



KELIBER TECHNOLOGY OY

Kalliopohjaveden tarkkailusuunnitelma

Keliber Technology Oy

Lea Nikupeteri

Envineer Oy

Jani Junnila

Anniina Hallasuo

Joni Kivipelto

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinnumero: 13563

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Maa- ja kallioperä	5
2.1	Maaperä.....	5
2.1.1	Maaperän vedenjohtavuus	6
2.2	Kallioperä	6
3	Nykyinen pohjavesitarkkailu	7
3.1	Pohjavesiputket.....	7
3.2	Tarkkailutulokset	9
3.2.1	Pohjaveden pinnankorkeus	9
3.2.2	Pohjaveden laatu	11
4	Hydrogeologinen konseptualisointi	12
5	Kalliopohjavedet - Tarkkailusuunnitelma.....	13
5.1	Suunnitellut tarkkailupisteet.....	13
5.2	Kalliopohjavesiputkien asennus	17
5.3	Näytteenotto ja mittaukset.....	17
5.4	Dokumentointi	17
5.5	Asennusten jälkeen.....	18

Liitteet

- Liite 1** Ruhjetulkinnat
- Liite 2** Pohjaveden pinnankorkeuden taulukot ja kuvaajat
- Liite 3** Pohjaveden haitta-ainepitoisuuksien taulukot

1 Johdanto

Keliber Technology Oy:n (Keliber) kaivokset ja rikastamo sijaitsevat Kaustisen, Kokkolan ja Kruunupyyn alueella Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Varsinaista kaivos- ja rikastamotoimintaa ei ole vielä aloitettu, vaan tällä hetkellä valmistellaan Syväjärven kaivoksen toiminnan aloittamista ja tehdään viimeistelytyötä Päivänevan rikastamolla. Rikastamon tekninen toimintavalmius saavutetaan vuonna 2026. Samalla alueella sijaitsee myös Rapasaaren suunniteltu kaivos, mutta louhintaa tehdään vaiheittain Syväjärven kaivokselta aloittaen. Kaivosten yhteenlaskettu toiminta-aika on 18 vuotta.

Alun perin Rapasaaren kaivoksella osa louhinnasta suunniteltiin maanalaisena louhintana. Keliber on sittemmin muuttanut louhintasuunnitelmaa ja kaikki louhinta tullaan toteuttamaan avolouhintana. Muutoksen myötä Rapasaaren kaivoksen tavanomaisen sivukiven läjitysalueen sekä Päivänevan rikastamon rikastushiekka-altaan ja rikastamolla muodostuvien prefloat- ja magneettisten jakeiden eristerakennelaiden kapasiteetti ei riitä koko toiminta-ajalle. Rapasaaren kaivannaisjätealueiden laajennuksen YVA-menettely on käynnistetty vuonna 2025. Syväjärven kaivoksen kaivannaisjätealueiden kapasiteetti riittää koko toiminta-ajalle eikä niihin suunnitella muutoksia.

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus (nyk. Lupa- ja Valvontavirasto, LVV) on lausunut 4.7.2025 päivätystä Syväjärven kaivoksen ja Päivänevan rikastamon päästö- ja vaikutustarkkailuohjelmasta, etteivät alueen nykyiset pohjavesiputket sovellu kalliopohjaveden tarkkailuun. ELY-keskus (nyk. LVV) katsoo, että kalliopohjaveden tarkkailuun ruhjeissa tulee asentaa uusia havaintoputkia. Tarkkailupisteet tulee sijoittaa alueille, joissa ruhjeiden tiedetään sijaitsevan ja toiminnan vaikutuksia pohjaveden laatuun voidaan arvioida. ELY-keskukselle (nyk. LVV) on esitettävä suunnitelma ruhjevöhykkeiden tarkkailusta.

Tässä dokumentissa kuvataan suunniteltu kalliopohjaveden tarkkailuohjelma.

2 Maa- ja kallioperä

2.1 MAAPERÄ

Syväjärven kaivosalueen maaperä on tehtyjen selvitysten perusteella pääosin hiekkaista moreenia ja maapeitteen paksuus on noin 5 metriä. Syväjärven avolouhoksen itäpuolen läheisyydessä moreenin päällä on noin 3 metrin paksuinen turve- ja liejukerros. Turve- ja liejukerrokset poistettu Syvä- ja Heinäjärven kuivattamisen, sekä avolouhoksen valmistelevien rakennustöiden yhteydessä.

Rapasaaren kaivosalueen maaperä on pääosin hiekkaista moreenia, jonka päällä esiintyy paikoitellen turvekerroksia. Louhoksen lounais-länsiosassa esiintyy lisäksi silttiä, jonka päällä on silttistä hiekkaa. Rapasaaren kaivosalueella moreenin paksuus on keskimäärin 7 metriä, vaihteluvälillä 3–20 metriä. Alueen länsiosassa moreenin päällä on paikoitellen 2 metriä turvetta.

Moreenin tyyppi (sorainen hiekkamoreeni, hiekkamoreeni, hiekkainen silttimoreeni) vaihtelee. Hiekkaa ja hienoa hiekkaa esiintyy erityisesti avolouhoksen eteläosan alueella ja sen länsipuolella kiisupitoisen sivukiven läjitysalueella.

GTK:n vuonna 2014 toteuttaman happamien sulfaattimaiden kartoituksen perusteella Rapasaaren suunnitellun avolouhoksen ja tavanomaisen sivukiven jätealueella ei todennäköisesti esiinny happamia sulfaattimaita. Vuoden 2020 täydentävien sulfaattimaatutkimusten perusteella Päivänevan rikastamoalueen pohjoispuolelle sijoittuvan näytepisteen alueella, syvyydellä 5,5 m esiintyi happamia sulfaattimaita.

AFRY Finland Oy:n vuonna 2023 toteuttamissa tarkentavissa sulfaattimaaselvityksissä Rapasaaren kaivosalueen eteläosissa minkään mineraalimaanäytteen kokonaisrikkipitoisuus ei ollut yli 0,2 % eli maanäytteet eivät sen perusteella olleet luokiteltavissa potentiaalisesti happamiksi sulfaattimaiksi. Vuosina 2014, 2020 ja 2023 tehtyjen tutkimusten perusteella happamia sulfaattimaita ei esiinny suurimmassa osassa Rapasaaren tutkituista alueista.

2.1.1 MAAPERÄN VEDENJOHTAVUUS

Vuonna 2021 kaivoksen alueella tehtyjen hydrogeologisten kenttämittausten (AFRY, 2021a; AFRY, 2021b) yhteydessä tehtyjen slug-testien perusteella Rapasaaren kaivosalueen maaperän vedenjohtavuus on suhteellisen alhainen, vaihdellen välillä $1,90 \times 10^{-6}$ – $1,30 \times 10^{-7}$ m/s. Maaperän vedenjohtavuuksissa ei ole merkittäviä eroavaisuuksia Rapasaaren eri osissa. Syväjärven alueella maaperän vedenjohtavuus vaihtelee tehtyjen slug-testien perusteella välillä 2×10^{-6} – $1,8 \times 10^{-7}$. Tutkimusten perusteella Syväjärven alueen maaperän vedenjohtavuus on suurempaa kuin Rapasaaren alueella ja Syväjärven maaperän vedenjohtavuudessa esiintyy enemmän vaihtelua. Maaperän alhainen vedenjohtavuus rajoittaa pohjaveden imeytymistä kallioperään.

2.2 KALLIOPERÄ

Alueen kallioperä koostuu pääosin myöhäisproterotsooisista kiilleliuskeista ja metavulkaanisista kivistä, sekä graniitista ja pegmatiittigraniitista, jotka kuuluvat Pohjanmaan liuskevyöhykkeeseen (Alviola ym., 2001). Näitä kiviä leikkaavat useat spodumeenipegmattiitijuonet (Käpyaho ym., 2007). Keliber on todentanut kairauksin tutkimusalueen pääkivilajeiksi kiilleliuskeet, metagrauvakat, metatuffiitit, metavulkaniitit, plagioklaasiporfyyrit ja pegmatiitit.

Alueella on vain muutamia kalliopaljastumia, mutta kallioperä sijaitsee verrattain lähellä maanpintaa. Pohjatutkimusten perusteella kallioperän syvyys Rapasaaren alueella vaihtelee 3,5–13 m syvyydellä maanpinnasta. Syväjärven alueella kallioperän syvyys vaihtelee välillä 6–14 m mpa.

RQD

RQD kertoo kairasydämen laadusta, matalat arvot osoittavat kallioperän voimakasta rikkonaisuutta ja heikompa laatua, mikä viittaa kalliomassan suurempaan vedenjohtavuuteen. Matalia RQD-arvoja (< 50) esiintyy laajalti Rapasaaren ja Syväjärven suunniteltujen louhosten ympäristössä. Rapasaaren alueella on mallinnettu useita siirrosvyöhykkeitä, jotka leikkaavat louhoksen

pohjoisosan, sekä louhoksen syvimmän osan. Eteläosassa kaksi mallinnettua pohjois-etelä-suuntaista siirrosvyöhykettä seuraavat louhoksen seinämiä (SZ008 ja SZ009). Yksi mallinnettu siirrosvyöhyke (SZ001) kulkee lännestä itään louhoksen poikki. Rapautuneen kallion yläosan (noin 30 m) ja mallinnettujen siirrosvyöhykkeiden lisäksi on vain muutamia merkittäviä kairasydänlävistyksiä, joissa on heikko kiven laatu RQD-luokitukseen perustuen lähellä suunnitellun Rapasaaren louhoksen seinämiä. (WSP, 2025)

Suunnitellun Syväjärven louhoksen länsi- ja itäseinämien ulkopuolella ei ole paljoa kairareikiä, joista olisi käytettävissä geoteknistä dataa. Suunnitellun Syväjärven louhoksen pohjoisreunan lähellä on pidempi kairasydänlävistys heikkolaatuisesta kivistä louhoksen länsiseinämässä.

