



Perttu Järvinen

Kiintoaineen tarkastelu Raide-Joke- rin kaivantovesissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

4.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Perttu Järvinen
Otsikko: Kiintoaineen tarkastelu Raide-Jokerin kaivantovesissä
Sivumäärä: 35 sivua + 3 liitettä
Aika: 4.5.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine: Ympäristötekniikka
Ohjaajat: Ryhmäpäällikkö Oona Virta
Lehtori Kaj Lindedahl

Insinöörityö on suoritettu Ramboll Finland Oy:ssä, ja työn on tilannut Helsingin kaupunki. Työssä on tarkasteltu Helsingin alueella suoritettavan Raide-Jokerin työmaan työmaavesiä, tarkemmin sanottuna työmaavesistä on tarkasteltu kiintoainepitoisuuksia. Uudessa pääkaupunkiseudun yhteisessä työmaavesiohjeessa tullaan kiinnittämään huomiota kiintoaineen sallittuihin pitoisuuksiin entistä tarkemmin.

Työn tarkoituksena oli löytää syitä siihen, miksi kiintoainepitoisuuden ylityksiä (>300 mg/l) on esiintynyt Raide-Jokerin työmaavesissä huomattavan paljon. Syiden löytämiseksi on ymmärrettävä, mitkä asiat voivat vaikuttaa siihen, että työmaaveden kiintoainepitoisuus ylittää sallitun raja-arvon. Näitä asioita ovat muun muassa työmaan toiminta kaivantoveden pumppauksen aikana, pumppaus- ja laskeutusjärjestelyt, alueen maaperä ja sadanta. Tavoitteena oli saada selvitettyä ja dokumentoitua näiden asioiden vaikutuksia työmaaveden laatuun ja kiintoainepitoisuuksiin. Muut haitta-aineet, kuten metallit, PAH-yhdisteet ja öljyt, jätettiin tarkastelematta.

Selvityksessä tutkittiin urakoitsijan (YIT) laatimia työmaapäiväkirjoja, Rambollin työmaavesien koontitaulukkoa, näytteenottajien huomiota, sademääriä, aikaisempia raportteja Raide-Jokerin työmaalta sekä alueen maaperää. Näiden osien avulla voitiin muodostaa kuvaa siitä, miksi kiintoaineylityksiä on syntynyt.

Työssä löydettiin kohtalainen näkemys siitä, mitkä asiat ovat vaikuttaneet raja-arvojen ylityksiin. Yksiselitteistä näkemystä ei voitu työssä määrittää, sillä vesien laatuun vaikuttaa moni asia. Työmaan toiminnasta kaivu ja paalutus sekä vaihtelevat pumppaus- ja laskeutusjärjestelyt aiheuttivat eniten ongelmia kiintoainepitoisuuksien pitämiseen sallituissa rajoissa. Myös alueen maaperällä ja laskeutuksella on vaikutusta veden kiintoainepitoisuuksiin.

Avainsanat: kaivantovesi, työmaavesi, kiintoaine, laskeutus, pumppaus, kiintoainepitoisuus, työmaavesiohje

Abstract

Author: Perttu Järvinen
Title: Examination of Solid Matter in Jokeri Light Rail Excavation Water
Number of Pages: 35 pages + 3 appendices
Date: 4 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Energy and Environmental Technology
Professional Major: Environmental Technology
Supervisors: Oona Virta, Team Leader
Kaj Lindedahl, Principal Lecturer

This bachelor's thesis was conducted for Ramboll Finland Oy and the City of Helsinki has been a client for this work. Jokeri Light Rail line has been in the works for over three years and Ramboll has been a supervisory consultant for the construction site waters. Suspended solids of site water have been reviewed continuously during the construction work. Helsinki, Vantaa, Espoo and Kauniainen are planning a new site water instruction and the suspended solids will be one of the main factors to be reviewed.

The purpose of the thesis was to find reasons for the high concentration of the suspended solids in water samples of site water. To understand the reasons, there are a large number of factors that could affect the solid concentrations. Some of the main factors are the work done on site, pumping and settling arrangements, the soil of the area and precipitation. The main goal was to find the reasons and be able to document their effects on the quality of the site water. Toxic substances such as metals, oils, and PAH compounds (polycyclic aromatic hydrocarbons) were not surveyed during this thesis work.

Construction site journals of the contractor (YIT), site water summary table maintained by Ramboll, observations of samplers, precipitation, and previous reports were analyzed to obtain a general view of every factor that could affect the site water quality. These factors helped to explain the high suspended solid concentrations.

The outcome of the thesis was a moderate overall view of which factors have affected to the high suspended solid concentrations. An unambiguous understanding of the conclusion could not be obtained because of the number of possible factors that affect water quality. However, it could be stated that excavation and pile-driving were the main site operations that cause problems. Pumping and settling arrangements are also seemed to affect the site's water quality. The soil of the area could not be excluded when considering the reasons.

Keywords: Site water, suspended solids, settling, solid concentration, site water instruction

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Määritelmiä	2
2.1	Työmaa	2
2.2	Hulevesi, työmaavesi ja kaivantovesi	2
2.2.1	Työmaavesien hallinnan ohjeistus	3
2.2.2	Työmaavesien hallinnan haasteet	3
2.2.3	Hallintasuunnitelma ja sen tavoitteet	4
2.3	Kiintoaine	5
2.3.1	Selkeytys	6
2.3.2	Stokesin laki	7
2.3.3	Maalajin vaikutus kiintoaineen erotteluun vedestä	8
2.4	Sadanta	10
3	Raide-Jokeri	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Raide-Jokerin työmaavesiselvitys	13
3.2.1	Prosessin kuvaus	14
3.2.2	Kaivantovesien laatuvaatimuksia	16
4	Työnaikaiset näytteenotot ja analyysituloksien tarkastelu	17
4.1	Työmaalohko 3	20
4.2	Työmaalohko 4	21
4.3	Työmaalohko 5	22
4.4	Varikko	23
5	Työmaapäiväkirjat	23
6	Tulokset ja niiden tarkastelu	25
6.1	Työmaalohko 3	26
6.2	Työmaalohko 4	28
6.3	Työmaalohko 5 ja varikko	29
7	Johtopäätökset ja pohdinta	31

8	Yhteenveto	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1: Pirkkolantien hallintasuunnitelma	
	Liite 2: Työmaavesipisteet	
	Liite 3: Työmaapäiväkirja	

