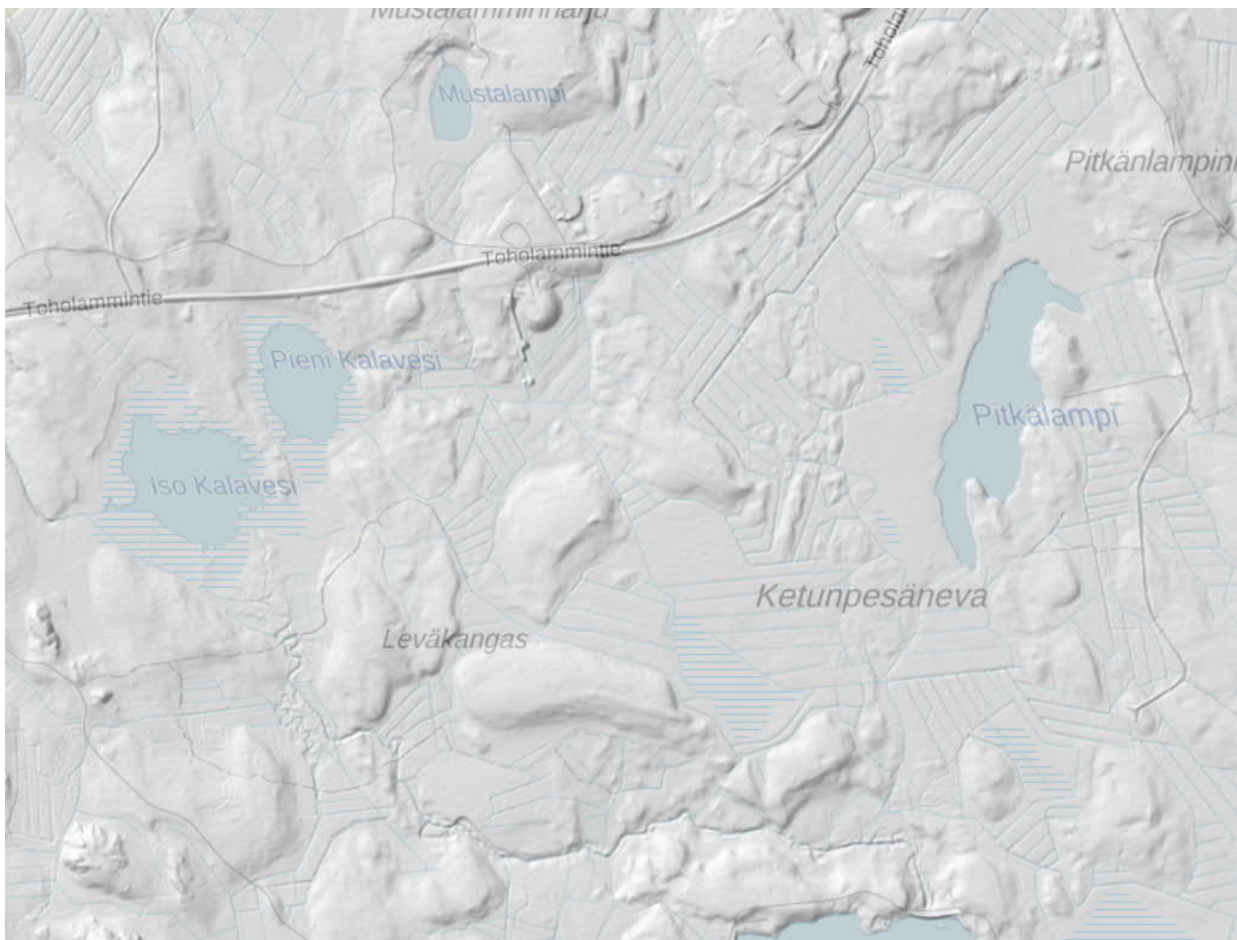


**KELIBER OY
RIKASTUSHIEKKA-ALTAAN VUOROVAIKUTUS YMPÄRISTÖNSÄ KANSSA
JA HAITTA-AINEIDEN KULKEUTUMISRISKIT,
KÄSITTEELLINEN TARKASTELU OLEMASSA OLEVAN TIEDON VALOSSA**

101009895

5.12.2018



SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	3
1 JOHDANTO	4
1.1 YLEISTÄ	4
1.2 SIJAINTI	4
2 VESISTÖT JA POHJAVESI ALUEELLA	6
3 VEDEN KIERTO	11
4 MAA- JA KALLIOPERÄ	12
4.1 MAAPERÄ	12
4.2 KALLIOPERÄ	14
4.3 SUOTAUTUMINEN	15
4.4 TOPOGRAFIA	16
4.5 GEOFYSIKAALINEN MITTAUSAINESTO	16
5 PATO- JA POHJARAKENTEET	24
6 KAIVANNAISJÄTTEET JA NIIDEN OMINAISUUDET	27
6.1 RIKASTUSHIEKAN OMINAISUUDET	27
6.2 PREFLOAT -JAE	28
6.3 KIERTOVESIALTAAN POHJALIETE	30
7 MIKROVALUMA-ALUEET JA KULKEUTUMISREITIT	31
8 HAITTA-AINEIDEN KULKEUTUMISRISKIEN KÄSITTEELLINEN KUVAUS	34
8.1 KÄSITTEELLISTÄMISEN TARKOITUS	34
8.2 EPÄVARMUUSTEKIJÄT	34
9 PROSESSISSA KÄYTETTÄVÄT KEMIKAALIT JA NIIDEN HAJOAMINEN	35
10 HAITTA-AINEIDEN KULKEUTUMISRISKIT, JOHTOPÄÄTÖKSET KÄSITTEELLISELLÄ TASOLLA	36
10.1 HAITTA-AINEET	36
10.2 KULKEUTUMISRISKI MAAPERÄSSÄ	36
10.3 KULKEUTUMISRISKI KALLIOPERÄSSÄ	37
10.4 REAKTIOT MAHDOLLISILLA KULKEUTUMISREITEILLÄ	38
10.5 RISKISKENAARIOIDEN VAIKUTUKSISTA	38
10.6 JOHTOPÄÄTÖSTEN TIIVISTELMÄ	39
11 LÄHDELUETTELO	40

1 JOHDANTO

1.1 Yleistä

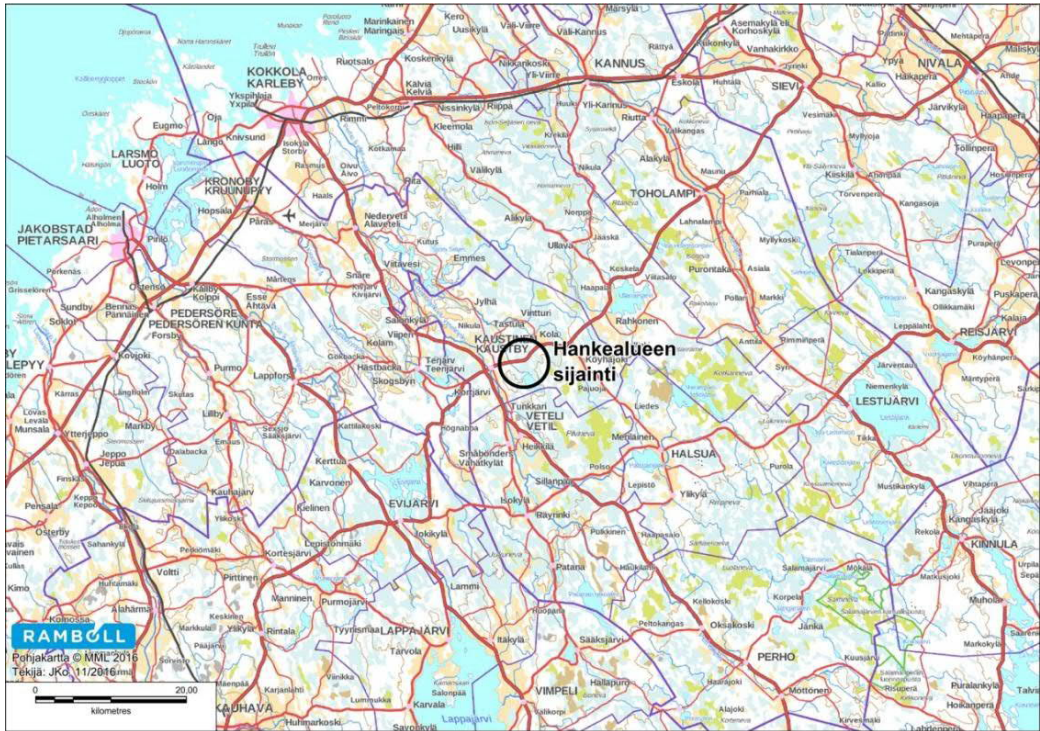
Keliber Oy suunnittelee ns. Keski-Pohjanmaan litiumprovinssin esiintymien hyödyntämistä. Litiumprovinssi sijaitsee Kaustisen, Kokkolan ja Kruunupyyn kunnissa, ja on tunnettu 1950-luvun lopulta alkaen. Vuosikymmenten tutkimuksen tuloksena on löytynyt kymmeniä spodumeenipegmatiittijuonia, joiden yhteisvarannot ovat Euroopan merkittävimpiä. Keliber Oy on kehittänyt räätälöidyn tuotantoprosessin litiumprovinssin esiintymille sopivaksi. Yhtiöllä on voimassa oleva kaivoslupa Länttä-nimiseen esiintymään, sekä joko valtauksia tai malminetsintälupia muihin spodumeenipegmatiittiesiintymiin litiumprovinssin alueella. Keliber Oy suunnittelee louhintatoimintaa neljälle esiintymälle, Länttä, Syväjärvi, Outovesi, Rapasaari ja Emmes sekä tuotantolaitoksen rakentamista Kaustisen kuntakeskuksen tuntumaan, Kalaveden kylään.

Tässä dokumentissa esitetään tuotantolaitoksen rikastushiekka-altaan, prefloot jae altaan ja kiertovesialtaan haitta-aineiden kulkeutumisriskit käsitteellisellä tasolla olemassa olevan tiedon valossa. Dokumentissa käsitellään maaperän ja kallioperän ominaisuuksia ja mahdollisten haitta-aineiden leviämiskä ja vaikutuksia pohjavesiin ja vesistöihin käsitteellisesti (konseptuaalisesti, ilman numeerista tarkastelua). Työssä on käytetty olemassa olevia aineistoja eikä uusia tutkimuksia ole tehty tätä työtä varten.

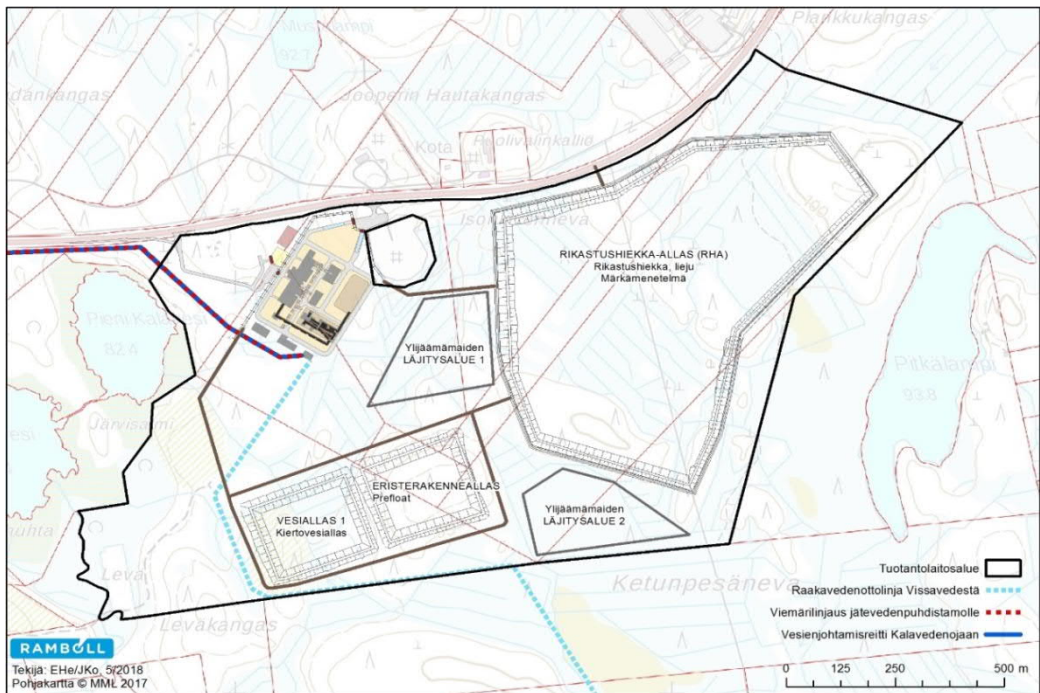
1.2 Sijainti

Kalaveden tuotantolaitos sijaitsee Keski-Pohjanmaalla, Kaustisen kunnassa, noin 5 km kirkonkylältä itään. Kokkolasta hankealueelle on noin 50 km. Kalaveden tuotantolaitos sijoittuu Toholammintien eli kantatien 63 (kt 63) varteen, tien eteläpuolelle (Kuva 1-1).

Kalaveden tuotantolaitoksella syntyviä jätejakeita ovat alueen rakentamisen yhteydessä muodostuvat pintamaat, optisen lajittelun sivukivet, rikastushiekka, lieju, prefloot-jae, magneettinen jae ja kiertovesialtaan pohjaliete. Rikastushiekka ja lieju läjitetään rikastushiekka-altaaseen ja prefloot-jae omaan eristerakennealtaaseen. Magneettinen jae kerätään ja kuljetetaan tuotantolaitoksen ulkopuolelle.



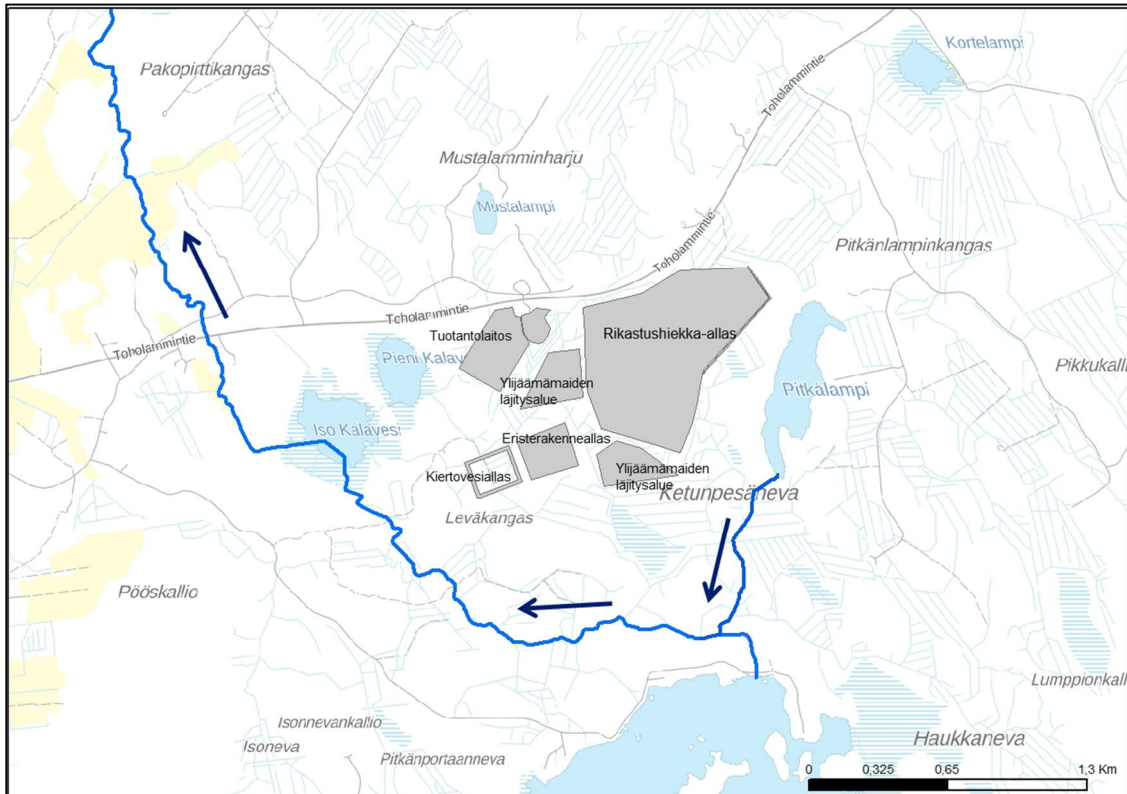
Kuva 1-1. Keliber Oy tuotantolaitoksen sijainti. (Ramboll 2018a).



Kuva 1-2. Tuotantolaitosalueen toiminnot (Ramboll 2018a).

2 VESISTÖT JA POHJAVESI ALUEELLA

Tuotantolaitos sijaitsee Perhonjoen päävesistöalueella (49.0), Tastulanojan (49.066) 3-jakovaiheen valuma-alueella. Hankealueen pinnankorkeus vaihtelee välillä +85...+105 m mpy. Hankealueen itäpuolella sijaitsee Pitkälampi (+93.8) ja länsipuolella sijaitsevat Iso Kalavesi ja Pieni Kalavesi (+82.4). Pitkälampi laskee vetensä Vissaveden tekojärvestä lähtevään ojaan, joka laskee Iso-Kalaveteen. Iso Kalavesi ja Pieni Kalavesi purkaa vetensä Kalavedenojaan. Kalavedenoja kulkee Tastulanjärven ohi ja edelleen kohti Perhonjokea.



Kuva 2-1. Hankealueen lähivesistöt ja virtaussuunnat (MML, taustakartta).

Kalavedenojan (Tastulanoja) ekologinen tila on viranomaisen asiantuntija-arviossa luokiteltu välttäväksi. Arviossa on käytetty Vissavedestä lähtevän uoman vanhat vedenlaatuolokset sekä valuma-alueelta tuleva voimakas hajakuormitus. Uutta vedenlaatu- tai biologista aineistoa ei käytetty arvioinnissa, joten luokitteluarvio on epävarma. Alueen muille vesimuodostumille ei ole asetettu ekologista luokkaa. Vissaveden tekojärven alapuolisesta purosta on tutkittu pohjaeläin- ja piilevälajisto YVA-vaiheessa. Tulosten perusteella pohjaeläinten ekologinen tila oli hyvä ja piilevien ekologinen tila tyydyttävä. Rikastamoalueen itäpuolella sijaitsevasta Pitkälammesta otettu pohjaeläinlajisto edusti rehevää ja orgaanisen kuormituksen kuormittavaa järveä.