Ruhjetulkinnat

Alueelta on toteutettu useita ruhjetulkintoja, mm. GTK:n AFRY Finland Oy:n ja Keliberin toimesta. **Liitteessä 1** ja kuvassa (**Kuva 5-1**) on esitetty GTK:n vuosien 2016 ja 2019 ruhjetulkinnat. Ruhjetulkinnat perustuivat mm. VLF-R menetelmään. Sähkömagneettinen VLF ominaisvastus (VLF-R) menetelmä soveltuu hyvin heikkojen johtimien ja ruhjevyyöhykkeiden kartoittamiseen matalan sähkönjohtavuuden maankamarassa. Suomalaisissa kallioperäolosuhteissa menetelmän syvyyssulottuvuus on noin 100 m. AFRY Finland Oy on tehnyt ruhjetulkinnan sekä Syväjärven, että Päivänevan alueelle. Ruhjetulkinta keskittyy suunniteltujen avolouhosten alueelle. Ruhjetulkintaa ei siten ole merkittävästi hyödynnetty tämän suunnitelman teossa.

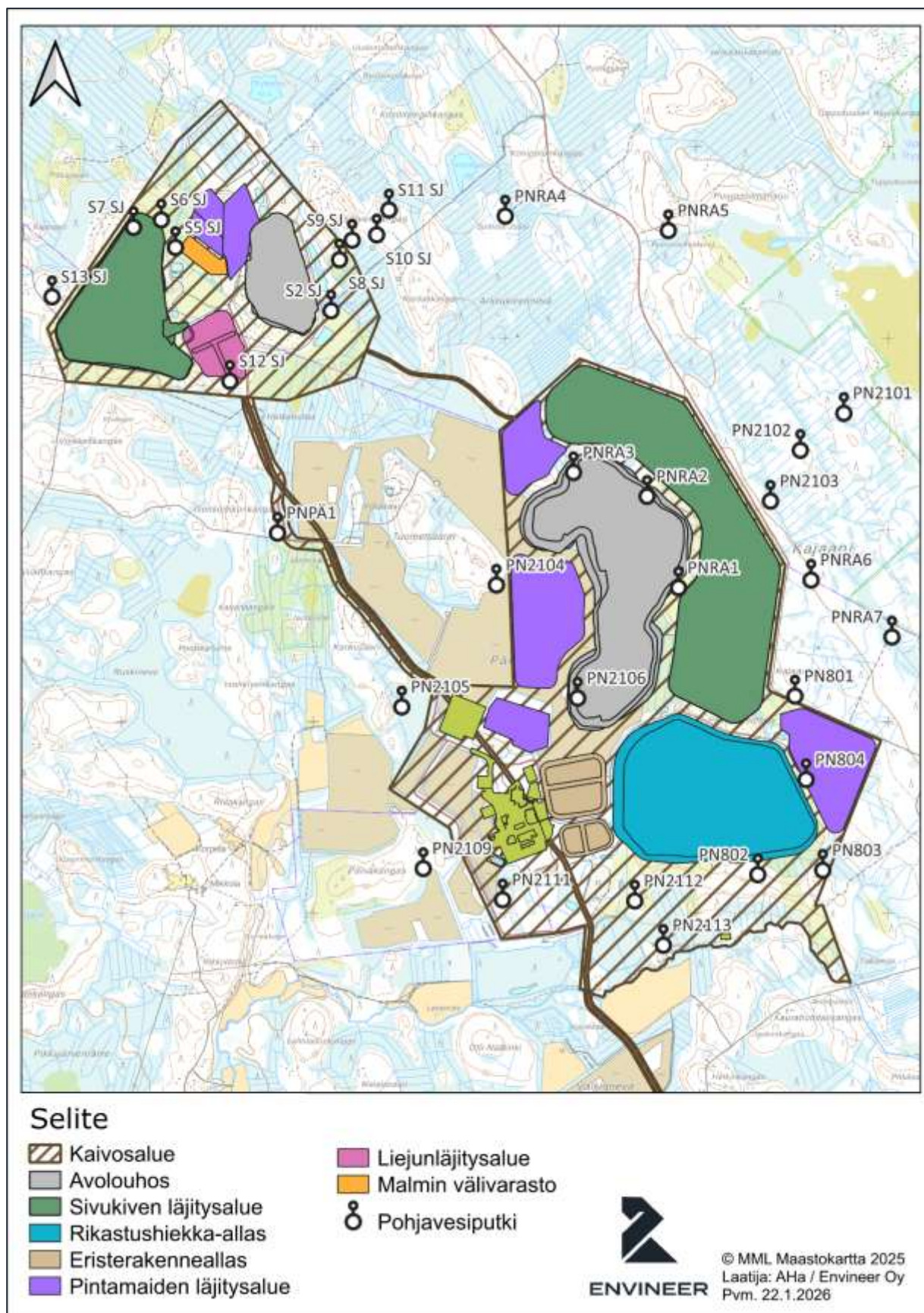
Edellä mainittujen ruhjetulkintojen lisäksi Keliber on tehnyt ruhjetulkintaa alueelle. Ruhjetulkinta perustuu alueen kallioperäaineistoon, mm. loggaustietoihin. Ruhjeet on esitetty **Liitteessä 1** ja kuvassa (**Kuva 5-1**). Ruhjeet on mallinnettu maanpintaan asti. Kalliopohjavesiputkien sijoittelussa on hyödynnetty pääosin GTK:n vuoden 2019 ruhjetulkintaa, sekä Keliberin ruhjetulkintaa, aineistojen laajan kattavuuden vuoksi.

3 Nykyinen pohjavesitarkkailu

3.1 POHJAVESISIPUTKET

Pohjavesiä tarkkaillaan Rapasaaren ja Syväjärven alueilla nykytilanteessa yhteensä 32 havaintoputkesta, joista Syväjärvellä sijaitsee 10 ja Rapasaarella 22 (**Kuva 3-1**). Tarkkailuun kuuluu myös Syväjärven ja Rapasaaren alueiden yhteinen vertailuputki Le1 (**Liite 2**) joka sijaitsee noin 4 kilometrin etäisyydellä kaivoksen länsipuolella. Tarkkailussa on ollut mukana myös kuivatetun Syväjärven läheisyydessä sijainnut havaintoputki SJ S1, joka kuivui järven kuivattamisen myötä. Tarkkailusta on lisäksi poistunut Rapasaaren alueella sijainnut havaintoputki PN2110 ja Syväjärven alueella sijainneet havaintoputket SJ S3-S4.

Nykyisistä tarkkailussa olevista havaintoputkista 18 (SJ S5-S9, SJ S11-S13, PN2104, PN2106, PNRA5-PNRA7 ja PNPÄ1) on asennettu kalliovarmistuksella.



Kuva 3-1. Rapasaaren ja Syväjärven kaivosalueilla olevat pohjavesiputket.

3.2 TARKKAILUTULOKSET

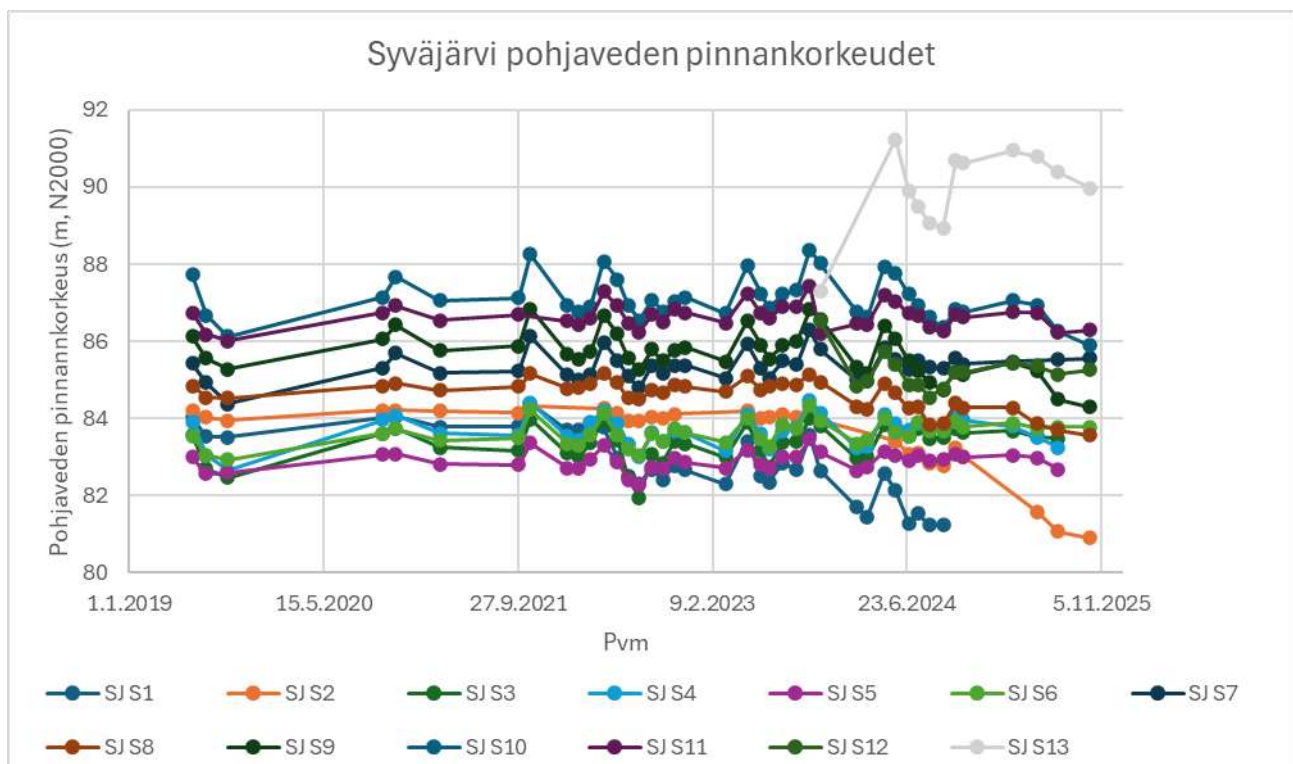
3.2.1 POHJAVEDEN PINNANKORKEUS

Syväjärvi

Syväjärven alueelle on asennettu 13 pohjavesiputkea, joiden pinnankorkeutta on tarkkailtu vuodesta 2019 lähtien, SJ S12 ja SJ S13 osalta vuodesta 2023 lähtien. Pohjaveden pinnankorkeuden minimi-, maksimi-, keski-, ja mediaaniarvot Syväjärven alueella on esitetty **Liitteessä 2**. Syväjärven alueen keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee välillä 82,9–89,9 m.

