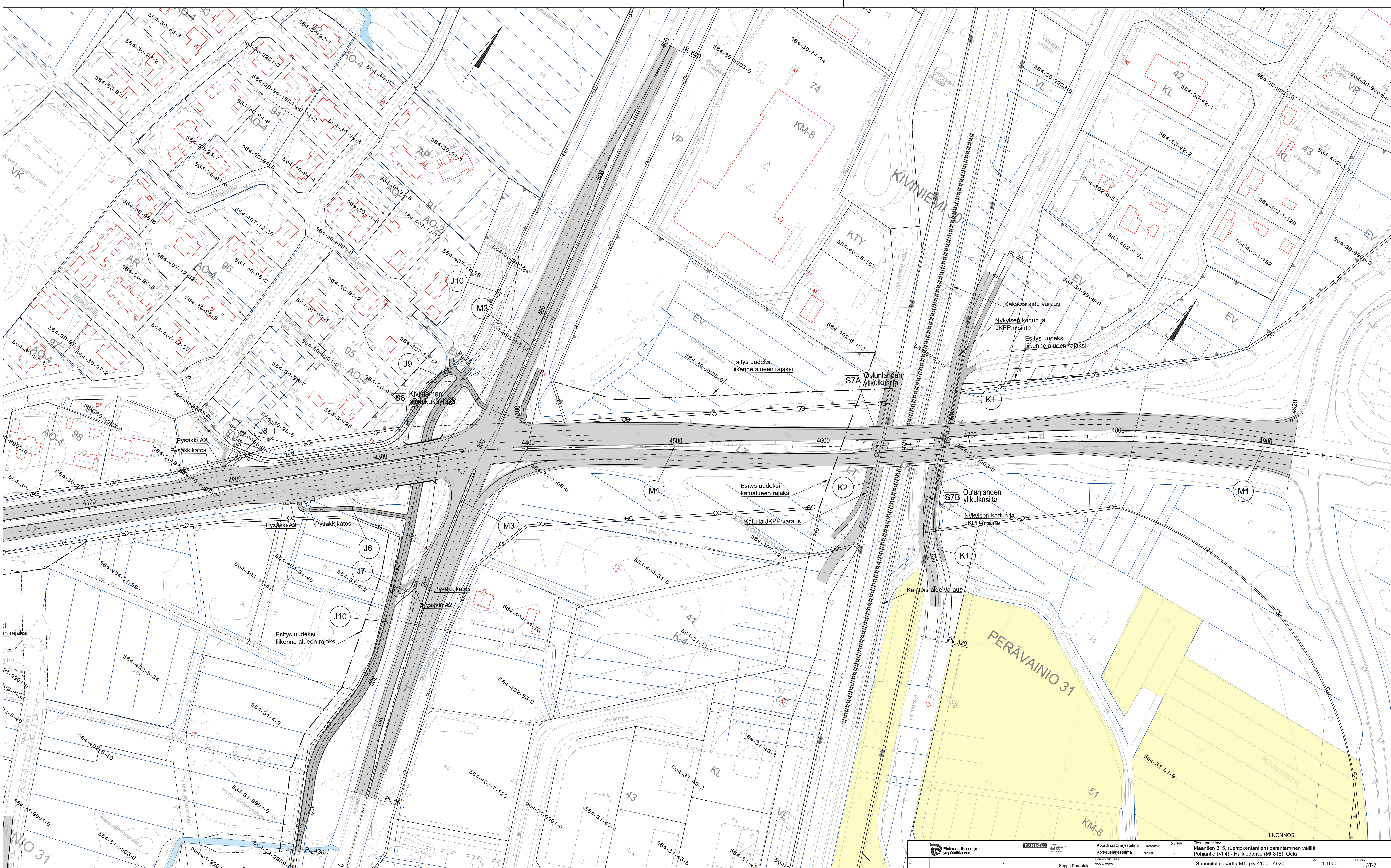
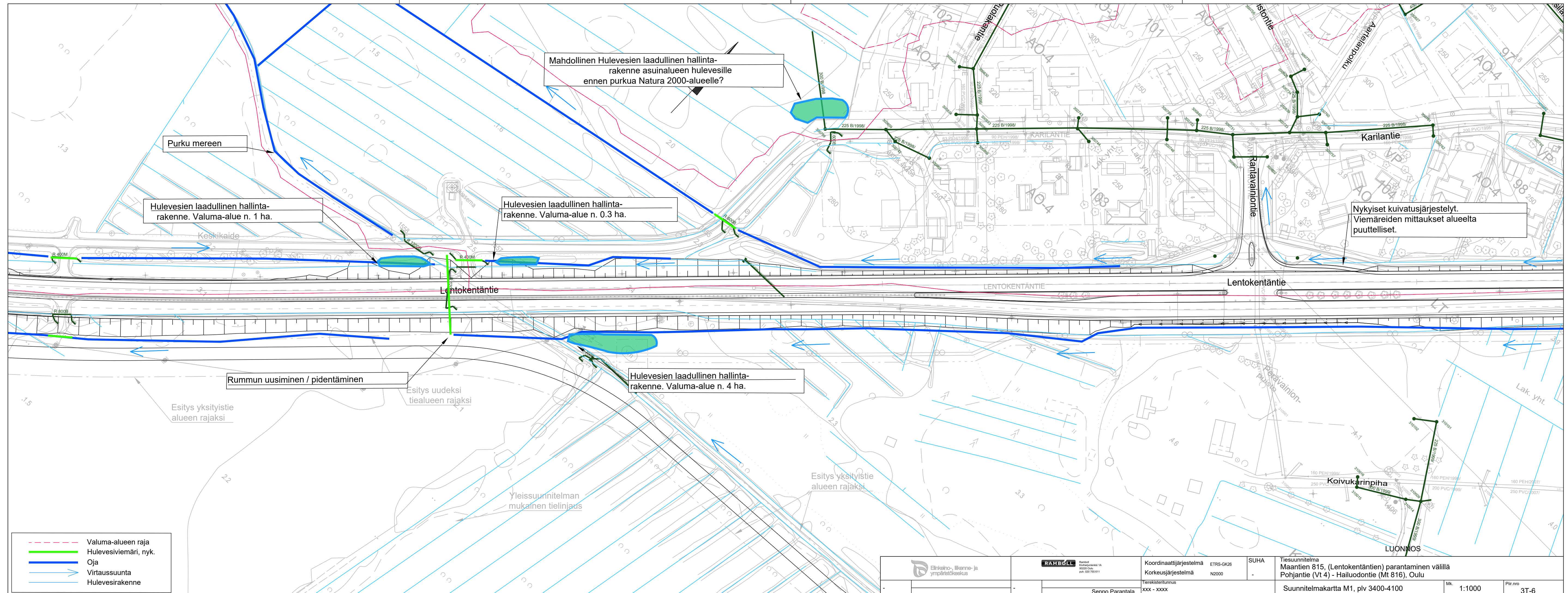
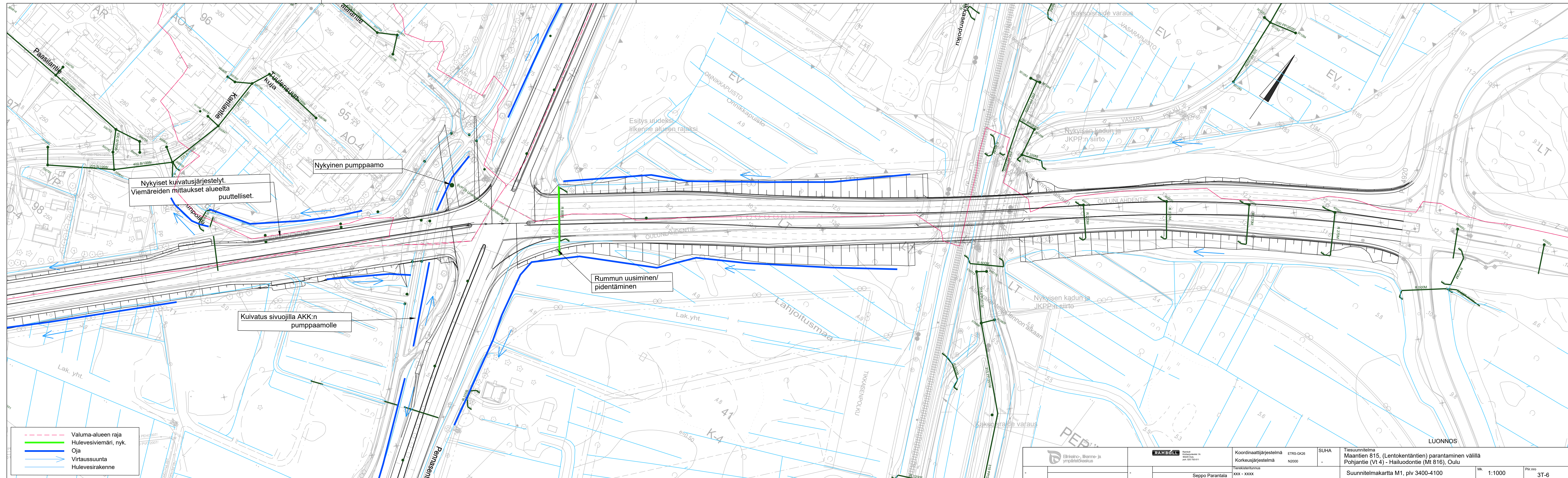








