
Scandium (Sc)	YB2SI mg/kg	7,92	6,88	6,33	6,76
Tellurium (Te)	YB2SK mg/kg	0,033	0,025	0,018	0,029
Thorium (Th)	YB2SL mg/kg	13,6	20,6	15,2	14,0
Thallium (Tl)	YB2SM mg/kg	0,525	0,354	0,455	0,330
Tungsten (W)	YB2SP mg/kg	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Manganese (Mn)	YB2S4 mg/kg	377	309	331	263
Strontium (Sr)	YB32T mg/kg	4,23	3,04	2,59	1,72
Zirconium (Zr)	YB32W mg/kg	13,2	15,1	12,1	16,1
ICP-MS run (512M)	YBZ63	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty
ICP-OES run (512P)	YBY71	Tehty	Tehty	Tehty	Tehty

*Method is accredited.

CONTACT PERSON

Liisa Laitinen Laboratory Analyst

LiisaLaitinen@eurofins.fi +358 5041 04144

Report is electronically validated.

Method information

Testcode	Parameter name, CAS	Default MU	Default LOQ	Accredited	Method	Laboratory
Aqua regia extraction						
YBV20	Digestion			No	Internal Method, Extraction	YB
YB27E	Aluminium, 7429-90-5		15 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27F	Boron (B), 7440-42-8		5 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27G	Calcium (Ca), 7440-70-2		50 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27I	Iron (Fe), 7439-89-6		50 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27K	Magnesium (Mg), 7439-95-4		10 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27L	Phosphorus, -		50 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27S	Potassium (K), 7440-09-7		100 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27V	Sodium (Na), 7440-23-5		50 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB27W	Sulphur (S), 7704-34-9		20 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB280	Titanium (Ti), 7440-32-6		2 mg/kg	No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB
YB2RN	Arsenic (As), 7440-38-2		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RP	Barium (Ba), 7440-39-3		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RQ	Lead (Pb), 7439-92-1		0,1 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RR	Cobalt (Co), 7440-48-4		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RS	Chromium (Cr), 7440-47-3		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RT	Lithium (Li), 7439-93-2		0,06 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RU	Nickel (Ni), 7440-02-0		0,03 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RV	Tin (Sn), 7440-31-5		0,1 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RW	Vanadium (V), 7440-62-2		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2RY	Silver (Ag), 7440-22-4		0,002 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S0	Beryllium (Be), 7440-41-7		0,005 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S1	Cadmium (Cd), 7440-43-9		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S2	Copper (Cu), 7440-50-8		0,005 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S5	Molybdenum (Mo), 7439-98-7		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SQ	Yttrium (Y), 7440-65-5		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SN	Uranium (U), 7440-61-1		0,03 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S6	Rubidium (Rb), 7440-17-7		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S7	Antimony (Sb), 7440-36-0		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S8	Selenium (Se), 7782-49-2		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S9	Zinc (Zn), 7440-66-6		1 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SB	Bismuth (Bi), 7440-69-9		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SE	Lanthanum (La), 7439-91-0		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB

Analytical Report
Reporting Date

AR-24-GQ-000272-01
15.01.2024

Page 4/4

Aqua regia extraction						
YB2SI	Scandium (Sc), 7440-20-2		0,1 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SK	Tellurium (Te), 13494-80-9		0,006 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SL	Thorium (Th), 7440-29-1		0,01 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SM	Thallium (Tl), 7440-28-0		0,03 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2SP	Tungsten (W), 7440-33-7		0,2 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB2S4	Manganese (Mn), 7439-96-5		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB32T	Strontium (Sr), 7440-24-6		0,02 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YB32W	Zirconium (Zr), 7440-67-7		0,2 mg/kg	No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YBZ63	ICP-MS run (512M)			No	SFS-EN ISO 17294-2:2016	YB
YBY71	ICP-OES run (512P)			No	SFS-EN ISO 11885:2009	YB

Laboratory	
YB	Eurofins Ahma - Oulu

Analytical report recipients: analysis-results@gtk.fi, teemu.karlsson@gtk.fi

Explanatory note

Partial copying of the report is permitted only with the written permission of the laboratory. Results are only valid for received and tested samples. The samples have been delivered to the laboratory by the customer, unless stated otherwise in the analytical report.

Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi

SFS EN 932-3:2022
SFS-EN 12407 / PANK 2302

17.1.2024

Sisällysluettelo

1	Tutkimuksen tarkoitus ja koemenetelmä	1
2	Näytteenotto ja Tulokset	2
2.1	Näyte: Kajaani, Mustalahti 1	2
2.1.1	Kalliomurskenäytteen kivilajit	3
2.1.2	Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi	4
2.1.3	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	4
2.1.4	Mineraalikoostumus, vaalean harmaa tonaliitti	6
2.1.5	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	6
2.1.6	Mineraalikoostumus, biotiitti-amfiboliliuske	8
2.1.7	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (biotitiitti-amfiboliliuske), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	8
3	Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 1	10
4	LÄHTEET	11
	Liite 1. Soveltuvuuden arviointi	12

17.1.2024

1 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEMENETELMÄ

Kiviaineksen laatuvaatimusten asettamisen peruslähtökohta on, että kiviaines soveltuu sille tarkoitettuun käyttökohteeseen. Petrografisella tutkimuksella on tärkeä merkitys a) kiviainesten soveltuvuuden arvioimisessa eri käyttökohteisiin näytteen raaka-aine- ja tyyppitestauksen yhteydessä sekä b) osana tuotannon aikaista laadunvalvontaa.

Standardin SFS-EN 932-3:2022 mukaisen yksinkertaistetun petrografisen määrittelyn lähtökohtana ovat kiviaineksen silmämääräinen tarkastelu ja sen perusteella tehtävä petrografinen kuvaus, jota tyypillisesti täydennetään ohuthietutkimuksella (SFS-EN 12407, PANK 2302). Tutkittavasta kivistä valmistetusta ohuthieestä (n. 25 mm x 35 mm) määritetään polarisaatiomikroskoopilla mineraalikoostumus, mineraalien raekoko, raekokovaihtelu, mikrorakenne ja mineraalien muuttuneisuus sekä rapautumisaste.

Kiviaineksen mineraloginen koostumus määritetään ohuthieestä ns. pistelaskumenetelmällä. Yleensä riittävä pistemäärä on 500–1000 kpl (PANK 2302). Betonikiviaineksen alkali-kiviainesreaktiivisuutta arvioitaessa tulee laskea vähintään 1000 kivirakeisiin sijoittunutta pistettä (Betoni yhdistys 2022).

17.1.2024

2 NÄYTTEENOTTO JA TULOKSET

2.1 Näyte: Kajaani, Mustalahti 1

- Näytetyyppi: KaM
- Näytteenottopaikka: Kajaani, Mustalahden louhimo
- Näytteenottaja: Ramboll Finland / 11/2023



Kuva 1. Kalliomurskenäyte, josta tutkittu ohuthienäyte on valmistettu.

17.1.2024

2.1.1 Kalliomurskenäytteen kivilajit

Kalliomurskenäyte koostuu 7 kivilajista:

- 1) Tonaliittisesta kiillegneissistä, jota on 34 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.
- 2) Vaalean harmaasta tonaliitista, jota on 30 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.
- 3) Vaaleasta graniitista, jota on 13 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a) Kalimaasälpää 35 %
 - b) Plagioklaasia 32 %
 - c) Kvartsia 30 % (kaikki kvartsi > 0,2 mm rakeina)
 - d) Muskoviittia 3 %
- 4) Biotiitti-amfiboliliuskeesta, jota on 9 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.
- 5) Punaisesta graniitista, jota on 9 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a) Kalimaasälpää 38 %
 - b) Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - c) Plagioklaasia 28 %
 - d) Biotiittia 4 %
- 6) Kvartsikivistä, jota on 3 % näytteestä. Kvartsikivi koostuu 100 % kvartsista.
- 7) Graniittisesta gneissistä, jota on 2 % näytteestä. Gneissin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a) Kalimaasälpää 37 %
 - b) Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - c) Plagioklaasia 28 %
 - d) Biotiittia 5 %

17.1.2024

2.1.2 Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi

Tonaliittisen kiillegneissin mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 1 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 2 ja 3.

Taulukko 1. Tonaliittinen kiillegneissi. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

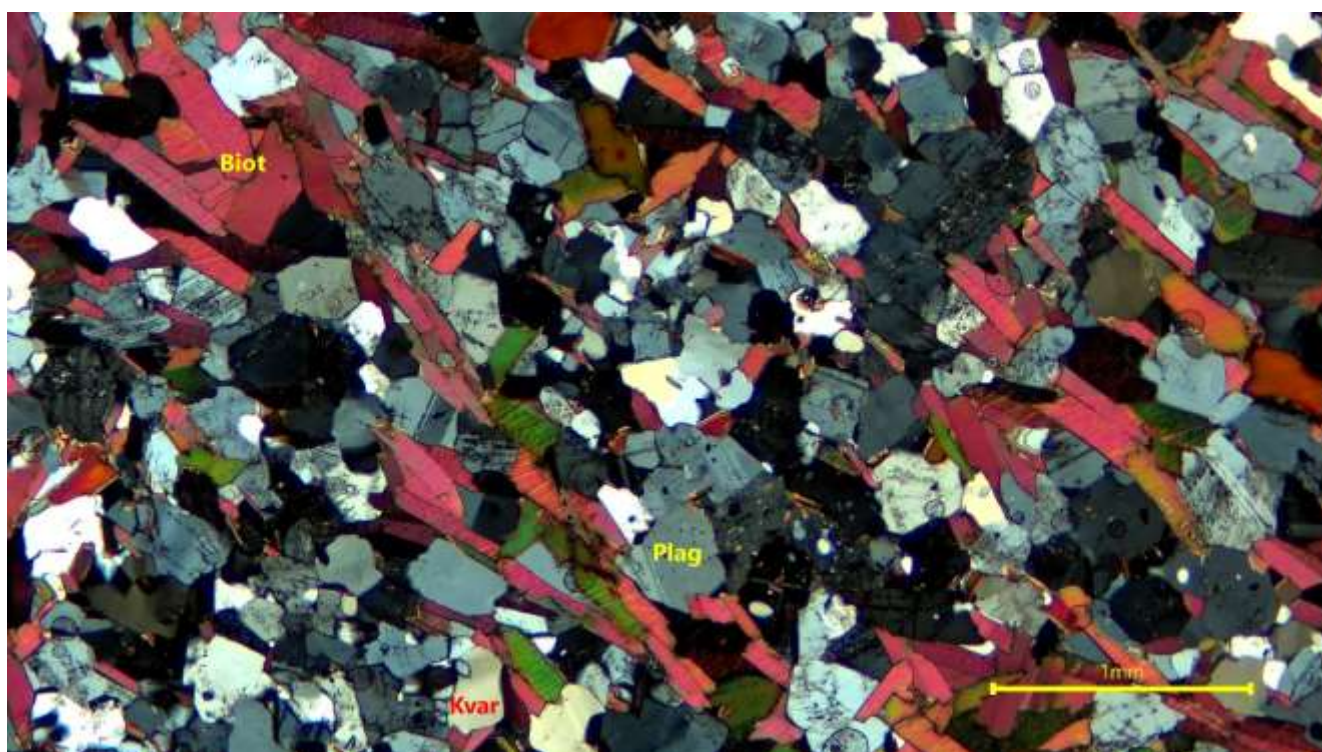
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	37,5	k.a. 0,35 (max. 0,7)
Biotiitti	33,9	k.a. 0,4 (max. 1,2)
Kvartsi	27,9	k.a. 0,4 (max. 1,8)
Magneettikiisu	0,3	-
Kalimaasälpä	0,2	-
Kloriitti	0,2	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	5,4	
Kvartsi < 0,06 mm	0,6	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	0,3	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	0,2	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	34,1	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

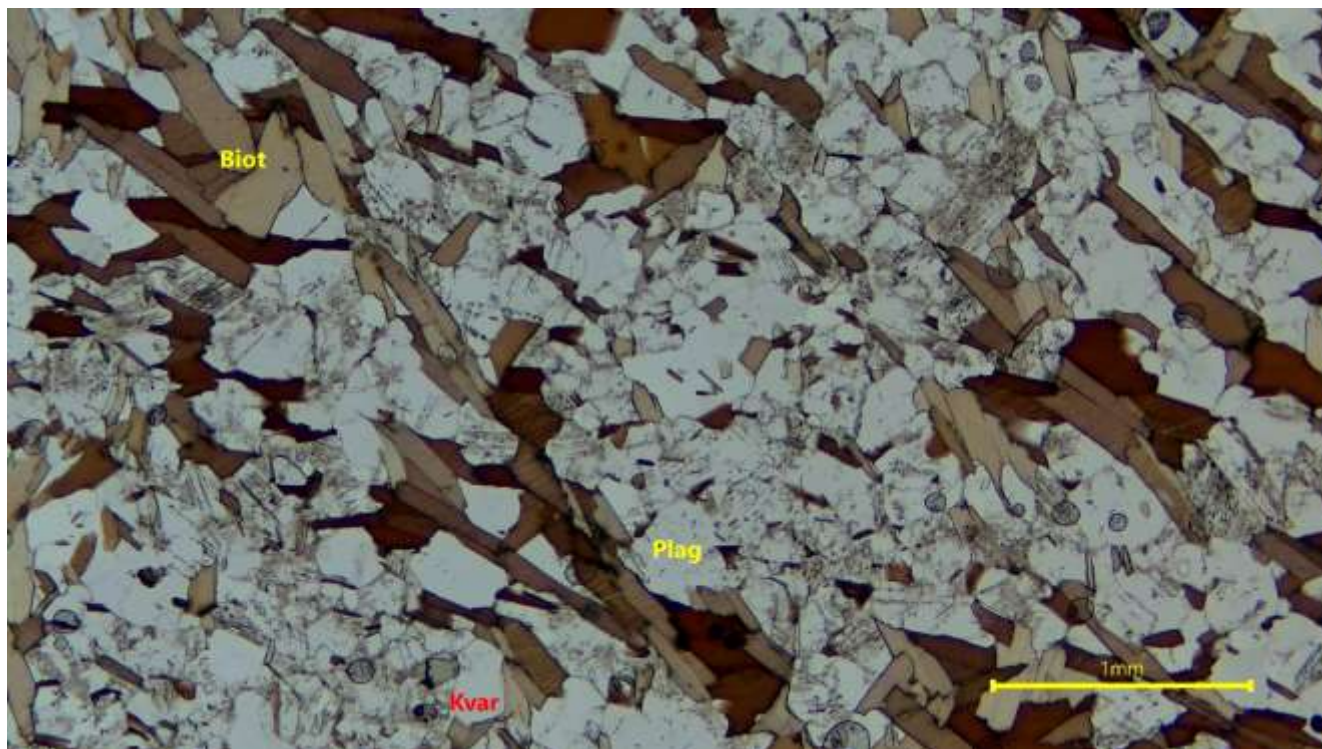
2.1.3 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntautunut tonaliittinen kiillegneissi. Biotiitti esiintyy tasaisesti jakautuneena, eikä muodosta kasaumia, eikä potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,4 mm. Kvartsi esiintyy vierasmuotoisena, plagioklaasi ja biotiitti osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat kvartsin osalta kaarevat tai polveilevat, plagioklaasin osalta suorat tai kaarevat ja biotiitin osalta varsin suorat. Ei erityisen lujan näköinen rakenne.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on paikoin heikosti saussuriittitunutta. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

17.1.2024



Kuva 2. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 3. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

17.1.2024

2.1.4 Mineraalikoostumus, vaalean harmaa tonaliitti

Tonaliitin mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 2 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 4 ja 5.