Kuvassa (**Kuva 3-2**) on esitetty Syväjärven alueen pohjaveden pinnankorkeudet vuosina 2019–2025. Pohjaveden pinnankorkeudessa ei havaita merkittäviä muutoksia suurimmassa osassa pohjavesiputkia. Pohjavesiputkessa SJ S13 nähdään pohjaveden pinnankorkeudessa voimakasta vaihtelua pohjavesiputken asennuksen jälkeen, trendin ollessa nouseva. Tämä voi viitata mm. pohjavesiputken lähialueen verrattain huonoon vedenjohtavuuteen, jolloin pohjavesipinnan tasaantuminen luonnolliselle tasolle vie aikaa.

Pohjaveden pinnankorkeudessa nähdään laskeva trendi pohjavesiputkissa SJ S1, SJ S2, SJ S8 ja SJ S9 (**Liite 2**). Pohjavesiputkessa SJ S1 pohjaveden pinnankorkeuden laskeva trendi on alkanut kesällä 2022 ja putki on poistettu käytöstä maaliskuussa 2025, koska putki on kuivunut Syväjärven kuivatuksen seurauksena. Pohjavesiputkissa SJ S2, SJ S8 ja SJ S9 pohjaveden pinnankorkeuden laskeva trendi on alkanut syksyllä 2023, ollen voimakkain putkessa SJ S2.



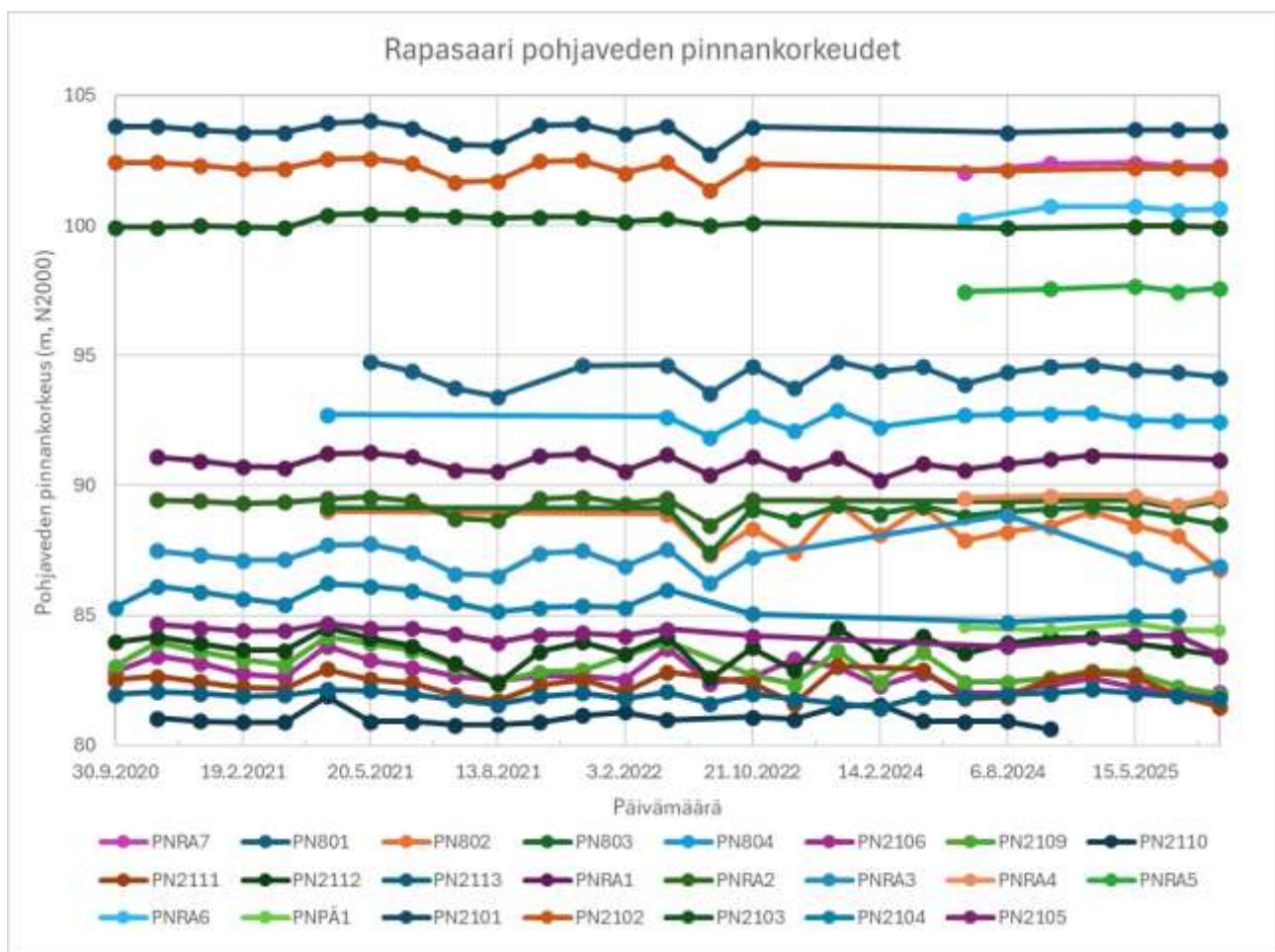
Kuva 3-2. Syväjärven pohjavesiputkien tarkkailutulokset vuosina 2019–2025.

Rapasaari

Rapasaaren alueelle on asennettu 23 pohjavesiputkea, joista 14 pinnankorkeutta on tarkkailtu vuodesta 2020 lähtien. Vuoden 2021 aikana tarkkailuun tuli mukaan neljä uutta havaintoputkea (PN801-804), ja vuonna 2024 viisi havaintoputkea (RA4-RA7, PÄ1). Pohjaveden pinnankorkeuden minimi-, maksimi-, keski-, ja mediaaniarvot Rapasaaren alueella on esitetty **Liitteessä 2**. Rapasaaren alueen keskimääräinen pohjaveden pinnankorkeus vaihtelee välillä 81,0–103,6 m.

Kuvassa (**Kuva 3-3**) on esitetty Rapasaaren alueen pohjaveden pinnankorkeudet vuosina 2020–2025. Pohjaveden pinnankorkeudessa ei havaita merkittäviä muutoksia suurimmassa osassa pohjavesiputkia.

Pohjavesiputkien PN802, PN2106 ja PN2109 pohjaveden pinnankorkeuksissa havaitaan heikohko laskeva trendi (**Liite 2**). Pohjavesiputkien PN2106 ja PN2109 pinnankorkeudet ovat olleet hienoisessa laskussa vuosien 2020–2025 seurantajaksolla. Pohjavesiputken PN802 pinnankorkeudessa on ollut selkeää vaihtelua, ja pinnankorkeuden trendi on kääntynyt voimakkaaseen laskuun vuoden 2025 aikana.



Kuva 3-3. Rapasaaren pohjavesiputkien tarkkailutulokset vuosina 2020–2025.

Pohjaveden virtaus suuntautuu kaivosalueella länteen ja lounaaseen.

3.2.2 POHJAVEDEN LAATU

Syväjärvi

Syväjärven alueen pohjaveden tarkkailuputkien keskimääräiset haitta-ainepitoisuudet on esitetty **Liitteessä 2**. Pohjaveden keskimääräinen pH on lievästi hapan tai lähellä neutraalia kaikissa havaintoputkissa. Keskimääräiset kloridipitoisuudet ovat alhaisia kaikissa havaintoputkissa. Litiumin osalta suurimmat keskimääräiset pitoisuudet ovat putkissa SJ S2 ja SJ S8.

Pohjavesiputkien keskimääräisissä pitoisuuksissa on ylityksiä pohjaveden ympäristölaatunormiin nähden arseenin, kadmiumin, koboltin, nikkelin, sinkin ja sulfaatin osalta. Arseenin, sulfaatin ja kadmiumin osalta keskimääräinen pitoisuus ylittää pohjaveden ympäristölaatunormin vain yksittäisissä putkissa. Muiden parametrien osalta keskimääräiset pitoisuudet ylittävät pohjaveden ympäristölaatunormin useammassa putkessa.

Rapasaari

Rapasaaren alueen pohjaveden tarkkailuputkien keskimääräiset haitta-ainepitoisuudet on esitetty **Liitteessä 2**. Pohjaveden keskimääräinen pH on havaintoputkissa pääosin lievästi hapan tai lähellä neutraalia lukuun ottamatta havaintoputkia RA1, RA3, PN2106 ja PN2111, joissa pH on selvästi hapan. Keskimääräiset kloridipitoisuudet ovat alhaisia kaikissa havaintoputkissa.

Litiumin osalta havaintoputkien keskimääräiset pitoisuudet ovat Suomen maapohjaveden yleistä litium-tasoa korkeammat (Lahermo ym. 2002), mikä ilmentää alueen malmipotentiaalia. Maapohjaveden keskimääräinen litiumpitoisuus Suomessa on 2,97 µg/l ja mediaanipitoisuus 0,77 µg/l (Lahermo ym. 2002). Litiumin pitoisuuksia voidaan pitää poikkeuksellisen korkeina havaintoputkissa RA2, RA5 ja RA7.