TIEVERKON ARKILIIKENNEMÄÄRÄT

(KAVL ajon./arki vrk)

KAVL 2040

KAVL 2018

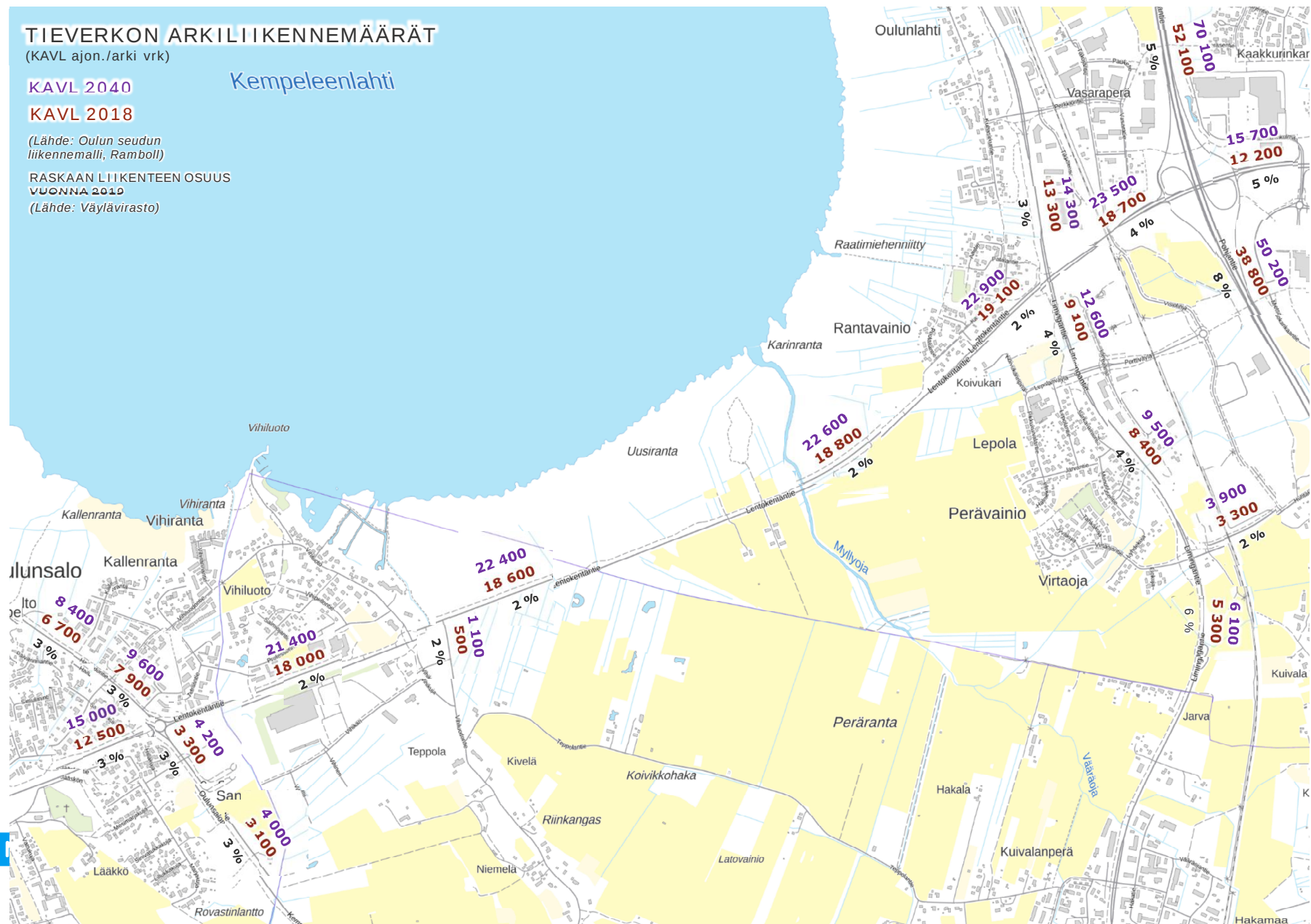
(Lähde: Oulun seudun liikennemalli, Ramboll)

RASKAAN LIIKENTEEN OSUUS
VUONNA 2019

(Lähde: Väylävirasto)

Kempeleenlahti

RA



MT815 LENTOKENTÄNTIE HAPPAMIEN SULFAATTIMAIKEN HALLINTA JA KÄSITTELY

Projekti Mt815 Lentokentäntie TRS
 Projekti nro 1510058767
 Vastaanottaja Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus
 Asiakirjatyyppi Raportti
 Asiakirjaro R9 / 5
 Versio VALMIS
 Päivämäärä 30.6.2022
 Laatiija Sari Suvanto
 Tarkastaja Merja Autiola
 Hyväksyjä Seppo Parantala

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	2
2.	Happamien sulfaattimaiden luokittelu ja tunnistusrajat	2
3.	Happamien sulfaattimaiden esiintyminen rakennuskohteessa	5
4.	Happamia sulfaattimaiden huomioiminen rakennushankkeessa	6
4.1	Massanvaihdot	6
4.2	Massanvaihtomassojen kalkitus	6
4.3	Kaivantovesien käsittely	7
4.3.1	Vesien neutralointi	8
4.3.2	Vesien tarkkailu	10
5.	Lajitteleva kaivu, tunnistaminen kentällä	10
6.	Kaivuun suorittaminen ja massojen käsittelyn periaatteet kootusti	12

1. Johdanto

Tämä raportti käsittelee MT815 Lentokentäntie -hankkeen happamien sulfaattimaiden hallintakeinoja ja niiden huomioimista suunnittelussa ja rakentamisessa. Kohteen happamien sulfaattimaiden (HaSu-maat) esiintymistä on kartoitettu vuonna 2021 pohjatutkimusten yhteydessä.