Taulukko 2. Vaalean harmaa tonaliitti. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

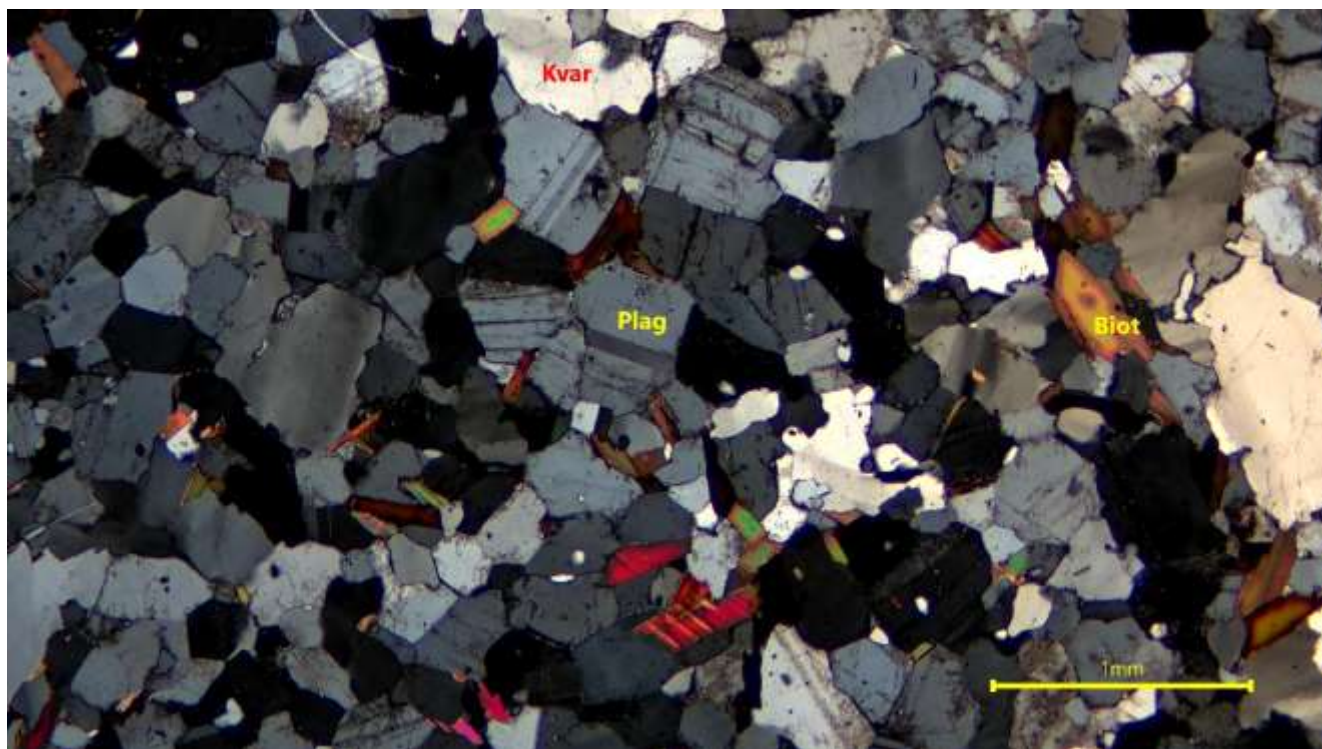
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	59,5	k.a. 0,6 (max. 1,2)
Kvartsi	32,5	k.a. 0,7 (max. 1,6)
Biotiitti	8,0	k.a. 0,3 (max. 0,7)
Epidootti	< 0,1	-
Kloriitti	< 0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	3,0	
Kvartsi < 0,06 mm	1,0	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	-	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	< 0,1	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	8,0	

- 1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

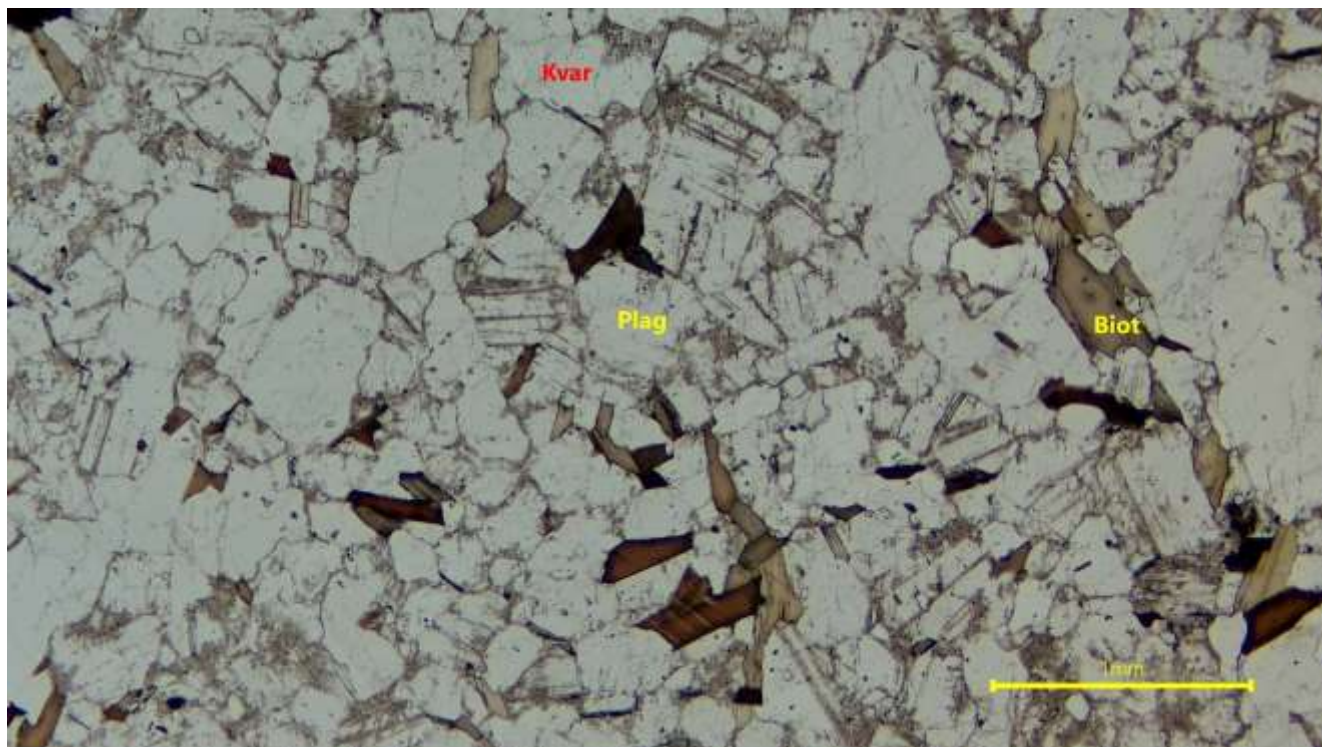
2.1.5 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on lähes suuntaukseton tonaliitti. Biotiitti esiintyy tasaisesti jakautuneena, eikä muodosta kasaumia, eikä potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen ja raekooltaan vaihteleva. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,6 mm. Kvartsi esiintyy vierasmuotoisena, plagioklaasi ja biotiitti osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat kvartsin osalta kaarevat tai polveilevat, plagioklaasin osalta suorat tai kaarevat ja biotiitin osalta varsin suorat.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on hieman saussuriittitunutta. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

17.1.2024



Kuva 4. Tonalitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 5. Tonalitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

17.1.2024

2.1.6 Mineraalikoostumus, biotiitti-amfiboliliuske

Biotiitti-amfiboliliuskeen mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 3 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 6 ja 7.

Taulukko 3. Biotiitti-amfiboliliuske. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

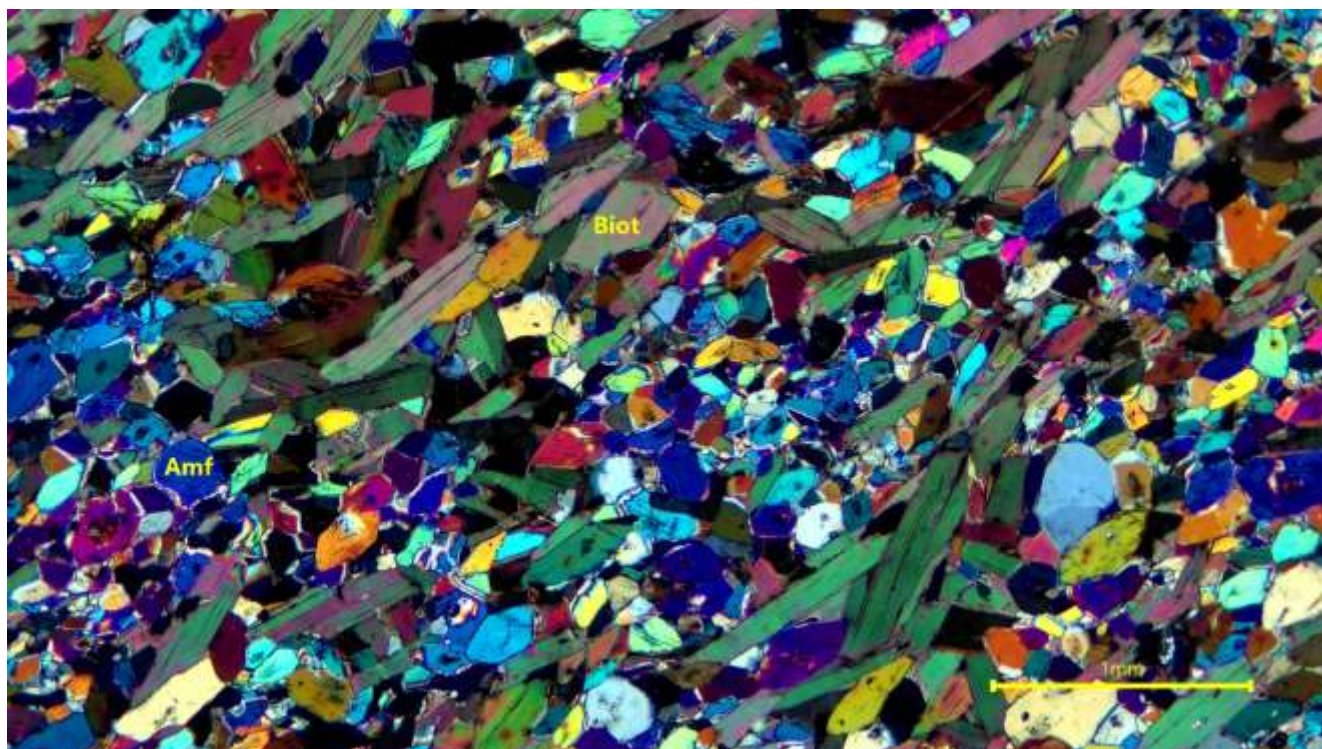
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Biotiitti	51	k.a. 0,6 (max. 1,2)
Amfiboli	47,4	k.a. 0,3 (max. 0,6)
Ilmeniitti	0,9	-
Rikkikiisu	0,4	-
Magnetiitti	0,2	-
Kuparikiisu	0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	-	
Kvartsi < 0,06 mm	-	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	1,6	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	< 0,1	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	51	

- 1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

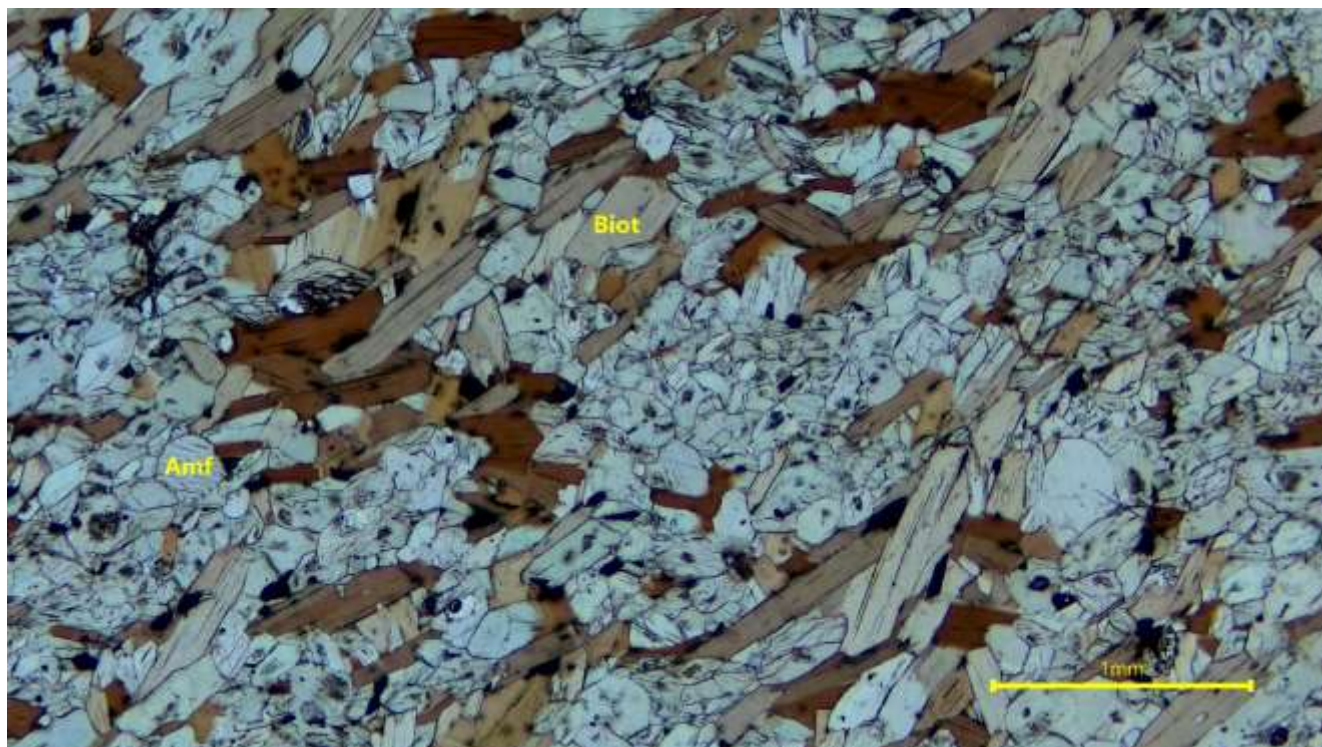
2.1.7 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (biotiitti-amfiboliliuske), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on liuskeinen biotiitti-amfiboliliuske. Biotiitti esiintyy raitaisena ja muodostaa potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,45 mm. Mineraalien raerajat ovat kohtalaisen suoria.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista.

17.1.2024



Kuva 6. Biotiitti-amfiboliliuske. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 7. Biotiitti-amfiboliliuske. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

17.1.2024

3 KIVIAINEKSEN SOVELTUVUUS, KAJAANI, MUSTALAHTI 1

Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Soveltuvuusarvio perustuu vain petrografisiin tutkimustuloksiin. Kts. vaatimukset Liite 1.

Kokoomanäytteen (Mustalahti 1) pehmeiden mineraalien (biotiiitti, muskoviitti, kloriitti) kokonaismäärä on n. 19 %

Kokoomanäytteen pehmeiden rapautumistuotteiden kokonaismäärä on < 0,1 %

Kokoomanäytteen magneettikiisun kokonaismäärä on n. 0,1 %

Kokoomanäytteen rikkikiisun ja kuparikiisun kokonaismäärä on < 0,1 %

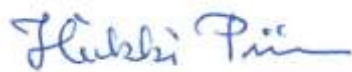
Taulukko 2. Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 1.

Käyttökohde	Soveltuvuus / huomio
Asfaltti	Kyllä
Betoni	Kyllä
Raidesepeli	Kyllä
Radan EV-kerros	Kyllä
Tien kantava kerros	Kyllä
Tien jakava kerros	Kyllä
Ratapenger ja tiepenger	Kyllä

17.1.2024

Testauspäivämäärä: 17.1.2024 Kuopio

Testin tekijä:



Geologi Heikki Pirinen

4 LÄHTEET

Asfalttiunormit 2023. PANK Ry.

Betonin kiviainekset 2018. By43. Suomen betoniyhdistys Ry.

InfraRYL 2023/1. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Päällys- ja pintarakenteet (voimassa 26.6.2023). Rakennustieto.

Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022. Suomen betoniyhdistys Ry.

