

Vastaanottaja
Raahen kaupunki

Asiakirjatyyppi
Tutkimusraportti

Päivämäärä
29.10.2025, päivitetty 23.1.2026

Raahe, Myllymäki

Sulfaattimaaselvitys



Raahe, Myllymäki

Sulfaattimaaselvitys

Projekti	Raahe Myllymäki sulfaattimaaselvitys
Projekti nro	1510091567
Vastaanottaja	Anu Syrjäpalo, Raahen kaupunki
Laatija	Nina Kasurinen, Ramboll
Tarkastaja	Sami Rundgren, Ramboll

Sisältö

1.	Johdanto	1
2.	Happamat sulfaattimaat	1
2.1	Tausta ja esiintyminen	1
2.2	Luokittelu	2
2.3	Toimenpiderajat	3
2.4	Hapontuotto	3
2.5	Vaikutukset yleisesti	3
2.5.1	Vesistövaikutukset	3
2.5.2	Korroosio	4
3.	Kohde	5
4.	Tutkimusten toteutus	6
4.1	Näytteenotto	6
4.2	Laboratorioanalyysit	7
5.	Tutkimustulokset	7
5.1	Kenttähavainnot	7
5.2	Maasto-pH ja laboratorio-pH	8
5.3	Kokonaisrikkipitoisuus	8
5.4	Hapontuottopotentiaali	10
5.5	Korroosiotutkimukset	10
6.	Tulosten tulkinta ja alueella esiintyvät happamat sulfaattimaat	10
7.	Yhteenveto ja jatkotoimenpide-ehdotukset	11

Liitteet

- Liite 1. Tutkimuspiste- ja esiintyvyysskartta
- Liite 2. Koontitaulukko
- Liite 3. Laboratorioiden tutkimustodistukset
- Liite 4. Valokuvia näytteenotosta

1. Johdanto

Raahen Myllymäkeen on suunnitteilla rakentamista, mitä varten entisen maanläjitysalueen kiinteistöllä oli tarpeen laatia happamien sulfaattimaiden selvitys. Raahen kaupungin toimeksiannosta Ramboll Finland Oy suoritti alueella pohjatutkimusten yhteydessä happamien sulfaattimaiden tutkimuksia, joiden tarkoituksena oli kartoittaa happamien sulfaattimaiden esiintymistä kiinteistöllä. Selvitykseen liittyvät maastotyöt tehtiin elokuussa 2025.

Tässä raportissa on kuvattu kohteen tiedot, tutkimusten suoritus ja tulokset sekä arvio happamien sulfaattimaiden esiintymisestä. Pohjatutkimukset on raportoitu erikseen. Ramboll Finland Oy:ssä tutkimuksesta vastasivat projektipäällikkö Sami Rundgren ja ympäristöasiantuntija Nina Kasurinen. Tilaajan yhteyshenkilöinä toimivat kaavoituspäällikkö Anu Syrjäpalo ja kaavasunnittelija Mathias Holmén.

2. Happamat sulfaattimaat

2.1 Tausta ja esiintyminen

Happamat sulfaattimaat (HaSu) ovat rikkipitoisia maakerrostumia, joista vapautuu sulfidien hapettumisen seurauksena rikkihappoa maaperään ja vesistöihin. Sadannasta tai sulamisvesistä muodostuva valunta huuhtoo rikkihapon aiheuttaman happamuuden vastaanottaviin vesistöihin. Happamasta maaperästä veteen liukenee myös alumiinia ja haitallisia metalleja. Happamat sulfaattimaat voivat vaikuttaa negatiivisesti myös maanalaisten rakenteiden käyttöikään, aiheuttaen metallien korroosiota sekä betoni- ja muovirakenteiden turmeltumista. (Autiola ym. 2022.)

Suomessa happamat sulfaattimaat ovat kerrostuneet pääasiassa viime jääkauden jälkeisten *Ancylus*-järvivaiheen, *Litorina*-merivaiheen ja nykyisen Itämeren aikana. Eniten rikkiä sisältävät *Litorina*-merivaiheen ja sen jälkeen kerrostuneet liejuiset sedimentit. Suomessa happamat sulfaattimaat ovat tyypillisesti liejuista silttiä tai savea, ja väriltään usein mustia tai tumman harmaita. Mustan värin aiheuttaa rikin esiintyminen rautamonosulfideina (FeS). Etelä-Suomessa rikki on pääosin pyriittimuodossa (FeS_2), jolloin sedimentin väri ei välttämättä ole kovin tumma. Näin ollen myös tavanomaiselta vaikuttava harmaa savi voi olla hapanta sulfaattimaata. Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen täytyy siis aina perustua laboratorioanalyysiin.

Karkearakeisia happamia sulfaattimaita esiintyy tyypillisesti ranta- ja jokisuistojen kerrostumissa. Karkeille maalajeille on tyypillistä heikko puskuriokyky happamoitumista vastaan, jolloin jo pieni määrä hapettuvaa sulfidia voi alentaa maaperän pH-tasoa voimakkaasti. (Autiola ym. 2022.)