Alueen itäpuolella sijaitsevasta Pitkälammesta on otettu vain yksi vesinäyte vuonna 1995. Tuolloin lammen vedenlaatu edusti tavanomaista suovaltaisen alueen vettä. Sähkönjohtavuus oli 2,6 mS/m, pH 6,4, kokonaistyyppipitoisuus 540 µg/l, kokonaisfosforipitoisuus 32 µg/l, rautapitoisuus 2 500 µg/l, mangaanipitoisuus 29 µg/l, sulfaattipitoisuus 2,4 mg/l ja kemiallinen hapenkulutus (CODMn) 20 mg/l. Metallipitoisuudet olivat tavanomaisella tasolla. Taulukossa (Taulukko 2-1) on esitetty Kalavedenojan, Iso Kalaveden, Pieni Kalaveden sekä Pieni Kalaveteen laskevan ojan vedenlaadusta. Tulok-

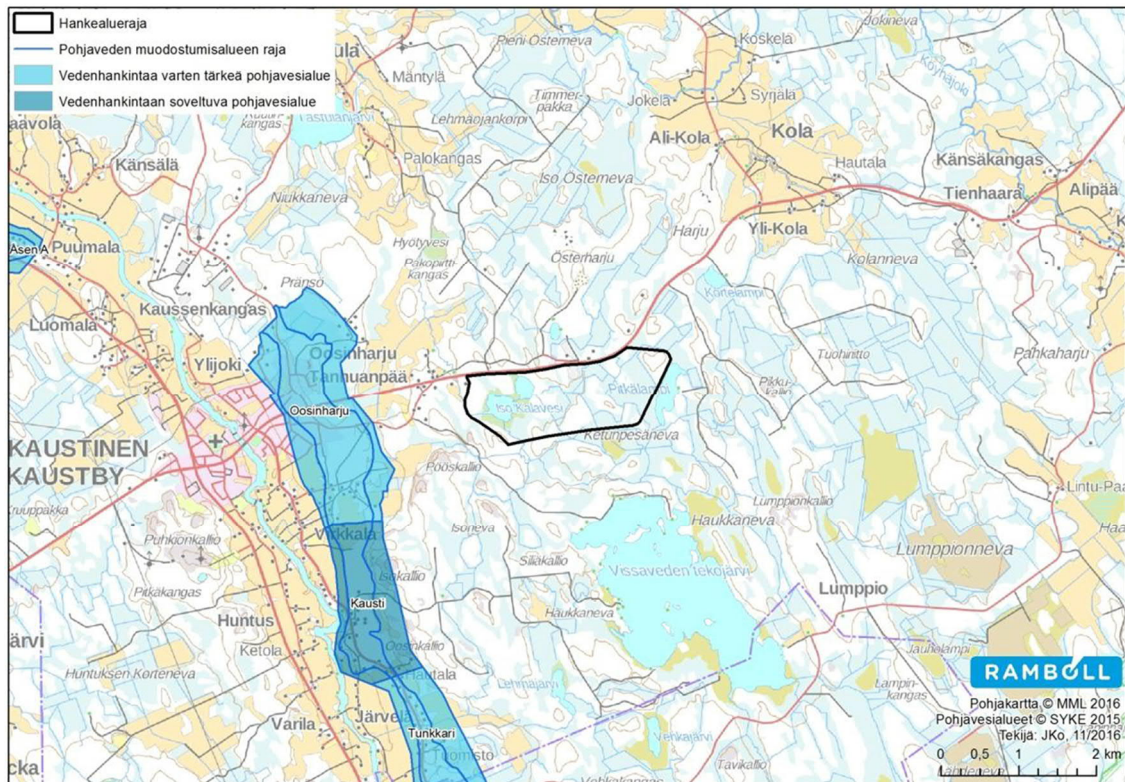
set perustuvat Keliber Oy:n ennakkotarkkailuihin ja Perhonjoen yhteistarkkailualueen kaatopaikkatarkkailuun vuosina 2011-2015.

Taulukko 2-1. Pieni Kalaveteen laskevan ojan, Pieni Kalaveden, Iso Kalaveden ja Kalavedenojan nykytilan vedenlaatu (Ramboll 2018b).

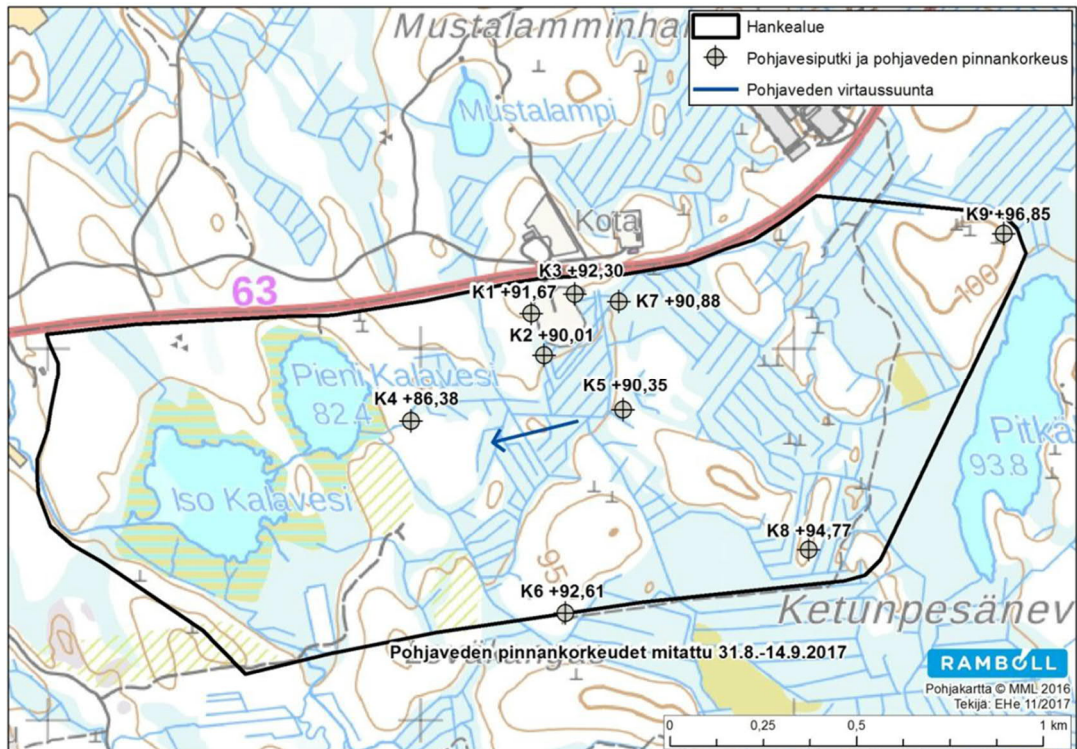
Vesistö / Oja		Pieni Kalaveteen laskeva oja				Pieni Kalavesi			
		Näytejakso 2011-2015				Näytejakso 2017			
		n	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	n	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
pH		15	4,6	6,7		3	5,7	6,4	
Sähkönjohtavuus	mS/m	15	5,6	10	7,5	3	4,6	5,6	5,1
O ₂	mg/l					3	5,8	8,5	6,9
O ₂	%					3	41	87	66
Sameus	FNU					3	1,6	3,3	2,7
Kiintoaine	mg/l	15	1,0	50	6,8	3	2,4	8,0	4,6
COD _{Cr}	mg/l	15	65	310	104	3	46	65	55
SO ₄	mg/l					3	2,8	3,7	3,3
Cl ⁻	mg/l	15	3,4	8,0	5,8				
Kok. P	µg/l	15	28	200	49	3	25	46	33
Kok. N	µg/l	15	1 300	3 500	2 393	3	890	1 100	997
NH ₄ -N	µg/l	15	88	930	460				
NO ₃₊₂ -N	µg/l	15	400	1 900	1 057				
As	µg/l					3	0,50	1,2	0,77
Cd	µg/l					3	0,015	0,015	0,015
Co	µg/l					3	0,4	0,5	0,4
Cr	µg/l					1	0,9	0,9	-
Cu	µg/l					3	0,5	1,3	0,9
Hg	µg/l					3	0,01	0,01	0,01
Ni	µg/l					3	0,9	2,3	1,6
Pb	µg/l					3	0,2	0,6	0,3
Sb	µg/l					3	0,1	0,3	0,2
Zn	µg/l					3	3,6	5,7	4,3

Vesistö / Oja		Iso Kalavesi				Kalavedenoja			
		Näytejakso 2017				Näytejakso 2017			
		n	Minimi	Maksimi	Keskiarvo	n	Minimi	Maksimi	Keskiarvo
pH		3	5,4	5,7		3	5,5	5,7	
Sähkönjohtavuus	mS/m	3	2,3	2,9	2,6	3	2,3	2,9	2,7
O ₂	mg/l	3	6,5	9,8	8,1	3	5,9	11	8,2
O ₂	%	3	69	75	71	3	61	78	72
Sameus	FNU	3	3,1	3,9	3,5	3	3,3	4,6	3,9
Kiintoaine	mg/l	3	3,4	5,7	4,7	3	4,0	6,7	5,6
COD _{Cr}	mg/l	3	52	60	56	3	50	67	58
SO ₄	mg/l	3	1,6	2,8	2,2	3	1,7	3,6	2,5
Kok. P	µg/l	3	26	46	33	3	32	50	38
Kok. N	µg/l	3	690	810	757	3	680	850	763
As	µg/l	3	1,2	1,7	1,5	3	1,2	1,7	1,5
Cd	µg/l	3	0,015	0,015	0,015	3	0,015	0,015	0,015
Co	µg/l	3	0,3	0,5	0,4	3	0,3	0,5	0,4
Cr	µg/l	1	0,7	0,7	-	1	0,7	0,7	-
Cu	µg/l	3	0,9	1,3	1,1	3	0,7	1,0	0,9
Hg	µg/l	3	0,01	0,01	0,01	3	0,01	0,01	0,01
Ni	µg/l	3	0,7	2,6	1,4	3	0,5	0,9	0,7
Pb	µg/l	3	0,3	0,6	0,4	3	0,3	0,4	0,3
Sb	µg/l	3	0,1	0,3	0,2	3	0,1	0,3	0,2
Zn	µg/l	3	4,3	5,3	4,7	3	4,0	5,3	4,4

Hankealueen pohjaveden päävirtaussuunta on länteen päin Iso Kalaveden ja Pieni Kalaveden suuntaan (Kuva 2-3).



Kuva 2-2 Tuotantolaitosalue ja lähimpien pohjavesialueiden sijainti (Ramboll 2018a).



Kuva 2-3. Pohjaveden pinnankorkeus tuotantolaitosalueella sijaitsevilla pohjaveden havaintoputkissa K1–K9. Pohjaveden päävirtaus suuntautuu länteen Pieni Kalaveden ja Iso Kalaveden suuntaan. Alueen itäosasta pohjavettä voi virrata myös Pitkälammen suuntaan (Ramboll 2018a).

Alueelta on otettu pohjavesinäytteitä vuonna 2017 pohjaveden taustapitoisuuksien selvittämiseksi. Pohjavesinäytteistä on analysoitu sameus, pH, redox-potentiaali, sähköjohtavuus, alkaliniteetti, happipitoisuus, kiintoaine, kemiallinen hapenkulutus, kloridi, fluoridi, sulfaatti, nitraatti, nitriitti, ammonium, metallit (Sb, As, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Ni, Fe, Zn, V) sekä öljyhiilivetyjakeet.

Pohjavesinäytteissä esiintyy kohonneita hapenkulutuksen arvoja, mikä indikoi suope-
räisten vesien vaikutusta pohjavesiin. Pohjaveden pH-arvot vaihtelevat alueella lievästi happamasta lievästi emäksiseen (pH 6-8,2). Alueen pohjaveden laatuun voi vaikuttaa myös alueen pohjoisosassa sijaitseva Kaustisen vanha kaatopaikka. Lisäksi alueen pohjoispuolella kulkevan tien suolaus (kloridi) voi vaikuttaa alueen pohjavesiin.

Vanhan kaatopaikan lähistöllä olevissa pohjavesiputkissa K1, K3, K2 ja K7 olivat ammonium, kloridi, arseeni ja nikkelpitoisuudet koholla.

Taulukko 2-2. Alueella otettujen pohjavesinäytteiden analyysitulosten vaihteluväli sekä ympäristölaatu-normit (VNA 1040/2006) (Envineer 2018).

	Yk-sikkö	K1	K2	K3	K4	Ympäristölaatu-normi
pH	-	6,6-6,7	8,0-8,2	6,0-6,2	7,1-7,2	
Sähkönjohtavuus	mS/m	8,8-9,8	24,0	21,0-25,0	14,0-15,0	
Happipitoisuus	mg/l	3,7-5,4	2,4-2,7	8,5-9,0	1,0-1,6	
Sulfaatti (SO ₄)	mg/l	10,0-19,0	10,0-18,0	9,0-11,0	7,9-9,5	150
Kloridi (Cl)	mg/l	1,1-3,5	1,3-2,4	41,0-51,0	1,5-2,2	25
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,02- 0,30	0,05-0,21	<0,006	0,23-0,31	0,25
Arseeni (As)	µg/l	0,38-1,3	8,5-18,0	<0,2-<1,0	21,0-40,0	5
Koboltti (Co)	µg/l	2,0-4,1	<0,1-<0,5	0,17- 2,1	<0,1-<0,5	2
Kromi (Cr)	µg/l	<0,5-<1,0	<0,5-<1,0	<0,5-<1,0	<0,5-<1,0	10
Kupari (Cu)	µg/l	0,63-1,4	<0,5-1,0	0,8-1,1	<0,5-<1,0	20
Lyijy (Pb)	µg/l	<0,1-<0,5	<0,1-0,14	<0,1-<0,5	<0,1-<0,5	5
Nikkeli (Ni)	µg/l	11,0-12,00	0,81-4,8	3,5-8,1	0,45-<1,0	10
Sinkki (Zn)	µg/l	18,0-26,0	1,5-5,2	16,0-21,0	2,1-6,3	60
Öljyhiilivedyt (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05- 0,47	<0,05	0,05

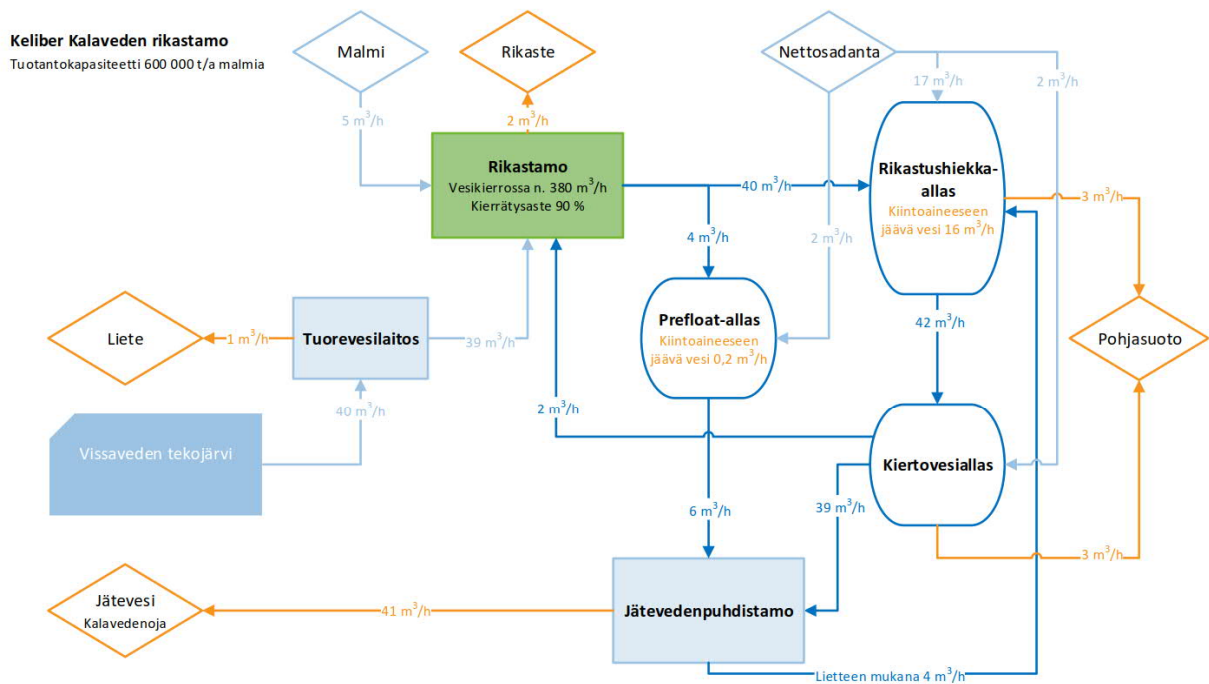
	Yk-sikkö	K5	K6	K7	K8	K9	Ympäristölaatu-normi
pH	-	6,2-6,7	7,5-7,6	6,9-7,1	6,3-6,5	6,4-7,2	
Sähkönjohtavuus	mS/m	14,0-16,0	31,0-39,0	23,0-26,0	18,0-24,0	3,4-6,0	
Happipitoisuus	mg/l	0,7-3,0	3,0-5,7	0,6-1,3	0,7-1,7	5,7-11,3	
Sulfaatti (SO ₄)	mg/l	0,87-2,10	0,99-3,4	3,8-9,8	<0,5-0,95	5,2-8,3	150
Kloridi (Cl)	mg/l	1,3-2,8	4,9-7,1	14,0-25,0	1,3-2,5	0,87-1,1	25
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,12-0,31	0,42-0,72	0,29-0,32	0,49-0,83	0,01-0,07	0,25
Arseeni (As)	µg/l	0,91-1,7	4,9-23,0	<0,2-<1,0	2,1-6,6	<0,2-<1,0	5
Koboltti (Co)	µg/l	1,2-1,8	0,21-1,2	<0,1-<0,5	0,22-0,84	0,98-1,2	2
Kromi (Cr)	µg/l	1,2-2,0	<0,5-<1,0	<0,5-<1,0	<1,0-1,6	<0,5-<1,0	10
Kupari (Cu)	µg/l	0,96-1,3	<0,5-1,2	<0,5-<1,0	0,79-4,3	0,86-1,5	20
Lyijy (Pb)	µg/l	0,18-<0,5	<0,1-<0,5	<0,1-<0,5	0,62-<0,5	<0,1-<0,5	5
Nikkeli (Ni)	µg/l	2,1-5,5	1,0-4,4	0,43-1,6	0,74-2,7	3,7-5,7	10
Sinkki (Zn)	µg/l	3,7-21,0	9,4- 520,0	2,4-5,4	8,1-11,0	4,2-16,0	60
Öljyhiilivedyt (C ₁₀ -C ₄₀)	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05- 0,08	<0,05	0,05

Pohjavesioputkissa (Kuva 2-3 edellä) vesipinta on ollut maaliskuun lopussa (ennen lumen sulamista) 6-10 m maanpinnan alapuolella mikä liittyyne kairaustapahtumaan, ja myöhemmin keväällä 1 – 3 m maanpinnan alapuolella mikä vastannee alueella tuona ajankohtana vallitsevaa pohjaveden korkeutta (Ramboll 2018a).