Yksittäisiä huomattavan korkeita keskimääräisiä pitoisuuksia on havaittu osassa putkissa myös arseenin, koboltin ja sulfaatin osalta, mikä todennäköisesti ilmentää alueen geokemiallisia ominaispiirteitä. Alueelle sijoittuu mustaliuskeita, jotka voivat näkyä pohjavesien geokemiassa. Mustaliuskeille tyypillisiä vesistöissä esiintyviä haitallisia aineita ovat mm. kupari, sinkki, kadmium, koboltti ja nikkeli sekä sulfaatti (Loukola-Ruskeeniemi ym. 2023).

Pohjavesiputkien keskimääräisissä pitoisuuksissa on ylityksiä pohjaveden ympäristölaatunormiin nähden arseenin, koboltin, kromin, kuparin, lyijyn, nikkelin, sinkin ja sulfaatin osalta. Kromin, kuparin ja lyijyn osalta keskimääräinen pitoisuus ylittää pohjaveden ympäristölaatunormin vain yksittäisissä putkissa. Muiden parametrien osalta keskimääräiset pitoisuudet ylittävät pohjaveden ympäristölaatunormin useammassa putkessa.

4 Hydrogeologinen konseptualisointi

Hydrogeologiset mittaukset ja kallioperän vedenjohtavuus

AFRY Finland Oy on toteuttanut vuonna 2021 Rapasaaren ja Syväjärven alueella hydrogeologisia kenttämittauksia (AFRY Finland Oy, 2021a; 2021b). Mittausmenetelminä on käytetty SLUG-testejä ja PFL DIFF -virtausmittausta. Lisäksi Rapasaaren louhosalueella toteutettiin pumppauskokeita.

WSP (2025) on analysoinut Keliberin toimittamia BMR-mittausaineistoja. Mittauksia on tehty neljästä kairareistä Rapasaaren alueella. Vedenjohtavuus vaihteli yleisesti välillä 1×10^{-6} – 1×10^{-8} m/s kallioperän ylimmän 70 metrin osuudella. Vedenjohtavuus oli luokkaa 1×10^{-8} m/s rikkonaisuusvyöhykkeissä 80–160 metrin syvyydessä. Paikoin syvemmissä rikkonaisuusvyöhykkeissä on mitattu 1×10^{-6} – 1×10^{-7} m/s vedenjohtavuuksia. (WSP, 2025.)

Alueen kiteisen kallioperän vuoksi alueen kalliopohjaveden virtaus on enemmän riippuvainen rakovyöhykkeistä ja ruhjeista, kuin kallion huokostilavuudesta. Alueen kalliopohjaveden hydrogeologian ohjaava tekijä on syvyyden ja rapautumisen vaikutus rakoprofiiliin. (WSP, 2025.)

Mittaustulosten perusteella transmissiviteetti (T , m^2/s) pienenee syvyyden kasvaessa. RQD-analyysin perusteella kallion yläosa on intensiivisemmin rakoillutta, mikä on hyvin linjassa hydrogeologisista mittauksista saatujen transmissiviteetti-tulosten kanssa. RQD-analyysissä on havaittu lisäksi intensiivisempää rakoilua paikallisesti syvemmällä kallioperässä. Havaintojen perusteella Rapasaaren alueella ei havaittu merkittäviä eroja rakoilussa eri kivilajien välillä. Syväjärven alueella metasedimenteissä esiintyi enemmän rakoilua kuin muissa litologioissa. (WSP, 2025.)

Hydrogeologinen konseptualisointi

Rapasaaren merasedimentti- ja metavulkaniittikivilajien vedenjohtavuus vaihtelee välillä 5×10^{-6} – 1×10^{-8} m/s. Huomionarvoista Rapasaaren alueella on pohjois-eteläsuuntaisiin ja koillinen-lounas-suuntaisiin risteäviin rikkonaisuusvyöhykkeisiin liittyvät pumppauskokeiden aikaiset havainnot pohjavesivaraston täydentymisestä ("recharge effects"). Edellä mainitut rikkonaisuusvyöhykkeet on tunnistettu avolouhoksen pohjoisosassa. (WSP, 2025.)

Syväjärven vuoden 2021 hydrogeologisten mittausten tulosten perusteella metasedimentti- ja metavulkaniittikivilajien vedenjohtavuus on välillä 1×10^{-6} – 2×10^{-8} m/s. Syväjärven louhosalueelle sijoittuvien kairareikien S-42, S-77 ja S-89 hydrogeologisten mittausten aikaiset havainnot pohjavesivaraston täydentymisestä ("recharge effects") korreloivat hyvin alueella havaittujen korkeiden transmissiviteettien kanssa, mitkä liittyvät ylimmän 100 metrin kallioperän rikkonaisuuteen. (WSP, 2025.)

Sekä Rapasaaren, että Syväjärven kaivosalueilla voidaan erottaa kaksi hydrogeologista yksikköä kallioperässä. Hydrogeologisten yksiköiden raja on Rapasaaren alueella noin 70 metrin syvyydellä

maanpinnasta ja Syväjärven alueella noin 20 metrin syvyydellä maanpinnasta. Hydrogeologisten yksiköiden raja heijastaa tulkinnan mukaan mm. rapautumisen vaikutusta. (WSP, 2025.)

Rapasaaren ja Syväjärven hydrogeologinen konseptualisointi voidaan WSP:n (2025) tulkinnan mukaan tiivistää kolmeen pääyksikköön:

Rapasaari:

- Maaperä
- Kallioperän yläosa – koostuu ylimmästä rapautuneesta/rakoilleesta kalliosta; yleensä < –70 m mpy; pääosin kohtalainen–korkea vedenjohtavuus (K), paikoin matala.
- Ehjä kallioperä – koostuu tuoreesta kalliosta; yleensä > –70 m mpy; pääosin erittäin matala tai lähes olematon vedenjohtavuus, mutta paikoin korkeampi, jos rakojen kautta on hydraulinen yhteys pintaan tai kallioperän yläosaan.

Syväjärvi:

- Maaperä
- Kallioperän yläosa – koostuu ylimmästä rakoilleesta kalliosta; yleensä < –20 m mpy; pääosin kohtalainen–korkea vedenjohtavuus (K), paikoin matala.
- Ehjä kallioperä – koostuu tuoreesta kalliosta; yleensä > –20 m mpy; vedenjohtavuus pääosin hyvin matala tai lähes olematon, mutta paikoin suurempi, jos rakoja on yhteydessä pintaan tai matalaan yksikköön.

Hydrogeologiset yksiköt voivat käyttäytyä identtisesti alueilla, missä syvemmällä kallioperässä sijaitsevat raot/rakovyöhykkeet ovat hydraulisessa yhteydessä rakoilleeseen kallioperän yläosaan tai maanpintaan. (WSP, 2025.)

Maaperän vedenjohtavuutta on käsitelty tarkemmin **luvussa 2.1.1**.

5 Kalliopohjavedet - Tarkkailusuunnitelma

5.1 SUUNNITELLUT TARKKAILUPISTEET

Suunnitellut kalliopohjaveden tarkkailupisteet on esitetty taulukossa (**Taulukko 5-1**). Kalliopohjavesiputkien sijoittelussa on hyödynnetty GTK:n vuoden 2019 ruhjetulkintaa, sekä Keliberin ruhjetulkintaa. Kalliopohjavesiputkien sijoittelussa on huomioitu kaivannaisjätteiden läjitysalueet, sekä niitä leikkaavat ruhjevyöhykkeet. Kalliopohjavesiputkien sijoittelussa on pyritty huomioimaan myös avolouhosten sijainti, jotta kalliopohjavesiputket eivät kuivuisi louhoksen/louhosten kuivanapitopumppauksen vuoksi. Lisäksi on huomioitu käynnissä olevan YVA-menettelyn vaihtoehdot, jotta suunnitellut kalliopohjaveden tarkkailuputket eivät jäisi uusien toimintojen alle.

Lisäksi kalliopohjavesiputkien sijoittelussa on soveltuvin osin huomioitu alueen maapohjaveden tarkkailuaineisto.

Perustelut sijainnille

Taulukossa (**Taulukko 5-1**) on esitetty suunniteltujen kalliopohjaveden tarkkailuputkien koordinaatit, maksimiasennussyvyys, sekä perustelut tarkkailulle. Kalliopohjavesiputket PP1 ja PP2 on suunniteltu Rapasaaren sivukivialueen ja/tai sivukivialueen lävistävien ruhjeiden kalliopohjaveden tarkkailuun.

Kalliopohjavesiputki PP4 on suunniteltu Rapasaaren rikastushiekka-alueen tarkkailua varten. Kalliopohjavesiputki PP3 on suunniteltu Rapasaaren ja Syväjärven välisen kalliopohjaveden laadun tarkkailuun. Kalliopohjavesiputki PP9 asennetaan maapohjaveden virtaussuunnassa alavirtaan kaivosalueelta, tulkittujen ruhjeiden lähialueelle. Putken tarkoituksena on tarkkailla ruhjeiden vedenlaatua etäämmällä kaivosalueesta.

Kalliopohjavesiputki PP5 on suunniteltu Syväjärven sivukivialueen ja sivukivialueen lävistävän ruhjeen RS7 tarkkailuun. Suunnitellut kalliopohjavesiputket on esitetty kartalla (**Kuva 5-1**), jossa näkyy suunnittelun tukena käytetty ruhjetulkinta-aineisto.

Kalliopohjavesiputket on pyritty sijoittamaan suoraan ruhjeen alueelle, tai sen välittömään läheisyyteen. Erityisesti niiden ruhjeiden osalta, jotka leikkaavat avolouhoksia, sijoittelua suoraan ruhjeeseen on pyritty välttämään. Tämä on tehty siksi, että ruhjeiden kautta mahdollisesti välittyvä kuivatusvaikutus ei olisi putkissa niin voimakas. Näin suunniteltuja kalliopohjavesiputkia voitaisiin hyödyntää mahdollisimman kauan.