Orgaaniset sedimentit ovat tyypillisimmin Suomessa viljelyskäytössä, sillä neutraloinnin jälkeen maat ovat yleisesti hyvin tuottavia. Happamia sulfaattimaita esiintyy yleisesti myös turvepeitteisillä

metsäalueilla, suoalueilla sekä pienempialaisten soistumien alla maaston painanteissa. (Autiola ym. 2022.)

Happamia sulfaattimaita on kartoitettu laajasti Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) toimesta vuosina 2009-2020 ja kartoituksen tulokset ovat saatavissa avoimesta karttapalvelusta (<https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>). Aineistoa käytetään yleisesti lähtötietona tutkimusten suunnittelussa.

2.2 Luokittelu

Tutkimustulosten luokittelu perustuu ympäristöministeriön oppaaseen: *Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin* (Autiola ym. 2022). Maa-aines luokitellaan happamaksi sulfaattimaaksi happaman maasto- ja/tai inkubaatio-pH-arvon perusteella, mikäli alhaisen pH-arvon aiheuttaa sulfidirikin hapettuminen. Tulosten koontitaulukossa käytettyjen lyhenteiden ja värien selitteet on esitetty taulukossa 1 ja tunnistamisen raja-arvot ovat taulukossa 2.

Hapan sulfaattimaa luokitellaan maaperän hapettumisasteen mukaan kahteen ryhmään: aktiivinen/todellinen hapan sulfaattimaa ja potentiaalinen hapan sulfaattimaa. Aktiivisessa kerroksessa maaperä on jo hapettunut, mikä voidaan todeta pH-arvon perusteella. Potentiaalisessa happamassa sulfaattimaassa pH-arvo on neutraali ja rikkipitoisuus on korkea. Potentiaalinen hapan sulfaattimaa muuttuu hapettueessaan aktiiviseksi happamaksi sulfaattimaaksi.

Taulukko 1. Tulosten koontitaulukossa esitetyt lyhenteet ja niiden värit sekä niiden koko termit.

Lyhenne	Koko termi
PPs-HaSu	Potentiaalinen pseudo hapan sulfaattimaa
P-HaSu	Potentiaalinen hapan sulfaattimaa
Aps-HaSu	Aktiivinen pseudo hapan sulfaattimaa
A-HaSu	Aktiivinen hapan sulfaattimaa

Taulukko 2. Happamien sulfaattimaiden tunnistamisen raja-arvot.

Maaperä	Mineraalimaa		Orgaaninen materiaali	
pH / kenttä pH	< 4,0	4,0–4,5	< 3,0	3,0–3,5
hapetettu pH (NAG pH tai Inkubointi)	<4,0	4,0–4,5	<3,0	3,0–3,5

kokonaisrikki mg/kg	> 2 000 mg/kg (koheesiomaat Sa, Si)	> 600 mg/kg (kitkamaat Hk, Sr, Mr)	> 10 000 mg/kg (turve)	> 5 000 mg/kg (lieju)
----------------------------	--	---	-------------------------------------	------------------------------------

2.3 Toimenpiderajat

Happamien sulfaattimaiden näytteille on määritelty toimenpiderajat kokonaisrikkipitoisuudelle ja hapontuotolle, joiden ylittyessä jatkotutkimukset ja/tai happamuuden hallintatoimenpiteiden suunnittelu nähdään tarpeelliseksi. Toimenpideraja-arvot on esitetty taulukossa 3. Toimenpideraja-arvon ylittäneiden materiaalien ominaisuudet poikkeavat tavanomaisesta maamateriaalista. Mikäli maaperä pääsee hapettumaan, voi aiheutua happamoitusriskejä ympäristöön.

Taulukko 3. Rikkipitoisuuden ja hapontuoton toimenpiderajat.

Maaperä	Mineraalimaa		Orgaaninen materiaali (alustava)	
Kokonaisrikkipitoisuus mg/kg	> 800 mg/kg (koheesiomaat Sa, Si)	> 300 mg/kg (kitkamaat Hk, Sr, Mr)	> 500 mg/kg (lieju)	> 4 000 mg/kg (turve)
Hapontuotto (mmol/H⁺)	20	6	100 (lieju)	250 (turve)

2.4 Hapontuotto

Maanäytteiden hapontuotto voidaan määritellä useilla eri menetelmillä. Tämänhetkisen ohjeistuksen mukaan (esim. Autiola ym. 2022) hapontuottopotentiaalin määrittäminen on suositeltava tapa maaperän hapettumisen aiheuttaman riskin selvittämiseksi. Hapontuottopotentiaalin maalarikohtaiset raja-arvot on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Maalarikohtaiset hapontuottopotentiaalin (TPA-/TIA-analyysi) raja-arvot, titraus pH-tasoon 6,5. Emäksen kulutuksesta lasketaan näytteessä oleva happomäärä yksikössä mmol H⁺/kg.