SFS EN 932-3:2022 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia

SFS-EN 12407:2019 Luonnonkiven testausmenetelmiä. Petrografinen tarkastelu.

RILEM Recommended Test Method: AAR-1.1. – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method

Väylävirasto (2020). Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi. Väyläviraston ohjeita 3/2020, Helsinki.

Väylävirasto (2022). Raidesepelin laatuvaatimukset. Väyläviraston ohjeita 3/2022, Helsinki.

17.1.2024

LIITE 1. SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Taulukkoon on koottu petrografian vaatimukset kiviainesten eri käyttösovellusten mukaisesti (InfraRYL 2023/1 (voimassa 26.6.2023), VO 3/2022, VO 3/2020 ja Asfalttinormit 2023, Betonin kiviainekset 2018 ja Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022), Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi 2020.

Kiviaines	Vaatus
Raidesepeli	Opaakkineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 20 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 15 \%$.
Radan EV-kerros (kalliomurske)	Opaakkineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 25 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 20 \%$.
Ratapenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Tien kantava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Kiviaineksen rikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuus saa olla enintään $0,4 \%$.
Tien jakava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$.
Tiepenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Asfaltti	Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$. Jos opaakkien analyysissä todetaan, että sulfidimineraalit ovat pääosin magneettikiisua, kiviaineksen rapautumisherkkyys on suurempi. Jos rikkipitoisuus on $> 0,1 \%$, sulfidimineraalien määrä ja laatu on selvitettävä Kiilteiden ja muiden pehmeiden mineraalien yhteenlaskettu osuus $\leq 15 \%$. Jos kiille esiintyy hienorakeisena ($< 1 \text{ mm}$) ja tasaisesti jakautuneena, niin $\leq 20 \%$.
Betoni	Kiviaineksen soveltuvuus betonin kiviainekseksi ei perustu vain lujuusarvoihin, vaan mm. rapautumattomuuteen ja mineralogiaan. Kivilajeja, jotka ovat hauraita, rapautuneita tai huokoisia ei saa käyttää. Samoin tulee välttää kiillepakkoja ja rautasulfideja. Kiviaineksen kokonaisrikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuuden on oltava $\leq 0,1 \%$. Alkali-kiviainesreaktiivisuuden (AKR) luokat: Kiviaineksen AKR on erittäin epätodennäköinen (Luokka I), AKR on mahdollinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,2 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka II) ja AKR on todennäköinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,06 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka III).

¹⁾ Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi

SFS EN 932–3:2022
SFS-EN 12407 / PANK 2302

18.1.2024

Sisällysluettelo

1	Tutkimuksen tarkoitus ja koemenetelmä	1
2	Näytteenotto ja Tulokset	2
2.1	Näyte: Kajaani, Mustalahti 2	2
2.1.1	Kalliomurskenäytteen kivilajit	3
2.1.2	Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi	4
2.1.3	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	4
2.1.4	Mineraalikoostumus, vaalea graniitti	6
2.1.5	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (vaalea graniitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	6
2.1.6	Mineraalikoostumus, punertava graniitti	8
2.1.7	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (punertava graniitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	8
3	Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 2	10
4	LÄHTEET	11
	Liite 1. Soveltuvuuden arviointi	12

18.1.2024

1 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEMENETELMÄ

Kiviaineksen laatuvaatimusten asettamisen peruslähtökohta on, että kiviaines soveltuu sille tarkoitettuun käyttökohteeseen. Petrografisella tutkimuksella on tärkeä merkitys a) kiviainesten soveltuvuuden arvioimisessa eri käyttökohteisiin näytteen raaka-aine- ja tyyppitestauksen yhteydessä sekä b) osana tuotannon aikaista laadunvalvontaa.

Standardin SFS-EN 932-3:2022 mukaisen yksinkertaistetun petrografisen määrittelyn lähtökohtana ovat kiviaineksen silmämääräinen tarkastelu ja sen perusteella tehtävä petrografinen kuvaus, jota tyypillisesti täydennetään ohuthietutkimuksella (SFS-EN 12407, PANK 2302). Tutkittavasta kivistä valmistetusta ohuthieestä (n. 25 mm x 35 mm) määritetään polarisaatiomikroskoopilla mineraalikoostumus, mineraalien raekoko, raekokovaihtelu, mikrorakenne ja mineraalien muuttuneisuus sekä rapautumisaste.

Kiviaineksen mineraloginen koostumus määritetään ohuthieestä ns. pistelaskumenetelmällä. Yleensä riittävä pistemäärä on 500–1000 kpl (PANK 2302). Betonikiviaineksen alkali-kiviainesreaktiivisuutta arvioitaessa tulee laskea vähintään 1000 kivirakeisiin sijoittunutta pistettä (Betoni yhdistys 2022).

18.1.2024

2 NÄYTTEENOTTO JA TULOKSET

2.1 Näyte: Kajaani, Mustalahti 2

- Näytetyyppi: KaM
- Näytteenottopaikka: Kajaani, Mustalahden louhimo
- Näytteenottaja: Ramboll Finland / 11/2023



Kuva 1. Kalliomurskenäyte, josta tutkittu ohuthienäyte on valmistettu.

18.1.2024

2.1.1 Kalliomurskenäytteen kivilajit

Kalliomurskenäyte koostuu 7 kivilajista:

1. Tonaliittisesta kiillegneissistä, jota on 36 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.
2. Vaaleasta graniitista, jota on 21 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.5.
3. Punertavasta graniitista, jota on 17 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.7.
4. Harmaasta graniitista, jota on 9 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silmämääräisesti):
 - a. Plagioklaasia 35 %
 - b. Kalimaasälpää 30 %
 - c. Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - d. Biotiittia 5 %
5. Kvartsikivestä, jota on 7 % näytteestä. Kvartsikivi koostuu 100 % kvartsista, jonka raekoko on kokonaisuudessaan > 0,2 mm
6. Graniittisesta gneissistä, jota on 5 % näytteestä. Gneissin mineraalikoostumus (silmämääräisesti):
 - a. Plagioklaasia 30 %
 - b. Kalimaasälpää 30 %
 - c. Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - d. Biotiittia 10 %
7. Punaisesta, hienorakeisesta graniitista, jota on 5 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silmämääräisesti):
 - a. Kalimaasälpää 35 %
 - b. Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 10 %)
 - c. Plagioklaasia 25 %
 - d. Biotiittia 10 %

18.1.2024

2.1.2 Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi

Tonaliittisen kiillegneissin mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 1 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 2 ja 3.

Taulukko 1. Tonaliittinen kiillegneissi. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

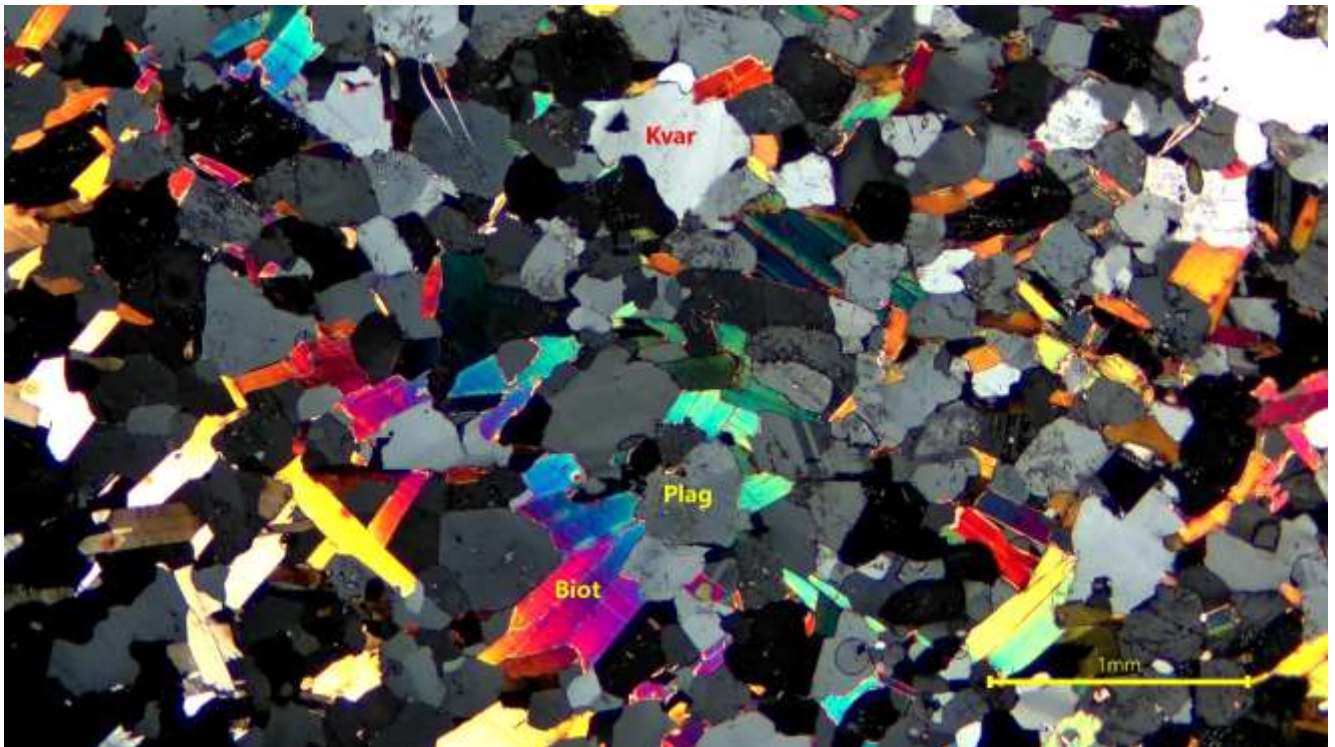
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	46,7	k.a. 0,5 (max. 0,9)
Biotiitti	28,3	k.a. 0,4 (max. 1,0)
Kvartsi	22,6	k.a. 0,6 (max. 1,7)
Apatiitti	1,0	-
Kalimaasälpä	0,7	-
Muskoviitti	0,3	
Magneettikiisu	0,2	-
Rikkikiisu	0,2	-
Kuparikiisu	< 0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	7,0	
Kvartsi < 0,06 mm	0,3	
Opaakkineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	0,4	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	-	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	28,6	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

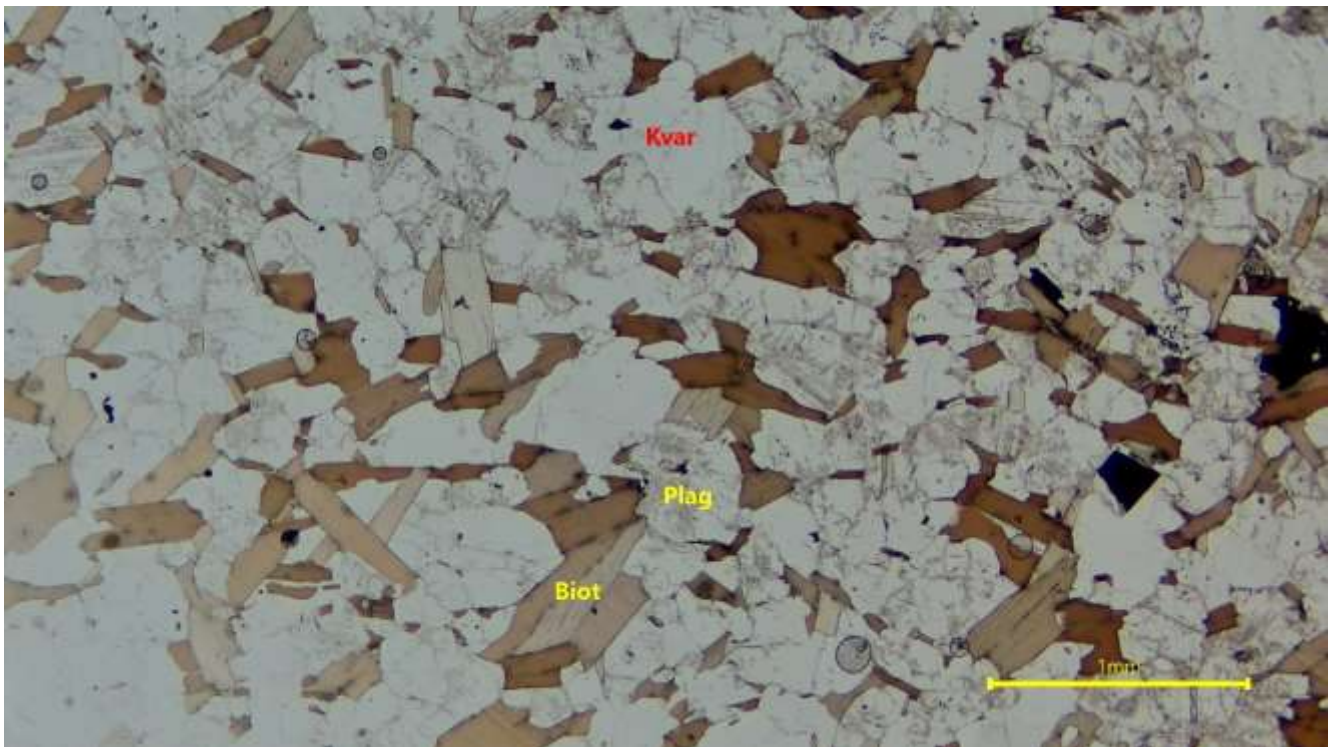
2.1.3 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on heikosti suuntautunut tonaliittinen kiillegneissi. Biotiitti esiintyy tasaisesti jakautuneena, eikä muodosta kasaumia, eikä potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen ja tasarakeinen. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,5 mm. Kvartsi esiintyy vierasmuotoisena, plagioklaasi ja biotiitti osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat kvartsin osalta kaarevat tai polveilevat, plagioklaasin ja biotiitin osalta suorat tai kaarevat.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on heikosti saussuriittitunutta. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

18.1.2024



Kuva 2. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 3. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

18.1.2024

2.1.4 Mineraalikoostumus, vaalea graniitti

Vaalean graniitin mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 2 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 4 ja 5.