Perustelut asennussyvyydelle

Kalliopohjavesiputkien suunnitellut asennussyvyydet on määritetty perustuen alueelta toteutettuun hydrogeologiseen konseptualisointiin (WSP, 2025). Alueen kalliooperän yläosa on enemmän rakoillutta ja toiminnasta mahdollisesti aiheutuvat laadulliset vaikutukset rajoittuvat todennäköisemmin tähän kalliooperän rakoilleempaan yläosaan, Syväjärven alueella < -20 m mpy ja Rapasaaren alueella < -70 m mpy.

Hydrogeologiset yksiköt voivat käyttäytyä identtisesti alueilla, jossa ruhjeet ulottuvat kalliooperän rakoilleempaan yläosaan. Tästä syystä ruhjeiden sijainti on huomioitu suunnitelmassa, mutta asennussyvyys on määritetty rakoilleen kalliooperän yläosan perusteella, johon kaivostoiminnasta mahdollisesti aiheutuvat laadulliset vaikutukset todennäköisimmin kohdistuvat. Tavoitteellinen asennussyvyys jokaiselle putkelle on 10–15 metriä kalliopinnan alapuolelle. Taulukossa (**Taulukko 5-1**) on esitetty maksimiasennussyvyydet, joilla edellä esitetty tavoitteellinen asennussyvyys varmasti saavutetaan.

PP1 ja PP2 lähimpien kairareikien aineistojen perusteella kairareikien RA-418 ja -416 alueella maaperän paksuus on noin 8 m. Kalliooperän rakoilleen yläosan pohjaveden laadun selvittämiseksi kalliopohjavesiputkien maksimiasennussyvydeksi suositellaan 30 m.

PP3 lähimpien kairareikien aineistojen perusteella kairareikien S-151...-153, ja RA-252 alueella maaperän paksuus on noin 20 m. Kallioperän rakoilleen yläosan pohjaveden laadun selvittämiseksi kalliopohjavesiputken maksimiasennussyvyudeksi suositellaan 35 m.

PP4 lähimpien kairareikien PV-20, RA-263 ja -265 aineistojen perusteella alueella maaperän paksuus on noin 10 m. Kallioperän rakoilleen yläosan pohjaveden laadun selvittämiseksi kalliopohjavesiputken maksimiasennussyvyudeksi suositellaan 30 m.

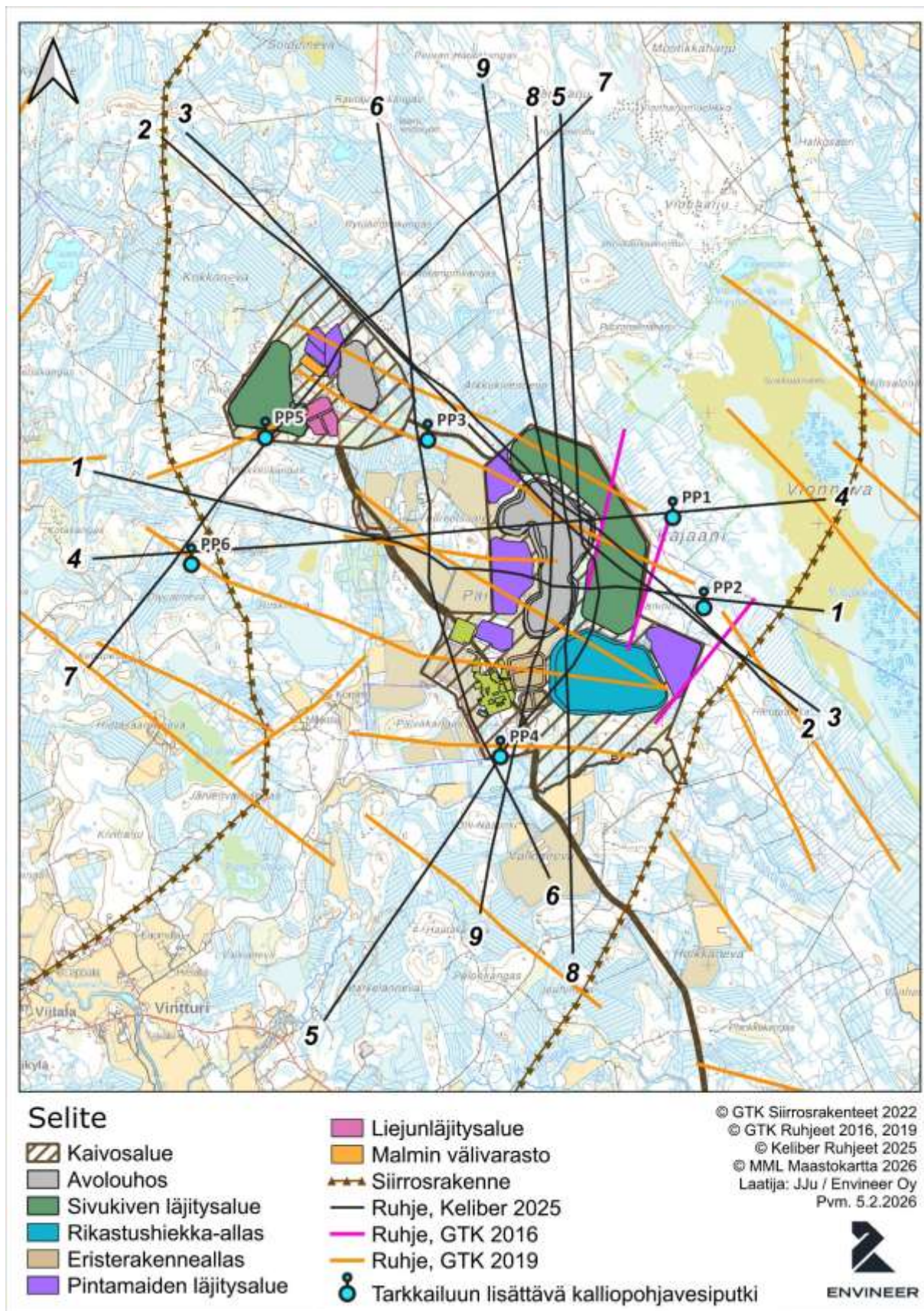
Putken PP5 lähimpien kairareikien aineistojen perusteella kairareikien S-145, -146, -147 ja -149 alueella maaperän paksuus on noin 10 m. Kallioperän rakoilleen yläosan pohjaveden ja ruhjeen RS7 vedenlaadun selvittämiseksi kalliopohjavesiputken maksimiasennussyvyudeksi suositellaan 20 m.

Putken PP6 alueelta ei ollut käytettävissä kairaustietoa. Alueen maaperän paksuus voi käytettävissä olevien tietojen perusteella olla jopa 20 metriä. Kallioperän rakoilleen yläosan ja ruhjeiden lähialueen pohjaveden laadun selvittämiseksi kalliopohjavesiputken PP6 maksimiasennussyvyudeksi suositellaan 50 m. Asennus tulisi ulottaa vähintään 20 m kalliopinnan alapuolelle.

Taulukko 5-1 Suunnitellut kalliopohjavesiputket.

Pohjavesiputki	X (TM35FIN)	Y(TM35FIN)	Asennussyvyys ¹ (m, mpa)	Perustelut
PP1	344680	7062052	20	Sivukivialueen kalliopohjaveden tarkkailu, sivukivialueen leikkaavan ruhjeen RS4 tarkkailu.
PP2	344961	7061235	20	Sivukivialueen kalliopohjaveden tarkkailu, sivukivialueen leikkaavien ruhjeiden RS1, RS3 tarkkailu.
PP3	342462	7062753	35	Syväjärven ja Rapasaaren välisen alueen kalliopohjaveden laadun tarkkailu.
PP4	343119	7059886	30	Rikastushiekka-alueen kalliopohjaveden tarkkailu, ruhjeen RS5 alueen tarkkailu, ruhje RS5 leikkaa rikastushiekka-aluetta.
PP5	340992	7062774	20	Syväjärven sivukivialueen kalliopohjaveden tarkkailu, ruhjeen RS7 tarkkailu.
PP6	340322	7061628	50	GTK:n tulkitseman ruhjeen tarkkailu. GTK:n tulkitsema ruhje leikkaa rikastushiekka-alueen ja RS4 sivukivialueen. Kalliopohjaveden taustapitoisuus

¹Maksimiasennussyvyys



Kuva 5-1. Suunniteltujen kalliopohjavesiputkien sijainti, GTK:n 2019 ja Keliberin 2026 ruhjetulkinnat ja kaivosalueen toimintojen sijainti.

5.2 KALLIOPOHJAVESIPUTKIENTEN ASENNUS

Pohjavesiputkien asennuksen yhteydessä tulee mitata putken sijainti- ja korkotiedot. Sijainti mitataan TM35FIN koordinaatistossa ja maanpinnan, sekä putken pään korot N2000 järjestelmässä. Tutkimuspisteitä voi siirtää hieman, mikäli paikka on huono (kalliopaljastuma), tai mikäli paikassa on maastoesteitä esimerkiksi tiheää puustoa tai suuria kiviä. Siirto voidaan tehdä enintään 10 m etäisyydelle suunnitellusta paikasta, suurempien siirtojen osalta asian päättää Keliber.

Pohjavesiputkien materiaalina käytetään PEH-muovia ja putkien sisähalkaisija tulee olla vähintään 52 mm. Pohjavesiputket tulee suojata teräksisellä suojaputkella ja lukollisella hatulla. On suositeltavaa käyttää rosterisuojaputkea mahdollisen kontaminaation välttämiseksi (esimerkiksi galvanoidusta teräksestä voi tulla mm. sinkkikontaminaatiota). Jatkoputki ulotetaan maaperäkerrosten läpi ja tiivistetään kalliota vasten maapohjavesikontaminaation estämiseksi. Kallioperän osuudelle voidaan asentaa siiviläosuus, tai reikä voidaan jättää avoimeksi. Kallioperäosuuden jättäminen avoimeksi aiheuttaa riskin havaintoputken vaurioitumiselle (reiän ”sortuminen”)

Putkea tulee jättää noin metrin verran maanpinnan yläpuolelle. Putken pää tulee myös tiivistää, jotta pintavesivalumat eivät vaikuta tuloksiin. Tiivistäminen voidaan toteuttaa esimerkiksi putken ja maan rajapintaan asennettavalla bentoniittitiivistyksellä. Havaintoputken asennuksen jälkeen putki huuhdellaan. Huuhtelua jatketaan, kunnes ylös tuleva vesi on kirkasta.