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan luontaisesti esiintyviä rikkiä sisältäviä sedimenttejä, joista vapautuu hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Happamat sulfaattimaat aiheuttavat happamia vesistöjä tyypillisesti viiveellä. Mikäli hapen sulfaattimaa pääsee kuivumaan ja hapettumaan, muodostuu maa-aineksessa rikkihappoa. Rikkihappo voi lähteä liikkeelle kaivamisen jälkeen tapahtuvien runsaiden sateiden tai esim. lumien sulamisvesien mukana, jolloin se aiheuttaa ympäristössä happamuuden lisääntymistä.

Happamat sulfaattimaat voivat aiheuttaa haitallisia ympäristövaikutuksia erityisesti pienvesistöissä, kuten tässä tapauksessa alueen valtaojissa. Näitä voivat olla mm. pohjaeliöstön, simpukoiden ja kalojen kuoleminen. Lisäksi happamilla vesillä on vaikutuksia ojan kasvillisuuteen ja infrarakenteisiin. Alueen vedet laskevat Myllyjoaan, Salmiojaan ja näiden ja muiden ojien kautta Kempeleenlahteen. Kempeleenlahden ranta-alueet on pääosin suojelualueita, joten hapontuottoa tulee rajoittaa kohteessa.

Mt815 Lentokentäntie -hankkeessa parannetaan Lentokentäntien ja siihen liittyvien väylien osalta. Kohteeseen toteutetaan mm. uusia siltoja ja levennetään väyliä.

2. Happamien sulfaattimaiden luokittelu ja tunnistusrajat

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkiä sisältäviä maaperää, jossa on sekä hapettunut hapen maakerros, että hapettumaton sulfidirikkiä sisältävä maakerros, tai vain toinen näistä. Maaperä määritellään happamaksi sulfaattimaaksi maastohavaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella, mikäli vähintään yksi seuraavista kriteereistä täyttyy:

- pH < 4,0 mineraalimaassa
- pH < 3 orgaanisille maille (humuspitoisuus >20 %) sulfidien hapettumisen seurauksena; ja/tai
- näytteen pH < 4,0 inkubaation (hapettunut kosteana 8–19 viikkoa huoneenlämmössä) jälkeen

Happamat sulfaattimaat ovat yleisesti liejuisia ja hienorakeisia maalajeja (savi ja siltti), mutta myös karkearakeiset maalajit (silttinen hiekka ja hiekka), joissa kokonaisrikkipitoisuus on alhainen (< 0,2 %, jopa 0,01 %) voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta huonon puskurikapasiteetin takia (Nieminen, et al., 2016).

Happamat sulfaattimaat voidaan luokitella kahteen ryhmään: 1. Todelliset happamat sulfaattimaat (THS) ja 2. Potentiaaliset happamat sulfidimaat (PHS).

Todellinen hapen sulfaattimaa (THS)

- pH < 4,0 maastossa suoraan näytteestä mitattuna hapettuneessa mineraalimaassa tai liejuissa (ei turpeessa) sulfidien hapettumisen seurauksena.
- mikäli savi-/silttinäytteen maastossa mitattu pH on 4,0 – 4,4 eikä alemmasta maakerroksesta ole tehty sulfidisavihavaintoja, jatkotutkimukset ovat tarpeen. Jatkotutkimuksissa tehdään

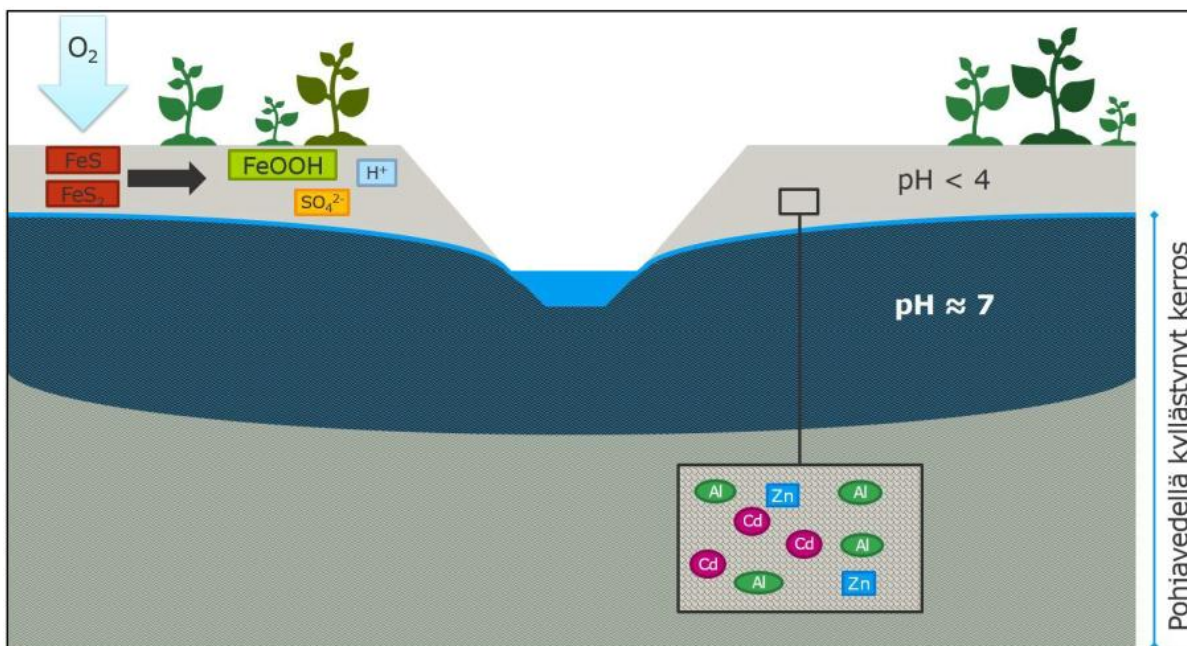
esimerkiksi pH:n määrittäminen inkuboidusta näytteestä (vetyperoksidihapetus) ja/tai kokonaisrikkipitoisuusmäärittäminen.

Happaman maakerroksen ja sulfidirikkipitoisen maakerroksen välillä on tyypillisesti kapea vaihtumisvyöhyke (noin 0–50 cm) missä pH:n vaihtelu voi olla erittäin suurta (noin 4,0–7,0).