Alueelle on tehty myös koekuoppia. Veden tuotto koekuoppiin on ollut vähäistä ja hidasta, keskittyen karkean kerroksen ja moreenin kontakteihin (Ramboll 2018a).

3 VEDEN KIERTO

Ohessa on esitetty Kalaveden rikastamoalueen veden kierron kaaviokuva kun tuotantokapasiteetti on 600 000 t/a malmia (Kuva 3-1). Mahdollisia suotovesiä on esitetty tulevan rikastushiekka-altaasta ja kiertovesialtaasta. Rikastushiekka-altaalle on arvioitu tulevan nettosadantaa keskimäärin $17 \text{ m}^3/\text{h}$. Suurin osa rikastushiekka-altaalle tulevasta vedestä tulee rikastamolta ($40 \text{ m}^3/\text{h}$). Rikastushiekka-altaalta lähtee vettä eniten kiertovesialtaalle ($42 \text{ m}^3/\text{h}$). Pohjasuotona rikastushiekka-altaalta ja kiertovesialtaalta on arvioitu lähtevän keskimäärin $3 \text{ m}^3/\text{h}$ (Keliber Oy).

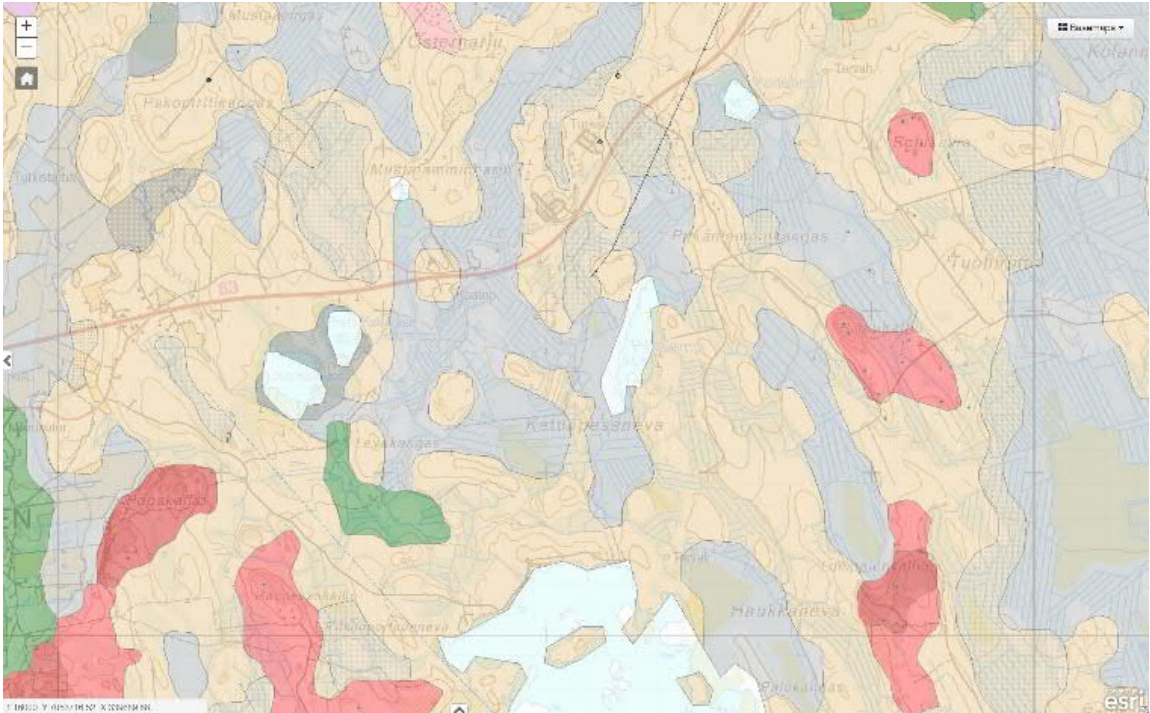


Kuva 3-1. Arvioitu vesitase Kalaveden rikastamolla (Keliber Oy).

4 MAA- JA KALLIOPERÄ

4.1 Maaperä

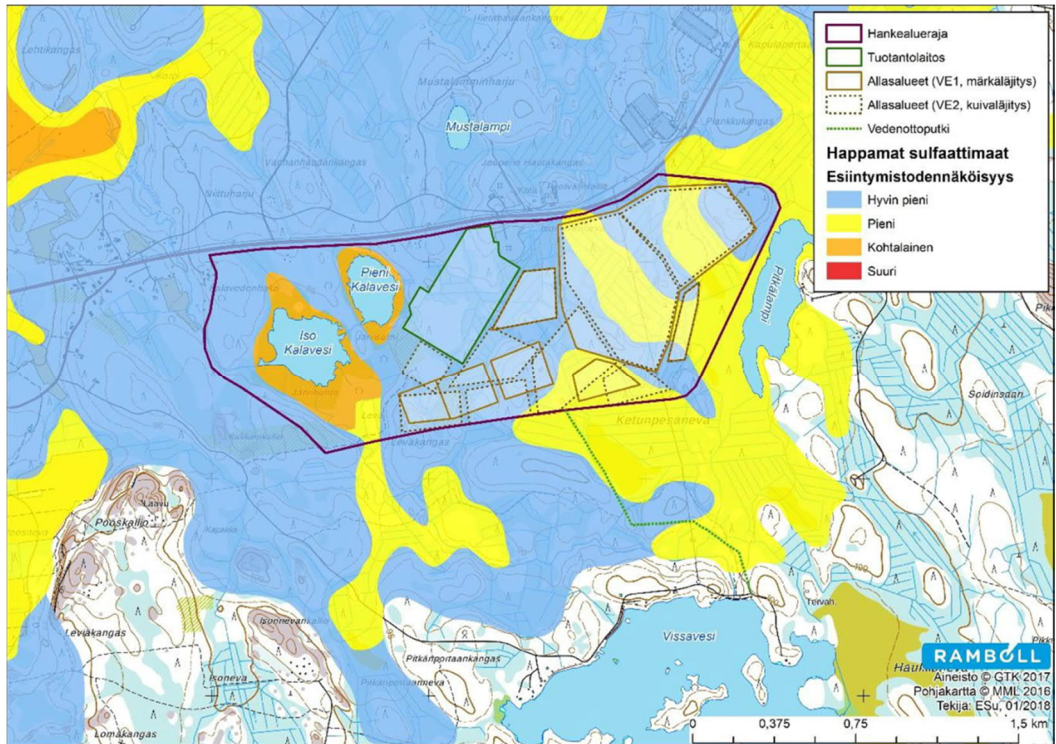
Hankealueen painanteissa pintamaalaji on 0.5 – 1 m turvetta, jonka päällä voi olla liejua. Pieni- ja Iso Kalaveden ympärillä on matala suoalue, jossa on vaihtelevan paksu liejukerros. Turpeen ja liejun alla, ja korkeammilla moreenikumpareilla pinnassa, on moreeni- ja hiekkakerroksia. Vissavedestä kohti Iso Kalavettä kohti johtavan puron alueella pinnassa on karkearakeisia maalajeja (Kuva 4-1) (Mitta Oy 2017, Ramboll 2018a).



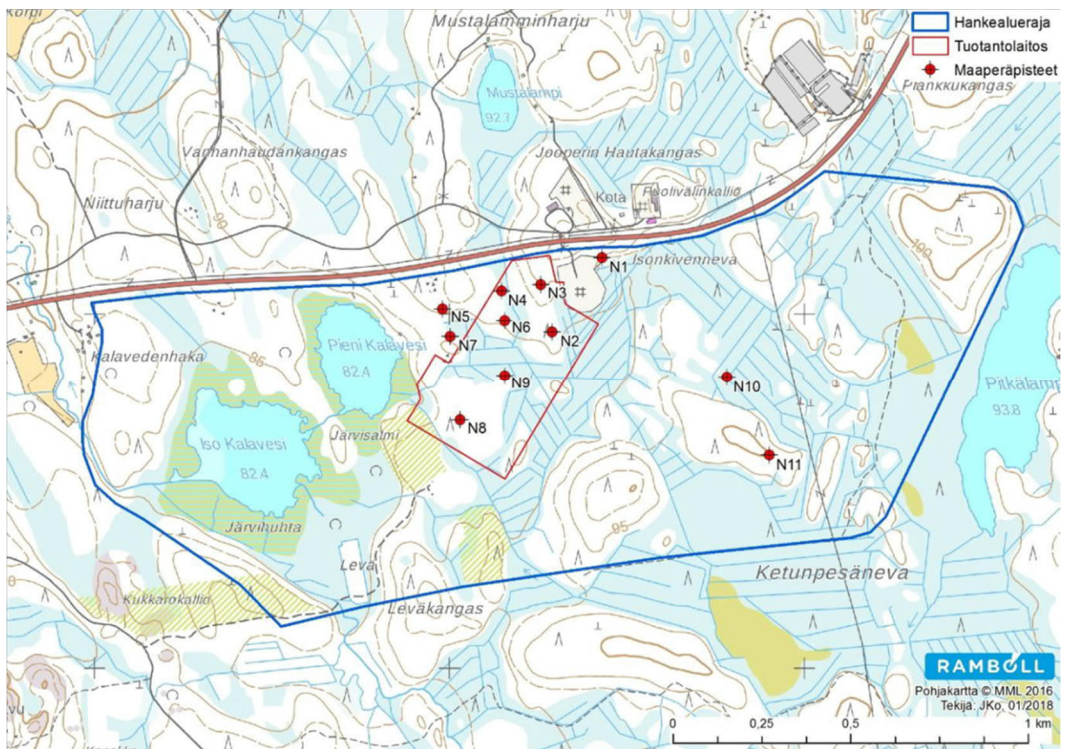
Kuva 4-1. Yleistetty maaperäkartta (GTK 2018).

Yhteensä 105 kpl painokairauksia, 4 siipikairausta ja 33 koekuoppaa käsittävän pohjatutkimuksen perusteella on rajattu alueet, joissa pehmeät maakerrokset joko ylittävät tai alittavat paksuudeltaan 3 m. Patorakenteet on sijoitettu alueille, joissa kivennäismaa on ylemmällä maastonkorkeudella ja maanpinnassa tai sitä lähellä (Ramboll 2018c). Koekuopista on selvitetty pohjavesipinnan tasoa ja maa-aineksen soveltuvuutta rakentamiseen. Kymmenestä pisteestä on otettu maaperänäytteet (Kuva 4-3), joista on analysoitu metallipitoisuudet (Taulukko 4-1).

Happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyys on hyvin pieni tai pieni muualla hankealueella, mutta kohtalainen Iso ja Pieni Kalaveden alueella (Kuva 4-2), (Ramboll 2018a).



Kuva 4-2. Happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyys hankealueella (Ramboll 2018a).



Kuva 4-3. Maaperänäytteiden sijainnit (Ramboll 2018a)

Taulukko 4-1. Maaperänäytteiden metallipitoisuudet (Ramboll 2018a)

Näyte- piste	Mittaustapa	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
		mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg	mg/ kg
1	Kenttämittaus	-	3	-	-	-	66	6	11	9	18	67
2	Kenttämittaus	-	4	-	-	-	110	11	10	10	23	77
	Laboratorio	-	4,7	-	-	5,8	30	22	4,9	14	46	33
3	Kenttämittaus	-	4	-	-	-	128	11	11	7	31	92
4	Kenttämittaus	-	7	-	-	-	144	12	10	15	40	96
5	Kenttämittaus	-	1	-	-	-	54	-	12	-	14	23
6	Kenttämittaus	-	5	-	-	-	87	10	10	8	28	56
7	Kenttämittaus	-	1	-	-	-	54	-	11	-	9	15
8	Kenttämittaus	-	2	-	-	-	90	7	9	10	30	46
9	Kenttämittaus	-	2	-	-	-	152	18	14	14	38	112
10	Kenttämittaus	-	3	-	-	-	108	10	10	7	23	57
11	Kenttämittaus	-	7	-	-	-	111	13	12	16	89	71
PIMA- asetus (VNa 214/ 2007)	Luontainen pitoisuus: keskiarvo ja vaihteluväli	0,02 (0,01- 0,2)	1 (0,1- 25)	0,005 (<0,005- 0,05)	0,03 (0,01- 0,15)	8 (1- 30)	31 (6- 170)	22 (5- 110)	5 (0,1- 5)	17 (3- 100)	31 (8- 110)	38 (10- 115)
	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

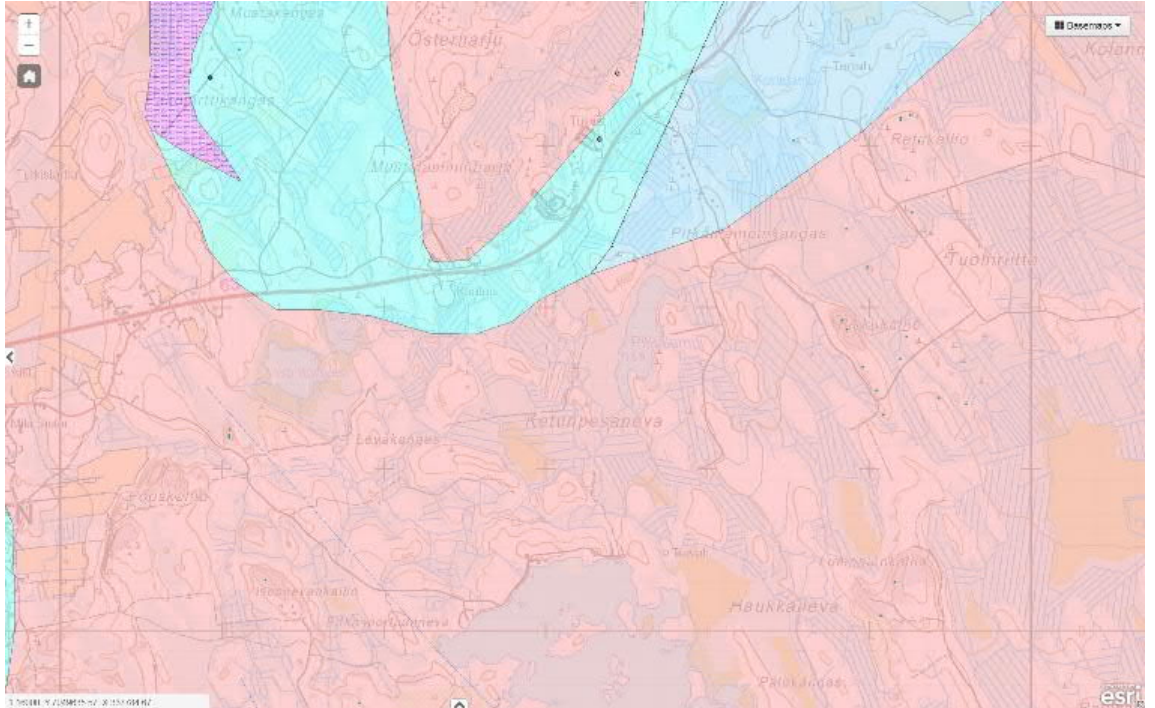
Maapeitteet ovat yhdeksän pohjavesiputken perusteella 4 – 12 m paksut (Kuva 2-3 edellä), keskiarvo on noin 8 m. Kairauksissa on tehty 1 - 5 metrin kalliovarmistus. Kolmessa putkessa on tavattu pinnassa turvetta. Maaperä on pääasiassa vaihtelevan tyyppistä hiekka- ja sora-moreenia, jonka vedenjohtavuudeksi on arvioitu suunnittelussa 10^{-8} m/s (Ramboll 2018a). Neljässä reiässä on tavattu eri syvyyksillä karkeita maalajeja (hiekkaa tai soraa).

Alueelle on tehty myös koekuoppia, joissa maalaji on ollut pääosin moreenia (Ramboll 2018a).

4.2 Kallioperä

Lähimmät kalliopaljastumat ovat hankealueen lounaispuolella (Pööskallio ja Isonne-vankallio) sekä itäpuolella (Pikkukallio) noin 1 km päässä hankealueesta. Kallioperä hankealueella koostuu pegmatiitista (Kuva 4-4). Alueen pohjoisreunalla pegmatiitti rajautuu biotiittiparagneessiin. Kontaktista on todettu, että sen lähellä kallioperä voi olla rikkonaista. (GTK 2018) Rikkonaisuutta ei ole tutkittu eikä sen laajuutta voi todeta kartta-aineistosta. Hankealueesta n. 2 km luoteeseen on grafiitti-kiisuliusketta, jonka sijainti nähdään sähkömagneettisissa mittaustuloksissa. Liuskeen alueella noin 3-4 km NW suuntaan hankealueelta on kallioperäkairauksia volframin etsintää varten (GTK 2018).

GTK:n kalliolaatuluokitus alueella on luokkaa C (melko rikkonainen, keskimäinen luokista A-E, GTK 2018). Kallioperäkartoituksessa Vissaveden länsireunaa pitkin kulkeväksi on tulkittu lentogeofysiikan aineistosta NW-SE suuntainen magneettinen muotoiviiva ("lineamentti"). Pitkälammen pohjoispäässä, lammen länsireunan tasolta NE suuntaan on tulkittu magneettisesta lentomittausaineistosta siirrosrakente (thrust fault) (GTK 2018).



Kuva 4-4. Hankealueen ympäristön kivilajit. Punainen väri edustaa pegmatiittia, vaalean sininen biotiittiparagneissia ja tummemman sininen biotiittiparapschistia. Lila väri osoittaa grafiitti-kiisuliusketta. Sininen viiva on magneettinen muotoiviiva, musta viiva magneettisesta aineistosta tulkittu siirros (GTK 2018).

Pohjavesiputkien kalliovarmistuksissa on kolmessa reiässä yhdeksästä havaittu rapakalliota ja yhdessä lohkarie jonka alla on laaja rako (Mitta 2017). Tämän kaltaisten piirteiden vedenjohtavuus on tavallisesti keskimääräistä kalliota korkeampi. Rakoilun suuntia on mahdollista tutkia etäämpänä sijaitsevilta kalliopaljastumilta, mutta rakoilun voimakkuutta ja tiheyttä ei voida yleistää peitteisille alueille.