Taulukko 2. Vaalea graniitti. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

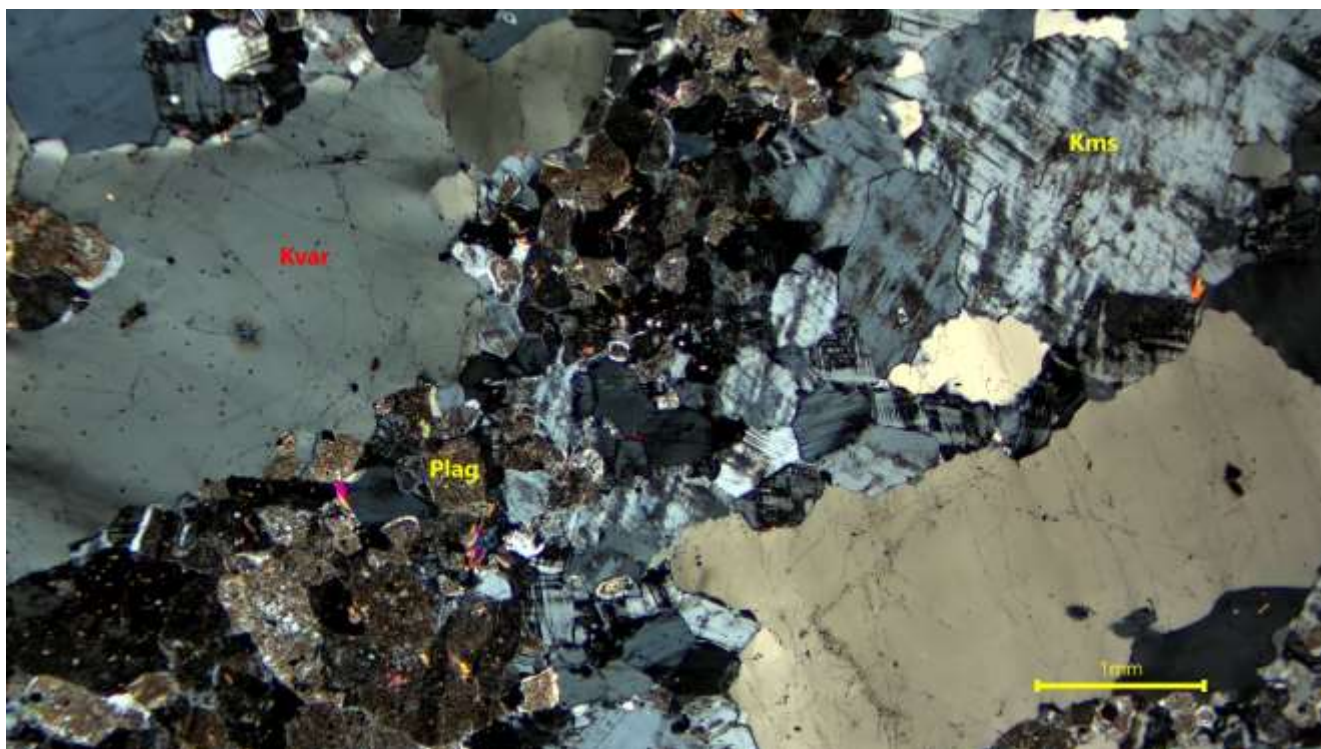
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Kalimaasälpä	44,3	k.a. 1,5 (max. 5,7)
Kvartsi	35,0	k.a. 3,0 (max. 6,4)
Plagioklaasi	18,3	k.a. 0,5 (max. 1,2)
Muskoviitti	1,7	-
Kloriitti	0,7	-
Epidootti	< 0,1	-
Rikkikiisu	< 0,1	-
Götiitti	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	-	
Kvartsi < 0,06 mm	-	
Opaakkineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	< 0,1	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	0,7	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	2,4	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

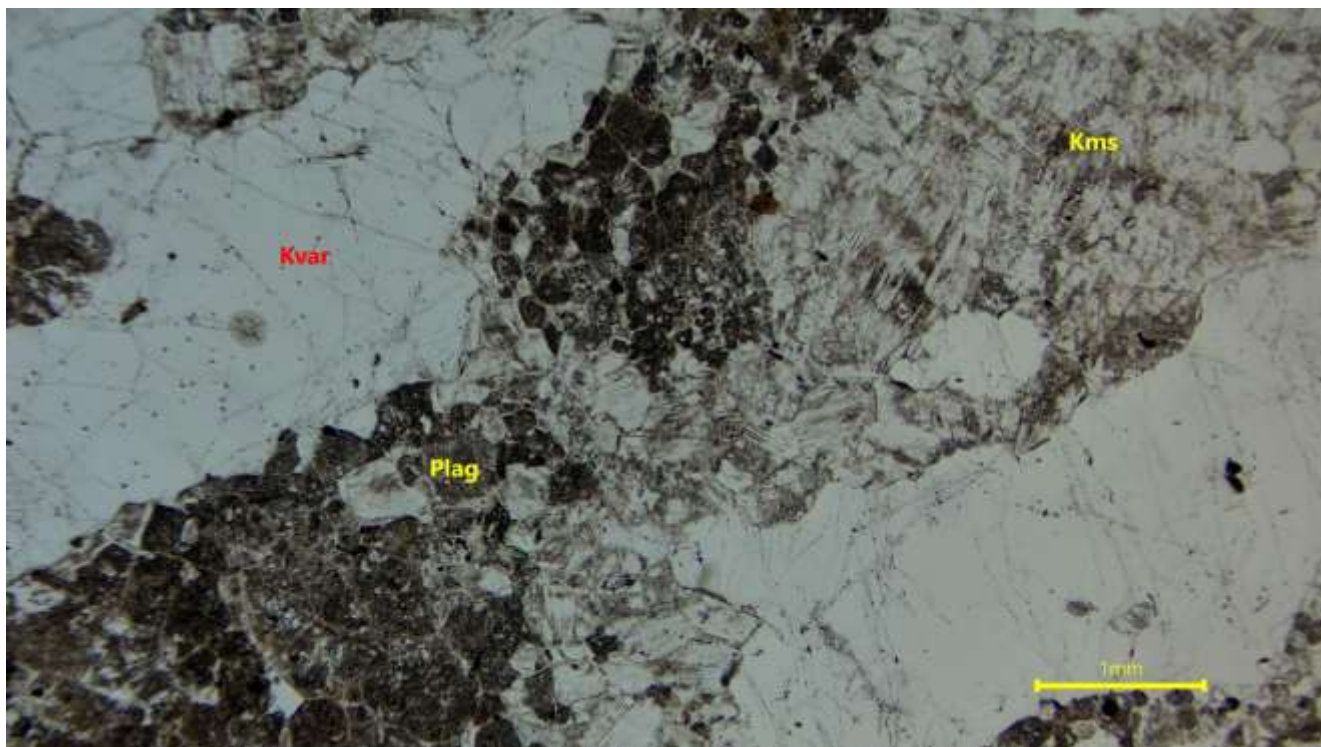
2.1.5 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (vaalea graniitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntaukseton graniitti.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on keskirakeinen ja raekooltaan vaihteleva. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 2,0 mm. Kvartsi esiintyy vierasmuotoisena, maasälvät osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat kvartsin osalta kaarevat tai polveilevat, maasälpäen osalta suorat tai kaarevat.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, mutta plagioklaasissa on havaittavissa selvää saussuriittitumista – Kalimaasälpä on vain hieman serisiittiytynyttä. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

18.1.2024



Kuva 4. Vaalea graniitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 5. Vaalea graniitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

18.1.2024

2.1.6 Mineraalikoostumus, punertava graniitti

Punertavan graniitin mineraalien määräsuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 3 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 6 ja 7.

Taulukko 3. Punertava graniitti. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

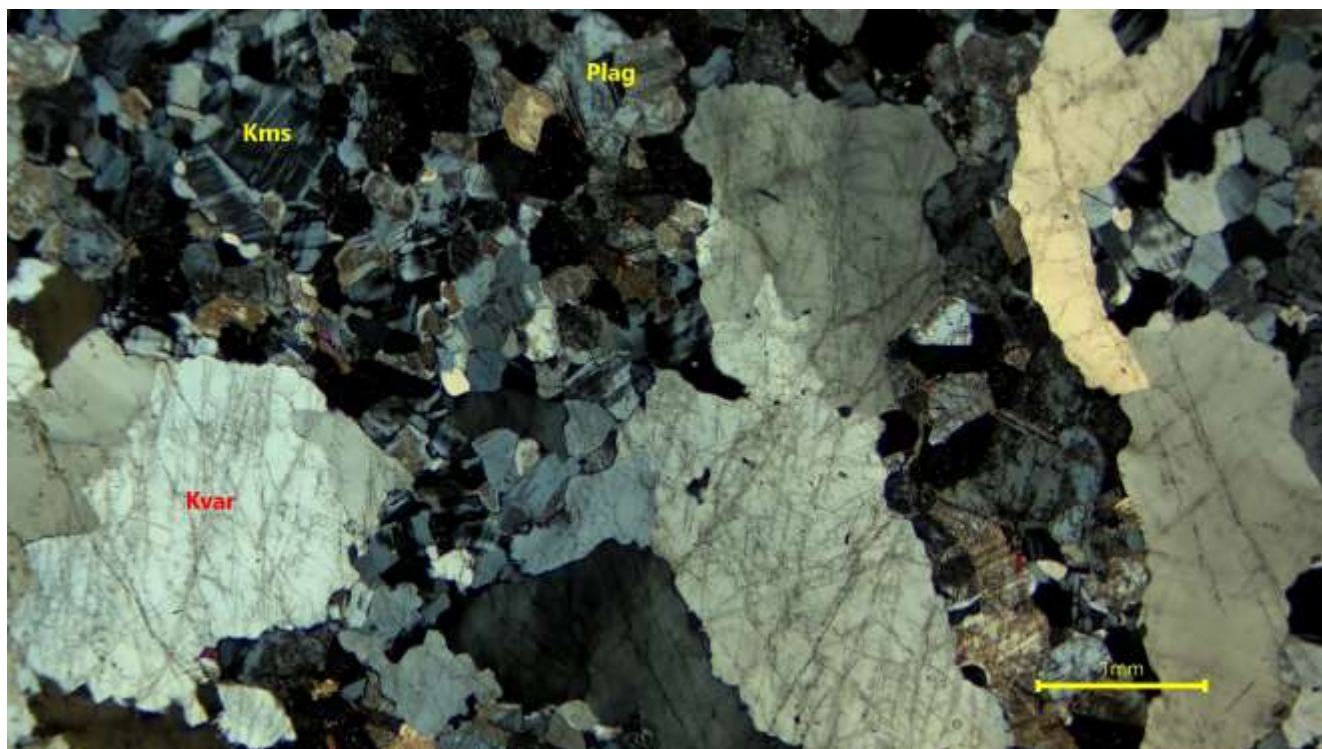
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Kalimaasälpä	35,0	k.a. 0,9 (max. 2,5)
Plagioklaasi	32,3	k.a. 0,5 (max. 1,0)
Kvartsi	28,7	k.a. 2,0 (max. 7,8)
Götiitti	2,7	-
Muskoviitti	0,7	-
Kloriitti	0,3	-
Magnetiitti	0,3	-
Kvartsi < 0,2 mm	3,3	
Kvartsi < 0,06 mm	1,0	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	3,0	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	0,3	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	1,0	

- 1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

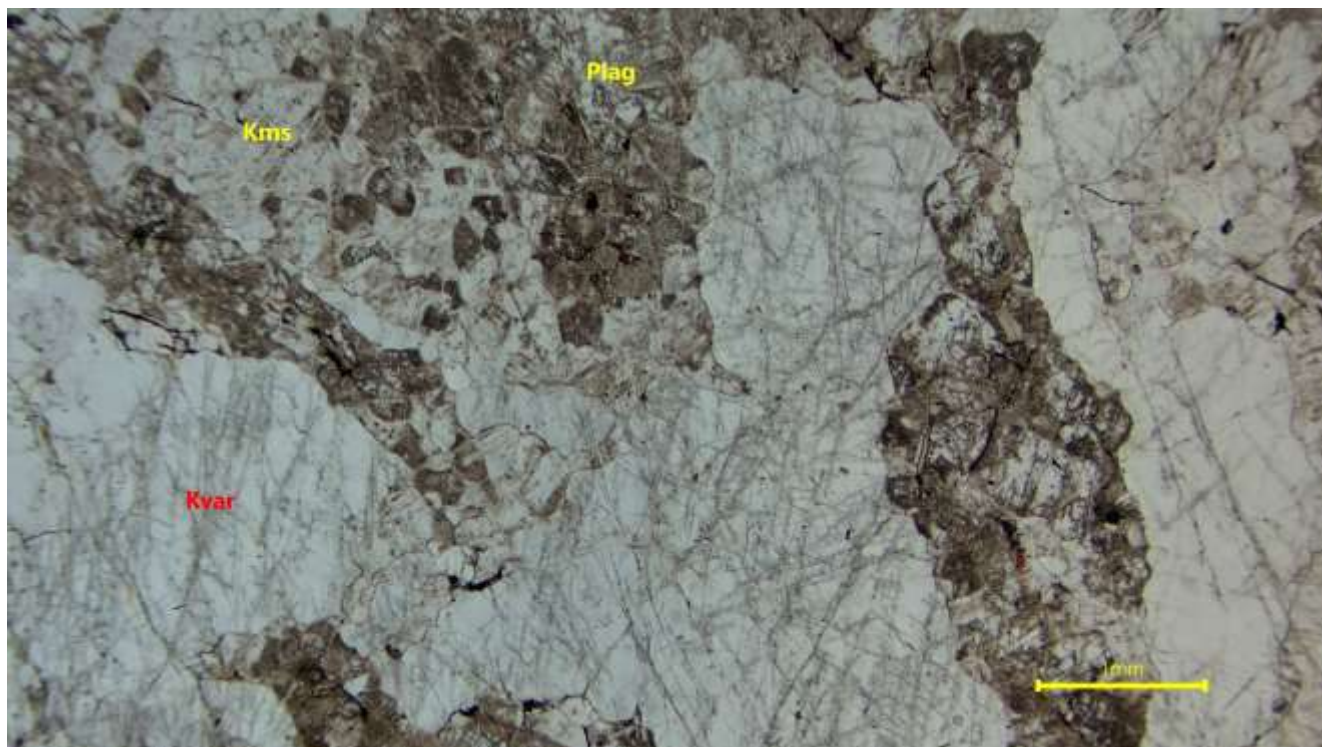
2.1.7 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (punertava graniitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntaukseton graniitti.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on pieni-keskirakeinen ja raekooltaan vaihteleva. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 1,1 mm. Mineraalien raerajat ovat kvartsin osalta kaarevia tai polveilevia ja maasälpäen osalta suoria tai kaarevia. Mineraalien raerajoilla on paikoin ohuena saumana magnetiittia.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, mutta plagioklaasissa on havaittavissa kohtalaista saussuriittiytymistä – Kalimaasälpä on vain vähän serisiittiytynyttä.

18.1.2024



Kuva 6. Punertava graniitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 7. Punertava graniitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

18.1.2024

3 KIVIAINEKSEN SOVELTUVUUS, KAJAANI, MUSTALAHTI 2

Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Soveltuvuusarvio perustuu vain petrografisiin tutkimustuloksiin. Kts. vaatimukset Liite 1.

Kokoomanäytteen (Mustalahti 2) pehmeiden mineraalien (biotiiitti, muskoviitti, kloriitti) kokonaismäärä on n. 12 %

Kokoomanäytteen pehmeiden rapautumistuotteiden kokonaismäärä on n. 0,2 %

Kokoomanäytteen magneettikiisun kokonaismäärä on < 0,1 %

Kokoomanäytteen rikkikiisun ja kuparikiisun kokonaismäärä on < 0,1 %

Taulukko 2. Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 2.

Käyttökohde	Soveltuvuus / huomio
Asfaltti	Kyllä
Betoni	Kyllä
Raidesepeli	Kyllä
Radan EV-kerros	Kyllä
Tien kantava kerros	Kyllä
Tien jakava kerros	Kyllä
Ratapenger ja tiepenger	Kyllä

Testauspäivämäärä: 18.1.2024 Kuopio

Testin tekijä:

Geologi Heikki Pirinen

18.1.2024

4 LÄHTEET

Asfalttiunormit 2023. PANK Ry.

Betonin kiviainekset 2018. By43. Suomen betoniyhdistys Ry.

InfraRYL 2023/1. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Päällys- ja pintarakenteet (voimassa 26.6.2023). Rakennustieto.

Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022. Suomen betoniyhdistys Ry.

SFS EN 932-3:2022 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia

SFS-EN 12407:2019 Luonnonkiven testausmenetelmiä. Petrografinen tarkastelu.

RILEM Recommended Test Method: AAR-1.1. – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method

Väylävirasto (2020). Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi. Väyläviraston ohjeita 3/2020, Helsinki.

Väylävirasto (2022). Raidesepelin laatuvaatimukset. Väyläviraston ohjeita 3/2022, Helsinki.

18.1.2024

LIITE 1. SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Taulukkoon on koottu petrografian vaatimukset kiviainesten eri käyttösovellusten mukaisesti (InfraRYL 2023/1 (voimassa 26.6.2023), VO 3/2022, VO 3/2020 ja Asfalttinormit 2023, Betonin kiviainekset 2018 ja Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022), Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi 2020.