Lyhenteet

HSY: Helsingin seudun ympäristöpalvelut

PAH-yhdisteet: Polysykliset aromaattiset hiilivedyt

PIMA: Pilaantuneet maat

Ympa: Helsingin kaupunkiympäristön toimialan ympäristöpal-
velu

1 Johdanto

Tällä hetkellä Helsingin kaupungin käytössä oleva työmaavesiohje on julkaistu vuoden 2013 keväällä. Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen ovat suunnittelemassa uutta yhteistä työmaavesiohjetta pääkaupunkiseudulle yhdessä Helsingin seudun ympäristöpalveluiden HSY:n kanssa. Työmaavesiohjeen on tarkoitus valmistua keväällä 2023. Työmaat ovat suuria pistemäisiä kuormittajia vesistöihin varsinkin kasvavalla ja tiivistyvällä pääkaupunkiseudulla. Erityisesti kiintoainekuormitus on työmailla suurta ilman asianmukaisia järjestelyitä, eikä kiintoaineelle ole tällä hetkellä lakiin perustuvaa raja-arvoa. Uuden työmaavesiohjeen tarkoitus on vahvistaa toimintatapoja ja helpottaa urakoitsijoita työn aikana. Työmaavesiohjeesta kävisi ilmi työmaavesien hallinnan tavoite, oikeat toimintatavat, hallintasuunnitelma, työmaavesien tarkkailu, sallitut raja-arvot sekä laiminlyönneistä aiheutuvia haitat. [1, s. 2–10.]

Etenkin kiintoaineelle on pohdittu tämänhetkiseen verrattuna huomattavasti tiukempia raja-arvoja, mikä vaikuttaisi selvästi työmaiden toimintaan työmaavesien käsittelyä huomioidessa. Kiintoaineen raja-arvo useilla työmailla on 300 mg/l, ja tämän hetken arvioiden mukaan jatkossa se tulisi olemaan 100 mg/l ja herkkien vesistöjen lähellä 30 mg/l. [1, s. 7.] Kiintoaineesta voi olla haittaa esimerkiksi kaupunkipurojen taimenien kudulle ja poikasille. Muutos tulisi olemaan suuri, mikä on luonnon ja ympäristön kannalta haluttu ratkaisu, mutta saattaa ainakin aluksi tuottaa haasteita työmaille. Esimerkiksi Raide-Jokerin vesinäytetuloksia analysoidessa huomataan, että noin 50 prosenttia kaikista näytteistä ylittää 30 mg/l. Yli 100 mg/l ylittyy noin 25 prosentissa näytteistä. Kaikkien näytteiden kiintoaineen keskiarvo on 162 mg/l. Tarkempaa tietoa Raide-Jokerin työmaavesituloksista esitellään myöhemmin tässä työssä.

Tämä opinnäytetyö suoritettiin Ramboll Finland Oy:ssä, ja työn tilaajana toimi Helsingin kaupunki. Ramboll on ollut mukana alusta asti Raide-Jokerin suunnittelu- ja ympäristöasioissa. Helsingin kaupungilta yhteyshenkilönä toimi Susanna

Hantula ja Kaupunkiliikenne Oy:ltä Niina Salojärvi. Ohjaajina työssä toimivat Rambollilta ryhmäpäällikkö Oona Virta ja Metropolialta lehtori Kaj Lindedahl.

2 Määritelmiä

2.1 Työmaa

Työmaalla tarkoitetaan aluetta, jolla harjoitetaan yhtä tai useampaa seuraavista: kaivetaan maata, porataan tai louhitaan kiviainesta tai kunnostetaan rakennusten julkisivuja tai muita ulkopintoja [2, s. 3; 3]. Tämänkaltaisia työmaita ovat esimerkiksi maanrakennustyömaat, joissa maata kaivetaan ennen rakennusten tai viheralueiden rakentamista. Työmaa voi olla myös louhintatyömaa, jossa ennen maanalaisten tilojen, esimerkiksi tunnelin tai kellarin, rakentamista louhitaan kallioperää tai suuria kiviä. Työmaaksi luokitellaan myös pilaantuneiden maiden työmaa, julkisivutyömaa, katutyömaa ja energiakaivutyömaa. Työmailla muodostuu vesiä ja lietettä, joita on johdettava pois alueelta, ja näitä kutsutaan työmaavesiksi. [2, s. 3; 4, s. 2.]

2.2 Hulevesi, työmaavesi ja kaivantovesi

Hulevedellä tarkoitetaan sade- ja sulamisvettä sekä rakennusten perustusten kuivatusvesiä [5]. Rakennetussa ympäristössä hulevettä syntyy sateiden ja lumien sulamisen seurauksena. Hulevesi virtaa erilaisilla pinnoilla, esimerkiksi maan pinnalla, rakennusten kattoja ja muita pintoja pitkin. Yleisesti hulevedet johdetaan maanpinnalta hulevesiviemäriin tai avo-ojiin, joista ne lopulta päätyvät vesistöihin, mereen tai pienempiin puroihin, jokiin tai järviin. Hulevesiä ei johdeta eikä saa johtaa jätevesiviemäriin. Hulevesille on omat hulevesirakenteet, viemäriverkosto ja avo-ojat, joita tarvitaan, ettei vesistä aiheutuisi infrastruktuurille, ihmisille ja luonnolle haittaa. [5.]

Työmaavedellä tarkoitetaan työmaa-alueilla muodostuvia vesiä ja lietteitä. Työmaavesiksi ei lasketa sosiaali- ja saniteettitiloissa syntyviä talousvesiä. Työmaavesi voi olla esimerkiksi hulevettä, kaivantovettä tai pohjavettä. [2, s. 3.]

Kaivantoihin keräytyy usein vettä, kun maata tai kiviainesta kaivetaan tai louhitetaan. Kaivantoon vettä muodostuu satavasta sadevedestä, pintavaluntana eli hulevetenä, suotautuvasta pohja- ja/tai orsivedestä sekä erilaisissa työmenetelmissä, ja tätä syntyvää vettä kutsutaan yleisesti kaivantovedeksi. [2, s. 3.]

2.2.1 Työmaavesien hallinnan ohjeistus

Rakentaminen usein edellyttää kaivantovesien poispumppaamisen tai poisjohtamisen muulla tapaa. Jotta suuremmilta haitoilta voidaan välttyä, vesien poisjohtaminen ja niiden mahdollinen käsittely on ennalta suunniteltava osana muuta rakentamisen suunnittelua. Työmailla kaivantovesien pumppaus täytyy usein aloittaa nopealla aikataululla, sillä kaivantojen sortumisvaara kasvaa, kun kaivantoon tulee vettä. Veden kertyminen on myös turvallisuusriski alueella työskenteleville sekä sivullisille, esimerkiksi kevyelle liikenteelle. Kovat sateet tai korkea pohjaveden pinta voivat olla yllättäviä syitä, jolloin kaivantoon tulee normaalia enemmän vettä. [2, s. 3.]