4.3 Suotautuminen

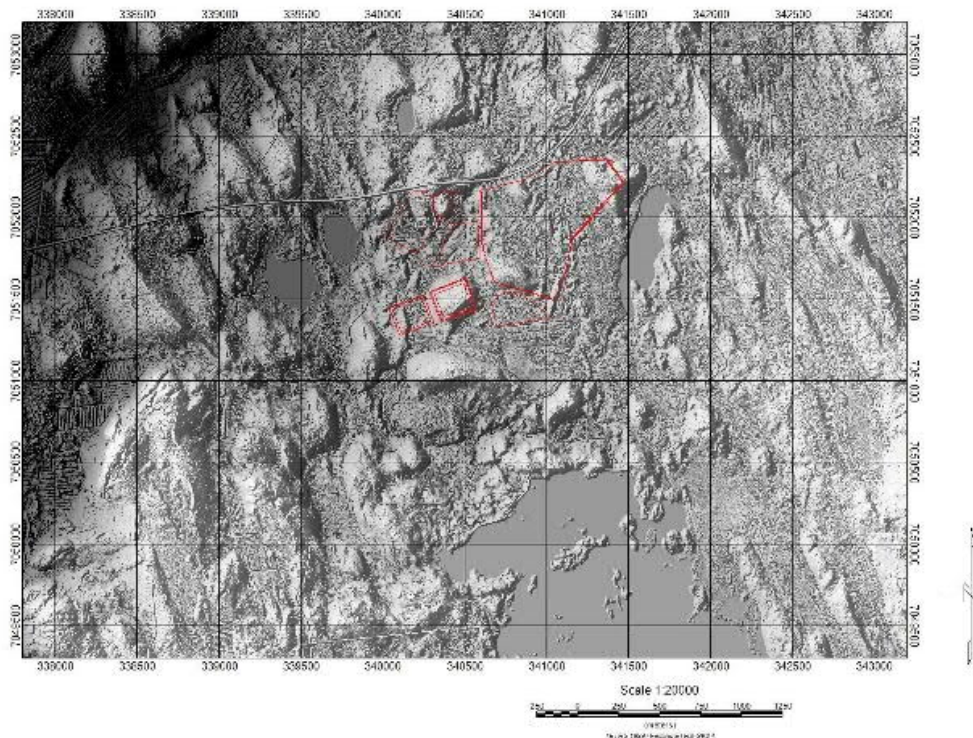
Rikastushiekasta on mitattu raekoko ja vedenjohtavuus kahdesta näytteestä ($1.2 \cdot 10^{-7}$ m/s ja $5.1 \cdot 10^{-7}$ m/s). Maalajien vedenjohtavuutta ei ole tutkittu (suunnitelmassa käytetty 10^{-8} m/s) (Ramboll 2018a). Maalajien vedenjohtavuus on todennäköisesti voimakkaasti vaihteleva, perustuen putkikorttien maalajiarvioihin (Mitta 2017).

Rikastushiekasta ja kiertovesialtaasta suotautuu satanutta vettä ja märkäläjityksestä peräisin olevaa vettä (edellä arvioitu keskimääräinen $3 \text{ m}^3/\text{h}$) alempiin maakerroksiin ja kalliioon. Suuruusluokkaisesti arvioiden kallioperään päätyvän suotauman suuruuden voidaan olettaa olevan muutaman prosentin luokkaa. Esimerkiksi käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituksen paikatutkimuksissa Olkiluodossa on pintahydrologian mallinuksessa päädytty suotauma-arvoon 1,9% sadannasta (Karvonen 2008). Kallion rikkonaisuus lisää suotauman suuruutta. Kallioperän vedenjohtavuus on tyypillisesti 10^{-7}

$7 \dots 10^{-8}$ m/s luokkaa keskimääräisesti rakoilleessa pintakalliossa usean kymmenen metrin paksuudelta. Tarkempaa arviota tästä ei ole mahdollista tehdä ilman mittauksia.

4.4 Topografia

Maaperän topografian (Kuva 4-5) perusteella ei kumpuilevan moreenin ja paksun maapitteen alueella ole mahdollista tehdä epäsuoria päätelmiä kalliopografiasta tai kalliion rikkonaisuudesta. Laajemman alueen topografista karttaa tarkastelemalla voidaan arvioida että ainakin osa rakoilusta on NNW-SSE suuntaista ja NE-SW suuntaista. Rakotiheyksistä ja kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeistä ei voida esittää arviota.



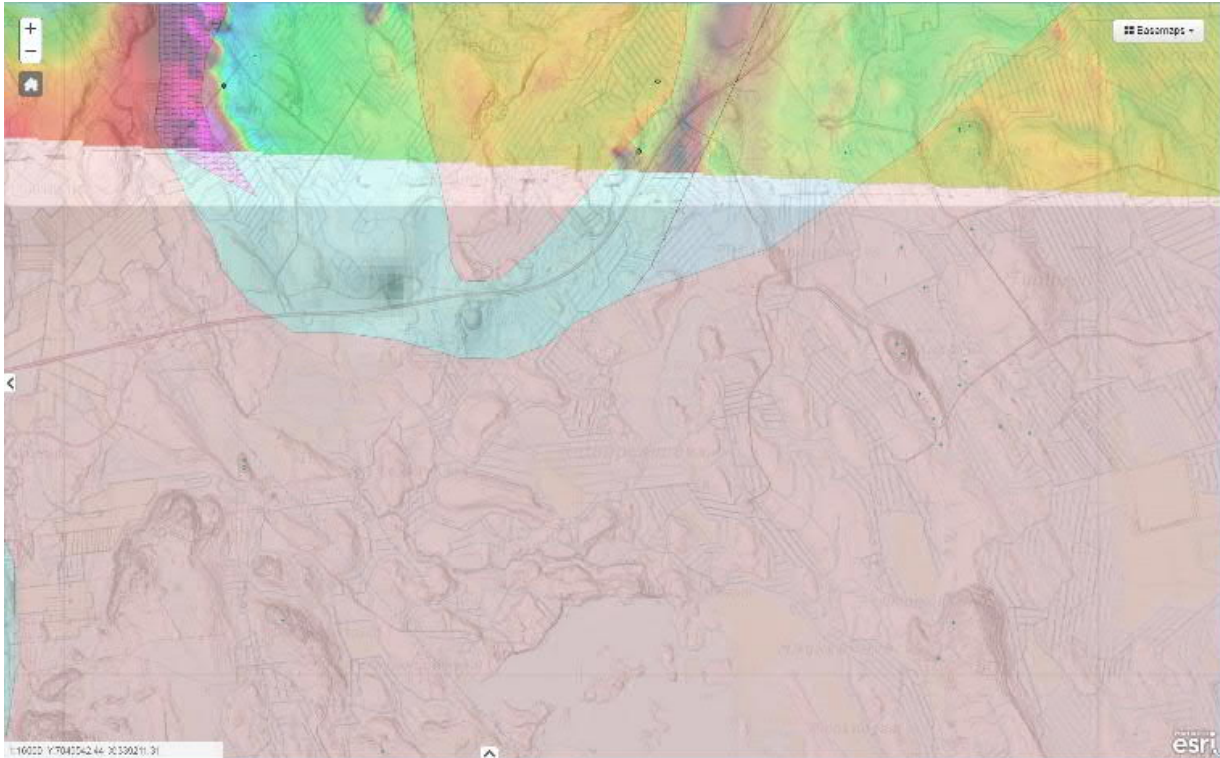
Kuva 4-5. Hankealueen ympäristön topografia (2m), vinovalaistus luoteesta. Kalliopaljastumilta näkyvä paljastumien suuntaus ja rakosuuntaus viittaa NNW-SSE ja SW-NE suuntaisiin päärakosuuntiin. Rakoilun voimakkuudesta ei voida tehdä päätelmiä. Maanmittauslaitoksen numeerinen korkeusmalli.

4.5 Geofysikaalinen mittausaineisto

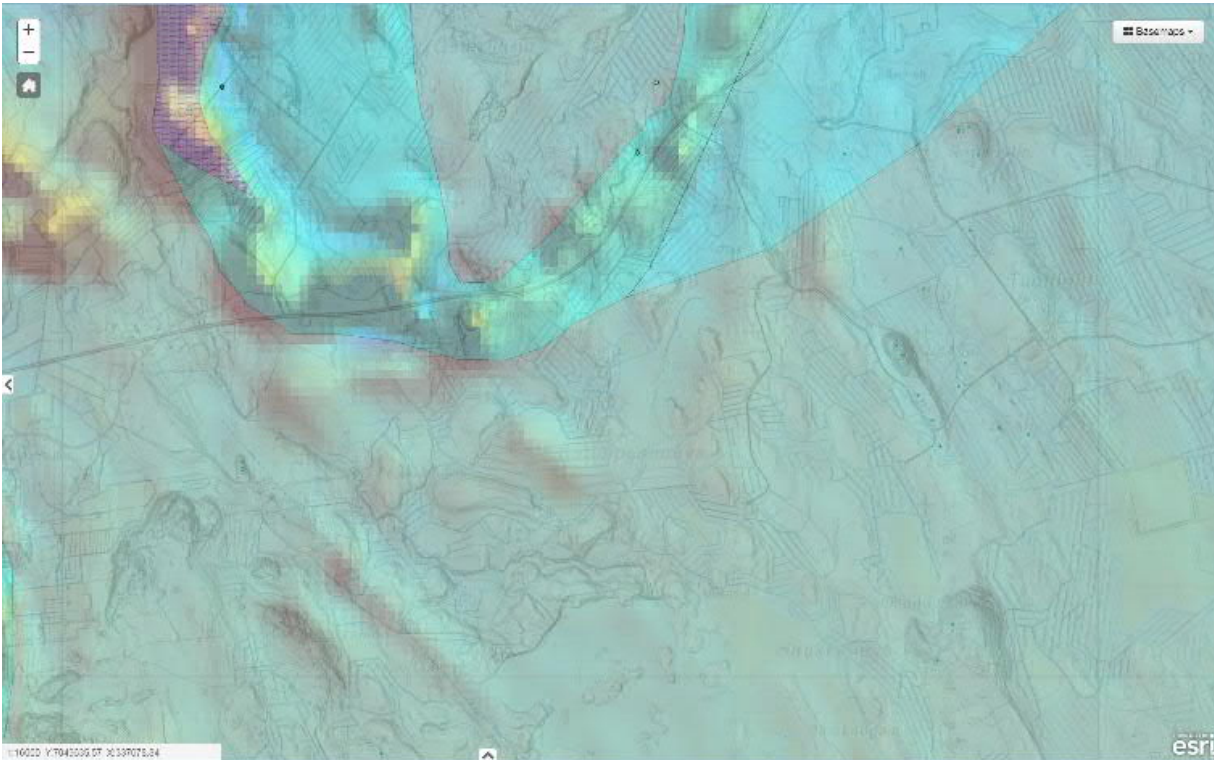
Alueelta on olemassa GTK:n geofysiikan matalalentomittausten kartta-aineisto. Hankealueen pohjoispuolen karttalehti Q4113 sisältyy Kaustisen alueen tarkennettuun magneettisen mittauksen alueeseen (Kuva 4-6), josta erottuu selvästi biotiittiparagneissin/liuskeen ja grafiittiliuskeen sijainti, sekä siirrosvyöhykkeen viite. Samalla alueella on tehty myös maanpintamagneettista mittausta, joiden kattamaan alueeseen hankealue ei sisälly.

Magneettinen kartta osoittaa peitteisellä alueella sijaitsevan pegmatiitin ja biotiittiparagneissin kontaktin. Gneissi ja liuske ovat magnetoituneempia kuin pegmatiitti. Kartan väriasteikko on karkea paikallista tarkastelua ajatellen, eikä ole muutettavissa karttapalvelussa. Biotiittiparagneissin puolella magneettisissa piirteissä on katkeamia mitkä

viittaavat paikallisen hauraan rakoilun olemassaoloon. Vastaavia viitteitä on nähtävissä graniitin puolella heikkoina lineaarisina NW-SE suuntaisina piirteinä (Kuva 4-6). Näistä yksi on merkitty magneettisena muotoviivana kartta-aineistoon (GTK 2018). Aineistoa olisi mahdollista tutkia myös numeerisessa muodossa erilaisin suodatuksin, mikä antaisi hiukan tarkemman erotuskyvyn. Magneettinen aineisto viittaa siihen että hankealueella voi esiintyä paikallisia rikkonaisuusvyöhykkeitä.

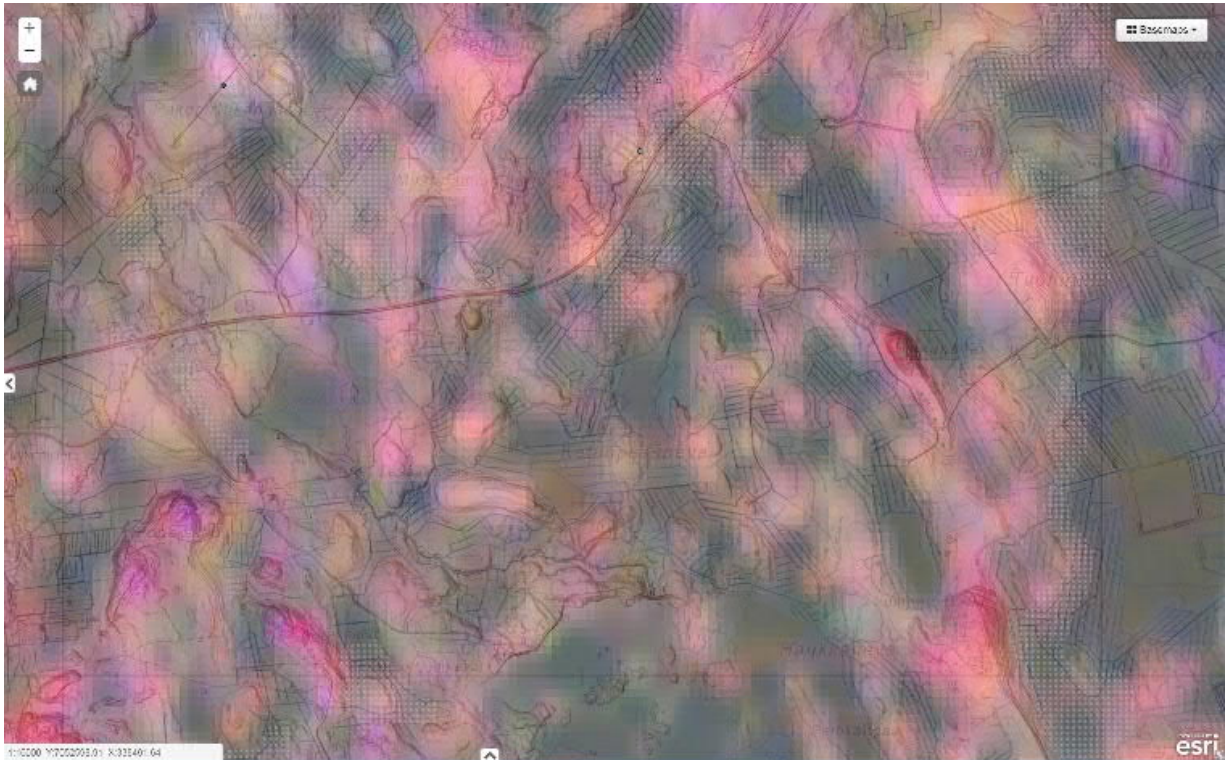


Kuva 4-6. Kaustisten alueen tarkennettu magneettinen lentomittaus (ei yllä hankealueelle). Grafiittiliuske, biotiittiparagneissin/liuskeen kontakti ja siirrosvyöhyke näkyvät tuloksissa.

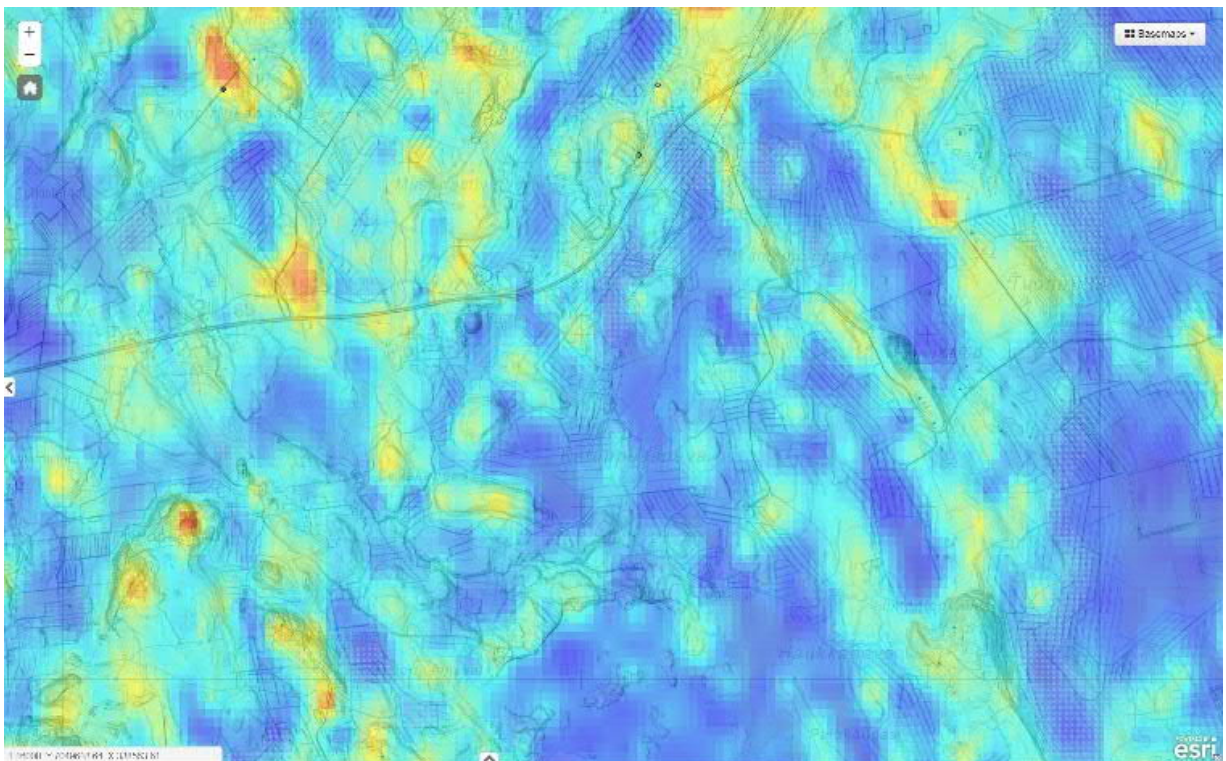


Kuva 4-7. GTK lentomittauksen karttanäkymä. Biotiittiparagneissi on kontaktivyöhykkeessä siirrostunut viitaten paikallisiin rikkonaisuusvyöhykkeisiin. Pegmatiitin alueella nähdään NNW-SSE suuntaisia lineaarisia piirteitä, jotka voivat olla paikallisia rikkonaisuusvyöhykkeitä (GTK 2018).