Maalaji	Pieni	Kohtalainen	Suuri
Karkearakeinen mineraalimaa (hiekkä, sora, moreeni)	< 6	6–20	> 20
Hienorakeinen mineraalimaa (savi, siltti)	< 20	20–100	> 100
Lieju (Hehkutushäviö >20 %)	< 100	100–200	> 200
Turve	< 250	250–600	> 600

2.5 Vaikutukset yleisesti

2.5.1 Vesistövaikutukset

Hapettomissa olosuhteissa sijaitsevien potentiaalisten happamien sulfaattimaiden pH-arvo pysyy neutraalilla tasolla, eikä niistä muodostu ympäristöhaittoja. Luonnollisen maankohoamisen ja/tai ihmisen toiminnan vaikutuksesta potentiaaliset happamat sulfaattimaat altistuvat hapelle ja

muuttuvat aktiiviseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Rakennushankkeen aikana muodostuvan pintavalunnan happamoitumiseen voi johtaa pohjavedenpinnan alentuminen tai sulfidirikkipitoisiin maakerrokseen kohdistuvat massanvaihdot. Happoa tuottavan massan kaivaminen ja läjittäminen hapellisiin olosuhteisiin (välivarastointi) aiheuttaa happaman valunnan muodostumista, kun sadevesi pääsee esteettömästi huuhtomaan rikkihappoa hapettuneen maa-aineksen pinnalta.

Kuivana ajanjaksona happamoitumisen seurauksena liuenneet happosuolat ja metallit pidättäytyvät maaperään. Sateiden tai sulamisvesien mukana sulfaattimaiden vedet huuhtoutuvat vesistöihin ja valumien pH voi olla $<3,0$. Happamilta sulfaattimailta syntyvä valumavesi sisältää yleensä runsaasti sulfaattimineraalien hapettumisesta peräisin olevia sulfaatteja sekä liukoisia metalleja, jotka nostavat veden sähkönjohtavuutta. Happamista sulfaattimaista on Suomessa arvioitu huuhtoutuvan vesistöihin jopa enemmän haitallisia metalleja, kuten mangaania, sinkkiä, alumiinia, kuin yhteensä kaikista Suomen teollisuuden jätevesistä. Veden happamuuden laskiessa $<5,5$ voidaan vesistön happamuustilaa pitää kriittisenä. (Autiola ym. 2022)

Vesielistöille ja useimmille kalalajeille erityisen haitallisia vaikutuksia syntyy silloin, jos happamien sulfaattimaiden esiintymisalueilla tehdään maankäsittelyä, esimerkiksi ojitusta, kuivan kauden aikana. Kuivan kauden jälkeen esimerkiksi syyssateiden aiheuttama runsas huuhtoutuminen aiheuttaa happaman ja metallirikkaan pulssin vastaanottavaan vesistöön. Hapan pulssi voi aiheuttaa laajoja kalakuolemia, joita on raportoitu rannikkoalueiden vesistöissä ympäri Suomen. Veden laadun seurannassa on tärkeää huomioida vuositasolla mitatut alimmat pH-tasot eikä seurata pelkästään veden keskimääräistä pH:ta. (Autiola ym. 2022)

Happamien sulfaattimaiden muodostaman happaman valunnan vaikutus on erityisen voimakasta pahimpien sulfaattimaa-alueiden pienissä puroissa ja joissa, joissa veden virtaus on hidasta. Hitaan virtaaman vuoksi pienten purojen veden pH voi pysyä matalana pitkään, toisin kuin isommissa joissa, joissa happamuus pääsee laimenemaan suureen vesimäärään. Happamissa vesissä sekä eliöstön että kasvillisuuden monimuotoisuus vähenee voimakkaasti, koska harvat lajit pystyvät elämään ja lisääntymään happamoituneissa vesissä. Herkimmät kalat voivat kuolla, jos vesistön pH laskee tason 5,5 alle; happaman veden liuottama alumiini saostuu kalan kiduksissa aiheuttaen kalojen tukehtumista. (Autiola ym. 2022)

2.5.2 Korroosio

Aktiivinen hapan sulfaattimaa on hapettunut ympäristö, jonka pH on laskenut hapettumisen myötä mineraalimailla $<4,0$ ja orgaanisilla mailla $<3,0$. Hapan ympäristö lisää merkittävästi korroosionopeutta useilla metalleilla ja teräksillä. Aktiivisilla happamilla sulfaattimailla maanalaisten rakenteiden korroosio aiheutuu suurelta osin matalan pH:n ja paikallisten happikonsentraatioerojen seurauksena. Korroosionopeutta lisää sähköjohtavuus, jonka edellytyksiä ovat riittävä vesipitoisuus ja liukoisten ionien määrä. (Autiola ym. 2022)