Potentiaallinen hapan sulfidimaa (PHS)

Potentiaalisella happamalla sulfidimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli maaperä pääsee hapettumaan. Sulfidirikkipitoisen maakerroksen pääpiirteet ovat:

- rikki esiintyy sulfidimuodossa (pelkistyneenä, ei hapettuneena)
- yleensä $\text{pH} > 6.0$
- rikin pitoisuus, $S_{\text{tot}} \geq 0,2 \%$ (tai $\geq 0,01 \%$ karkeassa maalajissa)
- inkuboidun näytteen $\text{pH} < 4,0$ (vetyperoksidihapetetun) ja pH:n muutos on yli 0,5 yksikköä verrattuna maastossa mitattuun pH-tulokseen



Kuva 2-1. Ylin harmaa maakerros kuvaa jo hapettuneessa tilassa olevaa hapanta sulfaattimaata, joka on vallitsevan pohjavesipinnan yläpuolella. Musta kerros kuvaa pelkistyneessä tilassa pohjavesipinnan alapuolella olevaa sulfidimaata. Sulfidimaahan on sitoutuneena metalleja, jotka hapettuneessa sulfaattimaassa pääsevät liukenemaan ja kulkeutumaan vesistöön.

Tunnistusrajat

Mineraalimaalle ja orgaaniselle materiaalille sekä tarkemmin mineraalimaan koheesio- ja kitkamaalajeille käytetään tunnistamisrajoja taulukossa 2-1 esitettyjä kriteereitä.

Taulukko 2-1. Happamien sulfaattimaiden menetelmäkohtaiset tunnistamisrajat (Visuri 2021)

Menetelmä	Tunnistamisraja			
	Karkea mineraalimaa	Hieno mineraalimaa	Lieju (LOI > 20 %)	Turve
Maasto-pH	pH < 4	pH < 4	pH < 3	pH < 3
Musta väri	Toteaminen		-	
pH-inkubaatio	pH < 4 ja ΔpH < 0,5		pH < 3 ja ΔpH < 0,5	
Nopeutettu pH- inkubaatio	pH < 4 ja ΔpH < 0,5		pH < 3 ja ΔpH < 0,5	
Kokonaisrikki (%)	0,06	0,2	0,5	1

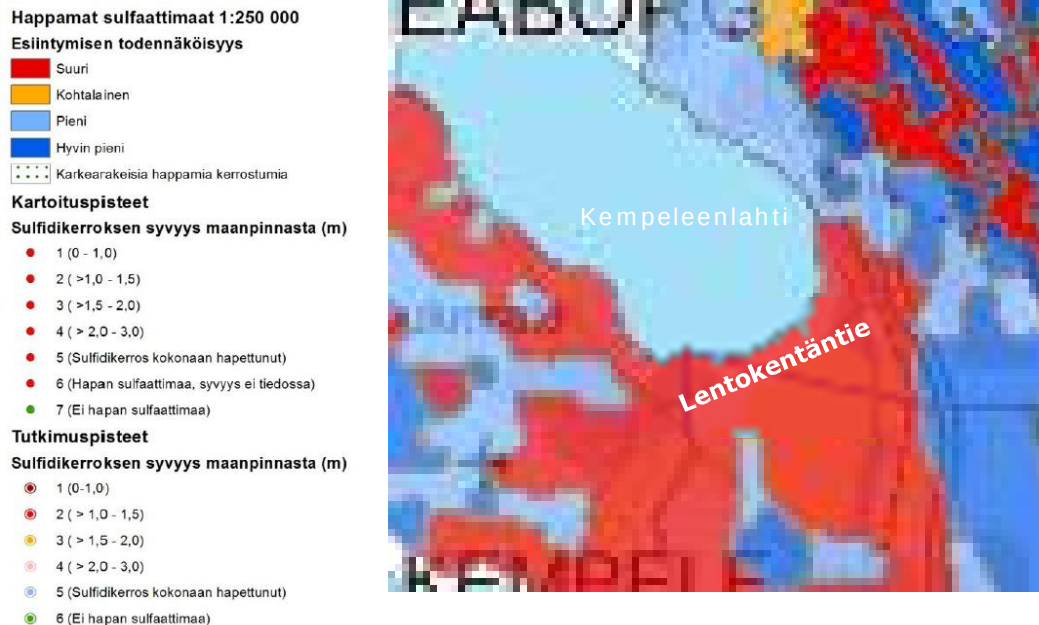
Vaikutusten arvioimiseksi sekä kalkitusmäärien laskentaa varten määritetään tyypillisesti myös sulfaattimaaksi todetuista maanäytteistä hapontuottopotentiaali. Suositeltavia menetelmiä tähän ovat TAP, TIA ja NAG-testi. NAG-testin hapontuoton arviointiin käytetään taulukon 2-3 arvoja.

Taulukko 2-2. NAG-testillä määritetyt hapontuottopotentiaalin arvot ja arviot hapontuoton suuruudesta (AMIRA International, 2002; GTK, 2015).

Testi	Nettohaponuotto (kg H ₂ SO ₄ /tonni, pH 4,5)		
	Pieni	Kohtalainen	Suuri
NAG-pH	≥4,5	<4,5	<4,5
NAG	0	≤5	>5

3. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen rakennuskohteessa

Lähtökohtaisesti Kempeleenlahden ja Myllyojan laakso ovat todennäköisyydeltään suuria HaSu-maiden esiintymisalueita. Ote GTK:n kartta-aineistosta <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html> on esitetty kuvassa 3-1.



Kuva 3-1. Ote GTK:n kartta-aineistosta Kempeleenlahden alueelta.

Kartoitetut pisteet yhdessä rakennettavan tielinjan kanssa on esitetty piirustuksissa R9-3. Sulfidimaatutkimukset suoritettiin seuraavista kairauspisteistä TS3, TS4, TS5, TS11, TS12, TS16, TS18, TS19 ja TS20. Happamia sulfaattimaita tutkittiin yhdeksästä (9) kairauspisteestä suunnittelualueelta. Tutkimukset kohdistettiin siltapaikkoihin ja alueisiin, joissa tehdään merkittäviä kaivuja tai massanvaihtoja sekä alueisiin, joissa maaperä oli sen kaltaista, että niiden esiintyminen on todennäköistä.

Tutkimusten perusteella suunnittelualueella ei esiinny lainkaan todellisia happamia sulfaattimaita (pH < 4). Potentiaalisia happamia sulfaattimaita esiintyi seitsemässä kairauspisteessä yhdeksästä. Tarkat tulokset laboratoriotutkimuksista on esitetty liitteessä 1.

Siltapaikan S1 (tutkimuspisteet TS3 ja TS4) läheisyydessä potentiaalisia happamia sulfaattimaita esiintyy n. 2 metrin syvyydellä maanpinnasta aina 4-5 metrin syvyyteen saakka. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen alkaa noin tasolta +1. Happamat sulfaattimaat ovat luokituksen mukaan nettohapontuotoltaan suuria.

Salmiojan kohdalla (tutkimuspiste TS5) ei tutkimussyvyydellä (2 metrin syvyyteen eli n. -0.20 tasolle saakka) esiintynyt happamia sulfaattimaita ollenkaan.