Pumppaustarpeen esiintyessä voidaan vesi pumpata esimerkiksi laskeutusaltaaseen, josta otetaan näyte analysoitavaksi. Analyysin valmistuttua saadaan tietää muun muassa veden kiintoainepitoisuus, pH ja muut tutkitut haitta-ainepitoisuudet. Kun tiedetään veden laatu, työmaalle voidaan antaa ohjeistus veden poispumppaamisesta. Työmaiden on poikkeustilanteissa aloitettava pumppaus jo ennen tutkimustuloksien valmistumista, sillä vettä voi olla kaivannossa hyvin paljon. Asennettavien laskeutusaltaiden kapasiteetti saattaa olla huomattavasti pienempi kuin kaivantoon syntyvän veden tilavuus, jolloin vesi on johdettava eteenpäin. Tämä on yksi syy, miksi työmaavesien kanssa aiheutuu ajoittain ongelmia. [6.]

2.2.2 Työmaavesien hallinnan haasteet

Haasteita työmaavesien hallinnassa riittää. Kokonaisen työmaan työmaavesien hallinta on todella suuri kokonaisuus, johon liittyy monia eri osa-alueita. Kysymys ei ole vain vesien pumppauksesta ja puhdistamisesta, vaan myös työmaan

vaiheistus ja toiminta vaikuttavat olennaisesti vesien hallintaan. Työmaan piste-
mäinen kuormitus hulevesiin on huomattavasti suurempi kuin jo olemassa ole-
van rakennetun alueen. Työmaavesien hallintaan liittyy erilaisia kokonaisuuksia:

- työmaan vaiheistus ja kasvillisuuden säilyttäminen
- työmaan siisteydestä huolehtiminen ja läjitysten hallinta
- virtausreittien ja työmaateiden suunnittelu
- eroosion hallinta
- puhtaiden vesien erottaminen työmaavesistä
- kaivantojen kuivana pito
- pesuvesien hallinta
- likaisten työmaavesien puhdistus. [7.]

Näille kaikille voitaisiin esittää toimintatapoja ja ratkaisuja työmaan suunnitte-
lussa ja vesien hallintasuunnitelmassa. Ennen työmaan alkua voidaan jo monin
tavoin varautua ja ehkäistä haasteita selvittämällä ratkaisuja ja toimintatapoja
haasteiden ehkäisemiseksi. [7.]

2.2.3 Hallintasuunnitelma ja sen tavoitteet

Työmaavesien hallintasuunnitelmat olisi hyvä laatia jo hyvissä ajoin osana
hankkeen suunnittelua. Myös hallintarakenteet olisi tärkeää toteuttaa ennen työ-
maan alkamisajankohtaa. Yksityisten urakoiden osalta työmaavesisuunnitelman
laadinta voitaisiin sijoittaa rakennuslupavaiheen yhteyteen, ja puolestaan kau-
punkien omissa projekteissa hallintasuunnitelman laadinta toteutettaisiin raken-
nussuunnittelun kanssa yhdessä. Näissä tapauksissa urakoitsija on kuitenkin
kokonaisvastuussa työmaavesisuunnitelmasta sekä sen toteutuksesta ja seu-
rannasta. Usein vesien puhdistusmenetelmät, esimerkiksi laskeutus, suodatus
tai imeytys, ovat tiedossa, mutta suurimpia haasteita on sen vakiinnuttaminen
työmaan toimintatapoihin. Kokonaisvaltainen toiminta työmaavesisuunnitelman
läpiviemiseksi on haaste, ja siksi olisi tärkeää, että jokainen työmaalla toimiva
olisi sisäistänyt asian tärkeyden. [7.]

Tavoitteena hallintasuunnitelmille on myös selkeyttää kokonaisuuksien hallintaa sekä laatia raamit sille, miten toimitaan erilaisissa ja vaihtuvissa tilanteissa. Hallintasuunnitelmassa voisi olla läpikäytynä seuraavat aihealueet:

- kohteen erityispiirteiden ja asemakaavan tavoitteiden tunnistaminen
- vesien virtausreittien hallinta
- vesien hallinta- ja puhdistusmenetelmien suunnittelu
- luvituksen selvitys ja haku
- kunnossapidon suunnittelu, aikataulu ja vastuuhenkilöt
- vesinäytteenoton suunnittelu
- toiminta häiriötilanteessa. [7.]

Tämän lisäksi aihealueiden alla voisi olla tarkentavia kysymyksiä esimerkiksi siitä, voitaisiinko vesien muodostumista työmaalla ehkäistä. Voitaisiin myös tehdä selvitys siitä, onko asemakaavassa laadittu erityislaatuisia vaatimuksia työmaavesien hallinnalle. [7.]

2.3 Kiintoaine

Kiintoaine on vedessä olevaa hiukkasmaista kiinteää ainetta, esimerkiksi hiekkaa, joka aiheuttaa muun muassa veden sameutumista. Kiinteään ainekseen voi sitoutua erilaisia haitta-aineita. [3.] Kiintoaine on yksi työmaavesien haitallisista ominaisuuksista. Kiintoainetta kulkeutuu vesiin esimerkiksi eroosion johdosta. Vesien haitalliset ominaisuudet voivat olla haitaksi esimerkiksi purkuvesistön laadulle, sen eliöstölle ja kasvillisuudelle, kaivoille, pumppaamoille, viemäreille ja muulle ympäristölle ja sen rakenteille, kuten pihuille ja puistoille. Vaikutukset voivat olla laajat pitkällä aikavälillä, ja siksi siihen täytyy kiinnittää huomiota. [2, s. 3; 3; 4.]

Veden sameuden avulla voidaan usein arvioida, onko vedessä vähän vai paljon kiintoainetta, vaikka sameus ei suoranaisesti kerro kiintoainemäärästä. Kiintoainekuormituksesta johtuva vesistöjen sameutuminen heikentää valon läpäisykykyä ja tämä on ongelmana vedenalaisille kasveille. Sameutuminen myös

heikentää näkyvyyttä ja aiheuttaa saalistaville eliöille ongelmia, ja pidemmällä aikavälillä tämä voi vaikuttaa kokonaiseen ravintoketjuun vesistöissä. Veden kiintoaineeseen sitoutuneet muut haitta-aineet, kuten fosfori ja typpi, edistävät vesistöissä muun muassa rehevöitymistä, joka vaivaa etenkin matalia ja herkkiä vesistöjä. [8; 9.]