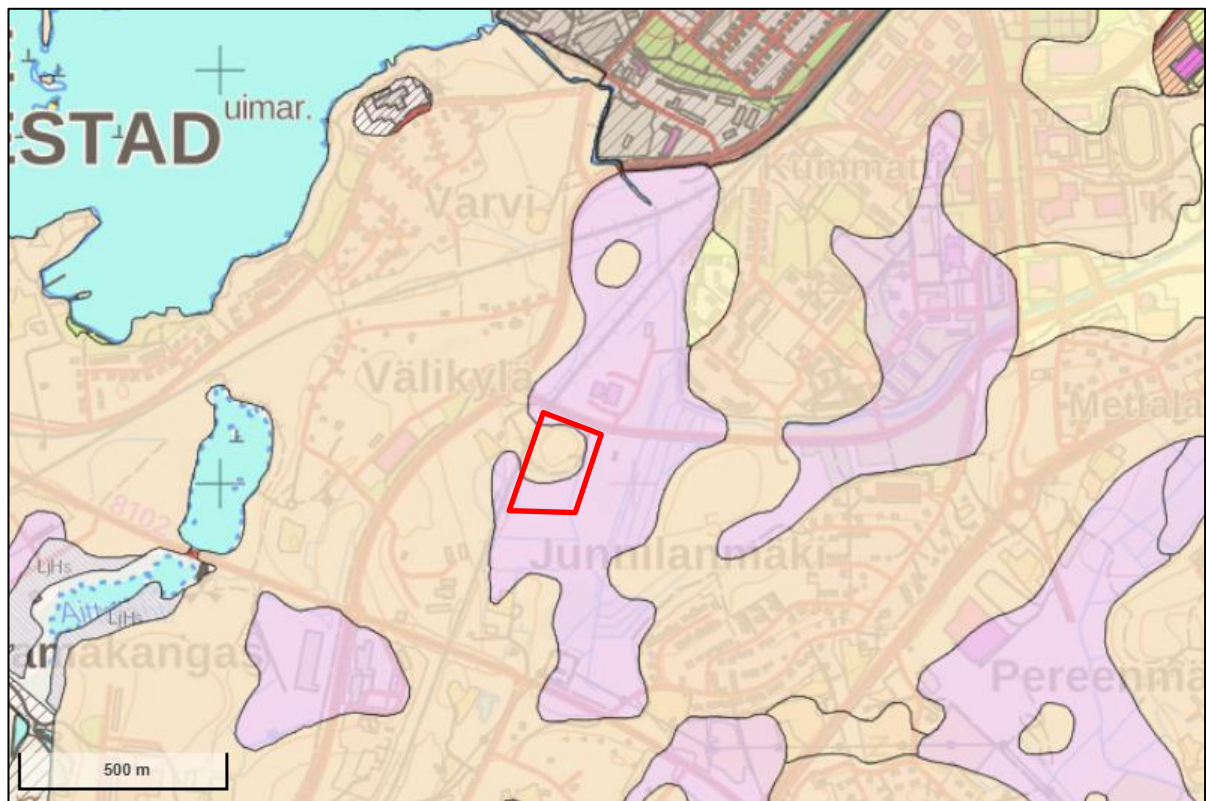
Potentiaalinen hapan sulfaattimaa on anaerobisessa tilassa oleva, happamuudeltaan neutraali, rikkipitoinen ympäristö, joka hapettuessaan tuottaa rikkihappoa muuttuen aktiiviseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Korroosioympäristönä potentiaalisesti hapan sulfidimaa on ongelmallinen metalleilla, etenkin teräkselle, sulfaatinpelkistäjäbakteerien mahdollisen vaikutuksen vuoksi. SRB mikrobit käyttävät hengittämiseen hapen sijaan sulfidia tuottaen muun muassa sulfideja ja rikkivetyä (H_2S), vettä ja hiilidioksidia. Raudan ja orgaanisen aineksen läsnäolo (myös ihmisen rakentamat teräsrakenteet) lisäävät SRB mikrobien aktiivisuutta. (Autiola ym. 2022)

Kahden erilaisen korroosioympäristön rajavyöhyke on yleisesti ottaen voimakkaammin syövyttävä kuin kumpikaan korroosioympäristö yksin. Veden pinnan muutokset rajavyöhykkeellä voivat aiheuttaa aikaisempaa syövyttävämmät olosuhteet mm. hapontuoton sekä elektrolyysiveden läsnäolon seurauksesta. (Autiola ym. 2022).

3. Kohde

Tutkimusalue sijaitsee Raahen kaupungin keskustan lounaispuolella Välikylän alueella. Tutkimuspisteet sijoittuvat maanläjitysalueen kiinteistölle, jonka kiinteistörekisterinumero on 678-413-12-51. Kohteen lähin osoite on Ruonanojankatu 3, Raahe. Pisteiden sijoittuminen kiinteistölle on esitetty liitteessä 1 ja pisteiden koordinaatit liitteen 2 taulukossa.

Tutkimuspisteet eivät sijoitu luokitellulle pohjavesialueelle. Kiinteistöä on ojitettu ja karttatarkastelun perusteella ojat johtavat pohjoiseen, jossa ne laskevat Ruonanojaan. Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan (1:20 000) perusteella kiinteistön maaperä on kohouman alueella moreenia ja muualla kiinteistöllä hienoa hietaa (RT-luokitus) / silttiä (GEO-luokitus). Alueen maaperäkartta (GTK, 1:20 000) on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Ote maaperäkartasta (GTK, 1:20 000). Tutkimusalueen likimääräinen sijainti merkitty karttaan punaisella rajauksella. Moreeni on merkitty karttaan oranssilla ja hieno hieta violetilla.

Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden esiintymiskartan mukaan moreenialueella happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyys on hyvin pieni ja hienon hiedan alueella kohtalainen.

4. Tutkimusten toteutus

4.1 Näytteenotto

Sulfaattimaaselvityksen maanäytteet otettiin kevyellä (GM25) kairakoneella kierrenäytteenottimella 27.8.2025. Näytteitä otettiin yhteensä neljästä tutkimuspisteestä (P006, P019, P025 ja P032, kts. liite 1) 2-4 metrin kairausvyvyyteen asti. Näytteet otettiin luonnonmaasta jatkuvana näytesarjana 0,5 m kerrospaksuutta edustavina kokoomanäytteinä. Tutkimuksen yhteydessä otettiin yhteensä 24 maanäytettä. Näytteet otettiin kaasutiiviisiin Rilsan-pusseihin, jotka suljettiin tiiviisti ja säilytettiin viileässä ja valolta suojattuna laboratorioon toimitukseen saakka.

Näytteenoton yhteydessä näytteistä kirjattiin ylös aistinvaraiset havainnot: arvioitu maalaji, kosteus, väri ja muut havainnot ulkonäössä esim. rautasaostumat. Näytteenoton yhteydessä kaikista maanäytteistä mitattiin pH-arvo kenttämittarilla. Lisäksi kirjattiin ylös havainnot mahdollisesta pohja-/orsivedenpinnantasosta. Näytteet valokuvattiin näytteenottimessa ennen näytteiden pussitusta.

Näytteenoton, näytteiden käsittelyn sekä kenttämittaukset suoritti Ramboll Finland Oy:n näytteenottaja.

4.2 Laboratorioanalyysit

Kaikista luonnonmaata edustavista maanäytteistä (23 kpl) tehtiin Eurofins Environment Testing Finland Oy:n laboratoriossa seuraavat analyysit:

- laboratorio-pH
- kokonaisrikkipitoisuus
- hehkutushäviö (orgaanisen aineksen pitoisuus)

Tulosten perustella valituista näytteistä (4 kpl) tehtiin seuraavassa vaiheessa Ramboll Finland Oy:n Luopioisten maaperälaboratoriossa seuraavat analyysit:

- hapontuottopotentialiaali, TPA
- vesipitoisuus

Lisäksi korroosiotutkimuksia varten tehtiin Eurofins Environment Testing Finland Oy:n laboratoriossa seuraavat analyysit:

- sähkönjohtavuus (4 kpl)
- sulfaattipitoisuus (2 kpl)
- kloridipitoisuus (2 kpl)

5. Tutkimustulokset

5.1 Kenttähavainnot

Näytteenoton yhteydessä pohjavedenpinta havaittiin pisteissä P006 ja P025 lähellä maanpintaa (0-0,5 m, n. +2,5 m mpy, N2000) ja pisteessä P32 noin 1 metrin (n. +2,8 m mpy, N2000) syvyydellä maanpinnasta. Pisteessä P019 ei havaittu pohjaveden pintaa. Havainnot pohjaveden pinnantasosta perustuvat otettujen maanäytteiden kosteusarvioon, eikä alueelta ollut tätä raporttia laadittaessa käytettävissä pohjavedenkorkeudesta mittausdataa.

Kenttähavaintojen perusteella maaperä oli pisteiden P006, P025 ja P032 alueilla pinnassa silttiä ja noin 1 metrin syvyydeltä alkaen silttistä hiekkaa. Tiiviimpi moreenikerros havaittiin tutkimuspisteissä alkavan noin 2-3 metrin syvyydeltä. Pisteessä P025 ei todettu moreenia 4 metrin syvyyteen ulottuneissa tutkimuksissa. Pisteessä P019 maaperä oli aistinvaraisesti arvioituna moreenia ja mahdollisesti täytemaita. Tutkimuspisteiden pinnassa oli turvetta, joka poistettiin näytteistä.

Pisteessä P006 syvyydellä 0,5-1,5 m ja pisteessä P032 syvyydellä 0,5-1 m havaittiin näytteenoton yhteydessä lievää rikin (kananmunan, tulitikun) hajua. Osassa näytteistä havaittiin ruosteisuutta, tummia kohtia tai yleisesti tummaa väriä, mitkä voivat viitata happamien sulfaattimaiden esiintymiseen.

Kenttämittaukset ja -havainnot on esitetty koontitaulukossa liitteessä 2. Luopioisten laboratorion havainnot on esitetty liitteessä 3. Valokuvia näytteistä on esitetty liitteessä 4.

5.2 Maasto-pH ja laboratorio-pH

Kenttä-pH vaihteli näytteissä välillä 4,8...8,6. Kenttä-pH oli kaikissa pisteissä matalin pintamaanäytteissä ja korkein syvemmissä näytekeroissa. Laboratoriossa mitatut pH-arvot vaihtelivat välillä 4,5...9,0. Kentällä mitatut pH-arvot vastasivat hyvin laboratoriossa analysoituja arvoja.