Myllyojan kohdalla (tutkimuspisteet TS11 ja TS12) happamia sulfaattimaita esiintyy ohuena kerroksena n. 2,5-4 metrin syvyydessä (maanpinnasta), mutta niiden nettohapontuotto oli pieni. Tämä voi johtua maaperän hyvästä puskurikyvyystä, joka voi aiheutua esimerkiksi sedimentteihin kerrostuneista emäksisistä aineksista (esim. simpukankuoret).

Kaakkurinojan läheisyydessä (tutkimuspiste TS16) ei esiinny happamia sulfaattimaita ollenkaan tutkimussyvyydellä (3,0 metrin syvyyteen eli tasolle 0-tason alapuolelle).

Oulunlahden ylikulkusillan S7A ja S7B (tutkimuspisteet TS18, TS19 ja TS20) happamia sulfaattimaita esiintyi tasolta +3...+4 alkaen. Sulfidimaakerros on kaikissa tutkituissa näytteissä nettohapontotuotoltaan suuri.

4. Happamia sulfaattimaiden huomioiminen rakennushankkeessa

Kartoituksen mukaan happamia sulfaattimaita esiintyy hankkeen useilla eri osa-alueilla, mutta niiden esiintymissyvyydellä toteutettavia kaivuja tai massanvaihtoja on vain Hailuodon liittymän siltapaikkojen S1 ja S5 kohdalla. Näissäkin kohteissa mahdolliset haitalliset vaikutukset rajoittuvat todennäköisimmin työnaikaisiin tilanteisiin. Molempiin alikulkuihin on suunniteltu siltapaikalle bentoniittimattorakenteet, jotka estävät maaperän hapettumisen siltakaivannon ympäristössä.

Muulla siltojen paaluissa tulee varautua riittävällä korroosiovaralla happoa tuottavan ja rikkipitoisen maaperän vuoksi.

Happamat kaivuunmassat tulee kalkita ennen sijoittamista suunniteltuihin meluvalleihin.

Kalkitustuotteena suositellaan käytettäväksi kalsiumkarbonaattipohjaista (CaCO_3) kalkkikiveä tai dolomiittia ($(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$). Tyypillisesti neutralointiin käytetään hienojakoista tai rakeistettua kalsiittia (kalsiumkarbonaatti, CaCO_3) joka liukenee hitaasti. Hitaan liukoisuuden vuoksi sen neutralointivaikutus on yleensä pitkä. Neutraloinnin tavoitteena on, että pH ei nouse neutraloinnin myötä korkeammalle kuin se on luontaisesti pelkistyneessä materiaalissa. Neutralointiaineen raekoko tulisi olla pääosin alle 0,5 mm, jotta reagoivaa pinta-alaa olisi mahdollisimman paljon. Esimerkkilaskenta kalkkituotteen määrästä on esitetty kappaleessa 4.2.

Rakennustöiden aikana voi olla mahdollista, että siltojen S1 ja S5 kaivannoista pois pumpattavat vedet ovat liian happamia vastaanottavien vesistöille. Näiden kaivantojen vesiä on tarkkailtava ja tarvittaessa neutraloitava rakennustöiden ajan. Vesien neutralointiin on syytä varautua ennen rakennustöiden aloittamista.

4.1 Massanvaihdot

Rakentamiskohteen suunnitelmien mukaan massanvaihtoja toteutetaan kohteessa happamien sulfaattimaiden alueelle tai niiden esiintymissyvyydelle vain alikulkujen S1 ja S5 siltakaivantojen ja väylä K1 kohdalla. Kartoitustietojen perustella HaSu-maiden esiintyminen alkaa alueella tyypillisimmin 2,0 m syvyydeltä ja päättyy n. syvyydelle 4,0-5,0 maanpinnasta.

Kyseisistä kaivannoista arvioidaan kaivettavan happamia sulfaattimaita n. 3800 m³.

4.2 Massanvaihtomassojen kalkitus

Massanvaihtojen yhteydessä syntyvien HaSu-maiden kalkitusmäärät lasketaan keskimääräisen rikkipitoisuuden perusteella. Saatujen tietojen mukaan alueelliset kokonaisrikkipitoisuudet vaihtelevat kohteissa, joissa koheesiomaalajeilla todettiin > 0,2 m-% kokonaisrikkiä seuraavasti:

- o TS3 2,0-4,0 m syvyydellä vaihteluväli 0,25-1,4 m-%

- o TS4 2,3-5,0 m syvyydellä vaihteluväli 0,74-1,5 m-%
- o TS12 1,5-3,0 m syvyydellä vaihteluväli 0,19-0,23 m-%
- o TS18 1,5-3,5 m syvyydellä vaihteluväli 0,2 m-%
- o TS19 1,5-4,0 m syvyydellä vaihteluväli 0,22-1,0 m-%
- o TS20 3,0-4,0 m syvyydellä vaihteluväli 0,2-0,58 m-%

Kalkituslaskennassa käytettävän keskimääräisen rikkipitoisuuden arvona esitetään käytettävän 1,0 m-% = 10 000 mg/kg. Kohteessa määritetyt nettohapontuottoarvot ovat vaihdelleet välillä 7,6-29 kg H₂SO₄/t. Keskimääräisenä nettohapontuoton arvona esitetään käytettäväksi 20 kg H₂SO₄/t Kalkitusmäärät on laskettu sekä rikkipitoisuuden että nettohapontuoton perusteella taulukoissa 4-1 ja 4-2.

Kohteessa suositellaan käytettäväksi maanparannuskalkkia. Esimerkki kalkkituotteen määrästä on laskettu taulukkoon 4-1 Nordkalkin valikoimasta saatavalla Pattijoen maanparannuskalkilla. Tuotteen neutraloiva kyky on 38 % Ca. Pattijoen kalkkituotteessa on mukana teollisuuskalkkia, joten sen soveltuvuus esim. luomutuotannossa olevalle pellolle tulee varmistaa, mikäli massanvaihtomassoja neutraloidaan peltojen korotusmassakäyttöön.

Kalkkimäärälaskenta perustuu Ramboll 2021 raportissa esitettyihin kalkkimäärän laskentoihin sekä kokonaisrikin keskiarvopitoisuuteen. Laskentoja voidaan myöhemmin tarkentaa, mikäli kohteessa määritetään hapontuottopotentiaali (asiditeetti (mmol H⁺/kg)) tai laskentaa halutaan täsmentää valitun kalkitustuotteen neutraloivalla kyvyllä.

Taulukko 4-1. Kalkitustuotteiden määrät rikkipitoisuuden perusteella. Määrät on laskettu kalkkituotteella, jonka neutraloiva kyky on 38 % Ca ja kalkittava esimerkkimäärä 10 000 m³.

Maanparannus-kalkki	Neutraloiva kyky	Kalkittava massamäärä		Kokonaisrikin ka kohteessa	Tarvittava kalkkimäärä
	% Ca	m ³	t	m-%	t
Nordkalk / Pattijoki	38	10 000	15 000	1,5	739

Taulukko 4-2. Kalkitustuotteiden määrät nettohapontuoton perusteella. Määrät on laskettu kalkkituotteella, jonka neutraloiva kyky on 38 % Ca ja kalkittava esimerkkimäärä 10 000 m³.