Esimerkiksi näiden edellä mainittujen syiden takia työmaille on laadittu ohjeellisia raja-arvoja työmaavesien haitta-ainepitoisuuksille. Kiintoaineen ohjeellinen raja-arvo on <300 mg/l, kun vesi puretaan suoraan tai hulevesiviemärin kautta vesistöön, ojiin tai maaperään. Työmaavesiä ja varsinkin kaivantovesiä on lähes aina käsiteltävä, jotta kiintoainepitoisuudet alittavat sallitun rajan. Yleisin työmaavesien käsittelymenetelmä on sen laskeuttaminen altaissa, joissa vettä viivytetään niin, että kiintoaine laskeutuu altaan pohjalle ja erottuu pumpattavasta vedestä. Muita yleisiä tapoja ovat hiekanerotus ja hiekka- tai kangassuodatus. Yhdistelemällä erilaisia menetelmiä saadaan usein paras lopputulos. Menetelmien yhdisteleminen vaatii usein työmailta panostusta ja resursseja, jotka voi olla haastava järjestää, kun työmailloilla aikataulut ovat usein tiukkoja. [2, s. 3–4.]

2.3.1 Selkeytys

Selkeytyksellä tarkoitetaan vedessä olevan kiintoaineiden tai nestemäisen partikkelin poistamista painovoimaa tai keskipakovoimaa hyväksi käyttäen. Poistettavien hiukkasten koko vaihtelee silmin havaittavasta lähelle kolloidihiuksien kokoa. Selkeyttämällä erotettavat hiukkaset voivat olla joko vedessä luonnostaan esiintyviä (viemäriveresi) tai veden aikaisemmissa käsittelyvaiheissa kemiallisin tai biologisin menetelmin aikaansaatuja. [10, s. 77; 11.]

Painovoiman vaikutuksesta veden raskaammat hiukkaset laskeutuvat käsittelyaltaan pohjaan, mikä on ollut ja on edelleen yleisin ja tavallisin tapa selkeyttää niin jätevesiä kuin työmaavesiäkin. Tätä prosessia kutsutaan laskeutukseksi, ja sitä käytetään laajalti erilaisissa puhdistus- ja käsittelymenetelmissä, kuten hiekanerotuksessa, esilaskeutuksessa ja aktiivilieteprosessissa syntyneiden biologisten sekä saostuksessa syntyneiden kemiallisten flokkien poistossa.

Laskeutuksen ensisijaisena tavoitteena on poistaa kiintoaineet vedestä niin, että se on riittävän puhdasta johdettavaksi eteenpäin. Lietteiden käsittelyssä laskeutuksen tarkoituksena on tiivistää liete jatkokäsittelyä varten. Vaikka flotaatio on myös yksi selkeytysmenetelmistä, sitä käytetään lähinnä jätevesien puhdistuksessa. Yhteistä kaikille selkeytysmenetelmille on painovoiman hyödyntäminen kiintoaineen erottamiseksi. [10, s. 77.]

Vettä raskaammat kiinteät hiukkaset laskeutuvat vedessä ensiksi kiihtyvällä nopeudella, kunnes veden aiheuttama virtausvastus on hiukkasen painon suuruinen, minkä jälkeen laskeutumisenopeus on tasainen. Tasaisen nopeuden määräävät hiukkasen tiheys, koko ja muoto sekä veden tiheys ja viskositeetti. Laskeutuksen tehokkuus riippuu hiukkasten laskeutumisenopeudesta ja on siten riippuvainen veden viskositeetista ja viime kädessä lämpötilasta. [10, s. 77–78.]

2.3.2 Stokesin laki

Irlantilainen matemaatikko George Gabriel Stokes tutki elämässään paljon nesteen ominaisuuksia. Hänen merkittävimpiä saavutuksiaan oli saada kuvattua pallon muotoisen kappaleen liikettä väliaineessa, eli nesteessä tai kaasussa. Tästä syntyi Stokesin laki, joka kuvaa tarvittavaa voimaa, jolla partikkeli liikkuu väliaineessa tietyllä nopeudella:

$$F = 6\pi\mu vd. \quad [12, s. 2.] \quad (1)$$

Tästä kaavasta saadaan myös johdettua tarvittava kaava nopeudelle v , jolla partikkelit liikkuvat väliaineessa, mikä on tärkeä tieto, kun pohditaan kiintoaineen käyttäytymistä esimerkiksi työmaavedessä. Hiukkasen laskeutumisenopeus:

$$v = \frac{gd^2(p_p - p_f)}{18\mu}. \quad [10, s. 80.] \quad (2)$$

Näissä kaavoissa g kuvaa putoamiskiihtyvyyttä, d partikkelin halkaisijaa, p_p partikkelin tiheyttä, p_f väliaineen tiheyttä ja μ viskositeettia. Tästä kaavasta voidaan

huomata, että partikkelin halkaisijalla d on huomattava merkitys nopeuteen, jolla partikkeli liikkuu. Tämä edelleen taas vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti tietyt maalajit laskeutuvat altaissa, joissa työmaavesiä käsitellään. [10, s. 80.] Tällaisenaan Stokesin kaava ei ole suoranaisesti käyttökelpoinen, mutta sen avulla saadaan todistettua, että hiukkasen suuruudella sekä veden ja hiukkasen tiheyden erolla on merkitystä laskeutumisenopeuteen ja -aikaan. Täytyy muistaa, että harvoin kiintoaines on vedessä sellaisena, että sen avulla voitaisiin kuvata yksittäisen partikkelin arvoja suuruus, muoto tai tiheys. [10, s. 81.]

2.3.3 Maalajin vaikutus kiintoaineen erotteluun vedestä

Kiinteän aineksen partikkelikoolla, toisin sanoen halkaisijalla, on selkeä yhteys maaperän ominaisuuksiin. Luonnolliset maalajit ovat poikkeuksetta sekoitus useita maalajeja, joten todellisuudessa on hyvin vaikea löytää maaperää, jossa kaikki partikkelit olisivat samansuuruisia. Määritelmän mukaan savi sisältää halkaisijaltaan alle 0,002 mm:n kokoisia partikkeleita. Toisaalta hiekan partikkelikoon määritelmäväli maamekaniikassa on 0,2–2,0 mm. Kuten kuvasta 1 huomataan, rakennustekninen ja geotekninen maalajiluokitus eroavat hieman toisistaan. Eroavaisuuksia löytyy sekä nimeämistavoissa sekä läpimitan määritelmässä. [13, s. 5.]

Geotekninen maalajiluokitus	Rakeiden läpimitta (mm)	Rakennustekninen maalajiluokitus
Savi	< 0,002	Savi
Siltti	0,002-0,02	Hiesu
	0,02-0,06	Hieta
Hiekka	0,06-0,2	
	0,2-2	Hiekka
Sora	2-20	Sora
	20-60	Kivet
Kivet	60-200	Lohkareet
Lohkareet	> 600	

Kuva 1. Maalajien rakeisuus geoteknisessä ja rakennusteknisessä maalajiluokituksessa [14, s. 12].