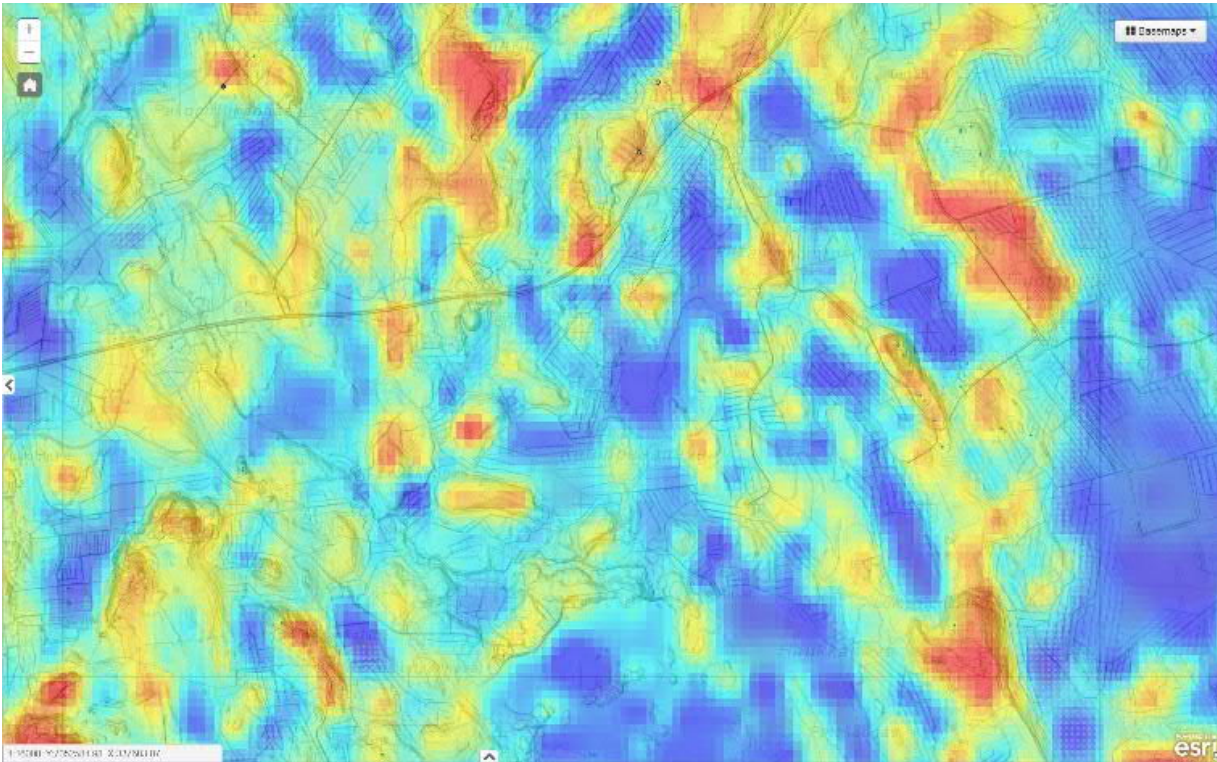
Lentogeofysiikan gammaspektrin ja kokonaissäteilyn mittauksissa voidaan todeta maaperäkartaltakin havaittava moreenikumpareiden kuivempi ja painanteiden kosteampi maa-aines (Kuvat 4-8 – 4-12). Säteilyn kolmikomponenttikartasta (ternary) havaitaan ettei pintamaalaji erityisesti vaihtele hankealueella (Kuva 4-8). Avokallioilla on korkeampi säteilyn intensiteetti, ja viitteitä kaliumin K^{40} komponentin muita komponentteja korkeammista arvoista (Kuva 4-10). Moreenikumpareet erottuvat vastaavasti pienemmän intensiteetin arvoina. Toriumin arvot ovat hyvin matalat maa- ja kallioperässä (Kuva 4-11). Yksittäisissä pisteissä erottuu uraani erottuu lähinnä kohdissa missä kosteusvaimennus on pienimmillään. (Kuva 4-9).



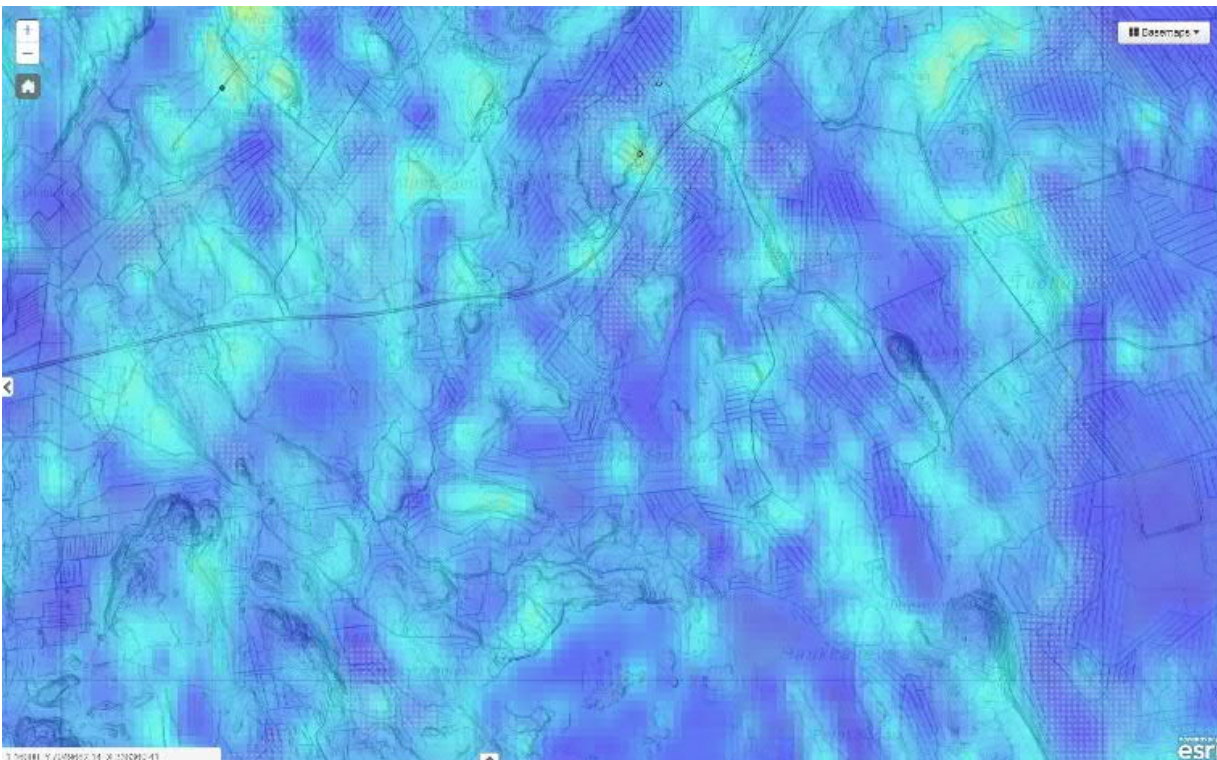
Kuva 4-8. Luonnon gammasäteilyn lentomittauksen kolmikomponenttikartta. Painanteet ja kosteikot edustavat matalaa intensiteettiä, avokalliot korkea. Kuivemmat moreenikummut ovat keskimääräisellä tasolla. Punertava värisävy viittaa kohonneeseen K40 pitoisuuteen (lajittunut aines). Paljastumilla värisävy vivahtaa sinertävään (thorium) tai oranssiin (uraani). (GTK 2018).



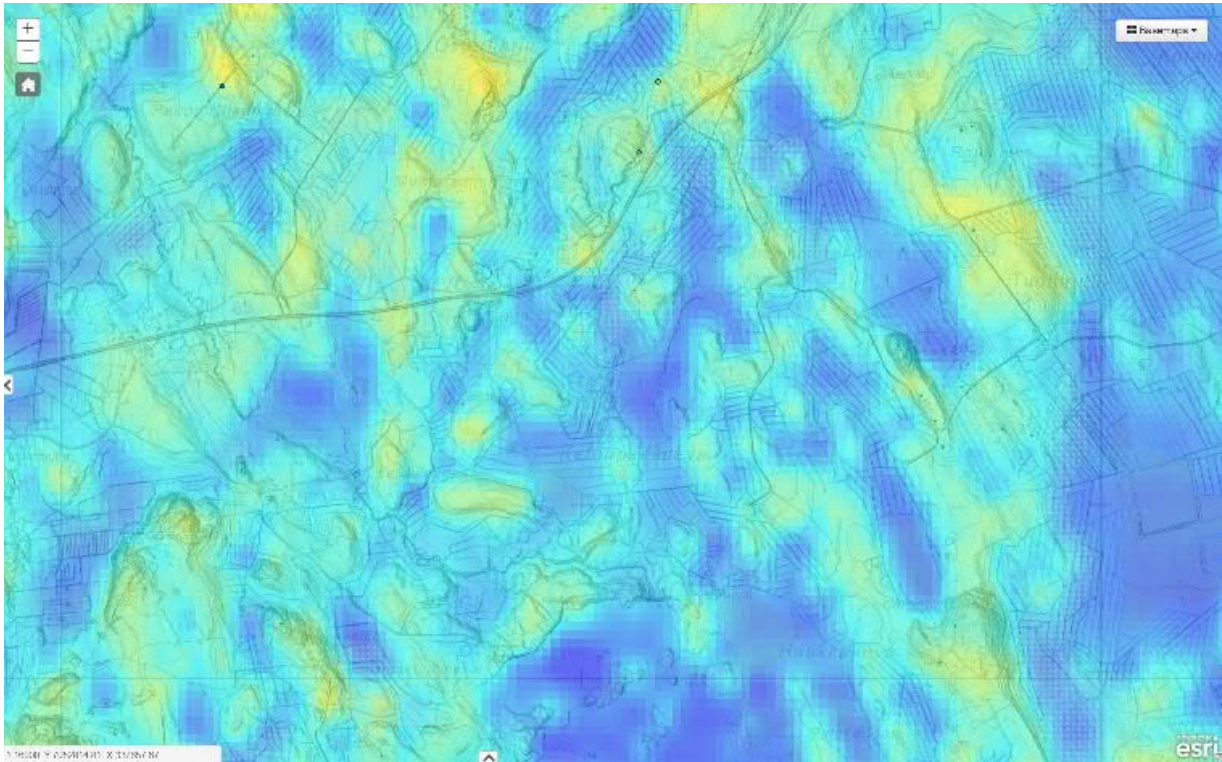
Kuva 4-9. Kivilajista johtuvat uraanipitoisuuden vaihtelut tulevat näkyviin lähinnä avokallioalueilla. (GTK 2018).



Kuva 4-10. Suurin osa säteilyn vaihtelusta liittyy kosteuden ja kaliumpitoisuuden vaihteluun. (GTK 2018).



Kuva 4-11. Savikoihin tai liuskekiviin liittyvä toriumpitoisuus ei juuri vaihtelee, ja on matalalla tasolla. (GTK 2018).

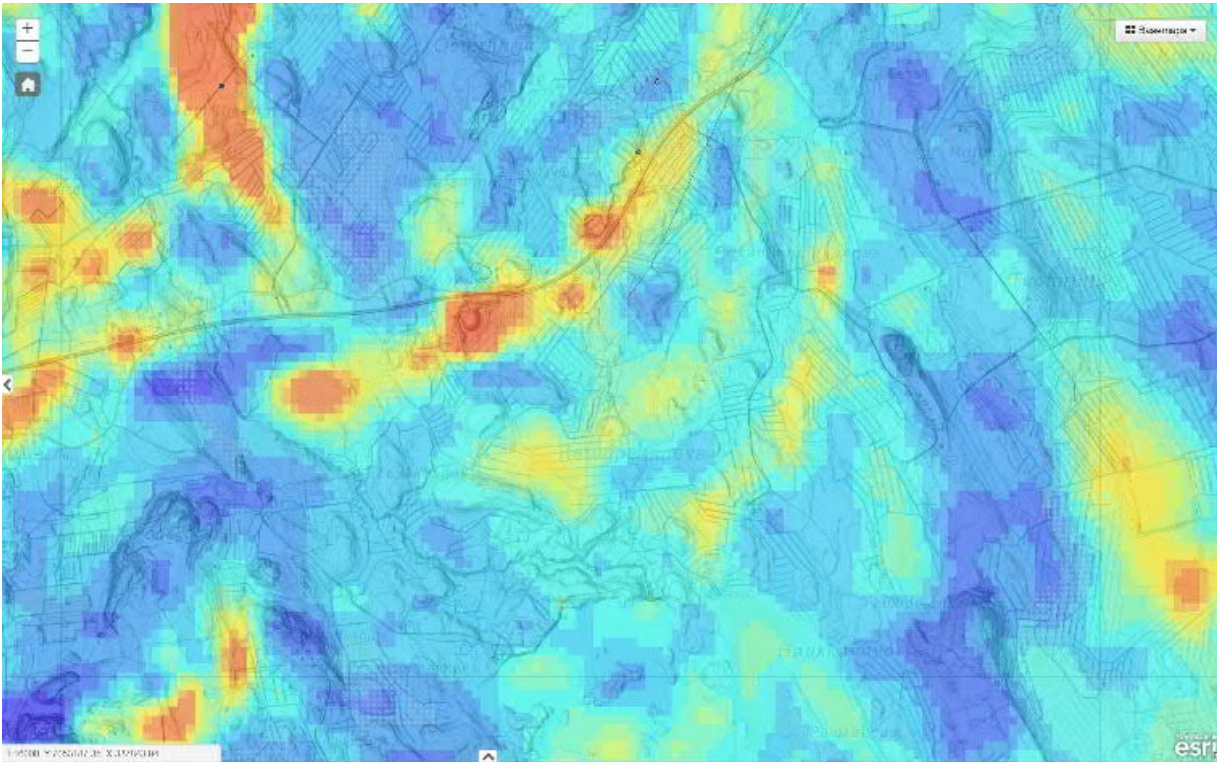


Kuva 4-12. Kokonaissäteilyn vaihtelusta suurin osa liittyy kosteusvaihteluun. (GTK 2018).

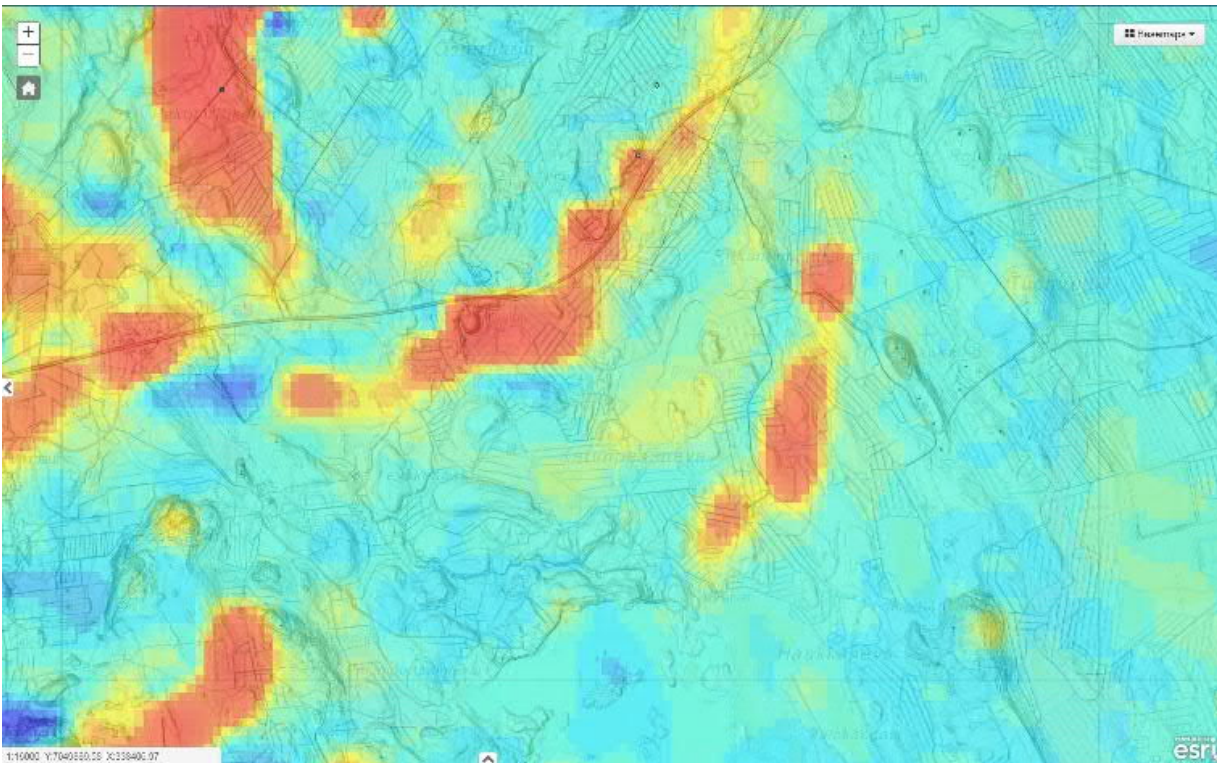
Sähkömagneettisista mittaustuloksista voidaan havaita, että hankealueella sijaitseva suljettu kaatopaikka aiheuttaa kaatopaikan kohdalla johtavuusanomalian imaginaari-komponentissa (Kuva 4-13) ja reaali-komponentissa (Kuva 4-14) (GTK 2018). Tämä johdevyöhyke jatkuu piirteinä Iso Kalavettä kohti, viitaten siihen että pintavalunta on saattanut levittää kaatopaikan suotovesiä länttä kohti. Iso Kalaveden kohdalla on myös vastaava anomalia, joka voi johtua mutakerroksesta, kivilajista tai suotovesistä. Reaali-komponentin suhteellinen voimakkuus viittaa siihen, että kyseessä voi olla kulttuuripiirre tai kallioperän johde (GTK 2018).

Pitkälammen kohdalla hankealueen itäpuolella on N-S suuntaisia, eteläosassa lounaaseen kaartuvia, lineaarisia heikosti sähköä johtavia piirteitä, jotka voivat viitata kallioperän heikkousvyöhykkeeseen, kallioperän mineraalisiin johteisiin tai paksuuntuneen maakerroksen alueeseen. Itäisemmän johteen kohdalla reaali-komponentti on korkeampi, läntisemmän kohdalla matalampi.