5.3 NÄYTTEENOTTO JA MITTAUKSET

Pohjavesiputkien asentamisen jälkeen kalliopohjavesiputkista kerätään näytteet. Analyysipaketiksi suositellaan nykyistä maapohjaveden tarkkailussa käytettävää analyysipakettia. Kalliopohjaveden pinnankorkeus mitataan asentamisen yhteydessä.

5.4 DOKUMENTOINTI

Asennettavasta pohjavesiputkesta tehdään putkikortti, jossa on

- putken ja suojaputken materiaali,
- putken kokonaispituus,
- sisähalkaisija,
- siivilän rakoleveys,
- aistinvaraiset maalajit ja niiden kerrossyvyys,
- kairauksen aikainen pohjaveden pinnankorkeus (jos selkeä havainto kairatessa)
- maanpinnan korkeus (N2000),
- vedenpinnankorkeus (m putken päästä + N2000),
- putken yläpään korkeus,
- putken alapään korkeus,

- siivilän yläpään korkeus, sekä
- siivilän alapään korkeus

Lisäksi putkikorttiin merkitään koordinaatit (X, Y, Z muoviputken päästä) ja asennuspäivämäärä. Kairauksen aikana on suositeltavaa dokumentoida myös mahdolliset havaitut poikkeavuudet, esimerkiksi poikkeava haju tai väri.

5.5 ASENNUSTEN JÄLKEEN

Kalliopohjavesiputkien asentamisen jälkeen on suositeltavaa liittää kalliopohjavesiputket osaksi kaivosalueen tarkkailuohjelmaa. Kalliopohjaveden laadun osalta tarkkailu suositellaan toteutettavaksi kuten maapohjavesiputkien osalta toimitaan. Myös kalliopohjavesiputkien pinnankorkeusmittauksia suositellaan toteutettavaksi vastaavasti kuin maapohjaveden osalta.

Lähteet

AFRY Finland Oy (AFRY). (2021a). Flow Logging and Other Hydrogeological Studies at Rapasaari Project Area in Kaustinen, Finland. Flow Logging in drillholes RA-93, RA-145, RA-155, RA-189 and RA-291.

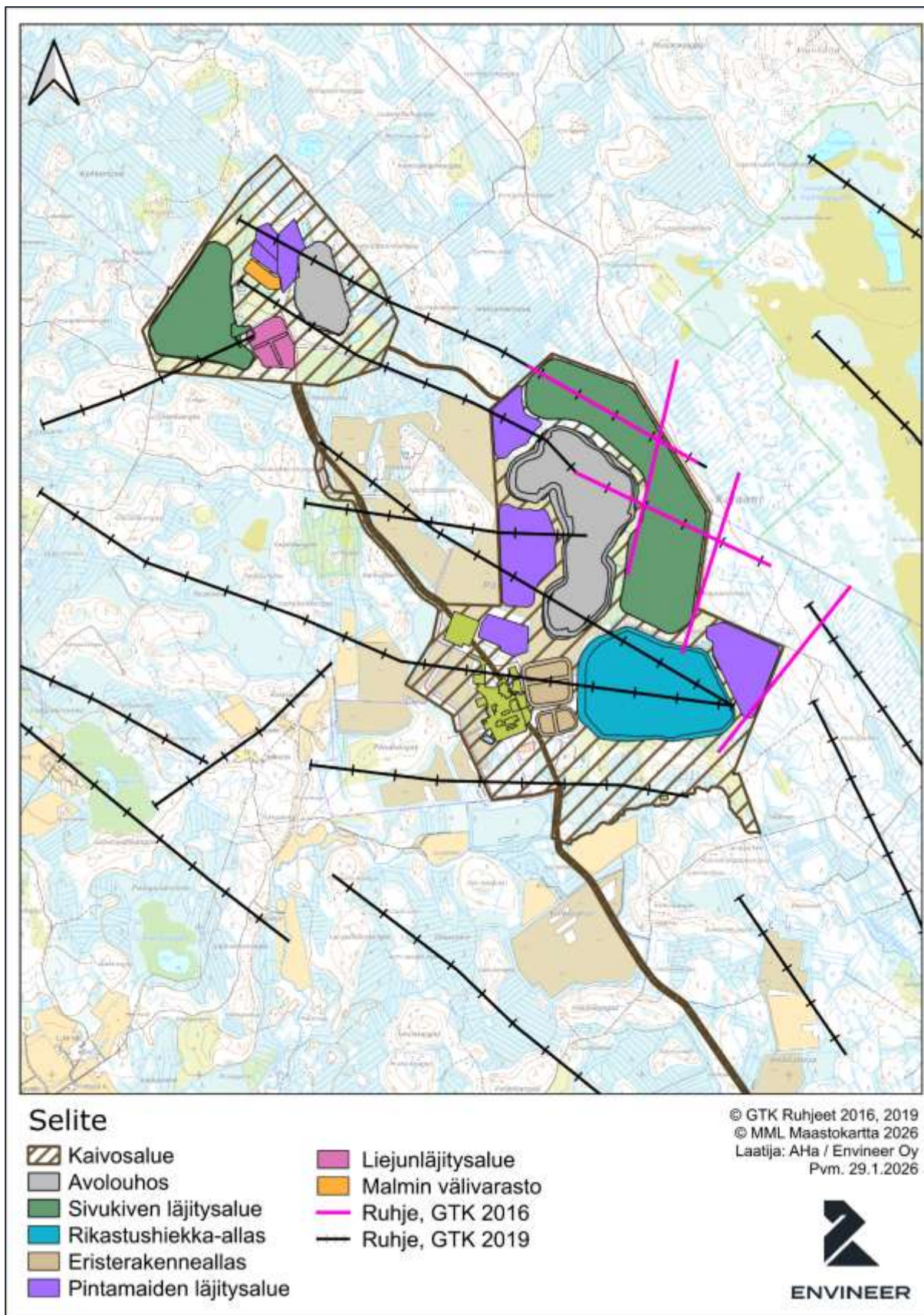
AFRY Finland Oy (AFRY). (2021b). Flow logging and other hydrogeological studies at Syväjärvi Project Area in Kaustinen, Finland. Flow logging in drillholes S-42, S-77, S-89 and S-108.

Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Nikkarinen, M., Vesterbacka, P., Väisänen, U. & Suomela, P. 2002. Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Summary: One thousand wells –the physical-chemical quality of Finnish well waters in 1999. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimusraportti.

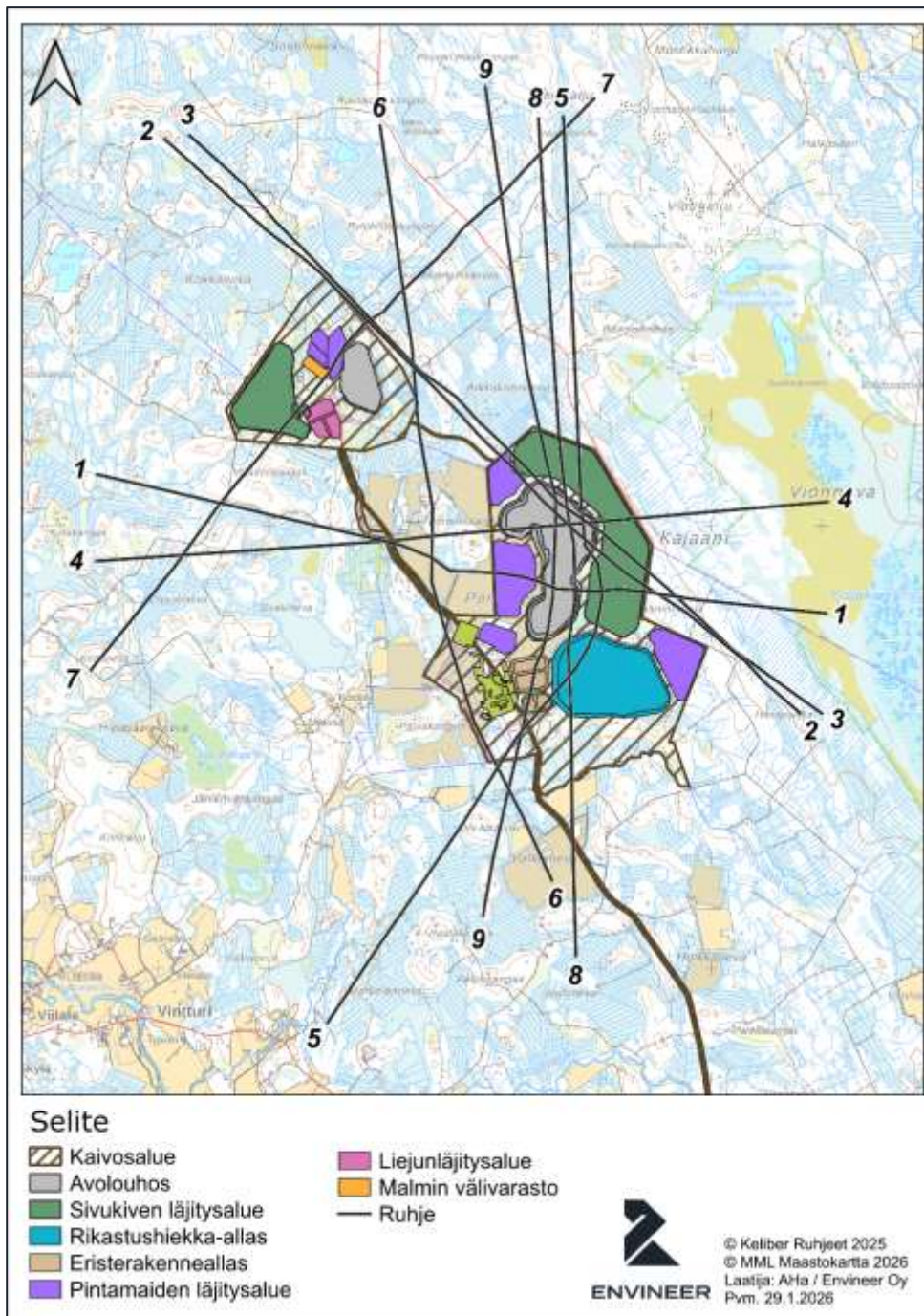
Loukola-Ruskeeniemi, K., Auri, J., Hyvärinen, J., Hyvönen, E., Lerssi, J., Nieminen, T. M., Nuottimäki, K., Turunen, R. & Ukonmaanaho, L. 2023. Opas mustaliuskeiden ympäristövaikutusten arviointiin ja hallintaan. Geologian tutkimuskeskus, Tutkimustyöraportti 81/2023.