Maalajien partikkelikoko vaihtelee siis huomattavasti, ja yli 0,1 mm partikkelit pystytään vielä mekaanisesti erottaa nesteestä, mutta sitä pienemmät

tarvitsevat muita määrittelytapoja. Hydrometri, joka mittaa partikkelien liikeno-
peutta ajan funktiona, on yksi mittausmenetelmä pienille partikkeleille. Hydro-
metrillä voidaan todeta, että pienet partikkelit liikkuvat nesteessä hitaammin
kuin suuremmat. [13, s. 5.]

Maalajien tiheydellä kuvataan maan kiinteän osan eli mineraalikoostumuksen
tiheyttä, eikä siinä huomioida ilma- ja vesirakojen tilavuutta mukaan. Mineraali-
koostumuksissa esiintyy pientä vaihtelua, ja tämän takia tiheydet eroavat toisis-
taan hieman. Suomessa esiintyvien kitkamaalajien tiheydet ovat lähes vakiot,
eivätkä ne maalajista riippumatta juurikaan vaihtele. Taulukossa 1 on esitelty ti-
heyksiä. [13, s. 7.]

Taulukko 1. Eri maalajien tiheyksiä [13, s. 7].

Maalaji	Tiheys (kg/dm³)
Hiekka	2,7
Hiesu	2,7
Savi	2,7
Humuspitoinen hiesu	2,3
Lieju	2,2–2,6
Turve	0,8–2,2

Kun tiheys on lähellä vakiota maalajista riippumatta, voidaan todeta, että maala-
jien välisellä tiheyden vaihtelulla ei ole merkittävää vaikutusta kiintoaineen las-
keutumiseen nesteessä. Tiheys tarvitaan kuitenkin Stokesin lain hyödyntämi-
seen, mutta suoranaisesti maalajin tiheydellä ei ole suurta vaikutusta yhtälön
lopputulokseen. Tärkeimmät parametrit ja arvot partikkelin nopeuden selvittä-
miseksi ovat kiinteän aineksen partikkelikoko sekä väliaineen viskositeetti, joka
kuvaa nesteen sekä myös kaasun, kykyä vastustaa virtaamista. [10, s. 79.] Vis-
kositeetti on siis toisin sanoen nesteen virtausvastus [15]. Kuvassa 2 on esitetty

pallonmuotoisille erikokoisille hiukkasille laskeutumisnopeudet ja laskeutumisajat liikkumattomassa vedessä.

	d mm	v cm/s	Laskeutumisaika
Sora	10,0	100,0	1,0 s
Karkea hiekka	1,0	10,0	10,0 s
Hieno hiekka	0,1	0,8	2 min 5 s
Hieta	0,01	0,0154	1 h 48 min
Savi	0,001	0,00000154	2 v 20 d

Kuva 2. Pallonmuotoisen kivennäishiukkasten (tiheys 2,65) laskeutumisnopeus liikkumattomassa vedessä $t = 10\text{ °C}$ [10, s. 79].

Kuvan avulla voidaan siis todeta, että pienimmät partikkelikoot aiheuttavat eniten ongelmia kiintoaineen erottelussa, koska niiden laskeutukseen vaadittava aika voi olla todella pitkä. Partikkelikoon perusteella savi ja siltti ovat maalajeista ongelmallisimpia tässä suhteessa. Kuvasta on myös tärkeä huomata, että kyseessä on liikkumattoman veden ja pallonmuotoisen hiukkasen tilanne. Luonnossa kyseistä tilannetta harvoin esiintyy. Vaikka työmaiden vesien pumppaus olisi rauhallista, vesi on siltti hieman liikkeessä tulevan ja lähtevän pumppauksen johdosta. Silloin myös kyseiset laskeutumisnopeudet ja -ajat muuttuvat.

2.4 Sadanta

Koska sade aiheuttaa eroosiota ja yksi syy kiintoaineen irtoamiseen ja kulkeutumiseen vesistöihin on eroosio, on sadantaa myös tärkeä tarkastella, kun pohditaan kiintoaineen määrää tutkittavassa vedessä. Sadanta eli sademäärä kertoo tietyssä ajassa sateena maahan pudonnutta vettä eri olomuodoissa. Nämä olomuodot voivat olla vesi, lumi, räntä tai rae. Sademäärää mitataan usein yhden, kuuden, kahdentoista tai kahdenkymmenen tunnin välein. Sadanta ilmoitetaan aina millimetreinä ja yhden millimetrin sademäärä tarkoittaa sitä, että yhden neliömetrin alueelle on satanut litra vettä, mikä vastaa millimetrin paksuista kerrosta. [16; 17.] Tämä voidaan havainnollistaa laskemalla:

$$V = 1\text{ L} = 1\text{ dm}^3 = 0,001\text{ m}^3$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$S = V/A$$

$$S = 0,001 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ m} = 1 \text{ mm}$$

$$S = 1 \text{ mm.}$$

Kaavassa V kuvaa tilavuutta, A pinta-alaa ja S sadantaa.

3 Raide-Jokeri

3.1 Yleistä

Raide-Jokeri on Itäkeskuksen ja Keilaniemen välille rakennettava pikaraitiotie. Raitiovaunun reitti kulkee itäisestä Helsingistä Viikin, Oulunkylän, Pitäjänmäen ja Leppävaaran kautta Espoon Keilaniemeen. Urakoitsijoina tässä projektissa toimii YIT Suomi Oy ja NRC Group Finland OY. Lopullisen radan pituus on noin 25 kilometriä, joista noin 16 kilometriä sijoittuu Helsingin alueelle ja noin 9 kilometriä Espoon puolelle. Raitiolinja tulee korvaamaan pääkaupunkiseudun vilkkaimmin liikennöidyn linja-autolinjan, runkolinjan numero 550. [18, s. 2; 19.] Nykyisen linja-autolinjan kuljetuskapasiteetin on arvioitu jäävän kaupunkikasvun ja matkustajamäärän kasvun jalkoihin, eikä se pystyisi enää tulevaisuudessa vastaamaan julkisen liikenteen lisääntyvään käyttöön. Matkustajamäärän on arvioitu kaksinkertaistuvan tällä linjalla vuodesta 2015 vuoteen 2030. Yhteen pikaraitiovaunuun mahtuu yli kaksinkertainen määrä matkustajia linja-autoon verrattuna, joten Raide-Jokerin kuljetuskapasiteetti mahdollistaa matkustajille sujuvamman liikkumisen tulevaisuudessa. [18, s. 2; 19.]

Kuvasta 3 nähdään, että arvioiden mukaan Raide-Jokeria hyödyntävien matkustajien lukumäärä tulee olemaan tulevaisuudessa entistä suurempi, ja juuri tähän kysyntään raitiovaunu on linja-autoon nähden toimivampi ratkaisu. Luotettavuus, sujuvuus ja viihtyvyys on myös tärkeä asia julkista liikennettä

hyödyntäville matkustajille. Tämänkin takia raitiovaunulinja on tehokkaampi vaihtoehto linja-autoon verrattuna. [20.]