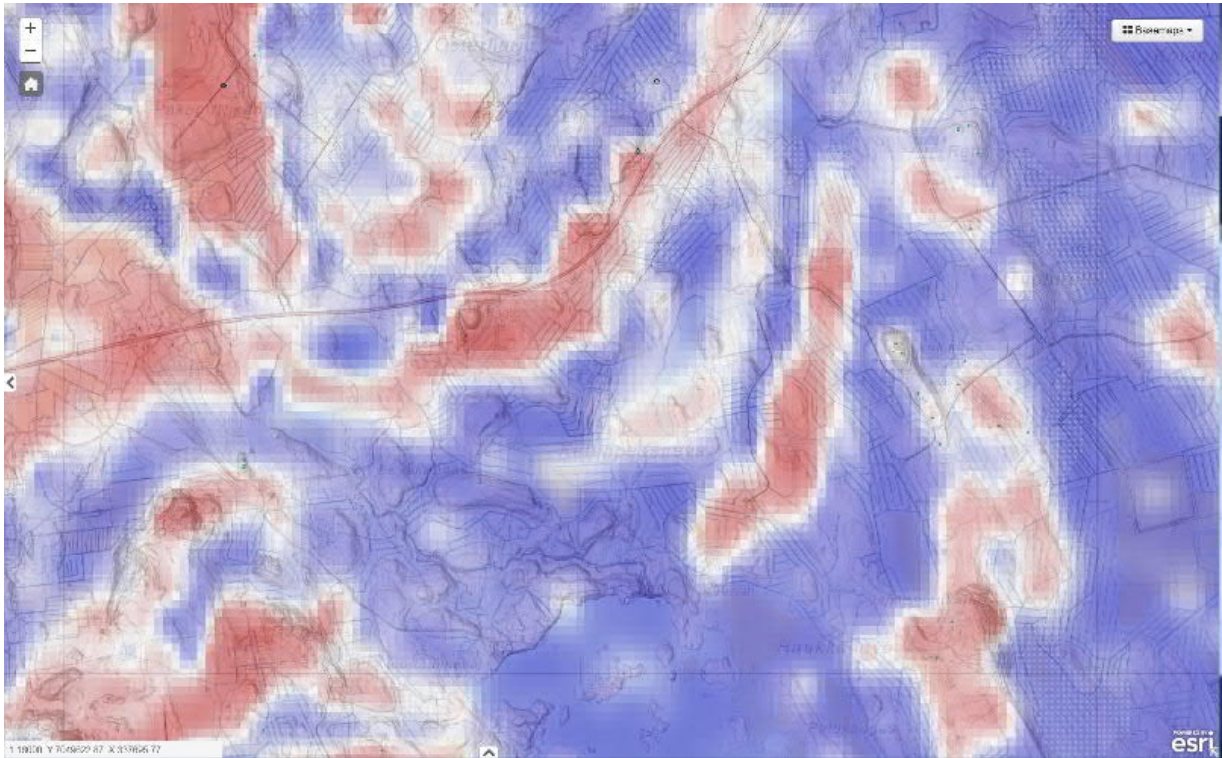
Vastaavat piirteet nähdään lasketun näennäisen ominaisvastuksen kartassa (Kuva 4-15).



Kuva 4-13. Lentomittausten sähkömagneettisen imaginaarikomponentin maksimit liittyvät kallioperän johdevyöhykkeisiin, suljettuun kaatopaikkaan ja mahdollisiin suotovesiin.



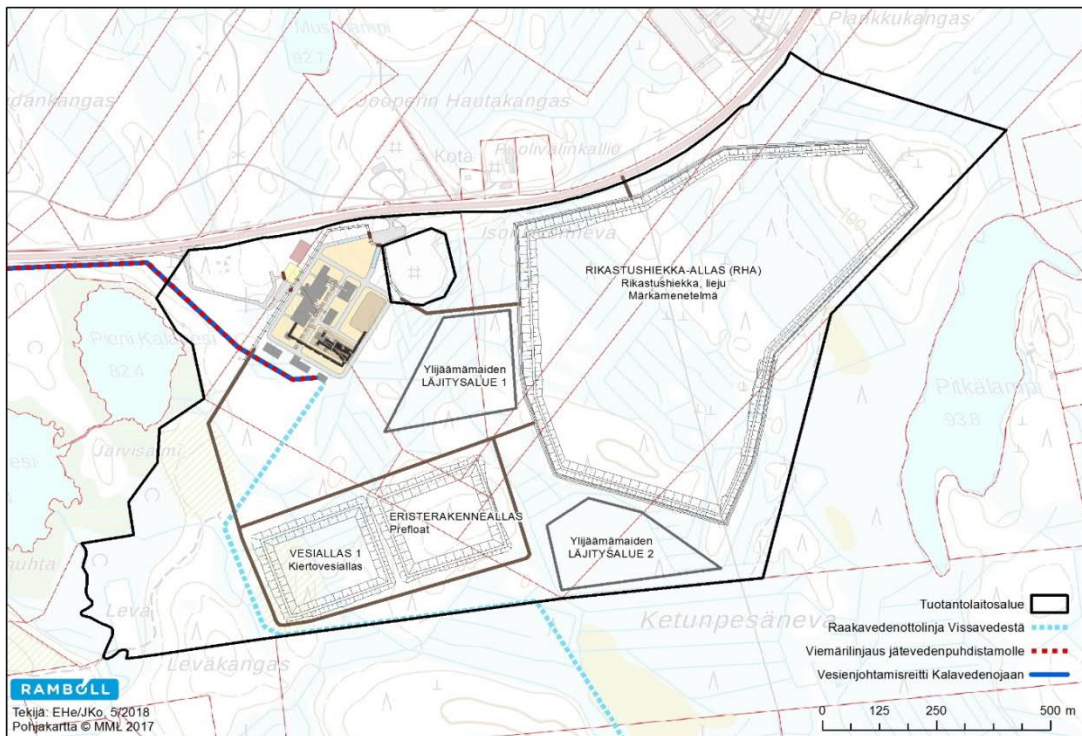
Kuva 4-14. Lentomittausten sähkömagneettisen reaali­komponentin maksimit liittyvät voimakkaammin johtaviin kallioperän johdevyöhykkeisiin, mahdollisiin metallisiin esineisiin, ja suljettuun kaatopaikkaan (GTK 2018).



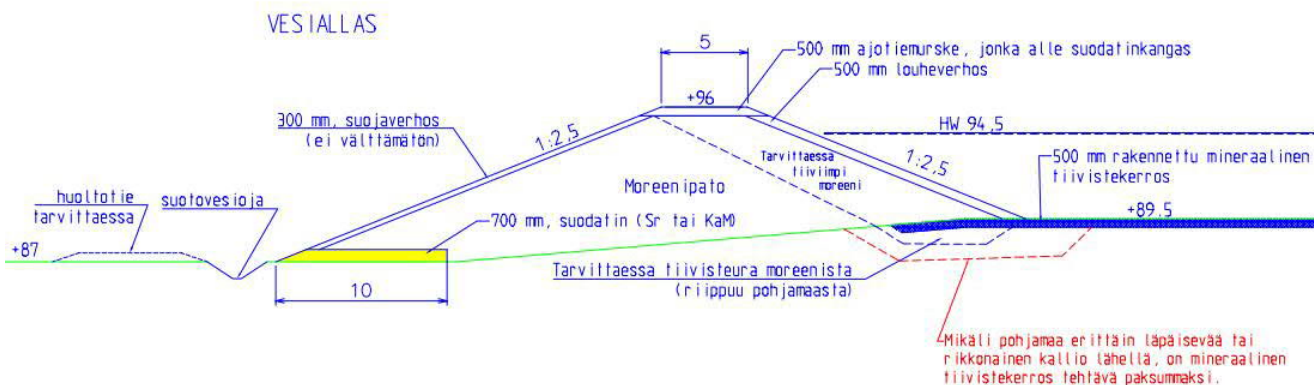
Kuva 4-15. Lentomittauksista lasketun ominaisvastustulosten sisältö on samankaltainen havaintoarvojen kanssa.

5 PATO- JA POHJARAKENTEET

Tähän on koottu tietoa Kalaveden tuotantolaitoksen pato- ja pohjarakenteista jotka ovat kuvattuna tarkemmin Keliber Oy:n jätehuoltosuunnitelmassa (Ramboll 2018b) ja allasalueen yleissuunnitelmaselostuksessa (Ramboll 2018c).



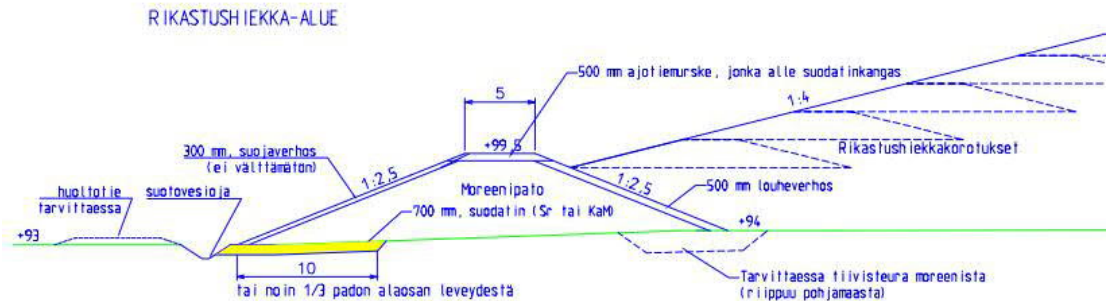
Kuva 5-1. Allasalueet tuotantolaitoksella (Ramboll 2018b)



Kuva 5-2. Periaatekuva vesialtaan padosta (Ramboll 2018b)

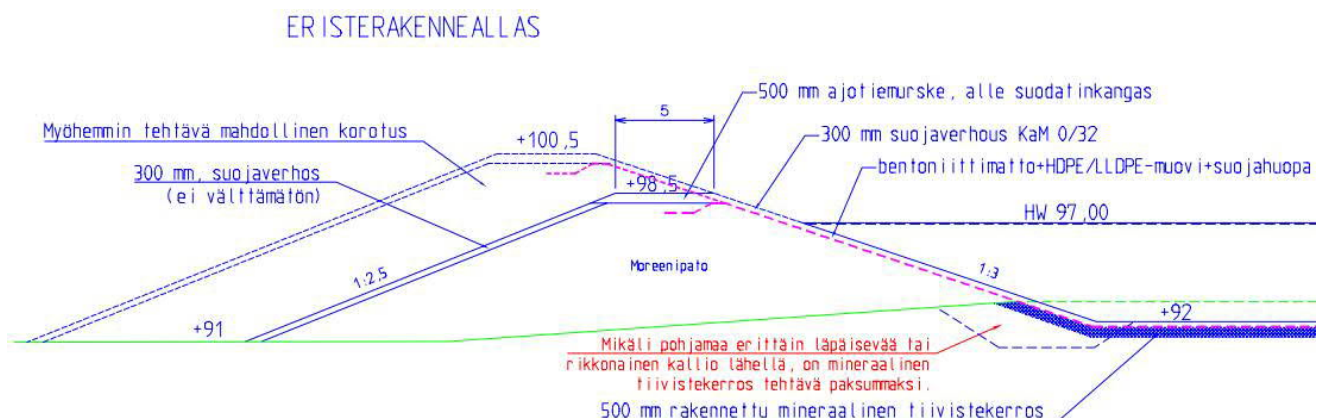
Kiertovesialtaat kaivetaan osittain maahan ja ympäröidään moreenipadoilla. Patojen korkeus vaihtelee 3–9 m välillä. Kiertovesialtaan pinta-ala on 5,5 ha ja tilavuus 160 000 m³. Altaan pohja on suunniteltu tasolle +89,50. Padon harja on korkeudella +96,50 ja harjan leveys on 5 m. Luiskakaltevuudet ovat 1:2,5. Luiskiin asennetaan lisäksi riittävät suojaverhoukset. Padon alaosalle on suunniteltu 0,7 m korkea vaakasuodatin. Suodat-

timen pituus on noin 1/3 osa padon alaosan leveydestä tai 10 m. Altaan pohjalle rakennetaan tarvittaessa 0,5 m paksuinen mineraalinen tiivistekerros moreenista. (Ramboll 2018b)



Kuva 5-3. Periaatekuva rikastushiekka-altaan patorakenteesta (Ramboll 2018b)

Rikastushiekka-altaan pinta-ala on 48 ha ja tilavuus 3 925 000 m³. Altaan ensimmäisen vaiheen patolinjoissa hyödynnetään alueen moreenikumpareita, joissa maapohja on kantavampaa. Altaan pato on suunniteltu rakennettavaksi homogeenisestä moreenista ensimmäisessä vaiheessa tasoon +99,5 m mpy (harjakorkeus). Altaan keskiosa on alavaa suota, jossa maapinta on tasolla +94...+96 m mpy. Altaan sisäpuolelle jäävät kumpareet leikataan pohjan tasoon (tai syvemmälle massojen hyödyntämiseksi ja läjitystilavuuden lisäämiseksi). Kuivanpuolen luiskassa on 10 m leveä ja 0,7 m paksuinen vaakasuodatin. Ensimmäisen vaiheen pato joudutaan rakentamaan heikosti kantavan suoalueen poikki altaan etelä- ja pohjoisreunalla. Altaaseen ei jätteen laadun perusteella ole suunniteltu erillistä pohja- tai eristerakennetta, vaan läjitys tapahtuu luontaisen maapohjan päälle. (Ramboll 2018b)



Kuva 5-4. Periaatekuva eristerakennealtaan (Prefloat) padosta (Ramboll 2018b)

Eristerakennealtaan pinta-ala on 5,5 ha ja tilavuus 125 000 m³. Allas kaivetaan osittain maahan ja ympäröidään homogeenisillä moreenipadoilla (Kuva 5-4). Patojen korkeus vaihtelee 0–8 m välillä; eteläosalla allas rajoittuu mäki-alueeseen ja on tältä sivulta

maahan kaivettu, eikä varsinaista patorakennetta ole. Sijoittelussa lähtökohtana oli altaan rakentaminen kantavan maapohjan alueelle. Eristerakenneltaan pohjan korkeus- asema pyrittiin valitsemaan siten, että se ei ole pohjavesipinnan alapuolella. Koko altaan alueelle, mukaan lukien patoluiskat, rakennetaan ympäristötekni- nen eristerakenne. Ympäristötekni- nen eristerakenne on yhdistelmä- rakenne, joka koostuu moreenista, bentoniittimatosta ja keinotekoisesta eristeestä (HDPE- tai LLDPE-muovi) suojakerrok- sineen. Eristerakenneltaan harjaleveys on 5 m, kuivanpuolen luiska 1:2,5 ja märän- puolen luiska 1:3. Altaan pohja on tasolla +92,0 ja padon harjakorkeus on +98,50. Al- taalla on korotusoptio (patojen harjakorkeus +100,50). (Ramboll 2018b).

6 KAIVANNAISJÄTTEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

6.1 Rikastushiekan ominaisuudet

Kalaveden tuotantolaitoksen rikastusprosessista on tehty pilot-kokeita, jossa syntynyttä rikastushiekkaa ja liejua on analysoitu Labtium Oy:n laboratoriossa. Rikastushiekkaa on analysoitu kerran ja liejua kahdesti. Pilot kokeet on suoritettu GTK:n mineraalitekniikan laboratoriossa Outokummussa. Taulukossa (Taulukko 6-1) on esitetty rikastushiekan ja liejun sisältämien metallien kokonaispitoisuudet. Lisäksi taulukossa on PIMA-asetuksen mukaisiin raja-arvoihin. Rikastushiekan metallipitoisuudet ovat pieniä ja eivät ylitä PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvoja. Myös liejun metallipitoisuudet ovat pääosin pieniä. Vain arseenin kokonaispitoisuus on koholla liejussa. Lisäksi vuoden 2016 liejunäytteessä kadmiumpitoisuus ylitti kynnysarvon lievästi (Ramboll 2018b).

Myös rikastushiekan ja liejun sisältämien aineiden liukoisuudet ovat pääosin pieniä ja liukoisuudet pääosin alittavat laboratorion käyttämät määrittärajat (Taulukko 6-2).

Rikastushiekan ja liejun hapontuottopotentiali määräytyy malmin rikki-pitoisuuden perusteella. Rikastushiekasta kokonaisrikkipitoisuutta ei ole tutkittu, mutta rikastettavan malmin kokonaisrikkipitoisuus on 0,01 %. Rikastusprosessi ei lisää materiaalin kokonaisrikkipitoisuutta, joten myös rikastushiekan ja liejun kokonaisrikkipitoisuuden arvioidaan olevan 0,01 %. Näin ollen rikastushiekan ja liejun sulfidisen rikin pitoisuuden arvioidaan olevan alle 0,01 % ja jätteet arvioidaan ei-happoa tuottaviksi (NAF) (Ramboll 2018b).

Kaivannaisjäteasetuksen (VNA 190/2013) liitteessä 1 annettujen määritelmien mukaisesti Kalaveden tuotantolaitoksen pintamaat, rikastushiekka, lieju ja kiertovesialtaan pohjaliete on luokiteltu jätehuoltosuunnitelmassa pysyviksi kaivannaisjätteiksi (Ramboll 2018b). Prefloat-jae on luokiteltu jätehuoltosuunnitelmassa korkeiden metallien kokonaispitoisuuksien takia ei-pysyviksi kaivannaisjätteiksi (Ramboll 2018b).

Taulukko 6-1. Rikastushiekan ja liejun kokonaispitoisuudet (Ramboll 2018b).

Rikastushiekka ja lieju, kokonaispitoisuudet				PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset raja-arvot		
Näyte	Rikastushiekka	Lieju	Lieju	Kynnys-arvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Analysointi-ajankohta	2017	2016	2017			
As mg/kg	<5	21	20,1	5	50	100
Cd mg/kg	<1	1,7	<1	1	10	20
Co mg/kg	<1	3,0	1,81	20	100	250
Cr mg/kg	2,12	43,8	25,3	100	200	300
Cu mg/kg	1,09	71,9	26,8	100	150	200
Hg mg/kg				0,5	2	5

Ni	mg/kg	<2	28	15,3	50	100	150
Pb	mg/kg	<5	12	13,1	60	200	750
Sb	mg/kg	<20*	<20*	<20*	2	10	50
V	mg/kg	1,27	5,8	7,96	100	150	250
Zn	mg/kg	3,51	106	68,6	200	250	400

* Tulosta ei voida luotettavasti verrata raja-arvoihin.

Taulukko 6-2. Rikastushiekan ja liejun liukoisuudet (Ramboll 2018b).

Rikastushiekka ja lieju, liukoisuudet L/S10				Kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) mukaiset raja-arvot		
Näyte	Rikastushiekka	Lieju	Lieju	Pysyvän jätteen kaatopaikka	Tavanomainen kaatopaikka	Vaarallisen jätteen kaatopaikka
Analysointi-ajankohta	2017 Ravistelutesti	2016 Ravistelutesti	2017 Ravistelutesti			
As mg/kg	<0,05	<0,05	0,2	0,5	2	25
Ba mg/kg	<0,06	0,1	<0,06	20	100	300
Cd mg/kg	<0,04	<0,04	<0,04	0,04	1	5
Cr mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	0,5	10	70
Cu mg/kg	<0,05	0,1	<0,05	2	50	100
Hg mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,2	2
Mo mg/kg	<0,05	<0,05	0,3	0,5	10	30
Ni mg/kg	<0,1	<0,06	<0,1	0,4	10	40
Pb mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	0,5	10	50
Sb mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,7	5
Se mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,5	7
V mg/kg	<0,05		<0,05	-	-	-
Zn mg/kg	<0,6	<0,6	<0,6	4	50	200
DOC mg/kg	26,7	23	35,5	500	800	1 000
F mg/kg	<2	<2,1	<2	10	150	500
SO₄ mg/kg	11,6	21	43,9	1 000	20 000	50 000
Cl mg/kg	<4	3,0	6,9	800	15 000	25 000

6.2 Prefloat -jäte

Prefloat jätettä arvioidaan muodostuvan rikastusprosessin prefloat vaahdotuksessa noin 11 000 t/a. Prefloat jakeessa esiintyy kohonneita arseeni-, kadmium-, kupari- ja sinkkipitoisuuksia (Taulukko 6-3). Huolimatta kohonneista pitoisuuksista aineiden liukeneminen prefloat -jakeesta on pientä (Taulukko 6-4). Prefloat -jakeen kokonaisrikkipitoisuuden arvioidaan olevan 0,01 % ja näin ollen sulfidisen rikin pitoisuuden arvioidaan olevan alle 0,01 %. Tämän perusteella jäte arvioidaan ei-happoa tuottavaksi (NAF) (Ramboll 2018b).