Maanparannus-kalkki	Neutraloiva kyky	Kalkittava massamäärä		Nettohapontuotto kohteessa	Tarvittava kalkkimäärä
	% Ca	m ³	t	kg H ₂ SO ₄ / t	t
Nordkalk / Pattijoki	38	10 000	15 000	20	483

Tarvittavan kalkin kokonaismäärä esimerkkimäärällä 10 000 m³ ja esimerkkituotteella on 483-739 t riippuen käytetystä laskentamenetelmästä. Mikäli kohteessa voidaan tehdä lajittelevaa kaivuuta, voidaan vähärikkisimmille ja nettohapontuoton omaaville pintaosan massoille tehdä kalkitus pienemmillä kalkkimäärillä. Menettely voi vähentää kustannuksia n. 15 % luokkaa materiaalikustannusten osalta.

4.3 Kaivantovesien käsittely

Rakennuskohteessa happamille sulfaattimaille kohdistuvia kaivantoja on suunniteltu lähinnä Hailuodon liittymän kohdalle. Alueella kaivuutyöt tulevat ulottumaan tasolle, jossa esiintyy korkean hapontuotont potentiaalin maamassoja.

Mikäli kaivantoa pidetään kuivana useita viikkoja, alenemakartion alueella mahdollistuu maaperän hapettuminen ja haponmuodostus ja näin veden neutralointi voi tulla tarpeelliseksi. Pumpatuista vesistä osa, esim. 20 %, voidaan ohjata erilliseen kaivoon pH nostoon. pH:n nosto voidaan tehdä voimakkaalla emäksisellä kalkkituotteella (esim. Filtra-G) ja käsitellyn veden pH tasataan ohi johdettavilla vesillä. Lisäksi vedet on hyvä purkaa vastaanottavaan vesistöön laskeutusaltaan tai suotopadon kautta, jotta mahdollisesti sakkautuvat metallit saadaan poistettua vesistä.

Vesien käsittelyyn liittyy pH-seuranta, jossa seurataan kaivantoveden ja alueelta pois johdettavan veden laatua.

4.3.1 Vesien neutralointi

Kaivuutöiden ulottuessa happamiin sulfaattimaakerroksiin, tulee kaivantojen kuivatusvesien laatua tarkkailla aluksi 3 kertaa viikossa mittaamalla kaivantovesien pH (esim. kenttämittarilla). Mikäli kaivantovesien pH on välillä 6–9, voidaan ne laskea valtaojaan tai hulevesiviemäriin. Mikäli pH on alle 6, tulee kaivantovedet neutraloida siten, että pH nousee tasolle 6–9. Mikäli pH-taso kaivantovesissä pysyy vakaana 2-3 viikon tarkkailujaksolla, voidaan kenttämittausten määrä harventaa yhteen kertaan per viikko. Näin toteutetun seurannan katsotaan olevan riittävä tulevan veden pH-tason seuraamiseksi. Potentiaalisesti happamat salaojavedet johdetaan salaojapumppaamolta neutralointikaivolle ja siitä edelleen neutraloitujen vesien laskeutusaltaalle. Neutralointilaitteistona voidaan käyttää urakoitsijan oma tekemää tai valmiiksi valmistettua neutralointikaivoa. Neutralointimateriaalina suosittelemme käyttämään Filtra G -tuotetta, joka on granulointua sammutettua kalkkia ja siten voimakas emäs.

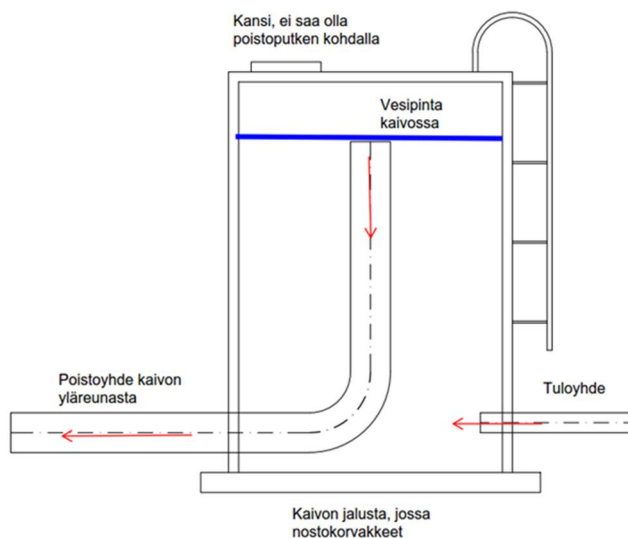
Kaivon toimintaperiaate on seuraavanlainen:

- Kaivoon johdetaan pumppaamalla vettä kaivon alareunasta
- Kaivannosta johdetaan vain osa vesistä (arvio n. 20 %)
- kaivossa on Filtra G -rakeita
- Virtauksen voimasta vesi ja rakeet alkavat liikkua kaivossa
- Kaivon yläreunassa on poistoputki, josta vettä poistuu
- Vesi johdetaan laskeutusaltaaseen, johon johdetaan suoraan myös muu osa pois pumpattavasta vedestä
- Laskeutusaltaassa tapahtuvan viivytyksen jälkeen vesi johdetaan vesistöön
- Filtra G kuluu neutraloinnissa, joten sitä tulee lisätä vähin erin päivittäin siten, että rakeet liikkuvat veden virtauksen mukana eivätkä keräänny reunoille tai pohjaan. Vaihtoehtoisesti lisääminen voidaan toteuttaa automaattisella annostelulaitteistolla

Filtra G on sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia $\text{Ca}(\text{OH})_2$, joka on voimakas emäs ja jonka käyttöturvallisuustiedote tulee sisäistää ennen käyttöönottoa. Filtra G nostaa käsiteltävän veden pH:n välittömästi yli kymmenen ja jopa kahteentoista. Tällainen vesi on vastaanottaville luonnonvesille liian emäksistä, joten siksi vesi tasataan neutralointikaivon ohi tasausaltaaseen pumpattavan veden kanssa ja pH mitataan tasausaltaan purkusuulta vielä ennen vesistöön purkamista. pH-mittaukseen suositellaan jatkuvatoimista automaattista mittausta ainakin sulan maan aikaan.

Alustavasti mikäli varaudutaan esim. 20 % osuuden käsittelyyn (oletuksena on, että kaivannoista pumpataan n. 10 m³/d), arvioimme kaivon tarvittavaksi kooksi noin 0,5-1 m³. Esimerkiksi säiliön halkaisijalla 0,8 m säiliön korkeudeksi tulisi noin 1-2 metriä. Koska säiliö jää maanpäälliseksi ratkaisuksi, emme suosittele tätä korkeampaa säiliötä käytettävyyden heikkenemisen vuoksi. Säiliötä hankittaessa tulee huomioida mm. seuraavat asiat:

- Tarvittava säiliön jalusta, säiliön ankkurointi tukevasti jalustaan
- Säiliö / jalusta tulee varustaa tarvittavilla nostokorvakkeilla tms., jotta säiliö on tarpeen mukaan siirrettävissä
- Tuloyhteen (esim. DN 63) sijoitus tangentiaalisesti säiliön alaosaan
- Ylivuotoputki (esim. DN100) lähtökorkeus esim. 300 mm säiliön yläreunasta alaspäin. Sijoitukseen vaikuttaa ympäröivän alueen korkeusasema. Vedet voidaan myös purkaa kaivosta pois yläosan tasolta, jos tarpeen.
- Säiliöön kansi, jossa luukku (ei keskeisesti, jotta ylivuotoputkeen ei tipu kalkkia) kalkin lisäämistä varten.
- Tikkaat ja tarvittaessa kaiteet säiliön päälle
- Säiliön rakenteellinen kestävyys mitoitettava sen mukaan, että säiliö voi olla täynnä vettä



Kuva 4 - 1. Neutralointikaivon periaate.