Kiviaines	Vaatus
Raidesepeli	Opaakimineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 20 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 15 \%$.
Radan EV-kerros (kalliomurske)	Opaakimineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 25 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 20 \%$.
Ratapenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Tien kantava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Kiviaineksen rikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuus saa olla enintään $0,4 \%$.
Tien jakava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$.
Tiepenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Asfaltti	Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$. Jos opaakkien analyysissä todetaan, että sulfidimineraalit ovat pääosin magneettikiisua, kiviaineksen rapautumisherkkyys on suurempi. Jos rikkipitoisuus on $> 0,1 \%$, sulfidimineraalien määrä ja laatu on selvitettävä Kiilteiden ja muiden pehmeiden mineraalien yhteenlaskettu osuus $\leq 15 \%$. Jos kiille esiintyy hienorakeisena ($< 1 \text{ mm}$) ja tasaisesti jakautuneena, niin $\leq 20 \%$.
Betoni	Kiviaineksen soveltuvuus betonin kiviainekseksi ei perustu vain lujuusarvoihin, vaan mm. rapautumattomuuteen ja mineralogiaan. Kivilajeja, jotka ovat hauraita, rapautuneita tai huokoisia ei saa käyttää. Samoin tulee välttää kiillepakkoja ja rautasulfideja. Kiviaineksen kokonaisrikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuuden on oltava $\leq 0,1 \%$. Alkali-kiviainesreaktiivisuuden (AKR) luokat: Kiviaineksen AKR on erittäin epätodennäköinen (Luokka I), AKR on mahdollinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,2 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka II) ja AKR on todennäköinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,06 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka III).

¹⁾ Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi

SFS EN 932-3:2022

SFS-EN 12407 / PANK 2302

20.1.2024

Sisällysluettelo

1	Tutkimuksen tarkoitus ja koemenetelmä	1
2	Näytteenotto ja Tulokset	2
2.1	Näyte: Kajaani, Mustalahti 3	2
2.1.1	Kalliomurskenäytteen kivilajit	2
2.1.2	Mineraalikoostumus, kvartsidioriittinen kiillegneissi	5
2.1.3	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (kvartsidioriittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	5
2.1.4	Mineraalikoostumus, dioriitti	7
2.1.5	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (dioriitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	7
3	Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 3	9
4	LÄHTEET	10
	Liite 1. Soveltuvuuden arviointi	11

20.1.2024

1 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEMENETELMÄ

Kiviaineksen laatuvaatimusten asettamisen peruslähtökohta on, että kiviaines soveltuu sille tarkoitettuun käyttökohteeseen. Petrografisella tutkimuksella on tärkeä merkitys a) kiviainesten soveltuvuuden arvioimisessa eri käyttökohteisiin näytteen raaka-aine- ja tyyppitestauksen yhteydessä sekä b) osana tuotannon aikaista laadunvalvontaa.

Standardin SFS-EN 932-3:2022 mukaisen yksinkertaistetun petrografisen määrittelyn lähtökohtana ovat kiviaineksen silmämääräinen tarkastelu ja sen perusteella tehtävä petrografinen kuvaus, jota tyypillisesti täydennetään ohuthietutkimuksella (SFS-EN 12407, PANK 2302). Tutkittavasta kivistä valmistetusta ohuthieestä (n. 25 mm x 35 mm) määritetään polarisaatiomikroskoopilla mineraalikoostumus, mineraalien raekoko, raekokovaihtelu, mikrorakenne ja mineraalien muuttuneisuus sekä rapautumisaste.

Kiviaineksen mineraloginen koostumus määritetään ohuthieestä ns. pistelaskumenetelmällä. Yleensä riittävä pistemäärä on 500–1000 kpl (PANK 2302). Betonikiviaineksen alkali-kiviainesreaktiivisuutta arvioitaessa tulee laskea vähintään 1000 kivirakeisiin sijoittunutta pistettä (Betoni yhdistys 2022).

20.1.2024

2 NÄYTEENOTTO JA TULOKSET

2.1 Näyte: Kajaani, Mustalahti 3

- Näytetyyppi: KaM
- Näytteenottopaikka: Kajaani, Mustalahden louhimo
- Näytteenottaja: Ramboll Finland / 11/2023



Kuva 1. Kalliomurskenäyte, josta tutkittu ohuthienäyte on valmistettu.

2.1.1 Kalliomurskenäytteen kivilajit

Kalliomurskenäyte koostuu 9 kivilajista:

1. Kvartsidioriittisesta kiillegneissistä, jota on 26 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.

20.1.2024

2. Vaaleasta dioriitista, jota on 23 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.5.
3. Punaisesta graniitista, jota on 19 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Kalimaasälpää 35 %
 - b. Plagioklaasia 30 %
 - c. Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - d. Biotiittia 5 %
4. Vaaleasta graniitista, jota on 14 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Plagioklaasia 35 %
 - b. Kalimaasälpää 30 %
 - c. Kvartsia 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - d. Biotiittia 5 %
5. Kiillegneissistä ja kvartsijuonesta koostuvista murskerakeista, jota on 7 % näytteestä. Gneissin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Plagioklaasia 53 %
 - b. Kvartsia 30 % (ei ollenkaan < 0,2 mm kvartsia)
 - c. Biotiittia 17 %
6. Kiillegneissistä ja graniitista koostuvista murskerakeista, jota on 4 % näytteestä. Kiillegneissin ja graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Plagioklaasia 42 %
 - b. Kvartsia 25 %
 - c. Biotiittia 18 %
 - d. Kalimaasälpää 15 %
7. Biotiitti-amfiboliliuskeesta, jota on 3 % näytteestä. Biotiitti-amfiboliliuskeen mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Biotiittia 50 %
 - b. Amfibolia 50 %
8. Punertavasta graniitista, jota on 3 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
 - a. Kalimaasälpää 30 %

20.1.2024

- b. Plagioklaasia 30 %
 - c. Kvartsia 30 %
 - d. Biotiittia 10 %
9. Tumma dioriitista, jota on 1 % näytteestä. Dioriitin mineraalikoostumus (silämääräisesti):
- a. Plagioklaasia 80 %
 - b. Amfibolia 10 %
 - c. Biotiittia 10 %

20.1.2024

2.1.2 Mineraalikoostumus, kvartsidioriittinen kiillegneissi

Kvartsidioriittisen kiillegneissin mineraalien määräsuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 1 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 2 ja 3.

Taulukko 1. Kvartsidioriittinen kiillegneissi. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

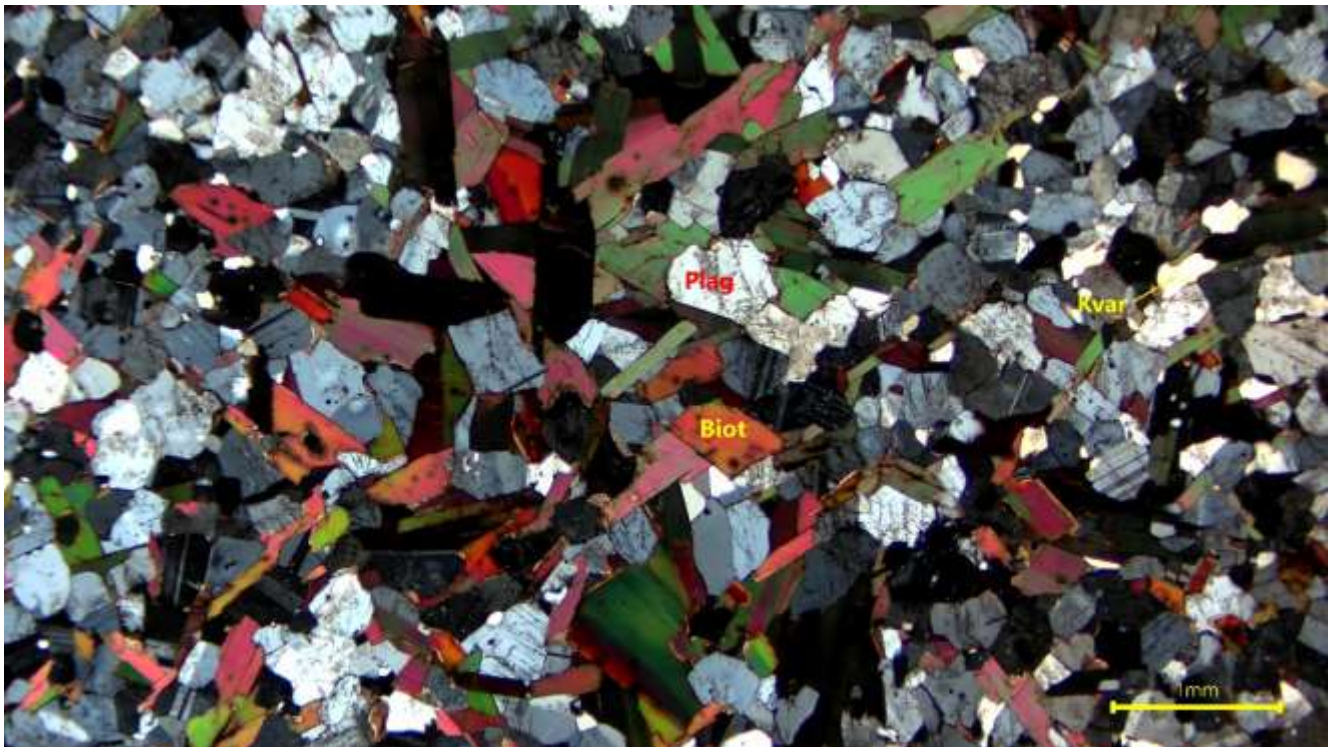
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	52,6	k.a. 0,5 (max. 0,8)
Biotiitti	37,0	k.a. 0,6 (max. 1,6)
Kvartsi	9,6	k.a. 0,8 (max. 3,0)
Magneettikiisu	0,3	-
Kalimaasälpä	0,3	-
Rikkikiisu	0,1	-
Ilmeniitti	< 0,1	-
Kloriitti	< 0,1	-
Apatiitti	< 0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	1,3	
Kvartsi < 0,06 mm	0,3	
Opaakkineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	0,4	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	< 0,1	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	37,0	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

2.1.3 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (kvartsidioriittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on heikosti suuntautunut kvartsidioriittinen kiillegneissi. Biotiitti esiintyy tasaisesti jakautuneena, eikä muodosta kasaumia, eikä potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen ja raekooltaan vaihteleva. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,6 mm. Päämineraalit esiintyvät osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat pääasiassa suoria tai kaarevia.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on vähän saussuriittiutunutta. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

20.1.2024



Kuva 2. Kvartsidioriittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 3. Kvartsidioriittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

20.1.2024

2.1.4 Mineraalikoostumus, dioriitti

Dioriitin mineraalien määräsuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 2 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 4 ja 5.

Taulukko 2. Dioriitti. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

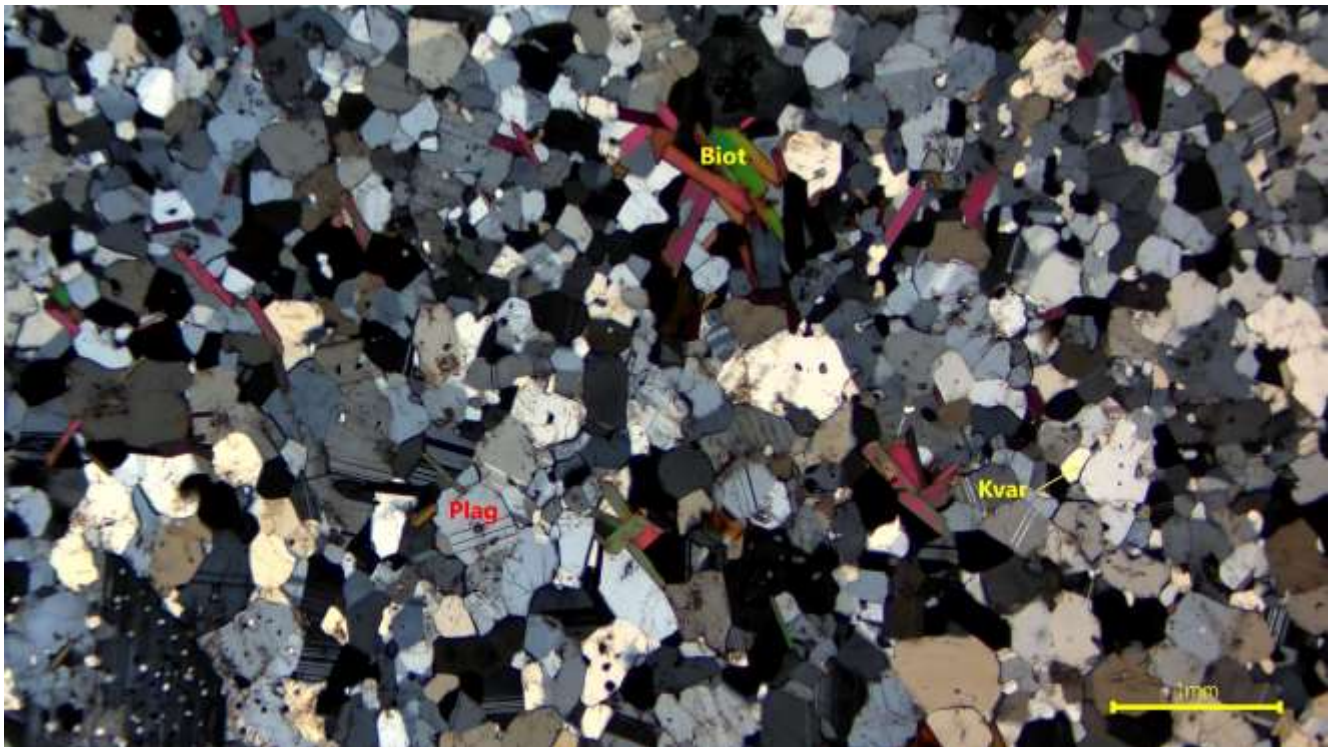
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	90,6	k.a. 0,6 (max. 1,4)
Biotiitti	6,0	k.a. 0,5 (max. 1,2)
Kvartsi	3,4	-
Rikkikiisu	< 0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	1,7	
Kvartsi < 0,06 mm	0,7	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	< 0,1	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki, yhteensä)	-	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	6,0	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

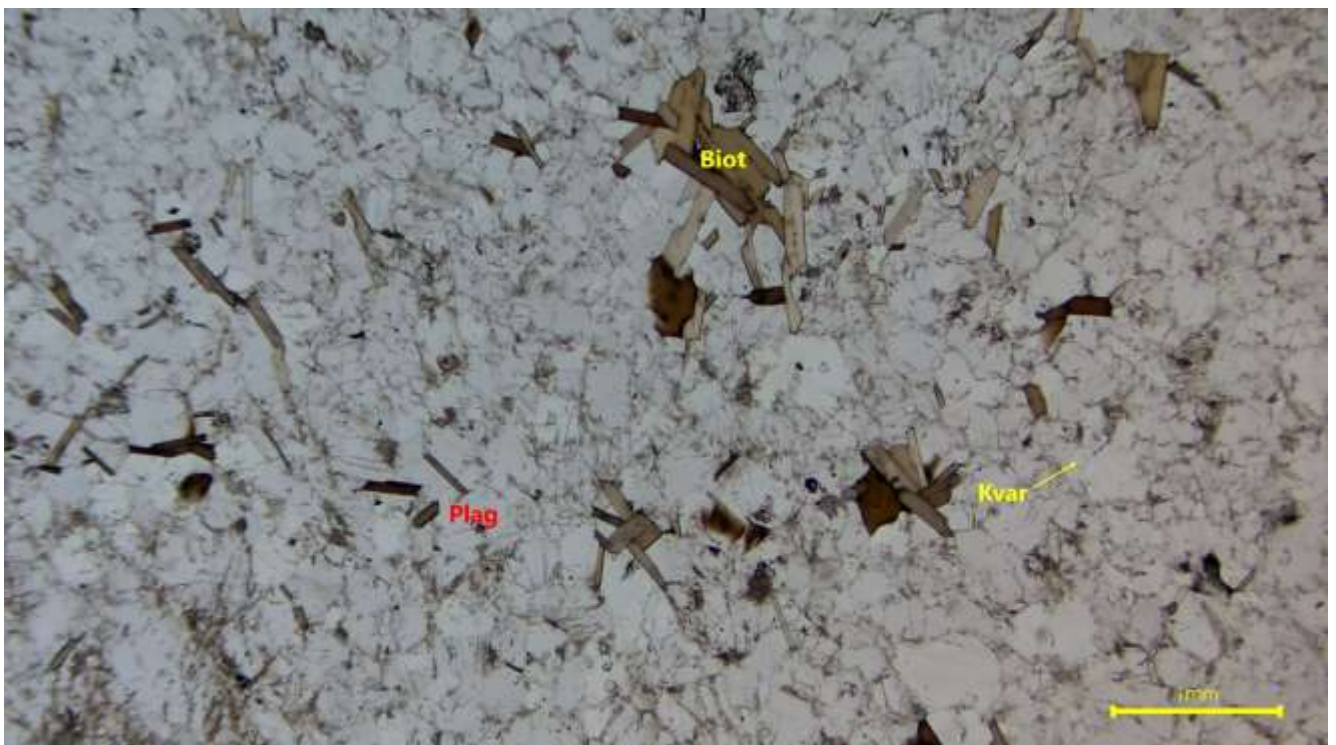
2.1.5 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (dioriitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntaukseton dioriitti.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen ja tasarakeinen. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,6 mm. Päämineraalit esiintyvät osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat suorat tai kaarevat. Kvartsi esiintyy hienorakeisena "pirotteena" usein myös plagioklaasirakeiden sisällä sulkeumana.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on vain hieman saussuriittiytynyttä. Joissain plagioklaasirakeissa näkee saussuriittiytyneen ydinosan. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

20.1.2024



Kuva 4. Dioriitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 5. Dioriitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

20.1.2024

3 KIVIAINEKSEN SOVELTUVUUS, KAJAANI, MUSTALAHTI 3

Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Soveltuvuusarvio perustuu vain petrografisiin tutkimustuloksiin.
Kts. vaatimukset Liite 1.