LUOTETTAVUUTTA JA LISÄÄ KAPASITEETTIA

- Runkolinjalla 550 tehdään arkisin yli **40 000** matkaa
- Ennuste vuodelle 2030 on **90 000** matkaa arkipäivänä
- Bussien kapasiteetti ei riitä ja luottettavuus kärsii

210

henkilöä

170

henkilöäautoa

3

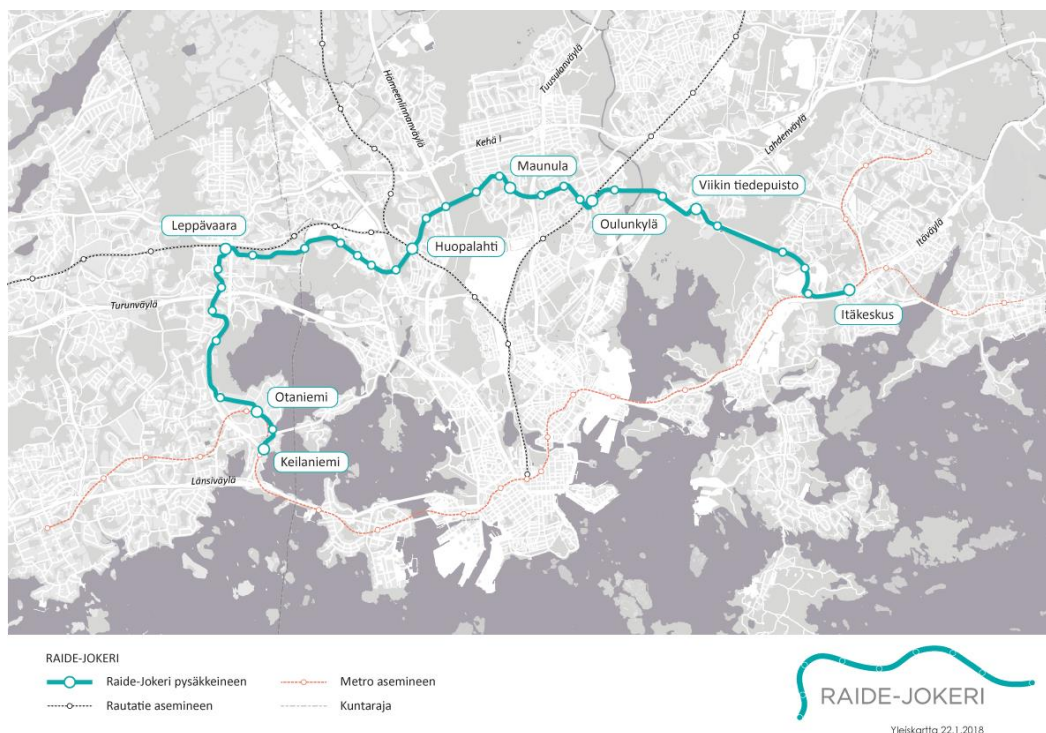
telibussia



Raide-Jokeri-vaunuun mahtuu bussiin verrattuna yli kaksinkertainen määrä matkustajia!

Kuva 3. Tietoa Raide-Jokerista sekä havainnekuva sen vaunusta [19].

Pysäkkejä on suunniteltu reitille 34 kappaletta ja raitiolinja on kaksisuuntainen sekä sijoitettu lähes koko matkalta omalle ajouralleen, jotta kulkeminen olisi mahdollisimman sujuvaa. Kuvassa 4 on esitelty raitiolinjan reitti sekä pysäkit. Jotta sujuvuus taataan koko matkalla, on risteyksissä ja risteämissä raitiovaunulla etuajo-oikeus muuhun liikenteeseen nähden. [18, s. 2; 19.]



Kuva 4. Raide-Jokerin reitti sekä sen pysäkit [21].

Raide-Jokeri vähentää huomattavasti kasvihuonepäästöjä sekä edistää ja tukee kestäviä liikkumismuotoja. Pysäkit on suunniteltu mahdollisimman hyvin asumisen, työpaikkojen ja palveluiden keskittymien läheisyyteen. Raide-Jokerilla tulee olemaan reitin varrella monta yhteyttä eri joukkoliikennelinjoihin, mikä lisää kaupungissa julkisen liikenteen verkostomaisuutta. [18, s. 2; 19; 21.]

3.2 Raide-Jokerin työmaavesiselvitys

Vuonna 2021 Raide-Jokerille laadittiin kaksi erilaista työmaavesiselvitystä. Tammikuussa 2021 laaditussa raportissa kuvataan työmaavesien pumppausprosessin käynnistämistä ja työn aikaisen prosessin kehittämistä. Toinen, kesäkuussa 2021 julkaistu, tarkasteli työmaavesien laatua ja niiden vaikutuksia purkuvesistöihin. Molemmissa raporteissa keskityttiin pima-ilmoitusalueella olevien pilaantumattomien kaivantojen tarkasteluun. HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelut) työmaavesiohjeiden mukaisesti pilaantuneiden maiden (pima) kaivantojen työmaavedet on johdettu jätevesiviemäriin. [22; 23.]

Kiintoaineen riittävä poistaminen työmaiden vedestä on ollut Raide-Jokerin sekä on yleisesti työmaiden ongelmana, kun vesiä johdetaan hulevesiviemäriin tai suoraan lähellä sijaitseviin ojiin ja puroihin. Kuitenkaan haitta-aineista johtuvaa suoraa rasiitusta lähialueen vesiin ei ole kohdistunut, sillä pilaantuneiden maiden kaivantojen vedet on johdettu luvan mukaisesti jätevesiviemäriin. Työmaa-kaivantoihin kertyvän veden määrää on yleisesti hyvin vaikea ennustaa, sillä se riippuu muun muassa pohjaveden pinnankorkeudesta, kaivantojen laajuudesta, sadannasta ja maaperän laadusta. [22.]

Vesien pumppauksen ja laadun kanssa on ollut Raide-Jokerilla ongelmia, ja niitä on saattanut syntyä usein käynnistysvaiheessa. Aloittaessa pumppaus kiintoaines lähtee helposti liikkeelle, mikä vaikuttaa myös veden laadulle ongelmia. Kaivannot on täytynyt saada nopeasti kaivujen jälkeen ja mahdollisesti jo kaivun aikana tyhjäksi, ettei kaivannon läheisyydessä ole aiheutunut työsuojeluriskiä tai tapaturmariskiä. Kaivannon sortumisvaara kasvaa sekä työmaan rakenteet saattavat vaurioitua, jos vettä seisotetaan liian kauan kaivannossa. Sen takia näissä tilanteissa käynnistys on saattanut tapahtua nopealla aikataululla eikä tarpeellisia valmisteluja ole aina tehtynä. Laskeutusallas tai -altaat ovat olleet pääasiallinen menetelmä kiintoaineen poistoon, ja menetelmä on todettu toimivaksi, kun virtaama on saatu kohdilleen. Suurissa vesimäärissä kuitenkin yhden tai useamman laskeutusaltaan tilavuus ei yksinkertaisesti ole riittänyt, joten vettä ei ole voitu viivyttää riittävää aikaa, jotta kiinteä aines ehtisi laskeutua. Tämän takia kiintoainepitoisuudet voivat olla korkeita yksittäisissä näytteissä. [22.]