Neutralointimateriaalia kuluu veden virtauksen ja kemiallisten prosessien myötä, joten sitä on lisättävä tarpeen mukaan. Annostelu olisi hyvä olla niin tiheää, että kaivosta lähtevän veden pH pysyy riittävällä tasolla (yli 10). Annostelu ei saa olla kuitenkaan ylimitoitettua ja sen on tapahduttava niin pienissä annoksissa, että kaivon virtaus pystyy pitämään materiaalin liikkeessä ja se todella kuluu neutralointiin eikä lähde virtauksen mukana tasausaltaaseen. Jos rakeita on liikaa, ne voivat sakkaantua kaivon pohjalle. Rakeita on hyvä lisätä pieninä määrinä (esim. lapiollinen) tarpeen mukaan.

Metallisakkaa voi syntyä paljonkin, jonka takia sakalle on hyvä olla laskeutumistilaa välittömästi neutralointirakenteen jälkeen laskeutusaltaassa. Metallisakkaa muodostuu myös neutralointirakenteessa neutralointimateriaalin pinnalle. Sakka tukkii rakenteita ja pinnoittaa neutralointimateriaalia aiheuttaen padottumista sekä estäen neutralointimateriaalin kontaktin käsiteltävän veden kanssa heikentäen neutraloinnin tehoa. Järjestelmä vaatii siis toimivuuden seuranta ja tarpeen mukaan sakan poistoa ja kalkkimateriaalin vaihtoa. Sakka voidaan tarvittaessa ruopata laskeutusaltaasta neutraloinnin aikana. Sakka poistetaan altaasta neutraloinnin loputtua. Sakasta tehdään analyysit kokonaismetallien ja liukoisten metallien osalta (ns. pima-metallit Sb, As, Hg, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, V) ja sakan kemiallisten ominaisuuksien perusteella sakka sijoitetaan joko tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, pysyvän jätteen kaatopaikalle, vaarallisen jätteen kaatopaikalle tai termiseen käsittelyyn.

4.3.2 Vesien tarkkailu

Rakentamistöiden aikana tarkkaillaan alueelta poisjohdettavan veden laatua.

Mikäli kaivantovesien ja poisjohdettavien vesien pH alittaa pH-tason 5,5, tulee kaivantovedet neutraloida ennen niiden johtamista valtaojiin ja vesistöön. Muutoin noudatetaan kaupungin kaivantovesiohjetta.

Rakentamisen jälkeen seurataan alikulkukohteiden pumpattavien vesien laatua seuraavasti:

Siltapaikat S1 ja S5: pH, alkaliteetti ja sähkönjohtavuus kerran kuukaudessa puolen vuoden ajan rakentamisen päätyttyä. Tarkkailun jatkamisesta päätetään tulosten perusteella.

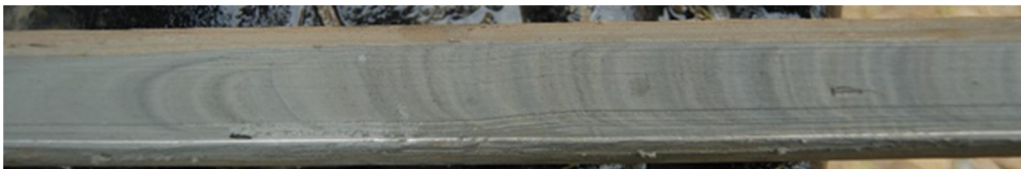
5. Lajitteleva kaivu, tunnistaminen kentällä

Alueella, jossa on tiedostettu riski happamien sulfaattimaiden esiintymisestä, tulee kaivuutöissä seurata asiaa erityisen tarkkaan. Happamia sulfaattimaita on haastava tunnistaa maastossa, mutta savi/silttimaiden tumma väri, raidallisuus, oranssit juovat ja paha haju ovat tunnusomaisia happamille sulfaattimaille. Lisäksi se, että maa-aineksen väri muuttuu kaivutöiden tai läjityksen yhteydessä, on merkki reaktioiden tapahtumisesta maa-aineksessa.

Seuraavissa kuvissa (Kuva 5-1...5-4) on esimerkkejä erityyppisistä happamista sulfaattimaista hapettomissa olosuhteissa. Tällä työmaalla voi nimenoman tämän kaltaisia happamia sulfaattimaita esiintyä.



Kuva 5-1 Hapettumatonta, mustaa hienojakoista sulfidisedimenttiä, joka melkein aina happamoituu hapettuessaan. GTK.



Kuva 5-2 Vihertävän harmaata, sulfidipitoista liejuhiesua, joka melkein aina happamoituu hapettuessaan. GTK.



Kuva 5-3. Savea, jossa on mustia monosulfidiraitoja. Tämän näköinen materiaali voidaan usein luokitella happamaksi sulfaattimaamateriaaliksi. GTK.



Kuva 5-4. Ote raportista Ramboll 2021. Tyypillinen hienorakeinen (liejusavi) hapen sulfaattimaaprofiili Pohjanmaalla.

Kuvassa 5-4 maaprofiilin pintaosassa on 25 cm paksu multakerros, jossa pH on lähellä neutraalia, mikä viittaa siihen että peltoa on aiemmin lannoitettu ja kalkittu. Hapettuneessa kerroksessa on murumainen rakenne ja runsaasti rautasaostumia. Potentiaalinen hapen sulfaattimaa (alkaa 155 cm syvyydeltä) on väriltään mustan harmaata ja sen pH on lähellä neutraalia.

Käsitellyn pintaosan ja hapettumattoman mustan kerroksen väliin sijoittuu pH-tasoltaan varsin alhainen todellinen hapen sulfaattimaa, jossa pH-lukemat ovat hyvin alhaiset.

6. Kaivuun suorittaminen ja massojen käsittelyn periaatteet kootusti

Potentiaalista hapanta sulfaattimaata ei tule säilyttää hapettumiselle alttiina peittämättömänä pidempiaikaisesti. Potentiaalinen hapanta sulfaattimaata voi luovuttaa merkittävän määrän happamuutta jo lyhyelläkin aikavälillä, minkä vuoksi ilman hapelle altistamista on syytä välttää tai vähintään pitää altistuminen mahdollisimman lyhytaikaisena.