Kaikki kenttä- ja laboratorio-pH-arvot ovat yli 4, joten pH-tulosten perusteella kohteella ei tunnistettu aktiivista hapanta sulfaattimaata. Näytteen "P006 0-0,5 m" laboratorio-pH oli 4,5, joten ko. näyte voi edustaa pseudo-hapanta sulfaattimaata. Pseudo happamassa sulfaattimaassa maaperä on hapettunut epätäydellisesti, maaperässä on luonnollista puskurointikykyä tai jo syntynyt happamuus on huuhtoutunut osittain pois.

5.3 Kokonaisrikkipitoisuus

Aistinvaraisen arvion sekä Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan perusteella osa otetuista näytteistä on koheesiomaalajia, joka luokituu happamaksi sulfaattimaaksi, jos rikkipitoisuus on yli 2000 mg/kg, ja osa kitkamaalajiksi, joka luokittuisi happamiksi sulfaattimaiksi, jos rikkipitoisuus ylittäisi 600 mg/kg (0,06 m-%).

Taulukossa 5 on esitetty luonnonmaata edustavien näytteiden aistinvaraisesti arvioidut maalajit sekä kokonaisrikkipitoisuudet. Kokonaisrikkipitoisuudet, jotka ylittävät näytteen maalajin perusteella luokittelurajan, on korostettu.

Taulukko 5. Analysoitujen näytteiden arvioidut maalajit sekä kokonaisrikkipitoisuudet.

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	Rikki (mg/kg ka)	Hapontuotto-potentiaali
P006	0-0,5	Si	790	
	0,5-1	siHk	810	pieni
	1-1,5	siHk	580	
	1,5-2	siHkMr	240	
	2-2,5	HkMr	280	
P019	0,5-1	HkMr	37	
	1-1,5	HkMr	59	
	1,5-2	HkMr	110	
P025	0-0,5	Si	940	
	0,5-1	siHk	950	
	1-1,5	siHk	1 100	kohtalainen
	1,5-2	siHk	740	
	2-2,5	siHk	710	
	2,5-3	siHk	600	suuri
	3-3,5	siHk	570	
	3,5-4	siHk	570	
P032	0-0,5	Si	1 400	
	0,5-1	Si	2 200	suuri
	1-1,5	siHk	960	
	1,5-2	Hk	870	
	2-2,5	srHk	220	
	2,5-3	siHk	340	
	3-3,5	siMr	290	

Maanäytteiden rikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 37...2200 mg/kg. Kokonaisrikkipitoisuuden (>600 mg/kg tai >2000 mg/kg) perusteella potentiaalisesti happamia sulfaattimaita todettiin pisteessä P006 (0,5-1 m / +1,8...+2,3 m mpy), P025 (0,1-3 m / +0,1...+2,6 m mpy) ja P032 (0,5-2 m / +1,8...+3,3 m mpy).

Tutkimustulokset vastaavat hyvin Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden esiintymiskarttaa, jossa hienon hiedan alueella (piste P025) happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyys on kohtalainen. Pisteet P006, P019 ja P032 sijaitsevat maaperäkartalla maalajien (moreeni/hieno hietä) rajalla ja pisteessä P019 ei havaittu hienoa hietaa 2 metriin ulottuneissa kairauksissa.

Lisäksi rikkipitoisuuden toimenpideraja (kappale 2.3, taulukko 3) ylittyy pisteessä P006 syvyydellä 1-1,5 m, pisteessä P025 syvyyksillä 0-0,5 m ja 3-4 m ja pisteessä P032 syvyydellä 0-0,5 m ja 2,5-3 m.

5.4 Hapontuottopotentiaali

Hapontuottopotentiaali (TPA) analysoitiin yhteensä neljästä näytteestä: "P006 0,5-1", "P025 1-1,5", "P025 2,5-3" ja "P032 0,5-1". Tulokset on esitetty taulukossa 1 (kappale 5.3.) sekä liitteen 2 koontitaulukossa ja liitteen 3 tutkimustodistuksella.

Näytteiden "P025 2,5-3" ja "P032 0,5-1" hapontuottopotentiaali oli suuri. Suurin hapontuottopotentiaali oli pisteessä P032 syvyydellä 0,5-1 m (173 mmol H⁺/kg). Ko. näytteiden hapetetut pH-arvot olivat 3,6 ja 2,5. Kemiallisesti vetyperoksidilla hapetettujen (TPA-analyysi) näytteiden hapontuottopotentiaali ja hapetettu pH-arvo eivät aina vastaa luonnossa muodostuvaa happomäärää ja hapettuneen maaperän pH-arvoa. Luonnossa mm. bakteeritoiminta, sääolot ja maa-aineksen luontainen puskurikapasiteetti vaikuttavat tapahtuviin hapetusreaktioihin. Näytteen "P006 0,5-1" hapontuottopotentiaali oli pieni (16 mmol H⁺/kg) ja näytteen "P025 1-1,5" kohtalainen (27 mmol H⁺/kg).

Hapontuottopotentiaalin perusteella pisteiden P025 ja P032 tutkitut näytteet voivat tuottaa huomioitavan määrän happoa ja edustavat potentiaalisesti happamia sulfaattimaita.