Kokoomanäytteen (Mustalahti 3) pehmeiden mineraalien (biotiitti, muskoviitti, kloriitti)
kokonaismäärä on n. 16 %

Kokoomanäytteen pehmeiden rapautumistuotteiden kokonaismäärä on < 0,1 %

Kokoomanäytteen magneettikiisun kokonaismäärä on n. 0,1 %

Kokoomanäytteen rikkikiisun kokonaismäärä on < 0,1 %

Taulukko 2. Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 3.

Käyttökohde	Soveltuvuus / huomio
Asfaltti	Kyllä
Betoni	Kyllä
Raidesepeli	Kyllä
Radan EV-kerros	Kyllä
Tien kantava kerros	Kyllä
Tien jakava kerros	Kyllä
Ratapenger ja tiepenger	Kyllä

Testauspäivämäärä: 20.1.2024 Kuopio

Testin tekijä:



Geologi Heikki Pirinen

20.1.2024

4 LÄHTEET

Asfalttiunormit 2023. PANK Ry.

Betonin kiviainekset 2018. By43. Suomen betoniyhdistys Ry.

InfraRYL 2023/1. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Päällys- ja pintarakenteet (voimassa 26.6.2023). Rakennustieto.

Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022. Suomen betoniyhdistys Ry.

SFS EN 932-3:2022 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia

SFS-EN 12407:2019 Luonnonkiven testausmenetelmiä. Petrografinen tarkastelu.

RILEM Recommended Test Method: AAR-1.1. – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method

Väylävirasto (2020). Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi. Väyläviraston ohjeita 3/2020, Helsinki.

Väylävirasto (2022). Raidesepelin laatuvaatimukset. Väyläviraston ohjeita 3/2022, Helsinki.

20.1.2024

LIITE 1. SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Taulukkoon on koottu petrografian vaatimukset kiviainesten eri käyttösovellusten mukaisesti (InfraRYL 2023/1 (voimassa 26.6.2023), VO 3/2022, VO 3/2020 ja Asfalttinormit 2023, Betonin kiviainekset 2018 ja Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022), Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi 2020.

Kiviaines	Vaatus
Raidesepeli	Opaakimineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 20 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 15 \%$.
Radan EV-kerros (kalliomurske)	Opaakimineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) $\leq 3 \%$, jos oksideja, $\leq 5 \%$. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 25 \%$. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina $\leq 20 \%$.
Ratapenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Tien kantava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$. Kiviaineksen rikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuus saa olla enintään $0,4 \%$.
Tien jakava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on $\leq 5 \%$. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan $\leq 10 \%$, kasaumina $\leq 5 \%$.
Tiepenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus $\leq 40 \%$. Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$.
Asfaltti	Sulfidimineraaleja $\leq 5 \%$. Jos opaakkien analyysissä todetaan, että sulfidimineraalit ovat pääosin magneettikiisua, kiviaineksen rapautumisherkkyys on suurempi. Jos rikkipitoisuus on $> 0,1 \%$, sulfidimineraalien määrä ja laatu on selvitettävä Kiilteiden ja muiden pehmeiden mineraalien yhteenlaskettu osuus $\leq 15 \%$. Jos kiille esiintyy hienorakeisena ($< 1 \text{ mm}$) ja tasaisesti jakautuneena, niin $\leq 20 \%$.
Betoni	Kiviaineksen soveltuvuus betonin kiviainekseksi ei perustu vain lujuusarvoihin, vaan mm. rapautumattomuuteen ja mineralogiaan. Kivilajeja, jotka ovat hauraita, rapautuneita tai huokoisia ei saa käyttää. Samoin tulee välttää kiillepakkoja ja rautasulfideja. Kiviaineksen kokonaisrikkipitoisuus on enintään 1% . Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuuden on oltava $\leq 0,1 \%$. Alkali-kiviainesreaktiivisuuden (AKR) luokat: Kiviaineksen AKR on erittäin epätodennäköinen (Luokka I), AKR on mahdollinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,2 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka II) ja AKR on todennäköinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,06 \text{ mm}$ ja määrä on yli 15% (luokka III).

¹⁾ Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

Kiviaineksen petrografinen kuvaus, mineraalikoostumus sekä soveltuvuuden arviointi

SFS EN 932-3:2022

SFS-EN 12407 / PANK 2302

21.1.2024

Sisällysluettelo

1	Tutkimuksen tarkoitus ja koemenetelmä	1
2	Näytteenotto ja Tulokset	2
2.1	Näyte: Kajaani, Mustalahti 4	2
2.1.1	Kalliomurskenäytteen kivilajit	3
2.1.2	Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi	4
2.1.3	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	4
2.1.4	Mineraalikoostumus, granodioriitti	6
2.1.5	Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (granodioriitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste	6
3	kiviaineksen soveltuvuus, kajaani, mustalahti 4	8
4	LÄHTEET	9
	Liite 1. Soveltuvuuden arviointi	10

21.1.2024

1 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEMENETELMÄ

Kiviaineksen laatuvaatimusten asettamisen peruslähtökohta on, että kiviaines soveltuu sille tarkoitettuun käyttökohteeseen. Petrografisella tutkimuksella on tärkeä merkitys a) kiviainesten soveltuvuuden arvioimisessa eri käyttökohteisiin näytteen raaka-aine- ja tyyppitestauksen yhteydessä sekä b) osana tuotannon aikaista laadunvalvontaa.

Standardin SFS-EN 932-3:2022 mukaisen yksinkertaistetun petrografisen määrittelyn lähtökohtana ovat kiviaineksen silmämääräinen tarkastelu ja sen perusteella tehtävä petrografinen kuvaus, jota tyypillisesti täydennetään ohuthietutkimuksella (SFS-EN 12407, PANK 2302). Tutkittavasta kivistä valmistetusta ohuthieestä (n. 25 mm x 35 mm) määritetään polarisaatiomikroskoopilla mineraalikoostumus, mineraalien raekoko, raekokovaihtelu, mikrorakenne ja mineraalien muuttuneisuus sekä rapautumisaste.

Kiviaineksen mineraloginen koostumus määritetään ohuthieestä ns. pistelaskumenetelmällä. Yleensä riittävä pistemäärä on 500–1000 kpl (PANK 2302). Betonikiviaineksen alkali-kiviainesreaktiivisuutta arvioitaessa tulee laskea vähintään 1000 kivirakeisiin sijoittunutta pistettä (Betoni yhdistys 2022).

21.1.2024

2 NÄYTEENOTTO JA TULOKSET

2.1 Näyte: Kajaani, Mustalahti 4

- Näytetyyppi: KaM
- Näytteenottopaikka: Kajaani, Mustalahden louhimo
- Näytteenottaja: Ramboll Finland / 11/2023



Kuva 1. Kalliomurskenäyte, josta tutkittu ohuthienäyte on valmistettu.

21.1.2024

2.1.1 Kalliomurskenäytteen kivilajit

Kalliomurskenäyte koostuu 6 kivilajista:

1. Tonaliittisesta kiillegneissistä, jota on 29 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.2.
2. Granodioriitista, jota on 21 % näytteestä ja josta on valittu edustava näyte kiillotetun ohuthieen valmistamista varten ja jonka mineraalikoostumus ja mikrorakenne on kuvattu kappaleessa 2.1.5.
3. Vaaleasta graniitista, jota on 18 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silmämääräisesti):
 - a. Kalimaasälpä 40 %
 - b. Kvartsi 35 % (ei yhtään < 0,2 mm kvartsia)
 - c. Plagioklaasi 20 %
 - d. Muskoviitti 5 %
4. Punertavasta graniitista, jota on 14 % näytteestä. Graniitin mineraalikoostumus (silmämääräisesti):
 - a. Kalimaasälpä 35 %
 - b. Kvartsi 35 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - c. Plagioklaasi 23 %
 - d. Biotiitti 7 %
5. Harmaasta graniitista, jota on 10 % näytteestä.
 - a. Kalimaasälpä 30 %
 - b. Plagioklaasi 30 %
 - c. Kvartsi 30 % (< 0,2 mm kvartsia n. 5 %)
 - d. Biotiitti 10 %
6. Kvartsikivestä, jota on 8 % näytteestä. Kvartsikivi koostuu 100 % > 0,2 mm kvartsista.

21.1.2024

2.1.2 Mineraalikoostumus, tonaliittinen kiillegneissi

Tonaliittisen kiillegneissin mineraalien määrasuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 1 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 2 ja 3.

Taulukko 1. Tonaliittinen kiillegneissi. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

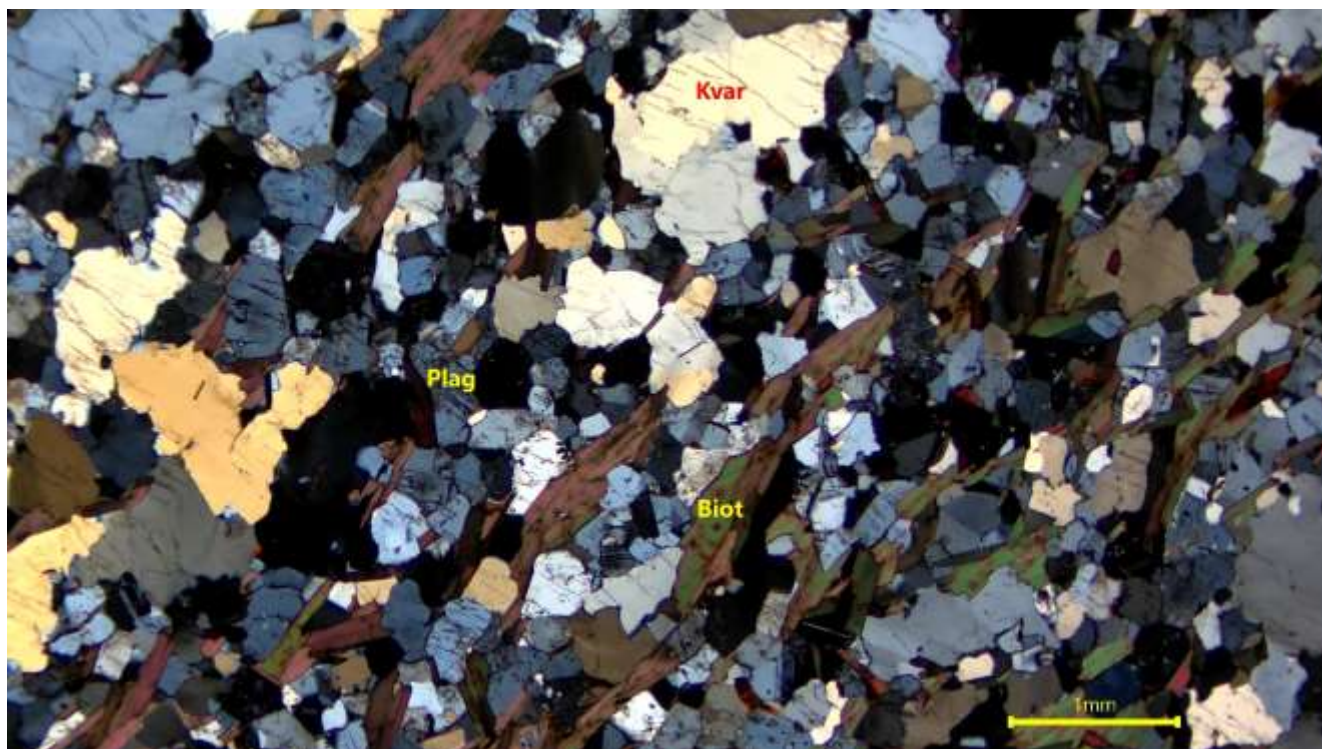
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Kvartsi	36,7	k.a. 0,7 (max. 9,6)
Plagioklaasi	36,0	k.a. 0,5 (max. 0,9)
Biotiitti	24,7	k.a. 0,5 (max. 1,1)
Magneettikiisu	0,8	-
Kupariikiisu	< 0,1	-
Zirkoni	< 0,1	-
Kvartsi < 0,2 mm	1,3	
Kvartsi < 0,06 mm	-	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	0,8	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki), yhteensä	-	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	24,7	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

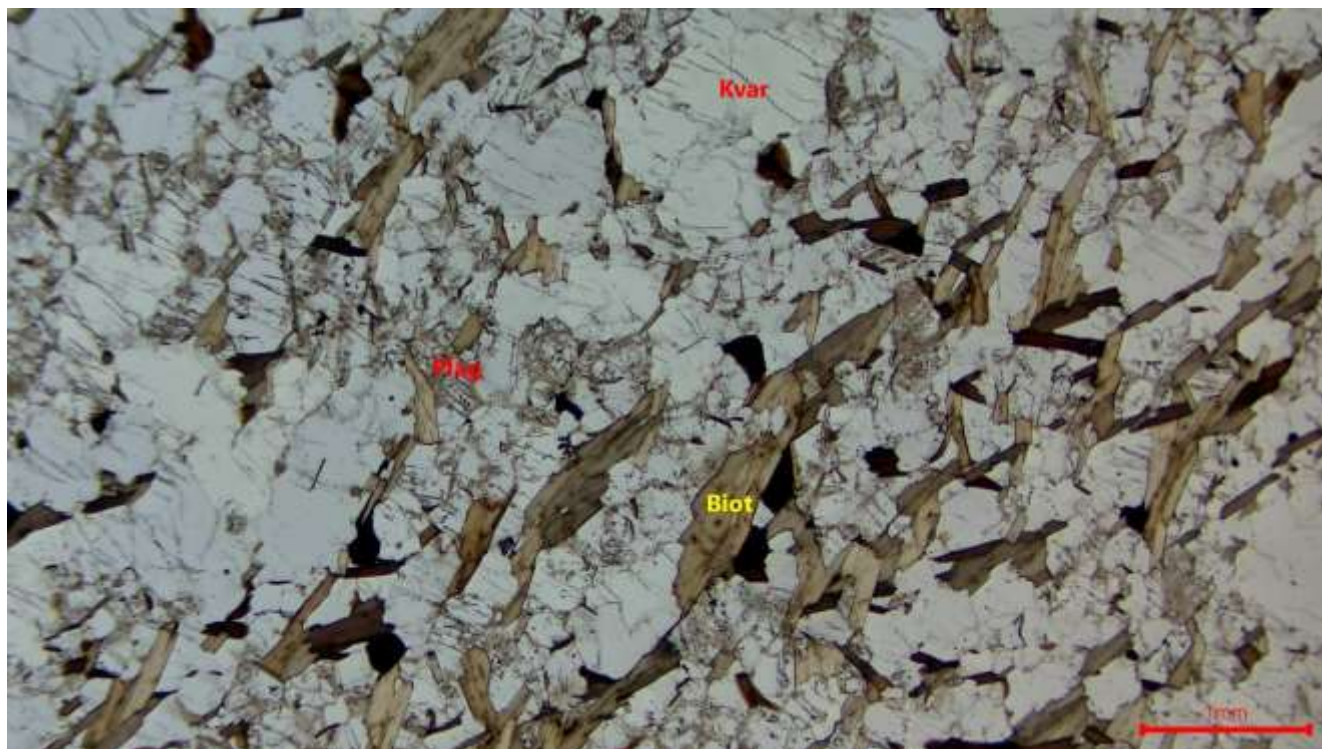
2.1.3 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (tonaliittinen kiillegneissi), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntautunut tonaliittinen kiillegneissi. Biotiitti esiintyy tasaisesti jakautuneena, eikä muodosta kasaumia, eikä potentiaalisia lohkopintoja.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on hienorakeinen ja lähes tasarakeinen. Muutamia ympäristöään suurempia kvartsirakeita siellä-täällä. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 0,6 mm. Päämineraalit esiintyvät osittain omamuotoisena. Mineraalien raerajat ovat pääasiassa suoria tai kaarevia. Biotiittien välisiä raerajoja täplittää usein hyvin hienorakeinen zirkoni.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – Plagioklaasi on vähän saussuriittiutunutta. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua. Huomattavaa on kuitenkin, että erityisesti kvartsirakeissa näkyvä mikrorakoilu esiintyy kohtisuoraan liuskeisuutta vastaan.