Taulukko 6-3. Prefloat –jakeen kokonaispitoisuudet (Ramboll 2018b).

Prefloat-jae, kokonaispitoisuudet			PIMA-asetuksen (VNA 214/2007) mukaiset raja-arvot		
			Kynnysarvo	Alempi ohjearvo	Ylempi ohjearvo
Analysointi-ajankohta	2016	2017			
As mg/kg	362	44,3	5	50	100
Cd mg/kg	20,3	5,53	1	10	20
Co mg/kg	4,9	8,78	20	100	250
Cr mg/kg	37,8	96,2	100	200	300
Cu mg/kg	256	120	100	150	200
Hg mg/kg			0,5	2	5
Ni mg/kg	22	39,5	50	100	150
Pb mg/kg	16	17,5	60	200	750
Sb mg/kg	<20*	<20*	2	10	50
V mg/kg	14,6	68	100	150	250
Zn mg/kg	916	341	200	250	400

Taulukko 6-4. Prefloat –jakeen liukoisuudet (Ramboll 2018b).

Prefloat-jae, liukoisuudet L/S10			Kaatopaikka-asetuksen (VNA 331/2013) mukaiset raja-arvot		
			Pysyvän jätteen kaatopaikka	Tavanomainen kaatopaikka	Vaarallisen jätteen kaatopaikka
Analysointi-ajankohta	2016 Ravistelutesti	2017 Ravistelutesti			
As mg/kg	<0,1	<0,05	0,5	2	25
Ba mg/kg	<0,09	0,1	20	100	300
Cd mg/kg	<0,07*	<0,04	0,04	1	5
Cr mg/kg	<0,09	<0,05	0,5	10	70
Cu mg/kg	<0,09	<0,05	2	50	100
Hg mg/kg	<0,01	<0,01	0,01	0,2	2
Mo mg/kg	<0,09	<0,05	0,5	10	30
Ni mg/kg	<0,09	<0,1	0,4	10	40
Pb mg/kg	<0,09	<0,05	0,5	10	50
Sb mg/kg	<0,05	<0,05	0,06	0,7	5

Se	mg/kg	<0,09	<0,05	0,1	0,5	7
V	mg/kg		<0,05	-	-	-
Zn	mg/kg	<1,1	<0,6	4	50	200
DOC	mg/kg	6,7	36,1	500	800	1 000
F	mg/kg	<1,9	<2	10	150	500
SO₄	mg/kg	6,1	21,2	1 000	20 000	50 000
Cl	mg/kg	<2,0	<4	800	15 000	25 000

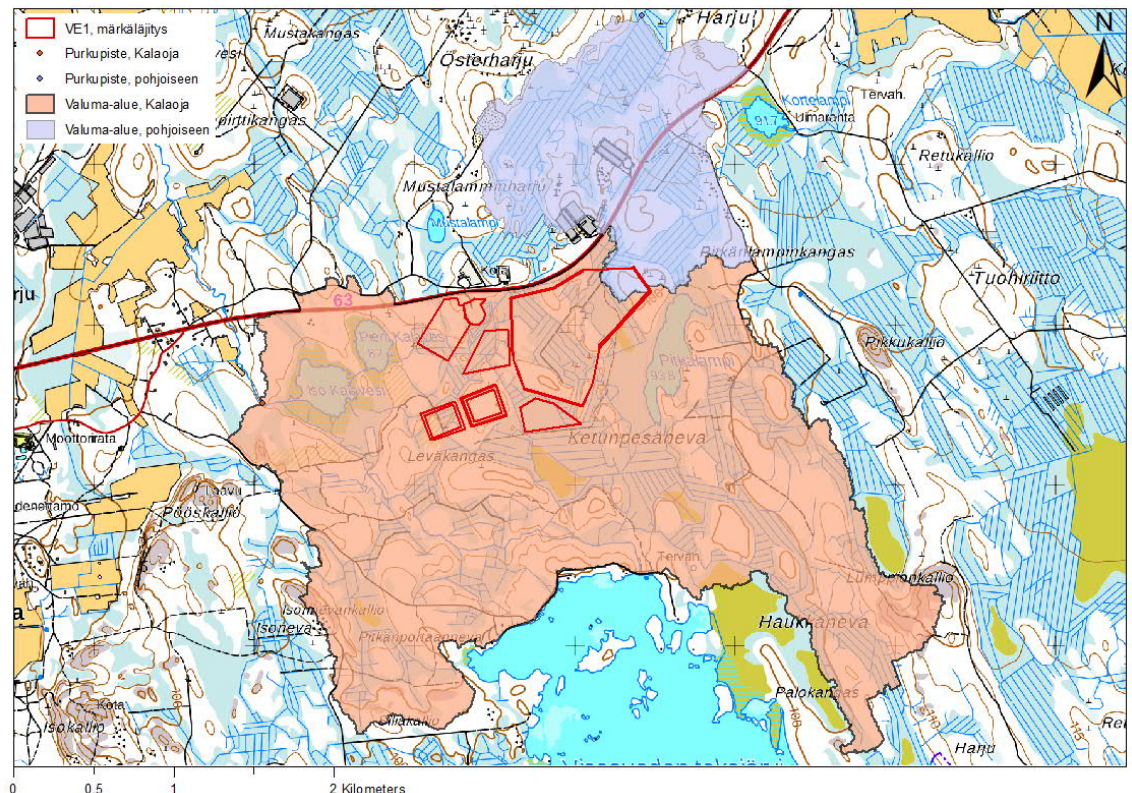
6.3 Kiertovesialtaan pohjaliete

Kiertovesialtaaseen johdetaan vesiä rikastushiekka-altaasta, joten kiertoovesialtaaseen voi päätyä myös kiintoaineita rikastushiekka-altaalta. Kiertovesialtaaseen mahdollisesti kulkeutunut kiintoaine laskeutuu altaan pohjalle muodostaen altaaseen pohjalietettä. Kiertovesialtaan pohjaliete on käytännössä rikastushiekkaa tai liejussa esiintyviä kiintoaineita. Näin ollen kiertoovesialtaan liete kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet ovat taulukoissa (Taulukko 6-1, Taulukko 6-2) esitetyn kaltaisia. Tuotantolaitoksen toimint aikana kiertoovesialtaan pohjalietteen annetaan olla kiertoovesialtaan pohjalla, ellei allasta tarvitse ruopata muista syistä (esim. tarvittavan vesitilavuuden säilyttämiseksi). Mikäli kiertoovesiallasta tarvitsee ruopata, altaasta ruopattu pohjaliete sijoitetaan tämän hetkisten tietojen perusteella rikastushiekka-altaaseen. Kiertovesialtaan pinnalle selkeytyneestä vedestä osa pumpataan rikastusprosessiin ja osa vesienkäsittelylaitokselle.

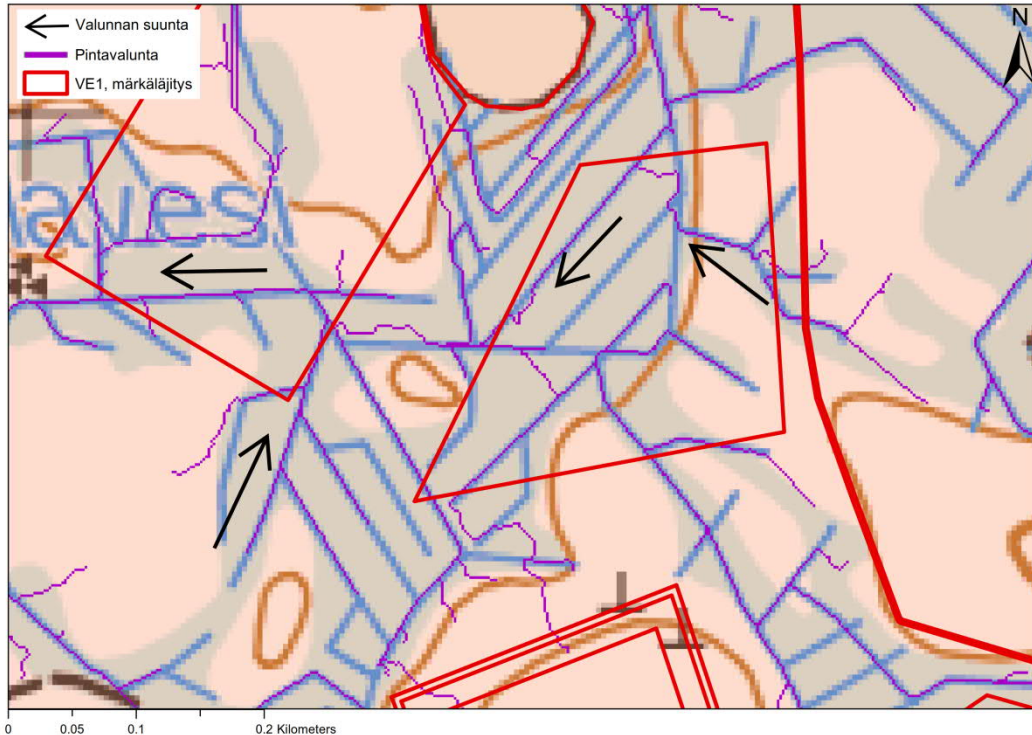
7 MIKROVALUMA-ALUEET JA KULKEUTUMISREITIT

Alueen mikrovaluma-alueita on mallinnettu ArcMap 10.4.1 Watershed työkalun avulla. Watershed työkalu laskee alueen korkeusmallin (2 m) avulla pintavesien luontaiset kulkeutumisreitit nykyisessä tilanteessa. Kulkeutumisreittien avulla voidaan arvioida mahdollisten suotovesien kulkeutuminen alueen vesistöihin olettaen pohjaveden liikkeiden seuraavan pintavalunnan, ja näin ollen topografian suuntia. Tulkinnassa on käytetty Watershed työkalun lisäksi myös pohjaveden pinnankorkeustietoja sekä maastokartan korkeuskäyriä. Tarkastelu on tehty nykytilanteelle ja rikastushiekka-altaan perustamisen jälkeen, ja erityisesti korotusten edetessä veden pinta on altaalla nykyistä ylempänä. Muuttuva paine-ero voi vaikuttaa myös pohjaveden virtausuuntiin.

Hankealueen pintavedet laskevat suurelta osin Pieni Kalaveden ja Iso Kalaveden kautta Kalavedenojaan, ja tästä edelleen Tastulanjärven ohi Perhonjokeen. Vain koillisnurkassa pintavesien teoreettinen valumasuunta on kohti pohjoista (Kuva 7-1). Pitkälammesta vedet laskevat myös Pieni Kalaveteen. Alue on ojitettua, minkä vuoksi pintavesi kerääntyy pääsääntöisesti ojiin, kuten kuvasta Kuva 7-2 nähdään. Pintaveden virtausuunnat seuraavat alueen topografiaa (mm. moreenikumpareiden ohjaamana), mikä on oletus myös pohjaveden virtauksen kanssa. Tarpeeksi syvät ojat voivat kuitenkin muuttaa pohjaveden virtausta paikoitellen rajustikin kohti ojaa.



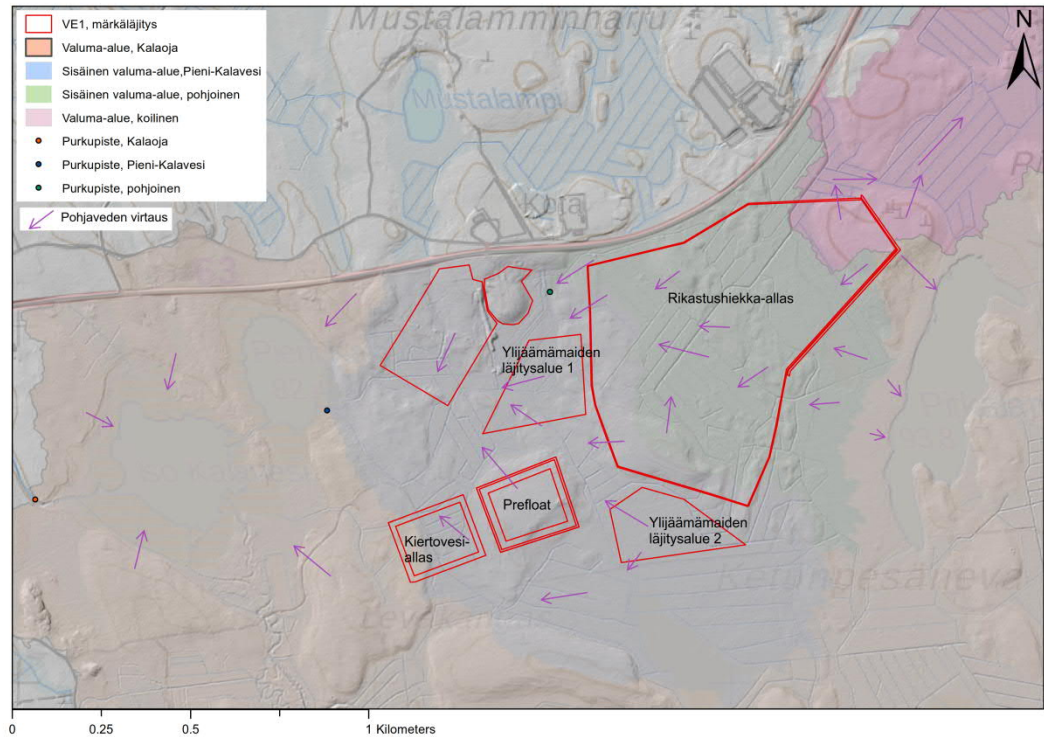
Kuva 7-1. Kalajoen valuma-alue (MML, maastorasteri 1:50k)



Kuva 7-2. Ojituksen vaikutus pintavaluntaan (MML, maastorasteri 1:50k)

Rikastushiekka-alue kattaa suurimman osan hankealueen itäosasta. Alueen pääasiallinen pohjaveden virtaussuunta on länteen päin, laskien ensin Pieni Kalaveteen ja siitä Iso Kalaveteen. Paikallisesti suunta voi kuitenkin vaihdella. Rikastushiekka-altaan länsiosan topografia on hyvin tasaista aivan läntisintä reunaan lukuun ottamatta. Kuvasta Kuva 7-3 nähdään rikastushiekka-altaan pintavalunnan seuraavan ojaverkkoa ja purkavan hankealueen pohjoisosasta (purkupiste, pohjoinen). Myös suotovesien teoreettinen virtaus on paikoitellen länsiluoteeseen, kohti pohjoista purkauspistettä. Rikastushiekka-altaan länsireunan korkeampi maasto jakaa virtausta minkä vuoksi läntisimmän reunan suotovesi virtaa länteen, kohti Pieni Kalavesi purkauspistettä. Rikastushiekka-altaan koillisnurkassa on pieni valuma-alue, jossa suotovesien teoreettinen virtausuunta on koilliseen, mahdollisesti kohti Köyhäjoen valuma-aluetta. Rikastushiekkan lopullinen korkeusasema (n. 110 m mpy) (Ramboll 2018a) kasvattaa hydraalista gradienttia, mikä voi voimistaa virtausta maakerrokseen mikäli näissä on hyvin vettä läpäiseviä kerroksia, ja edelleen kallioperään, jossa voi tapahtua virtausta mikäli kalliolla on rikkonaisuutta.

Suotautumiseen ja virtaukseen vaikuttavat pohjavesipinta, maakerroksen vedenjohtavuus, sekä kallioperän topografia ja vedenjohtavuus. Alueelle on tehty yhdeksän maaperäkairausta, joihin on asennettu siiviläputket. Rei'istä on mitattu veden pinnat kolmena ajankohtana keväällä 2017.



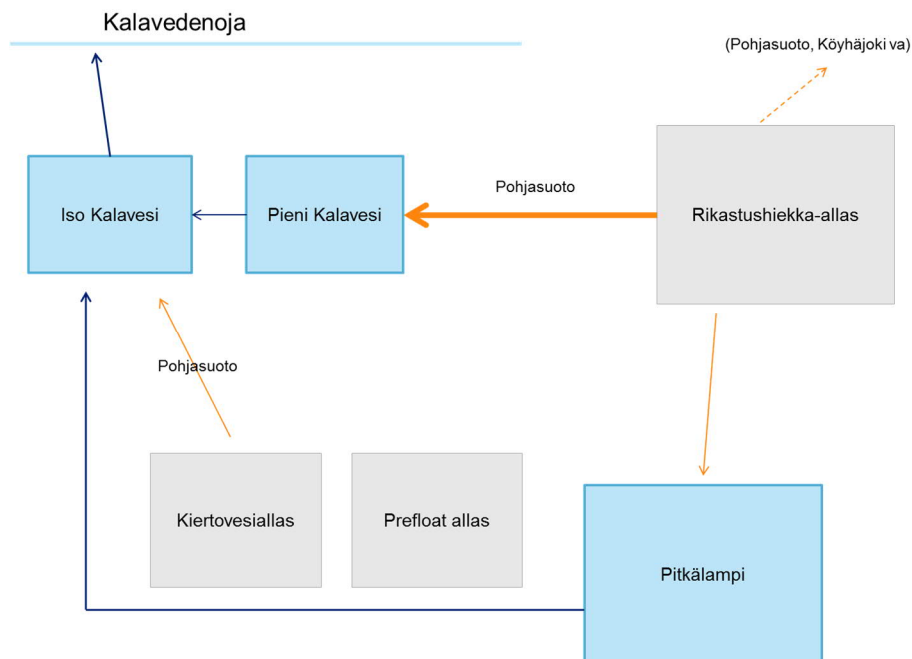
Kuva 7-3. Hankealueen mikrovaluma-alueet ja pohjaveden teoreettinen virtaus (MML, maastorasteri 1:50k, korkeusmalli 2m)

Hankealueen keskiosassa, Prefloat altaan, Kiertovesi 1 altaalta ja Ylijäämämaiden läjitysalue 2:n suotovesien teoreettinen suunta on luoteeseen, kohti Pieni Kalaveden purkauspistettä. Hankealueen läntisimmän reunan pohjavedet virtaavat kohti järviä, kohtisuoraan korkeuskäyriin nähden.