WSP Finland Oy. (2025). Conceptual Hydrogeological Model – Syväjärvi and Rapasaari. 50 s.

Liite 1: Ruhjetulkinnat

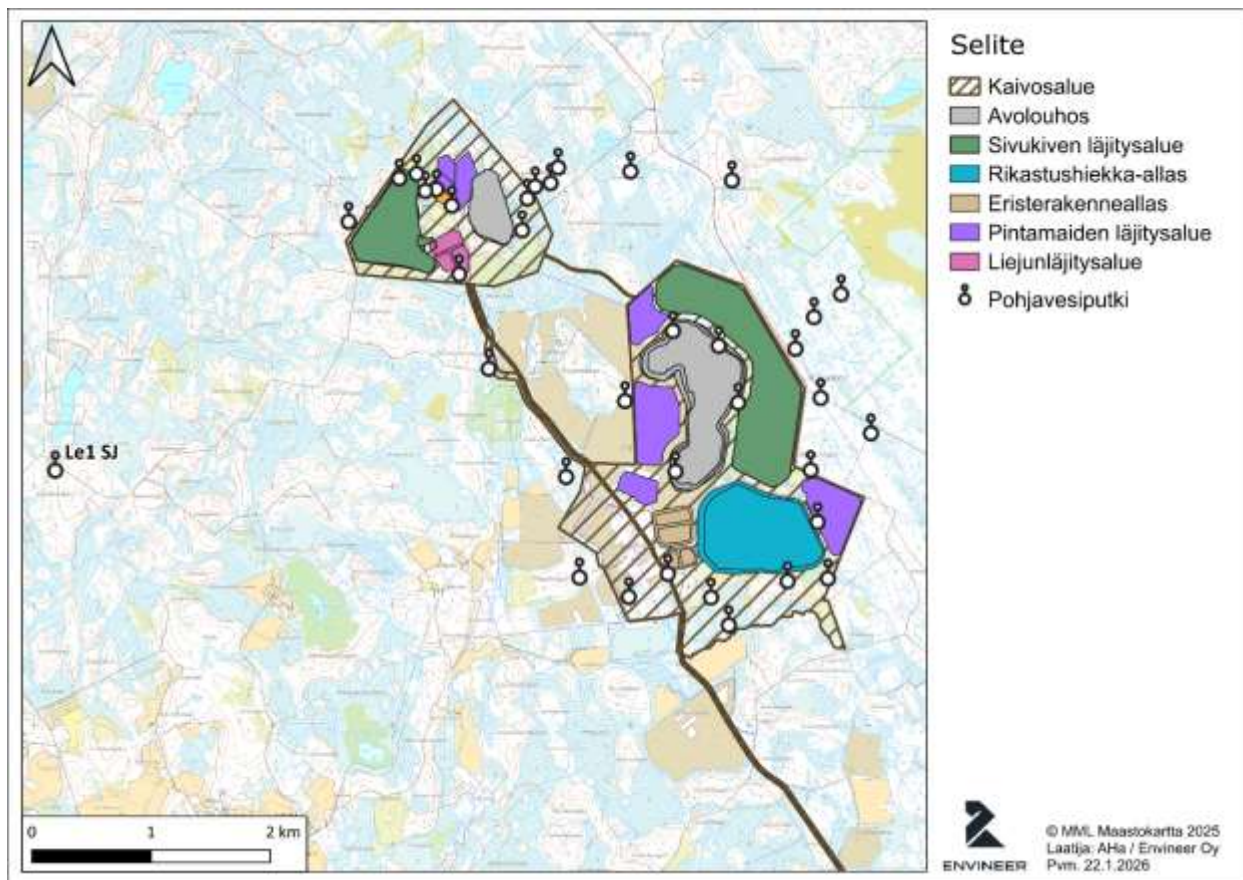


GTK:n tekemät ruhjetulkinnat vuosilta 2016 ja 2019. Vuoden 2016 ruhjetulkinta perustuu geofysikaaliseen VLF-R-menetelmään (sähkömagneettinen VLF ominaisvastus). Lisäksi kartalla on esitetty toimintojen nykyiset sijainnit.



Ruhjetulkinta (Keliber Oy, 2026). Lisäksi kuvassa on esitetty toimintojen sijoittuminen kartalle.

Liite 2: Pohjaveden pinnankorkeuden taulukot ja kuvaajat



Rapasaaren ja Syväjärven kaivosalueilla sijaitsevat pohjavesiputket sekä vertailuputki Le1 SJ.

Pohjaveden pinnankorkeuden minimi-, maksimi-, keski-, ja mediaaniarvot Syväjärven alueella (m, N2000).

Pohjavesiputki	Min	Ka	Max	Med	Max min erotus
SJ S1 ¹	81.2	82.9	84.4	82.7	3.1
SJ S2	80.9	83.6	84.3	84.0	3.4
SJ S3 ³	81.9	83.3	84.0	83.4	2.1
SJ S4 ^{2, 3}	82.7	83.7	84.5	83.7	1.8
SJ S5 ²	82.3	82.9	83.5	82.9	1.2
SJ S6 ²	82.9	83.6	84.4	83.6	1.4
SJ S7 ²	84.4	85.4	86.3	85.4	1.9
SJ S8 ²	83.6	84.6	85.2	84.7	1.6
SJ S9 ²	84.3	85.7	86.8	85.7	2.5
SJ S10	85.9	87.1	88.4	87.0	2.5

SJ S11 ²	86.0	86.7	87.4	86.7	1.4
SJ S12 ²	84.5	85.2	86.5	85.2	2.0
SJ S13 ²	87.3	89.9	91.2	90.2	3.9

¹Poistettu käytöstä maaliskuussa 2025

²Asennettu kalliovarmistuksella

³Poistettu käytöstä marraskuussa 2025

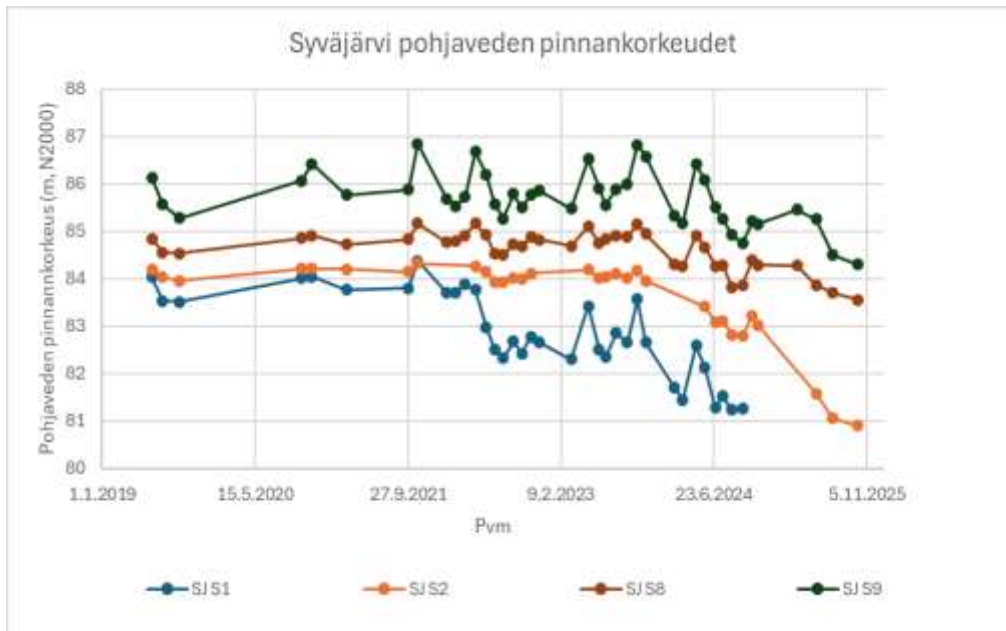
Pohjaveden pinnankorkeuden minimi-, maksimi-, keski-, ja mediaaniarvot Rapasaaren alueella (m, N2000).