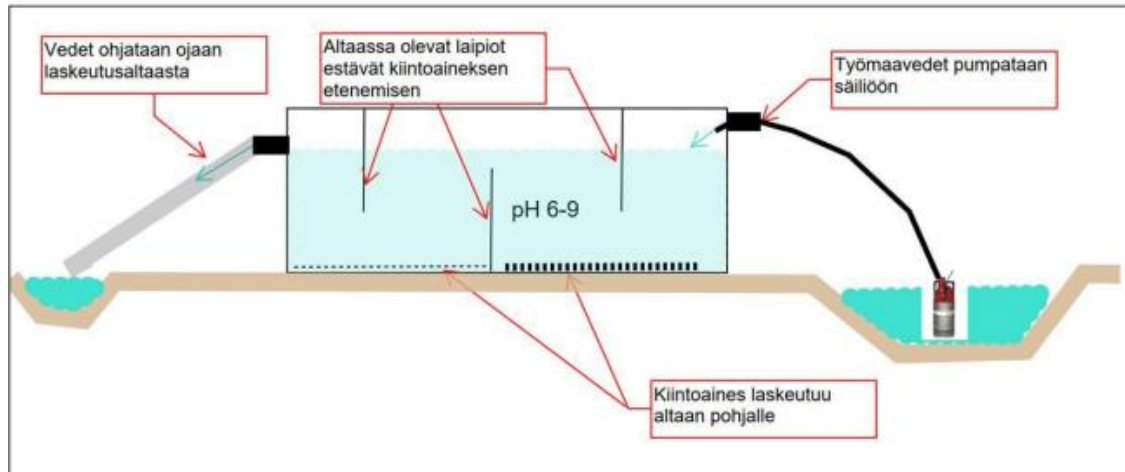
3.2.1 Prosessin kuvaus

Helsingin kaupunkiympäristön toimialan ympäristöpalveluiden Ympan kanssa Raide-Jokerilla todettiin tarve kehittää työmaavesien käsittely- ja johtamisprosessia kesken työn [22]. 5.1.2021 julkaistussa raportissa keskityttiin toimintaprosessiin kaivantovesien pumppauksen käynnistämiseen ja pumppauksen aikaiseen seurantaan liittyen. Suunnitelma käsitteli pima-ilmoitusalueella olevien pilaantumattomien kaivantojen työmaavesien pumppausten käynnistämistä ja työnaikaisten prosessien kehittämistä.

Ennakkotoimenpiteinä Raide-Jokeri aloitti työmaavesien hallintasuunnitelmien laadinnan kaikille Helsingin puolen katualueille, joihin suunnitelmaa ei ollut vielä tehty. Nämä suunnitelmat toimitettiin Ympalle ennen pumppauksien aloitusta. Tarkoituksena oli myös lisätä työmaahenkilöstön koulutusta työmaavesien hallinnasta. [22.]

Pumppauksille järjestettiin olosuhteet mahdollisimman hyvin, kun kaivantoon kertyi vettä ja huomattiin pumppaustarve. Tärkeitä toimia olivat pumpun sijoittelu, laskeutus ja oikea pumppausmäärä suhteessa altaiden kapasiteettiin. Pumput sijoiteltiin niin, että pumpu ei ole vain levännyt kaivannon pohjalla. Pumppu on voitu esimerkiksi ympäröidä murskeella tai sijoitella murskepedille tai asentaa kokonaan erilliseen pumppauskaivoon, minkä avulla kiintoainetta saatiin vähennettyä jo pumppausvaiheessa. Pumpattava kaivantovesi on pääasiallisesti johdettu kaivannon läheisyyteen sijoitellulle laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaan avulla on pyritty hidastamaan veden virtaus ja kiintoaineen eteneminen. Täten on saatu kiintoaine laskeutumaan altaan pohjalle. Jos vettä on esiintynyt kaivannossa paljon, on olosuhteiden salliessa pyritty asentamaan riittävästi lavoja ketjuttamalla, jotta on saatu riittävä kapasiteetti säilöä vesiä. [22.] Kuvassa 5 on kuvattu yksi työmaaveden käsittelyprosessi, jota Raide-Jokerilla on käytetty laajasti. Tätä prosessia on pyritty yleisesti Raide-Jokerin alueella hyödyntämään työmaavesien käsittelyyn, vaikka usein vesi on johdettu lavalta hulevesiviemäriin eikä suoraa ojaan, kuten kuvassa esitetään.

Ketjutukseen ei ole aina toimiva ratkaisu, sillä vesimäärä saattaa olla hyvin suuri eikä altaiden kapasiteetti riitä useasta peräkkäisestä altaasta huolimatta veden pumppauksen vähentämiseen. Silloin virtaus pysyy korkeana, vaikka lavoja olisi monta peräkkäin, ja sen takia kiintoaine ei kerkeä laskeutua. Rakennetussa ympäristössä ahtailla katutyömailla voi olla myös yksikertaisesti puutetta tilasta, jolloin altaita ei saada asennettua haluttua määrää. Sen takia oikea pumppausteho ja virtaama ovat tärkeitä, jotta laskeutusaltat toimivat riittävän tehokkaasti erottelemaan kiintoainetta. [22.]



Kuva 5. Esimerkki työmaavesien käsittelyprosessista [22].

Kuvasta 5 nähdään, kuinka veden tulisi edetä kaivannosta altaaseen, ja lopulta siitä ojaan tai viemäriin. Altaan sisään rakennetut laipiot auttavat veden virtauksen hallinnassa ja kiintoaineen lasketuksessa. Raide-Jokeri laati kaikille Helsingin puolen katualueille erikseen työmaavesien hallintasuunnitelmat, joissa käydään kohdekohtaisesti tarkemmin läpi tehtävistä toimista. Esimerkki hallintasuunnitelmasta löytyy liitteestä 1. [22.]