Mikäli hapontuottokapasiteettia tai suuren nettohapontuoton omaavia happamia sulfaattimaita joudutaan varastoimaan työmaalla yli kahden työviikon ajan, on ne peitettävä. Peittokerros tulee olla vähintään 0,2 m paksuinen, heikosti vettä läpäisevä maa-ainesta, kuten savea, silttiä tai hienoaainesmoreenia, jolla ei itsessään todennetusti ole hapontuottokapasiteettia. Peittämällä vähennetään maa-aineksen hapettumista ja sitä, että mahdollinen sadevesi pääsee huuhtomaan hapettunutta pintakerrosta. Happamat sulfaattimaat voidaan läjittää saman työviikon aikana takaisin vastaavaan kaivantoon, josta ne on poistettu, mikäli niiden laatu geoteknisesti on siihen soveltuva.

Kaivannot, joista on poistettu happamia sulfaattimaita tai niiden ympäristöön on jäänyt happamia sulfaattimaita, tulee olla mahdollisimman pienalaisia ja allasmaisia, jotta vettä ei pääse purkautumaan esim. avoimia putkikaivantoja pitkin alueelta pois. Kaivannot tulisi pystyä täyttämään alle kahden viikon kuluessa niiden auki kaivuusta. Mikäli kaivantoja joudutaan pitämään pidempi aikaisesti auki ilman, että niissä työskennellään, voidaan antaa pohjaveden nousta omalle tasolleen kaivannossa hidastaen ympäröivien maakerrosten hapettumista.

Kaivuun on syytä suorittaa siten, että ei happamat sulfaattimaat kaivetaan erilleen syvemmillä sijaitsevista potentiaalisista happamista sulfaattimaista. Massojen kalkitustarve on erilainen riippuen maa-aineksen hapontuotto-ominaisuuksista. Massojen kalkituksesta on ohjeistettu kappaleessa 4.2.

Rakentamisessa syntyvä leikattava maa-aines kuljetetaan mielellään suoraan läjityspaikalle kalkittavaksi ilman välivarastointia.

Lähteet

Autiola, M., Suonperä, E., Suvanto, S., Napari, M., Nylund, M., Kupiainen, V., Vienonen, S., Forsman, J., Suikkanen, T., Auri, J., Boman, A., Mattbäck, S. Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin. Opas happamien sulfaattimaiden huomioimiseen ja vaikutusten hallintaan. Ympäristöministeriön julkaisuja 2022:3.

Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A. ja Ihme, R. 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 43/2021. Helsinki.

Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, 2015. Kaivetut maa-ainekset – jäteluonne ja käsittely. Muistio 3.7.2015

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku- tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS3										
+3.06	0.8-1	Si	6.6		70.5	6.7				
näytteenotto	1-2	KaSi	6.6	0.033	70.1	2.1	3.96			
8.6.2021	2-2,5	Sa	6.8	1.4	67.3	2.7	3.96	2.6	31.3	26.2
	2,6-3	Si	6.9	0.68	64.7	3.4	3.09			
	3-4	Si	7.0	0.25	62.9	2.3	3.73	3.3	5.6	2.9
	4,5-5	Sa	7.2	0.069	72.8	2.7	5.75			
	5-6	Sa	7.5				6.3			
	6-7	Sa	7.5	0.079	77.2	1.9	7.43			

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku- tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS4										
+2.74	0,5-1	Sa	6.8		80.2	<0.2				
näytteenotto	1-2	KaSi	6.7	0.037	69.6	1.9	3.63			
8.6.2021	2-2,3	Si	6.7		59.6	0.9				
	2,3-3	Hhk/siHk	6.6	1.1	72	2.9	2.41	2.7	23	18.4
	3-4	Sa	6.9	1.5	65.5	4.2	2.47	2.6	37.4	29.2
	4-5	Sa	7.0	0.74			2.68	3	12.7	7.8
	5-6	Sa	7.1	0.14	65.4	3.1	3.23			
	6-7	Sa	7.1							
	7-7,5	Sa	7.0	0.072	78.6	1.9	6.77			

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku- tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS5										
+1.82	0.5-1	Sa	6.9	0.041	29.9	2.5	4.56			
8.6.2021	1-2	Sa	6.8	0.11	70.6	3.7	4.04	5.1	1.4	0

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS11	1-1.5	Hk	4.9	0.042	80.9	3.6	4.87			
+1.27	1.5-2	Sa/Hk	5.1		87.1	0.5				
näytteenotto	2-2.7	Sa/Hk	7.1	0.18	80.9	1.5	3.17			
18.6.2021	3-4	SaSi	6.7	0.33	79.5	1.4	6.22	3.9	1.8	0.5
	4-5	Sa	6.7	0.064	81.3	1.4	7.28			
	5-6	Sa	6.6		76.9	puuttuu				
	6-7	Sa	6.8	0.09	78.2	1.3	7.11			

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS12	1-1.5	SaSi	7.3		74.1	1				
+1.23	1.5-2	SaSi	7.7	0.19	74.3	1.3	2.85	4.1	2.1	0.3
näytteenotto	2-2.6	SaSi	6.5		72.6	1.4				
18.6.2021	2.6-3	KaSi	7.4	0.23	70.8	1.6	3.03	4.6	1.4	0
	3-4	Sa	7.2		78.4	1.2				
	4-5	Sa	8.2	0.049	80.9	1.1	7.72			
	5-6	KaSi	7.8		81.7	0.8				
	6-7	KaSi	7.7	0.042	81.5	1	7.24			

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS16	0-1	SiHk	4.2	0.013	87.4	0.6	3.67			
+2.42	1-2	SaSi	6.8		79.7	1.4				
18.6.2021	2-3	SaSi	7.3	0.017	83.7	0.3	6.44			

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS18	1-1.5	Hk	5.9							
+5.76	1.5-2	Sa	5.8	0.2	73.9	3.1	4.17	3	14.5	8.9
näytteenotto	2-3	Sa	6.1							

18.6.2021	3-3.5	Sa	6.7	0.2	62.4	2.7	3.9	5.4	0.7	0
	3.5-4	Sa	6.7							
	4-5	Sa	6.9	0.068	73.6	2	4.85			
	5-6	kaSi	7.3							

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS19	1-1.5	Tv	6.5		72	3.2				
+5.42	1.5-2	Sa	6.7	0.67	73.4	3.2	1.85	3	12.7	7.6
näytteenotto	2-2.5	Sa	6.6							
18.6.2021	2.5-3	SaSi	6.9	1	64.6	3.9	2.6	2.9	21.8	14.9
	3-3.5	Sa	7.3		57.6	3.1				
	3.5-4	Sa	7.3	0.25	59.6	2.9	3.34			
	4-5	Sa	7.0							

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	S tot m-%	vesipi-toisuus	hehku-tushäviö	inkuboitu-pH	NAG-pH	NAG (pH 7)	NAG (pH 4.5)
TS20	1.5-2	Sa/Tv/Hk	6.3							
+6.24	2-3	Tv	6.5		73.6					
näytteenotto	3-3.5	Sa	6.6	0.58	63.4	3	2.78	2.9	13.4	8.4
18.6.2021	3.5-4	SaSi	6.3	0.2	62	3.3	4.31	4.2	3.4	0.3
	4-4.5	Sa	6.7							