21.1.2024



Kuva 2. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 3. Tonalittinen kiillegneissi. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

21.1.2024

2.1.4 Mineraalikoostumus, granodioriitti

Granodioriitin mineraalien määräsuhteet ja raekoko on esitetty Taulukossa 2 ja kuvat tutkitusta näytteestä on esitetty Kuvissa 4 ja 5.

Taulukko 2. Granodioriitti. Mineraalikoostumus tilavuusprosentteina (500 analyysipistettä).

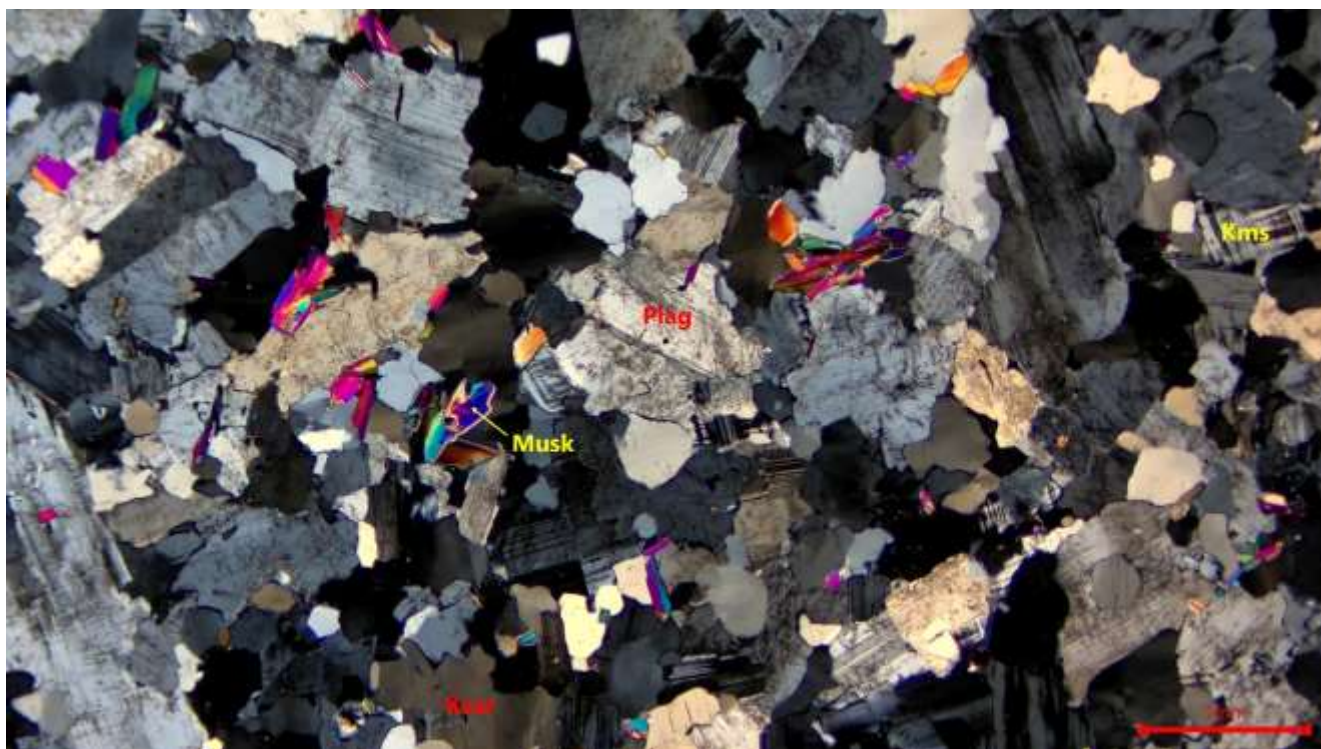
Mineraali	Prosenttiosuus (til. %)	Raekoko (mm)
Plagioklaasi	45,0	k.a. 1,3 (max. 2,5)
Kvartsi	26,0	k.a. 1,0 (max. 3,6)
Kalimaasälpä	22,0	k.a. 1,3 (max. 3,2)
Muskoviitti	6,7	-
Granaatti	0,3	-
Kvartsi < 0,2 mm	1,7	
Kvartsi < 0,06 mm	-	
Opaakkimineraalit yhteensä (sulfidit, oksidit ja grafiitti)	-	
Rapautumis- ja muuttumistuotteet (esim. kloriitti, serpentiini, talkki, yhteensä)	-	
Pehmeät mineraalit ¹⁾ , yhteensä	6,7	

1) Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

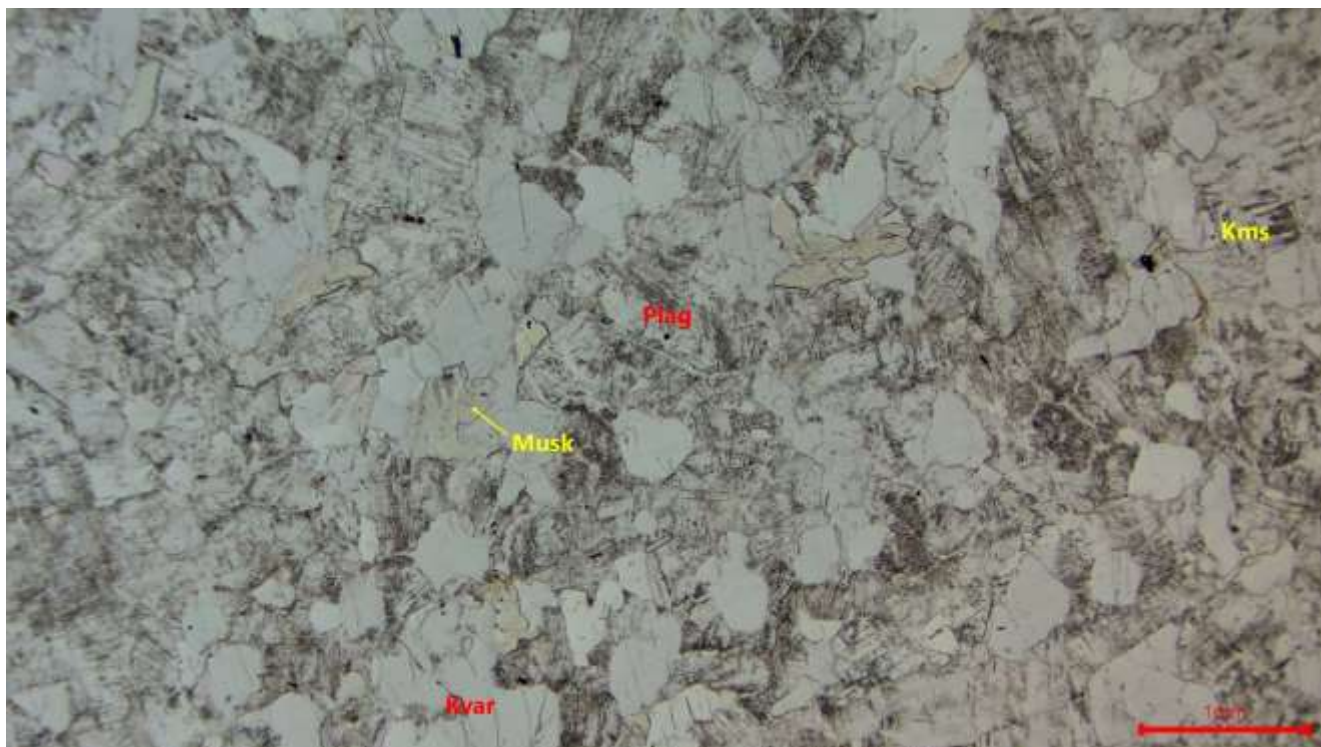
2.1.5 Mikroskooppinen rakenne eli tekstuuri (granodioriitti), mineraalien muuttuneisuus ja rapautumisaste

- **Suuntautuneisuus:** Tutkittu näyte on suuntaukseton granodioriitti.
- **Raekoko ja raerajat:** Tutkittu näyte on pienirakeinen ja raekooltaan vaihteleva. Näytteen mineraalien keskimääräinen raekoko on n. 1,1 mm. Päämineraalit esiintyvät osittain omamuotoisena, kvartsi pääosin vierasmuotoista. Mineraalien raerajat ovat pääasiassa kaarevia, mutta erityisesti kvartsin osalta polveilevia.
- **Muuttuminen, rapautumisaste, rakoilu:** Näytteen rapautumisaste on hyvin alhainen, eikä näytteessä ole havaittavissa merkittävää muuttumista – maasälvät ovat vain hieman saussuriittiytyneitä / serisiittiytyneitä. Tutkitussa näytteessä ei havaittu merkittävää rakoilua.

21.1.2024



Kuva 4. Granodioriitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla ristipolaroitua valoa käyttäen.



Kuva 5. Granodioriitti. Kuva on otettu polarisaatiomikroskoopilla tasopolaroitua valoa käyttäen.

21.1.2024

3 KIVIAINEKSEN SOVELTUVUUS, KAJAANI, MUSTALAHTI 4

Tulos koskee vain tutkittua näytettä. Soveltuvuusarvio perustuu vain petrografisiin tutkimustuloksiin.
Kts. vaatimukset Liite 1.

Kokoomanäytteen (Mustalahti 4) pehmeiden mineraalien (biotitti, muskoviitti, kloriitti) kokonaismäärä on n. 11 %

Kokoomanäytteen pehmeiden rapautumistuotteiden kokonaismäärä on < 0,1 %

Kokoomanäytteen magneettikiisun kokonaismäärä on n. 0,2 %

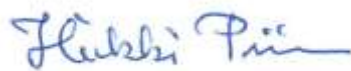
Kokoomanäytteen rikkikiisun ja kuparikiisun kokonaismäärä on < 0,1 %

Taulukko 2. Kiviaineksen soveltuvuus, Kajaani, Mustalahti 4.

Käyttökohde	Soveltuvuus / huomio
Asfaltti	Kyllä
Betoni	Kyllä
Raidesepeli	Kyllä
Radan EV-kerros	Kyllä
Tien kantava kerros	Kyllä
Tien jakava kerros	Kyllä
Ratapenger ja tiepenger	Kyllä

Testauspäivämäärä: 21.1.2024 Kuopio

Testin tekijä:



Geologi Heikki Pirinen

21.1.2024

4 LÄHTEET

Asfalttiunormit 2023. PANK Ry.

Betonin kiviainekset 2018. By43. Suomen betoniyhdistys Ry.

InfraRYL 2023/1. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, Päällys- ja pintarakenteet (voimassa 26.6.2023). Rakennustieto.

Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022. Suomen betoniyhdistys Ry.

SFS EN 932-3:2022 Kiviainesten yleisten ominaisuuksien testaus. Osa 3: Yksinkertaistetun petrografisen kuvauksen menettely ja terminologia

SFS-EN 12407:2019 Luonnonkiven testausmenetelmiä. Petrografinen tarkastelu.

RILEM Recommended Test Method: AAR-1.1. – Detection of Potential Alkali-Reactivity – Part 1: Petrographic Examination Method

Väylävirasto (2020). Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi. Väyläviraston ohjeita 3/2020, Helsinki.

Väylävirasto (2022). Raidesepelin laatuvaatimukset. Väyläviraston ohjeita 3/2022, Helsinki.

21.1.2024

LIITE 1. SOVELTUVUUDEN ARVIOINTI

Taulukkoon on koottu petrografian vaatimukset kiviainesten eri käyttösovellusten mukaisesti (InfraRYL 2023/1 (voimassa 26.6.2023), VO 3/2022, VO 3/2020 ja Asfalttinormit 2023, Betonin kiviainekset 2018 ja Ohje betonin alkali-kiviainesreaktion hallitsemiseksi 2022), Heikkolaatuisten pengermateriaalien laadun arviointi 2020.

Kiviaines	Vaatus
Raidesepeli	Opaakkineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) ≤ 3 %, jos oksideja, ≤ 5 %. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on ≤ 5 %. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan ≤ 10 %, kasaumina ≤ 5 %. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus ≤ 20 %. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina ≤ 15 %.
Radan EV-kerros (kalliomurske)	Opaakkineraaleja (sulfideja, oksideja tai grafiittia) ≤ 3 %, jos oksideja, ≤ 5 %. Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on ≤ 5 %. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan ≤ 10 %, kasaumina ≤ 5 %. Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus ≤ 25 %. Jos kiille esiintyy pakkoina tai kasaumina ≤ 20 %.
Ratapenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus ≤ 40 %. Sulfidimineraaleja ≤ 5 %.
Tien kantava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on ≤ 5 %. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan ≤ 10 %, kasaumina ≤ 5 %. Kiviaineksen rikkipitoisuus on enintään 1 %. Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuus saa olla enintään 0,4 %.
Tien jakava kerros	Pehmeiden rapautumis- ja muuttumistuotteiden (esim. kloriitti, serpentiini ja talkki) yhteenlaskettu osuus kiviaineksessa on ≤ 5 %. Karbonaattimineraaleja (kalsiitti, dolomiitti) hajallaan ≤ 10 %, kasaumina ≤ 5 %.
Tiepenger	Pehmeiden mineraalien ¹⁾ yhteenlaskettu osuus ≤ 40 %. Sulfidimineraaleja ≤ 5 %.
Asfaltti	Sulfidimineraaleja ≤ 5 %. Jos opaakkien analyysissä todetaan, että sulfidimineraalit ovat pääosin magneettikiisua, kiviaineksen rapautumisherkkyys on suurempi. Jos rikkipitoisuus on $> 0,1$ %, sulfidimineraalien määrä ja laatu on selvitettävä Kiilteiden ja muiden pehmeiden mineraalien yhteenlaskettu osuus ≤ 15 %. Jos kiille esiintyy hienorakeisena (< 1 mm) ja tasaisesti jakautuneena, niin ≤ 20 %.
Betoni	Kiviaineksen soveltuvuus betonin kiviainekseksi ei perustu vain lujuusarvoihin, vaan mm. rapautumattomuuteen ja mineralogiaan. Kivilajeja, jotka ovat hauraita, rapautuneita tai huokoisia ei saa käyttää. Samoin tulee välttää kiillepakkoja ja rautasulfideja. Kiviaineksen kokonaisrikkipitoisuus on enintään 1 %. Jos kiviaineksesta on tunnistettu magneettikiisua, rikkipitoisuuden on oltava $\leq 0,1$ %. Alkali-kiviainesreaktiivisuuden (AKR) luokat: Kiviaineksen AKR on erittäin epätodennäköinen (Luokka I), AKR on mahdollinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,2$ mm ja määrä on yli 15 % (luokka II) ja AKR on todennäköinen, jos kvartsin raekoko on $\leq 0,06$ mm ja määrä on yli 15 % (luokka III).