Pohjavesiputki	Min	Ka	Max	Med	Max min erotus
RA1	90,2	90,9	91,3	91,0	1,1
RA2	88,5	89,3	89,6	89,4	1,1
RA3	86,2	87,2	88,9	87,2	2,6
RA4 ²	89,2	89,5	89,6	89,6	0,4
RA5 ²	97,5	97,5	97,7	97,6	0,2
RA6 ²	100,2	100,6	100,7	100,6	0,5
RA7 ²	102,0	102,3	102,4	102,3	0,4
PÄ1 ²	84,4	84,5	84,7	84,4	0,3
801	93,4	94,3	94,8	94,4	1,3
802	86,8	88,3	89,3	88,3	2,6
803	87,4	88,9	89,2	89,1	1,8
804	91,9	92,5	92,9	92,7	1,0
2101	102,7	103,6	104,0	103,7	1,3
2102	101,4	102,2	102,6	102,3	1,2
2103	99,9	100,1	100,4	100,1	0,5
2104 ²	84,7	85,5	86,2	85,4	1,5
2105	83,5	84,3	84,7	84,3	1,2
2106 ²	82,0	82,7	83,8	82,7	1,8
2109	82,0	83,0	84,2	82,9	2,2
2110 ¹	80,6	81,0	81,9	80,9	1,3
2111	81,5	82,3	83,1	82,4	1,6
2112	82,4	83,7	84,5	83,8	2,1
2113	81,4	81,9	82,2	81,9	0,7

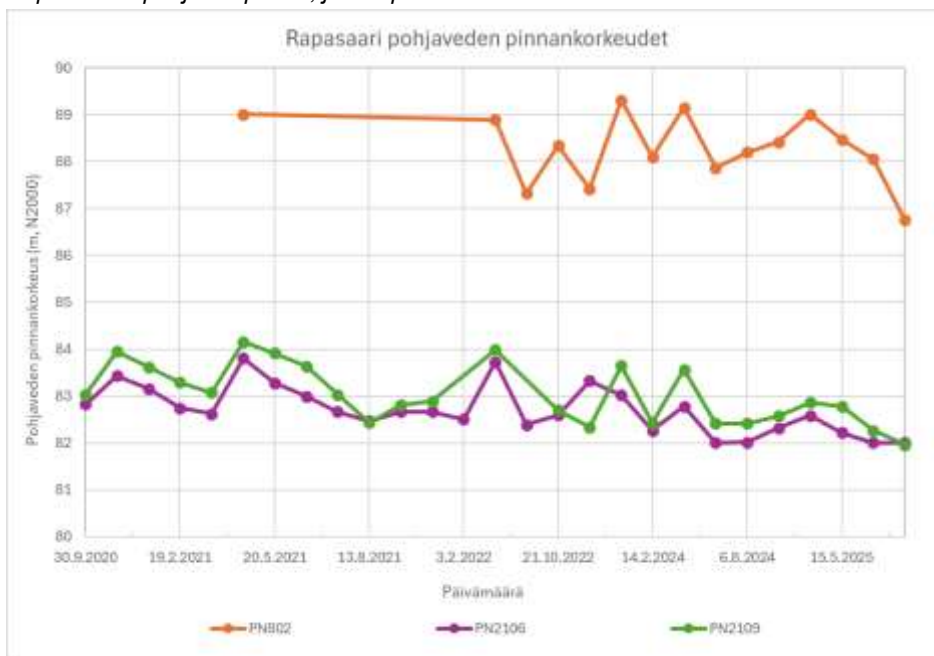
¹ Poistettu käytöstä toukokuussa 2025

² Asennettu kalliovarmistuksella

Syväjärven pohjavesiputket, joissa pinnankorkeudessa havaitaan laskeva trendi.



Rapasaaren pohjavesiputket, joissa pinnankorkeudessa havaitaan laskeva trendi.



Liite 3: Pohjaveden haitta- ainepitoisuuksien taulukot

Pohjaveden haitta-aineiden keskimääräiset pitoisuudet vuosina 2022–2025 Syväjärven alueella. Laskennassa alle määrittäysrajan olevat tulokset on laskettu puolikkaana määrittäysrajasta.

	Li	Sb. Liuk.	As, liuk.	Cd, liuk.	Co, liuk.	Cr, liuk.	Cu, liuk.	Pb, liuk.	Ni, liuk.	Zn, liuk.	V, liuk.	pH	Cl	SO ₄
	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
VNA 341/2009		2,5	5	0,4	2	10	20	5	10	60			25	150
SJ S1 ¹	3,7	0,2	7,2	0,3	6,5	0,5	3,5	0,08	24	51	0,24	6,0	1,1	-
SJ S2	13,0	0,11	0,4	0,03	0,25	0,34	0,32	0,07	0,72	7,7	0,15	6,0	1,0	210
SJ S3	1,7	0,10	0,5	0,03	1,37	0,50	0,52	0,06	3,8	3980	0,33	6,7	0,9	6,15
SJ S4 ²	3,5	0,06	0,6	0,02	0,35	0,19	0,76	0,03	0,96	35	0,13	6,6	1,2	22
SJ S5 ²	4,4	0,10	0,4	0,03	0,14	0,34	0,68	0,04	1,2	20	0,06	6,6	1,0	26
SJ S6 ²	4,4	0,06	1,8	0,01	0,99	0,18	0,57	0,02	5,4	11	0,15	6,7	1,2	22
SJ S7 ²	2,2	0,10	0,16	0,04	0,17	0,35	0,74	0,03	2,1	16	0,07	6,3	0,9	18
SJ S8 ²	7,6	0,11	2,7	0,06	1,93	0,50	1,78	2,49	6,3	8003	1,22	6,8	0,7	21
SJ S9 ²	1,8	0,06	0,07	0,09	2,83	0,27	2,07	0,02	10	22	0,13	6,1	0,6	16
SJ S10	1,5	0,09	0,3	0,05	3,20	0,32	0,58	0,03	9,2	50	0,13	6,3	0,6	23
SJ S11 ²	1,8	0,09	0,3	0,02	0,12	0,28	0,66	0,04	0,72	20	0,17	6,6	0,8	23
SJ S12 ²	3,8	0,05	4,1	0,02	1,95	0,22	1,48	0,03	7,2	29	0,21	6,5	1,9	22
SJ S13 ²	4,3	0,15	1,7	24	19	0,08	2,93	0,08	61	96	0,23	6,1	0,8	27

¹Poistettu käytöstä maaliskuussa 2025

²Asennettu kalliovarmistuksella

Pohjaveden haitta-aineiden keskimääräiset pitoisuudet vuosina 2023–2025 Rapasaaren alueella. Laskennassa alle määrittäysrajan olevat tulokset on laskettu puolikkaana määrittäysrajasta.

	Li	Sb, liuk.	As, liuk.	Cd, liuk.	Co, liuk.	Cr, liuk.	Cu, liuk.	Pb, liuk.	Ni, liuk.	Zn, liuk.	V, liuk.	pH	Cl	SO ₄
	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
VNA 341/2009		2,5	5	0,4	2	10	20	5	10	60			25	150
RA1	7,50	0,09	1,19	0,02	2,49	0,78	2,54	0,05	7,87	41,7	3,08	5,99	1,0	412
RA2	203	0,03	46,7	0,01	0,19	0,22	0,26	0,02	0,36	6,5	0,38	7,41	0,9	0,8
RA3	4,63	0,03	0,11	0,11	3,20	0,28	5,87	0,01	5,63	370	0,75	5,91	0,6	4,3
RA4	1,27	0,03	0,14	0,05	1,50	0,09	2,13	0,01	2,87	35,7	0,08	6,11	0,7	1102
RA5 ¹	25,7	0,07	0,50	0,01	0,03	0,19	0,50	0,02	0,56	6,47	0,60	7,61	1,3	2,7
RA6 ¹	14,7	0,03	4,47	0,01	0,02	0,09	0,47	0,01	0,25	6,6	0,16	6,92	1,0	6,7
RA7 ¹	26,3	0,03	0,34	0,01	0,08	0,24	0,11	0,01	0,32	4,57	0,24	7,11	0,8	1,4
PÄ1 ¹	4,5	0,03	5,17	0,01	0,18	0,23	0,37	0,03	2,80	9,97	0,46	6,58	0,7	29,3
801	15	0,05	0,91	0,01	0,11	0,54	1,30	0,03	1,31	8,53	0,49	7,09	0,9	1,1
802	16,7	0,05	0,77	0,01	0,58	0,11	1,21	0,02	2,67	7,8	0,74	6,89	0,3	16
803	7,3	0,07	1,70	0,01	0,10	0,36	1,45	0,05	0,58	10	1,02	7,14	1,2	0,7
804	10,5	0,03	5,45	0,01	0,48	0,23	0,53	0,01	2,00	18,3	0,26	6,72	0,6	6,5
2101	4,83	0,06	0,74	0,01	0,28	0,13	0,65	0,02	0,57	24,3	0,22	6,94	0,9	4,6
2102	12,3	0,03	30	0,01	0,10	0,13	0,56	0,04	0,50	18,3	0,13	6,88	1,0	3,3
2103	15,3	0,05	0,54	0,01	0,35	4,43	0,68	0,10	5,33	43,3	2,03	6,44	1,4	0,9
2104 ¹	14	0,10	19,1	0,15	2,90	13,5	22,3	7,10	10,2	26,5	14,5	6,24	1,1	11
2105	9,97	0,17	3,87	0,01	0,80	1,93	1,40	1,80	4,13	48,7	5,80	6,56	4,2	1,0
2106 ¹	9,5	0,78	4,07	0,02	1,95	4,21	1,36	0,09	2,91	42,9	6,89	5,91	1,5	139
2109	2,9	0,06	0,34	0,01	0,40	0,25	0,59	0,02	4,37	22,3	0,31	6,81	1,2	19
2111	9,3	0,06	4,19	0,04	9,58	3,52	1,04	0,09	14,2	74,2	4,54	4,50	2,0	697
2112	6,9	0,04	1,93	0,01	0,20	0,12	0,93	0,01	0,86	9,4	0,27	6,60	1,6	20,8
2113	15,9	0,07	0,30	0,01	0,20	8,24	1,05	0,04	0,80	33,7	7,00	6,09	1,2	0,7
Le1 ²	2,1	0,03	0,43	0,05	2,23	0,51	3,23	0,03	4,95	12,3	0,34	5,85	0,9	4,2

¹Asennettu kalliovarmistuksella

²Yhteinen vertailuputki Syväjärvelle ja Rapasaarelle



ENVINEER

envineer.fi