5.5 Korroosiotutkimukset

Sulfaattimaaselvityksen yhteydessä tehtyjen korroosiotutkimusten tulokset ja vertailu Liikenneviraston ohjeen 13/2017 raja-arvoihin on esitetty taulukossa 6. Tehtyjen analyysien perusteella maapohja ei nykyisellään ole korroosioympäristönä tavanomaisesta poikkeava. Alueella on maakerroksia, joissa on todettu happamoitumispotentiaalia, joten alle 4,5 pH-arvot ovat mahdollisia, mikäli maaperä pääsee esimerkiksi rakennustöiden tai pohjavedenpinnan alenemisen seurauksena hapettumaan.

Taulukko 6. Tulosten vertailu Liikenneviraston ohjeiden 13/2017 taulukossa 1. ilmoitettuihin raja-arvoihin, joiden ylittyessä maapohja tulkitaan tavanomaisesta poikkeavaksi.

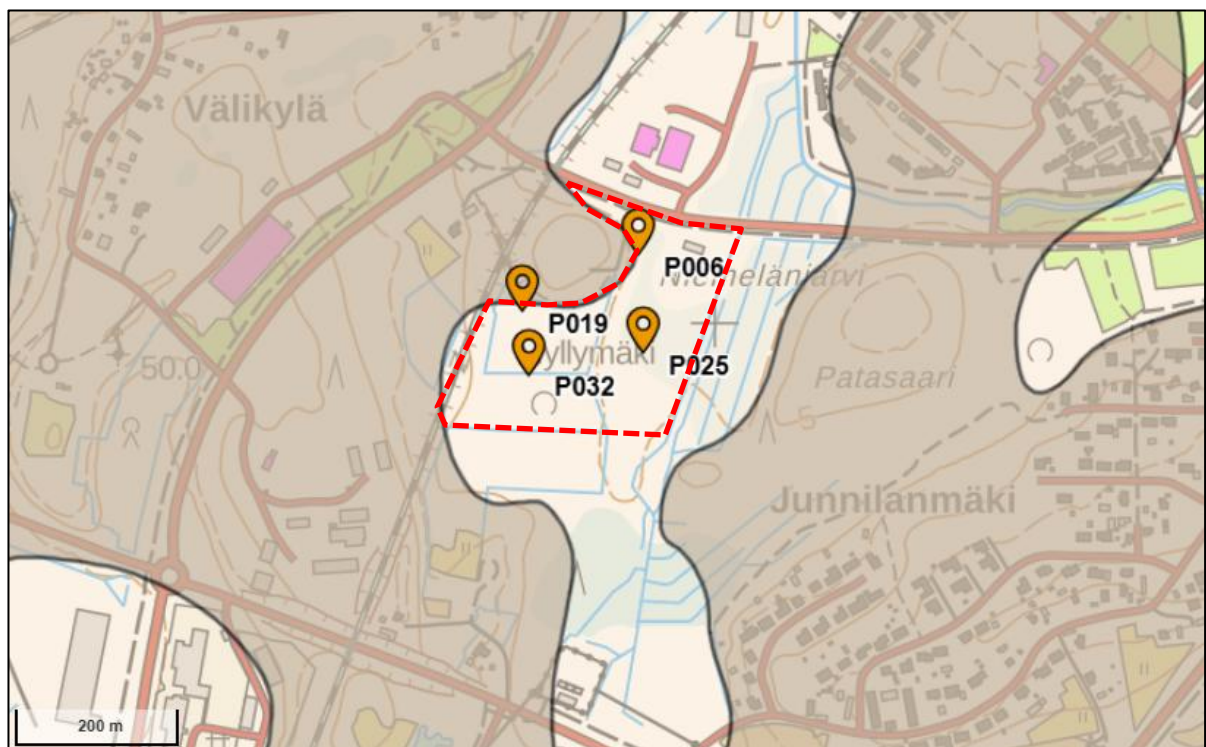
Analyysi	P006 1-1,5 m	P025 2-2,5 m	P025 3,5-4 m	P032 2,5-3 m	Liikenneviraston ohjeita 13/2017
Sähkön- johtavuus	5,8	3,7	5,6	2,7	>50 mS/m
hehkutus- häviö	2	0,6	0,4	0,7	>6 %
pH	8,0	7,9	8,6	6,8	<4,5 tai >9
sulfaatti			19	27	>500 mg/kg
kloridi			33	36	>500 mg/kg

6. Tulosten tulkinta ja alueella esiintyvät happamat sulfaattimaat

Tutkimusalueelta tunnistettiin potentiaalisesti hapanta sulfaattimaata tutkimusalueella pisteissä P006, P025 ja P032 alkaen 0,5 metriä tutkimusten aikaisesta maanpinnasta. Lisäksi pisteissä ylittyi useilla syvyyksillä rikkipitoisuuden toimenpideraja.

Piste P019 sijaitsi mahdollisesti ylijäämämaiden läjitykseen käytetyllä alueella. Pisteessä näytteenotto ulotettiin tasolle +2,7 m mpy (N2000), kun muissa pisteissä potentiaalisesti happamat sulfaattimaat on todettu alkaen tasolta +2,3...+3,3 m mpy, joten on mahdollista, että pisteessä P019 on potentiaalisesti happamia sulfaattimaita kairausvyöhytettä syvempänä.