¹⁾ Pehmeä mineraali = mineraali, jonka kovuus Mohs'in kovuusasteikolla on alle 3. Yleisimpiä pehmeitä mineraaleja ovat kiilteet (esim. biotiitti ja muskoviitti), karbonaattimineraalit (esim. kalsiitti ja dolomiitti), kloriitti, serpentiini, talkki, kipsi ja grafiitti.

Maaperän taustapitoisuudet

Liite 7. Maaperän taustapitoisuudet (1/2)



© Maanmittauslaitos, National Land Survey, 2018

GTK:n Maaperän taustapitoisuudet (TAPIR) -karttapalvelu 09/02/2024

Näytetyyppi: Luonnonmaa: moreeni
Alle 2 mm raekoko. Kuningasvesiliuotus tai väkevä typpihappoliuotus.

Aluevalinta: Ympyrän sisältä, säde 15 km
Keskipiste: N:542008 E:7115544 (EUREF TM35FIN)

SSTP = suurin suositeltu taustapitoisuusarvo

N = 175	Sb mg/kg	As mg/kg	Hg mg/kg	Cd mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg
N analysed	2	1	2	2	175	175
mean	-	-	-	-	7.62	27.28
median	-	-	-	-	7.11	25.18
maximum	-	-	-	-	16.1	70.21
percentile 25	-	-	-	-	6.12	21.54
percentile 75	-	-	-	-	8.96	30.87
SSTP	-	-	-	-	13.0	45.0
threshold value	2	5	0.50	1	20	100

N = 175	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	V mg/kg	Tl mg/kg
N analysed	175	1	175	175	174	1
mean	20.92	-	19.14	29.26	29.13	-
median	18.24	-	17.18	26.2	27.87	-
maximum	74.9	-	48.18	86.87	81.69	-
percentile 25	14.92	-	14.29	21.27	23.32	-
percentile 75	23.87	-	22.93	34.86	31.98	-
SSTP	37.0	-	36.0	55.0	45.0	-
threshold value	100	60	50	200	100	-

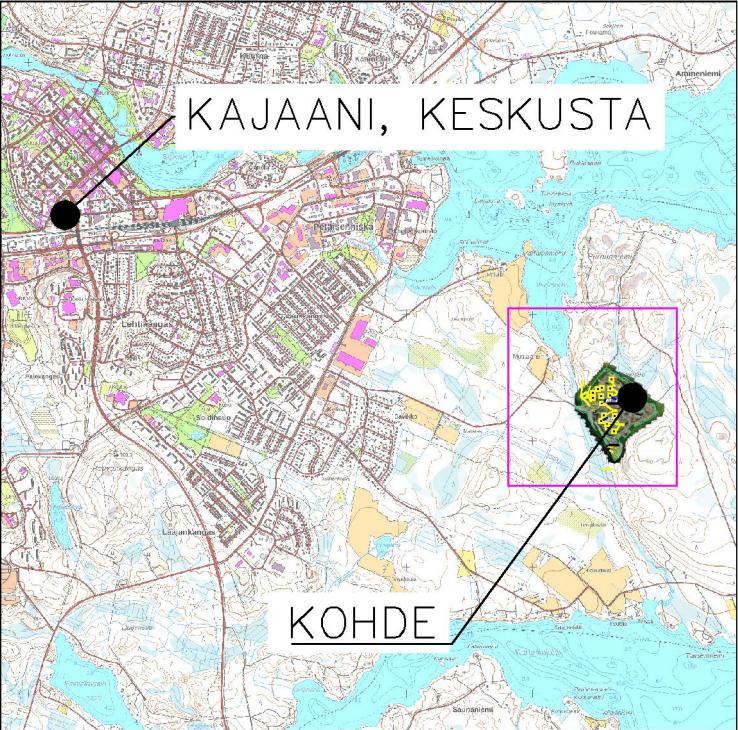
N = 175	B mg/kg	Ba mg/kg	Mo mg/kg	Se mg/kg	Sn mg/kg	Be mg/kg
N analysed	1	175	1	1	1	2
mean	-	60.23	-	-	-	-
median	-	55.37	-	-	-	-
maximum	-	150.56	-	-	-	-
percentile 25	-	47.08	-	-	-	-
percentile 75	-	70.56	-	-	-	-
SSTP	-	110.0	-	-	-	-
threshold value	-	-	-	-	-	-

N = 175	Au mg/kg	Pd mg/kg	Pt mg/kg	
N analysed	0	0	0	
mean	-	-	-	
median	-	-	-	
maximum	-	-	-	
percentile 25	-	-	-	
percentile 75	-	-	-	
SSTP	-	-	-	
threshold value	-	-	-	- - -

Piirustukset

YMP_1510076759_01 Kiviainestutkimusalueet, louhosalueen
vesinäytteet

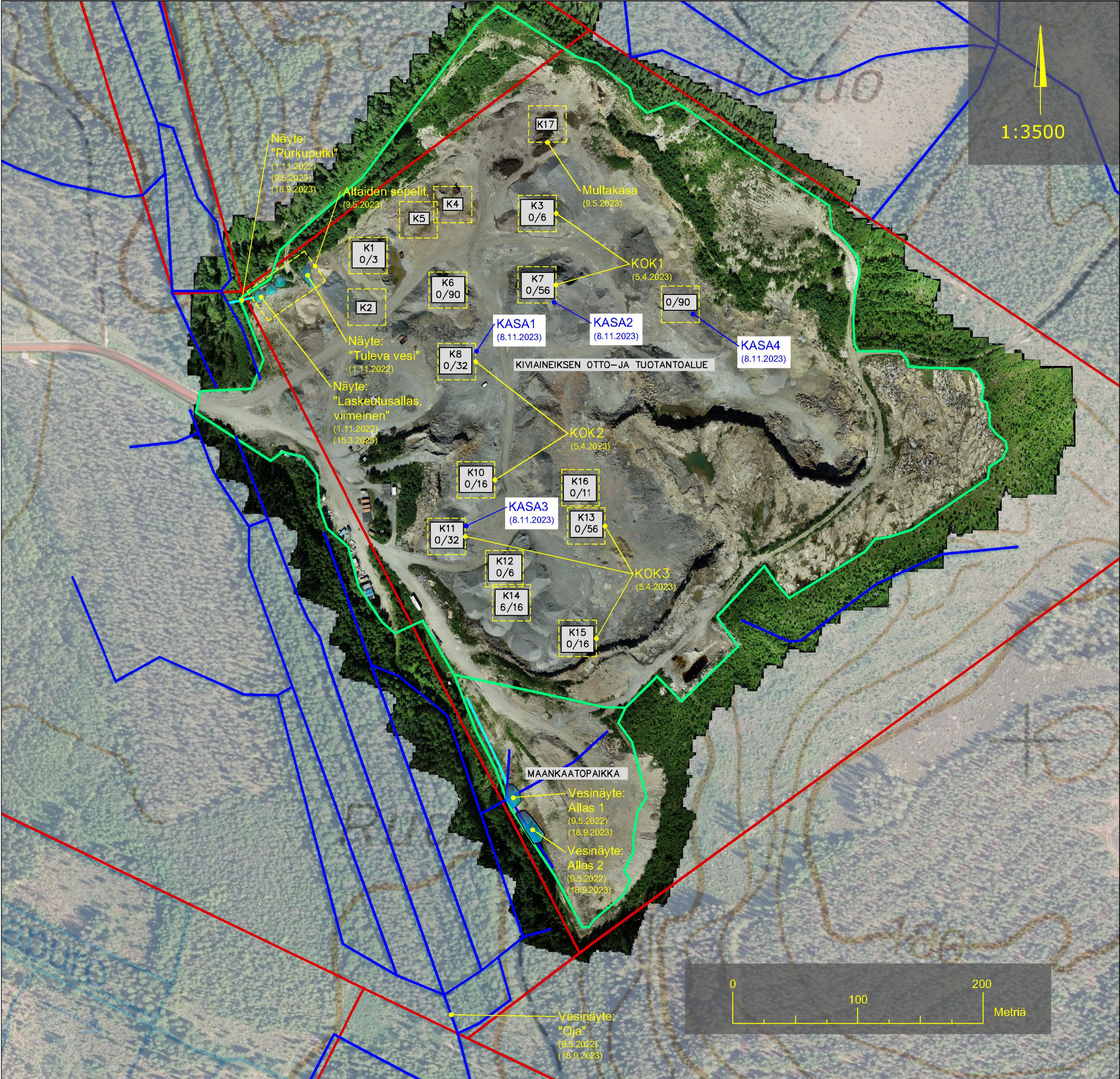
YMP_1510076759_02 Pintavesi- ja sedimenttitutkimuspisteet

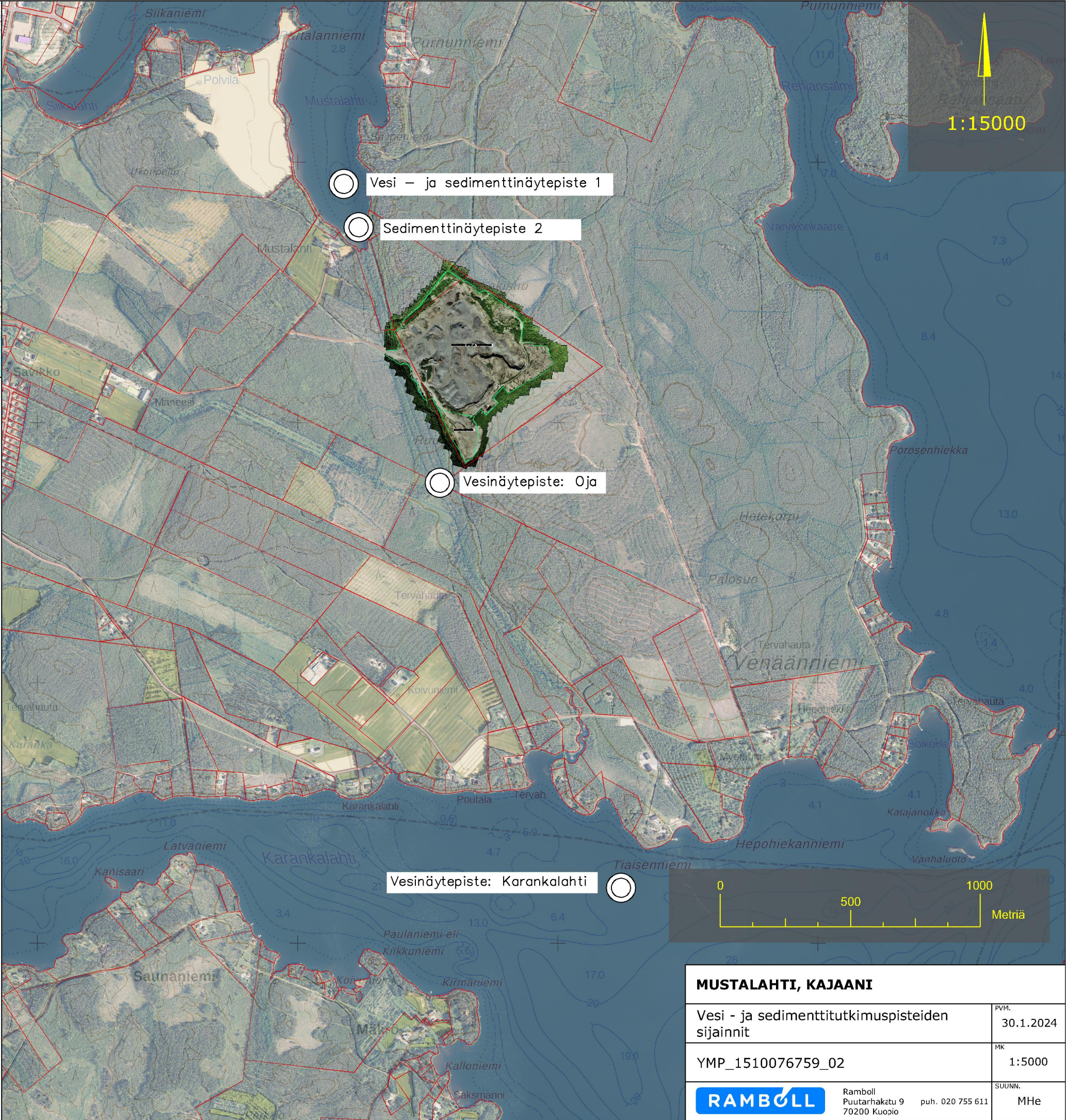
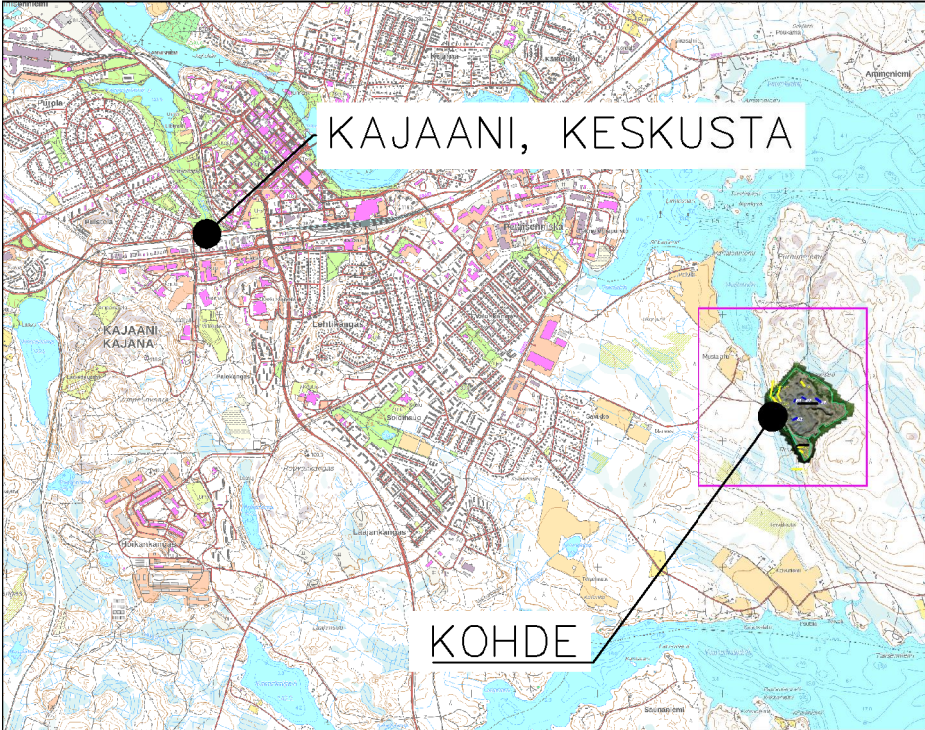


Piirrosselitteet

- Kiinteistöraja
- Kiviaineksen otto - ja tuotantoalue
- Oja, digitoitu (MML)
- KX Kasanäyte / materiaali
- **Näyte:** Vesinäytteen sijainti
- KOK x Kokoomanäytetunnus sekä näytteeseen kuuluvat osanäytteet

MUSTALAHTI, KAJAANI	
Kiviaineistutkimusalueet	PVM, 30.1.2024
YMP_1510076759_01	MK 1:3000
RAMBOLL	Ramboll Puutarhakatu 9 70200 Kuopio puh. 020 755 611
	SUUNN. MHe

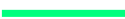




Piirrosselitteet



Kiinteistöraja



Kiviaineksen otto - ja tuotantoalue



Sedimentti / pintavesinäytepiste
(Ramboll 2023)

MUSTALAHTI, KAJAANI

Vesi - ja sedimenttitutkimuspisteiden
sijainnit

PVM,
30.1.2024

YMP_1510076759_02

MK
1:5000

RAMBOLL

Ramboll
Puutarhakatu 9
70200 Kuopio
puh. 020 755 611

SUUNN.
MHe