8 HAITTA-AINEIDEN KULKEUTUMISRISKIEN KÄSITTEELLINEN KUVAUS

8.1 Käsitteellistämisen tarkoitus

Toiminta-alueen käsitteellistämällä pyritään havainnollistamaan kohteen suhde ympäristöönsä. Tämä käsittää mahdollisten haitta-aineiden ja haittatekijöiden kulkeutumisreittien alustavan tunnistamisen. Käsitteellinen malli toimii yhtenä tavoiteasettelun työkaluna. Sen avulla tunnistetaan paikkakohtaisesti kohteen tilaan liittyvät potentiaaliset haittavaikutukset, jotka suunnittelun keinoin on pyrittävä ehkäisemään.



Kuva 8-1. Käsitteellinen malli suotovesien kulkeutumisesta Kalaveden prosessilaitoksen alueella.

8.2 Epävarmuustekijät

Jätejakeista on hyvin rajoitettu määrä tutkimustuloksia, mikä aiheuttaa jätteiden laadun arviointiin epävarmuutta. Tutkimustulosten vähäinen määrä johtuu pääasiassa siitä, ettei toimintaa toistaiseksi ole olemassa ja jätejakeita on syntynyt vasta pieniä määriä rikastusprosessin pilot-kokeiden tuloksena vuosina 2016 ja 2017.

9 PROSESSISSA KÄYTETTÄVÄT KEMIKAALIT JA NIIDEN HAJOAMINEN

Rikastusprosessissa käytetään erilaisia kemikaaleja, jotka saattavat kulkeutua myös rikastushiekka-altaaseen. Tässä tarkastelussa keskitytään erityisesti vaahdotuksessa käytettäviin kemikaaleihin.

Keliber Oy:n mukaan emulgaattoreina mahdollisesti käytetään kahta eri, rakenteellisesti samankaltaista tuotetta. Molemmat tuotteet ovat C12-16 alkoholietoksilaatteja. Molemmat tuotteet ovat käyttöturvallisuustiedotteiden (AkzoNobel 2017, PCC Exol 2012) mukaan helposti biohajovia. Ne ovat myös tiheydeltään vettä kevyempiä, joten niiden kulkeutuminen esim. pohjaveteen suotautumalla on erittäin epätodennäköistä.

Kokoojakemikaalina käytetään rapsiöljypohjaista tuotetta, joka em. emulgaattoreiden tavoin on biohajoavaa eikä siten aiheuta haittaa ympäristölle (Croda Europe Ltd 2008).

Rikasteen sakeuttamisessa käytettävä kationinen polymeeri, jolla on suuri molekyyli-massa, ei puolestaan ole suuren kokonsa vuoksi biohajoava mutta samasta syystä se ei myöskään ole helposti vesistöön tai pohjaveteen kulkeutuva (Kemira 2016).

10 HAITTA-AINEIDEN KULKEUTUMISRISKIT, JOHTOPÄÄTÖKSET KÄSITTEELLISELLÄ TASOLLA

10.1 Haitta-aineet

Käytettävissä olevien näytetietojen perusteella rikastushiekan metalli- ja metalloidipitoisuudet ovat pääosin pieniä eivätkä ylitä PIMA-asetuksen kynnys- ja ohjearvoja. Myös liejun metallipitoisuudet ovat pääosin pieniä. Liejussa on kuitenkin tavattu lievästi kohonneita arseenipitoisuuksia ja mitattu yksittäinen lievästi kohonnut kadmiumpitoisuus. Liejua on kuitenkin vain 12% rikastushiekka-alueelle sijoitettavasta aineksestä. Tuotantolaitos (ja samoin koko Keski-Pohjanmaan litiumprovinssi) sijaitsee arseeniprovinssin sisäpuolella. GTK:n Tapir-tietokannassa alueelle ei kuitenkaan ole arseenin tai kadmiumin taustapitoisuuksia. Muista tietolähteistä mainittakoon, että esimerkiksi Syväjärven pintamaissa arseenipitoisuus on 16 mg/kg (Sandberg 2015), tuotantolaitoksen alueen paikallisissa maaperän laatutukimuksissa arseenipitoisuus on kuitenkin ollut korkeimmillaan vain 7 mg/kg. Käytettävissä olevan tiedon nojalla rikastushiekka-altaalle sijoitettavan aineksen ei kokonaisuudessaan oleteta poikkeavan ratkaisevasti arseenipitoisuudeltaan ympäröivän alueen maaperästä. Vna 214/2007

Kokonaispitoisuuksien lisäksi myös rikastushiekan ja liejun sisältämien aineiden liukoisuudet ovat pääosin pieniä ja liukoisuudet pääosin alittavat laboratorion käyttämät määritysrajat. Kontaktiliukoisuudesta kuvaa jätejaetta kuitenkin vain sen nykytilanteessa. Jätehuoltosuunnitelman (Ramboll 2018b) mukaan kokonaisrikkipitoisuus on rikastushiekassa on erittäin alhainen (noin 0,01%). Tämä tarkoittaa myös sulfidisen rikin alhaista pitoisuutta ja sitä, että metalleja ei pitkällä aikavälillä vapautuisi merkittävästi myöskään hapettumisreaktioiden kautta.

Typen tai fosforin esiintymisestä rikastushiekassa, liejussa tai näiden suotovedessä ei ole käytettävissä tietoa. Typen pienimuotoista esiintymistä voidaan pitää jokseenkin todennäköisenä, sillä räjähdysainejäämiä voi esiintyä myös prosessoidun materiaalin suotovesissä.

Rikastusprosesissa käytettävät kemikaalit ovat joko biohajovia tai suuren molekyylikonsa vuoksi eivät ole helposti kulkeutuvia. Rikastushiekka-altaaseen joutuessaan kemikaalit joko hajoavat tai jäävät pieninä pitoisuuksina rikastushiekan joukkoon. Kummassakaan tapauksessa riski haitta-aineiden kulkeutumiseen on erittäin pieni.

10.2 Kulkeutumisriski maaperässä

Rikastushiekka-altaan alle ei ole kaavailtu rakennettavaksi erillistä pohja- tai eristerakennetta, vaan läjitys tapahtuu luontaisen maapohjan päälle. Rikastushiekka-altaan suotovesiä kerätään talteen rikastushiekka-alueen ympärillä kiertävilä suotovesiojilla. Suotovedet pumpataan suotovesiojista takaisin rikastushiekka-altaaseen.

Alueen maaperä käsittää pääosin hiekka- ja sora- ja soramoreenia ja pinnalla on paikoin turvetta. Joitakin yksittäisiä vettä peremmin johtaviakin maakerroksia hankealueella esiintyy. Jos suotovesien keskeiseksi kulkeutumisreitiksi oletetaan maaperä, mahdolliset ympäristöön suotautuvat vedet kulkeutuisivat pääosin länteen päin kohti Iso ja Pieni Kalavettä. Pieni osa suotovesistä voi teoriassa kulkeutua alueen koillisosaan. Rikastushiekan haitta-ainepitoisuudet ovat kuitenkin käytettävissä olevan tiedon perusteella pieniä (kappaleet 6.1 ja 10.1).

Kiertovesialtaiden pohjalle mahdollisesti kerääntyvän lietteen on päätelty olevan ominaisuuksiltaan rikastushiekkaa vastaavaa. Näin ollen liejun kokonaispitoisuudet ja liukoisuudet ajatellaan olevan pieniä. Olettaen, että maaperä olisi suotovesien pääasialli-

nen kulkeutumisreitti, Kiertovesialtaalta mahdollisesti ympäristöön suotautuva vesi kulkeutuisi todennäköisesti myös Iso Kalavettä ja Pieni Kalavettä päin ja edelleen Kalavedenojaan, johon toiminnan puhdistetut jätevedet myös tullaan purkamaan.

Prefloat-altaan pohjalle rakennetaan erillinen pohja- ja eristerakenne, joten suotovesien ei arvioida leviävän ympäristöön, mikäli eristerakenne toimii suunnitellulla tavalla. Eristeallasalueen luontainen pohjavesien virtaussuunta on länteen päin kohti Iso ja Pieni Kalavettä.

Rikastushiekkan varastoaltaalta todennäköisesti suotautuu vettä alapuolisiin maakerrokseen jonkin verran enemmän kuin luonnontilaisissa olosuhteissa. Suotautumisen määrän ja virtausnopeuksien arviointi vaatisi joko analyttisen laskennan tai yksinkertaistetun numeerisen mallin laskennan. Molemmat vaihtoehdot tarvitsisivat syötetiedoiksi maakerrosten ja pintakallion vedenjohtavuusarvion. Suotautuvan veden päätyemisestä kallioperään ja virtauksesta kalliossa ei voida esittää numeerista arviota ilman mittaus-tietoja kalliitopografian vaihtelusta, maalajien vaihtelusta ja karkeiden maalajikerrosten jatkuvuudesta, sekä kallion pintaosien rikkonaisuudesta ja vedenjohtavuudesta.

Rikastushiekka-altaan aiheuttama topografian muutos synnyttää hydraulisen gradientin, joka länsiosassa aluetta suuntaa pohjaveden virtausta edelleen länttä ja Iso ja Pieni Kalavettä kohti, ja toisaalta etelään Ketunpesänevaa kohti ja sieltä kohti Iso ja Pieni Kalavettä. Virtaus kohti pohjavesialuetta Oosinharjulla ei ole todennäköistä erillisten valuma-alueiden vuoksi. Virtaukset suuntautuvat Kalavedenojaa pitkin Tastulanjoen suuntaan. Korkeusero voi muuttaa vedenjakajaa rikastushiekka-altaan itäosissa siten, että pohjaveden virtaus suuntautuu Pitkälampea kohti ja sieltä etelän kautta kohti Iso Kalavettä.

10.3 Kulkeutumisriski kallioperässä

Haitta-aineiden kulkeutumisriskien tunnistaminen kallioperän osalta on kohteessa haasteellista, johtuen olemassa olevan tiedon vähäisestä tarkkuustasosta. Kallioperässä kulkeutumisriskit ovat merkittävimmillään rakovyöhykkeissä, jolloin topografian merkitys virtausuuntiin on vähäisempi kuin maaperässä. Toki kallioperässäkin paine-ero säätelee virtauksia. Tyypillisesti rakoilu on runsainta kallion pintaosissa.

Peitteisessä kohteessa kallioperän ominaisuuksien määrittäminen perustuu geofysiikan mittauksiin ja kairauksiin. Kohteesta on käytettävissä pääosin vain lentomittausten informaatiota, mikä antaa vain yleisluonteisen käsityksen alueesta.

Hankealueen pohjoisreunalla pegmatiitin ja biotiittiparagneessin kontaktin tuntumassa kallioperän on arvioitu voivan olla rikkonaista, joskaan asiasta ei ole tarkempaa tutkimustietoa. GTK:n kalliolaatuluokituksen mukaan alueen kallioperän laatu on Luokkaa C (melko rikkonaista, keskimäinen viidestä luokasta). Vissaveden länsireunalla on lentogeofysiikan aineistosta tulkittu kaakko-luode-suuntainen magneettinen muotoviiva ja Pitkälammen pohjoispäässä, lammen länsireunan tasolta koillisen suuntaan on tulkittu magneettisesta lentomittausaineistosta siirrosrakenne. Sähkömagneettisista mittaustuloksista mainittakoon, että Pitkälammen kohdalla, hankealueen itäpuolella, sijaitsee pohjois-eteläsuuntaisia, eteläosassa lounaaseen kaartuvia, heikosti sähköä johtavia piirteitä. Nämä voivat periaatteessa viitata kallioperän heikkousvyöhykkeeseen, mutta se ei ole ainoa mahdollinen tulkinta.

Selkeitä rikastushiekka-alueen alapuolelle tai kiertovesialtaalle sijoitettavia kallioperän rikkonaisuuteen viittaavia piirteitä ei tarkastellussa aineistossa ole. Vastaavia kallioperän rakenteita ei myöskään havaittu suuntautuvan rikastushiekka-altaalta tai kiertovesialtaalta kohti lähivesistöjä tai pohjavesialuetta. Rikastushiekka-altaan koilliskulmaan ulottuu mahdollisesti siirrosvyöhyke koillisen suunnasta; siirrosvyöhykkeen suunnassa lähialueella ei kuitenkaan ole vesistöjä tai pohjavesialueita ja maasto myös

kohoa hieman tässä suunnassa. Kohteesta muodostettua kuvaa ei kuitenkaan voida pitää kattavana eikä esimerkiksi pienipiirteinen kalliopinnan rakoilu todennäköisesti näkyisi tarkastellussa aineistossa.

10.4 Reaktiot mahdollisilla kulkeutumisreiteillä

Kulkeutumisriskien kannalta keskeisin haitta-aine on käytettävissä olevan tiedon mukaan liejussa oleva arseeni. Liejun määrä on kuitenkin vain 12 % rikastushiekka-altaalle sijoitettavasta materiaalista. Arseenin voidaan olettaa olevan rikastushiekassa joko alkuperäisenä arseenikiisu-mineraalina tai mikäli kiisut ovat jo (jossain vaiheessa) hapettuneita, arseenia voi olla sitoutuneena rauta- ja alumiinisaostumiin. Liukoisuudet kontaktiliukoisuustestissä olivat alhaisia ja alkuperäisen mineraalin läsnäoloa voidaan pitää hieman todennäköisempänä vaihtoehtona. Mikäli arseeni on kiisumineraalin osana, sen vapautumista säätelevät mm. hapen tai muiden hapettimien saatavuus, biologinen toiminta ja lämpötila.

Arseenin liikkuvuus ei edellytä happamia olosuhteita, vaan se pysyy liukoisena hyvin myös emäksisissä tai neutraaleissa olosuhteissa. Niinpä rikastushiekka-alueen oletettu vähäinen happamuus ei periaatteessa rajoita arseenin kulkutumisriskejä, kuten se rajoittaisi useimpien metallien kulkeutumisriskejä.

Hapellisissa vesissä arseenin esiintymismuodot ovat todennäköisesti arsenaatteja. Lähellä maanpintaa liikkuvissa suotovesissä arseenin määrää säätelevät lähinnä saveksen sekä alumiini- ja rautasaostumien läsnäolo sekä happamuus. Suoympäristössä happamuus voi periaatteessa vähentää liikkuvuutta, mutta arseeni voi pysyä suhteellisen helppoliukoisissa muodoissa myös lievästi pelkistävissä olosuhteissa. Periaatteessa kuitenkin soiden (tai lampienkin) pohjasedimenteissä ja pohjan tai välikerrosten rautasaostumisissa voi tyypillisesti tapahtua arseenin pidättymistä. Hapettomissa kalliopohjavesissä myös arseenin pelkistyneimmät muodot, mukaan lukien arsenidiainionit ovat mahdollisia. Arseenin reduktio on todennäköisimmillään kulkeutumisreittien alkupäässä maaperän hienojakoisimmissa osissa tai rauta-/alumiinisaostumien tuntumassa. On kuitenkin huomattava, että lähtömateriaalissa arseenipitoisuus ei todennäköisesti poikkea suuresti ympäröivän alueen pitoisuuksista.

Mahdollisesta typen (nitraattitypen) läsnäolosta todettakoon, että typen poistumista kaasuna denitrifikaation välityksellä ei voida pitää todennäköisenä rikastushiekka-altaalla, missä orgaanista ainesta ei ole saatavilla mikrobitoiminnan käyttöön ja typpi-pitoisuudet eivät yleensä ole erityisen korkeita. Merkittävimmät typen reduktiot ovat odotettavissa mahdollisilla kulkutumisreiteillä turvemilla, missä reduktio toimii parhaimmin lämpimimpinä vuodenaikoina.

10.5 Riskiskenaarioiden vaikutuksista

Jopa silloin, kun läjitettävä materiaali ei juuri poikkea ympäröivän alueen maaperästä ja suotovesien haitta-ainepitoisuudet ovat hyvin pieniä, esimerkiksi suotovesien metalleja voi periaatteessa kertyä jossain määrin alueen lähilampien vesiin ja pohjasedimentteihin. Niinpä eräs tarkkailujen tavoitteista onkin arvioiden tarkistaminen ja varmistaminen ja mahdollisten lisätoimepidetarpeiden varhainen tunnistaminen.

Pintavesistöt joihin mahdolliset suotovedet kulkeutuvat on arvioitu YVA:ssa herkkyydeltään vähäisiksi, jolloin suotovesien vaikutusten merkittävyys on pienempi kuin tilanteessa jossa vastaanottava vesistö olisi erityisen herkkä. Vedet kulkeutuvat lopulta Kälavedenojaan, johon myös puhdistetut jätevedet aiotaan purkaa. Näin ollen suotautuvat vedet eivät tässä raportissa esitettyjen lähtötietojen perusteella leviä uusille herkille vesistöalueille.

10.6 Johtopäätösten tiivistelmä

Olemassa olevan tiedon käsitteellisen tarkastelun johtopäätökset:

- Alustavasti, riskejä haitta-aineiden kulkeutumisesta voidaan pitää suhteellisen vähäisinä, ensisijaisesti rikastushiekan alhaisten metalli-/metalloidipitoisuuksien takia.
- Maaperän moreeni- ja turvekerrokset voivat osaltaan rajoittaa suotovesien virtausta, mutta niillä on tarvittaessa todennäköisesti merkitystä myös esimerkiksi arseenin pidättäjänä tai typen reduktiossa.
- Alueen kallioperää koskevat tiedot viittaavat keskimääräiseen rakoiluun.
- Selkeitä tai suuria yksittäisiä rakovyöhykkeitä rikastushiekka-altaan tai vesialtaan alapuolella ei ole lentomittausaineistojen ja lineamenttitulkintojen ole havaittavissa. Alueelta ei myöskään suuntaudu selkeitä heikkousvyöhykkeitä kohti lähialueen vesistöjä tai pohjavesialueita. Tarkastelussa käytetty aineisto on kuitenkin suhteellisen epätarkka.

11 LÄHDELUETTELO

AkzoNobel N.V., 2017. Berol 050 käyttöturvallisuustiedote, versio 4. Muutettu viimeksi 21.6.2017. Päiväys 26.01.2018.

GTK 2018. Verkkosivusto: Mineral Deposits and Exploration. <http://gtkdata.gtk.fi/mdae/index.html>, ladattu 5.10.2018/ Eero Heikkinen.

Karvonen, T. 2008. Surface and near-surface hydrological model of Oikiluoto Island. Posiva Working Report 2008-17. 88 p.

Kemira Oyj 2016. SUPERFLOC C-496HMW Safety Data Sheet. Revision Date 21.10.2016. Print Date 08.0.2.2018.

PCC Exol SA, 2012. Rokanol L3A Material Safety Data Sheet. Date of issue / Date of revision 24.01.2012.

Ramboll Oy, 2018a. Keski-Pohjanmaan Litiumprovinssin ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Ramboll Oy, 2018b. Keliber Oy Kalaveden tuotantolaitoksen kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelma.

Ramboll 2018c. Keliber Oy, Yleissuunnitelmaselostus, allasalue

Sandberg, E., 2015. Syväjärvi ja Rapasaari, Suunniteltujen avolouhosten sivukivet. Keliber Oy. 7 s.