Pisteet, joissa potentiaalisesti happamia sulfaattimaita todettiin, sijoittuvat Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartalla (1:20 000) hienon hiedan alueelle tai sen rajalle. Tutkimusten perusteella potentiaalisten happamien sulfaattimaiden esiintyminen rajautuu kiinteistöllä maaperäkartan rajauksen kanssa yhtenevästi. Happamien sulfaattimaiden näytepisteet on esitetty ja esiintymisalue rajattu punaisella värillä kuvassa 2 ja näytekohtaiset tutkimustulokset ovat koontitaulukossa liitteessä 2. Laboratorioiden tutkimustulokset on esitetty liitteessä 3.



Kuva 2. Pisteiden sijoittuminen ja happamien sulfaattimaiden arvioitu esiintymisalue (punainen katkoviiva) tutkimuskiinteistöllä.

7. Yhteenveto ja jatkotoimenpide-ehdotukset

Raahen Myllymäen entisen maanlajityspaikan kiinteistöllä tehtiin sulfaattimaaselvityksiä pohjatutkimusten yhteydessä elokuussa 2025. Sulfaattimaatutkimuksissa alueelta otettiin maanäytteitä neljästä tutkimuspisteestä 2-4 metrin syvyyteen saakka. Näytteistä mitattiin kenttä-pH sekä analysoitiin laboratoriossa pH ja kokonaisrikkipitoisuus. Tulosten perusteella valittiin näytteet jatkoanalyysiin hapontuottopotentiaalin selvittämiseksi.

Kolmessa tutkimuspisteessä (P006, P025 ja P032) todettiin kokonaisrikkitulosten ja hapontuottopotentialin perusteella potentiaalisesti happamia sulfaattimaita. Potentiaalisesti happamat sulfaattimaat sijaitsevat tutkimusten mukaan alkaen 0,5 metrin syvyydeltä maanpinnasta. Tutkimusten perusteella happamien sulfaattimaiden esiintyminen kiinteistöllä noudattaa Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartan maalajirajausta.

Tutkimusalueella todetut happamat sulfaattimaat ja niiden esiintyminen tulee ottaa huomioon alueen tulevissa rakennustöissä. Rakennustoiminta sulfaattimaa-alueella voi aiheuttaa ympäristöhaittoja massanvaihtojen ja muiden kaivutöiden yhteydessä etenkin, mikäli alueen pohjavedenpinta laskee. Happamat sulfaattimaat on huomioitava erityisesti kaivumassojen läjityksessä ja kalkitustarpeen arvioinnissa. Lisäksi maanalaisten rakenteiden suunnittelussa ja materiaalivalinnoissa on huomioitava happamien sulfaattimaiden aiheuttama korroosioriski.

Rakentamiskaivannot tulisi pyrkiä täyttämään mahdollisimman nopeasti. Kylmä vuodenaika hidastaa reaktioita, joten rakentaminen kylmään vuodenaikaan on suositeltavaa, jotta minimoidaan happamien työmaavesien hallintatarve. Mikäli massoja on tarpeen läjittää välivarastointia varten, suositellaan massat peitettäväksi hapettumisreaktioiden ja happaman valunnan huuhtoutumisen estämiseksi. Mikäli massoja on tarpeen pysyvästi läjittää, tulee massat neutraloida kalkkipohjaisella käsittelyllä ennen loppusijoitusta. Koska kohteen happamat sulfaattimaat sijaitsevat pintakerroksissa, suositellaan rakentamisen aikana varautumaan happaman työmaaveden hallintaan esim. siirrettävällä neutralointikaivolla ja laskeutuskontilla metallisakan ja muun kiintoaineen pidättämiseksi ennen purkua ojiin ja pintavesiin. Työmaavesien pH tason tulee pysyä yleisesti hyväksyttävällä tasolla (pH 6-9) ennen johtamista pintavesiin.

Liite 1

Tutkimuspiste- ja esiintyvyysskartta

Liite 2 Koontitaulukko

Liite 3

Laboratorion tutkimustodistukset

Liite 4

Valokuvia näytteenotosta



Kuva 1. Piste P006 kairausta.



Kuva 2. Näyte "P006 0,5-1", jossa todettiin potentiaalisesti hapanta sulfaattimaata kokonaisrikkipitoisuuden perusteella, mutta näytteessä ei todettu merkittävää hapontuottopotentiaalia.



Kuva 3. Piste P019 kairaus. Pisteessä ei todettu otettujen näytteiden perusteella potentiaalisesti happamia sulfaattimaita.



Kuva 4. Piste P032 näyte syvyydeltä 0,5-1 m. Näytteessä todettiin potentiaalisesti hapanta sulfaattimaata kokonaisrikki- ja hapontuottopotentiaalin perusteella.



Kuva 5. Piste P025 kairausta.



Kuva 6. Näyte "P025 2,5-3", jossa todettiin potentiaalisesti hapanta sulfaattimaata kokonaisriikki- ja hapontuottopotentiaalin perusteella.