3.2.2 Kaivantovesien laatuvaatimuksia

Helsingin kaupungin työmaavesiohjeessa kerrotaan, että työmaaveden tulee olla laadultaan sellaista, ettei siitä aiheudu ympäristön pilaantumista tai haittaa rakennetulle ympäristölle [2]. Suoraan vesitöihin pumpattavien vesien täytyy olla laadultaan vähintään yhtä puhdasta kuin purkuvesistö. Tämäkin projekti noudattaa Helsingin työmaavesiohjetta. Siinä on ohjeelliset raja-arvot asetettu kyseisellä tavalla:

- kiintoaine <300 mg/l
- pH 6–9
- lämpötila <25 °C
- öljyt <5 mg/l eikä näkyvää öljykalvoa. [2]

Lähes jokaiselle haitta-aineelle on laadittu ohjeelliset raja-arvot, joita projektissa noudatetaan. Myös laboratorio ilmoittaa aina mittausepävarmuutensa eri aineille. Ne saattavat vaihdella hieman laboratoriosta riippuen. Kiintoaineelle tämä mittausepävarmuus on ollut 10 % [24].

4 Työnaikaiset näytteenotot ja analyysituloksien tarkastelu

Ensimmäiset Raide-Jokerin kaivantovesinäytteet otettiin 13.11.2019 [25]. Tämän jälkeen vesinäytteitä on otettu säännöllisesti lähes koko työmaa-alueen laajuudelta, ja viimeiset, joita tässä raportissa käsitellään, on otettu 31.10.2022. Työmaalohkoja Raide-Jokerilla oli kolme, joten vesinäytetuloksia on myös jaoteltu työmaalohkojen mukaan. Lisäksi on vielä yksi erillinen alue, varikko. Tämän jaottelun avulla saatiin rajattua tuloksia hieman pienempiin osiin ja tarkasteltua niitä työmaalohkokohtaisesti. Työmaalohkolla 5 sijaitsevan Mustapuron vesitulokset on rajattu tämän työn ulkopuolelle. Nämä näytteet on otettu kokoojakaivosta, jossa kaikki vesi ei ole Raide-Jokerin kaivanto- tai työmaavettä, mikä on perusteena sille, ettei niitä tässä työssä käsitellä. Kaiken kaikkiaan näytteitä on otettu 13.11.2019—31.10.2022 yli 830 kappaletta, joista noin sata on Mustapuron näytteitä, joten tässä työssä käsiteltävien näytetuloksien määrä on noin 730. [25.]

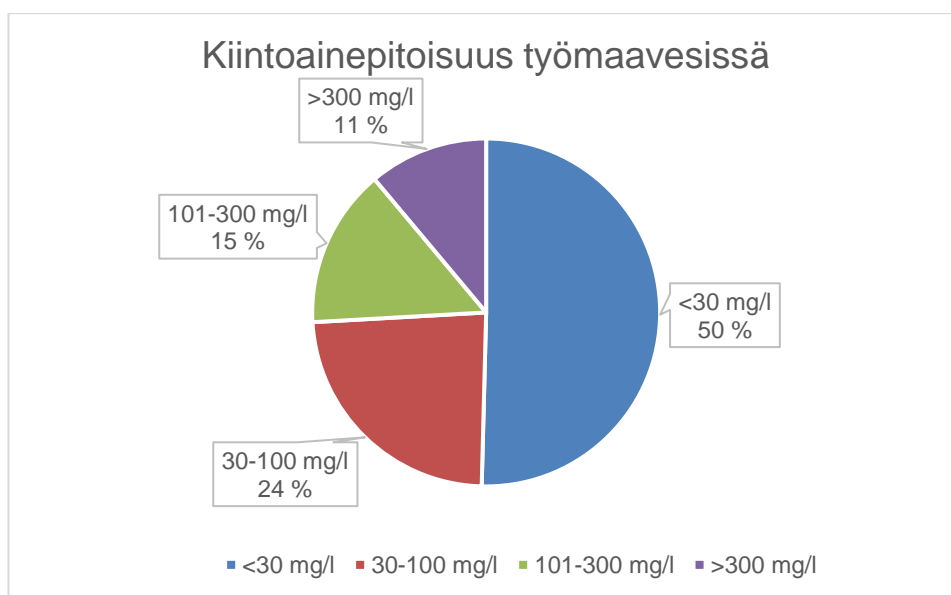
Näytteenotto on useimmiten suoritettu laskeutusaltaan purkukohdasta, jolloin kiintoaineksen olisi pitänyt jo laskeutua lavan pohjalle. Joidenkin näytepisteiden kohdalla on kuitenkin pumpattu suoraa viemäriin tai maastoon, joten näytteet on täytynyt ottaa kaivannosta tai purkupisteestä, joka on sijoitettu suoraan kaivoon. Näytteenotto-olosuhteissa on esiintynyt suurta vaihtelua, ja ne ovat osaltaan saattaneet vaikuttaa myös laboratoriossa valmistuneisiin analyysituloksiin. Näytepisteitä on ollut monia, ja ne löytyvät liitteestä 2. Liitteestä 2 nähdään myös työmaalohkojen rajautuminen. Lähes kaikista vesinäytteistä on tilattu seuraavat laboratorioanalyysit:

- pH
- kiintoaine
- metallit, kokonaispitoisuus
- PAH-yhdisteet
- öljyhiilivedyt.

Muutaman näytepisteen kohdalla pumppaus on vaihtunut kesken työvaiheiden hulevesiviemäristä jätevesiviemäriin ja silloin on tehty päätös, että tutkitaan vain kiintoaine ja metallien kokonaispitoisuudet. Tässä työssä on jaoteltu näytteille määritysrajat kiintoainepitoisuudelle työmaavedessä, ja alla olevassa kuvassa 6 on kaavio, jossa näkyy kaikkien tarkasteltavien tuloksien jakautuminen. Tarkasteluluokkia kiintoainepitoisuudelle on asetettu neljä

- <30 mg/l
- 30–100 mg/l
- 101–300 mg/l
- >300 mg/l.

Tarkasteluluokat on asetettu satunnaisjärjestykseen, mutta kuitenkin niin, ettei niitä ole liikaa tai liian suppeasti. Myös rajoja pohdittaessa ja määrittäessä on otettu huomioon nykyinen sekä uusi valmisteilla oleva työmaavesiohjeistus. Kuvassa 6 on esitelty kiintoainepitoisuuksien jakautuminen näiden tarkasteluluokkien suhteen.



Kuva 6. Kaikkien tarkasteltavien näytteiden kiintoainepitoisuuksien jakautuminen.

Tuloksista puolet (50 %) sijoittuu alimman tarkastelurajan alapuolelle ja hieman vajaa 75 % näytteistä on asettunut 100 mg/l:n alapuolelle. Helsingin kaupungin työmaavesiohjeen ohjearvo kiintoaineelle on 300 mg/l, ja sen ylittäneitä pitoisuuksia on 11 prosenttia eli yhteensä 81 kappaletta. Tämän lisäksi sadan ja kolmen sadan väliin mahtuu noin 15 prosenttia kaikista näytetuloksista.

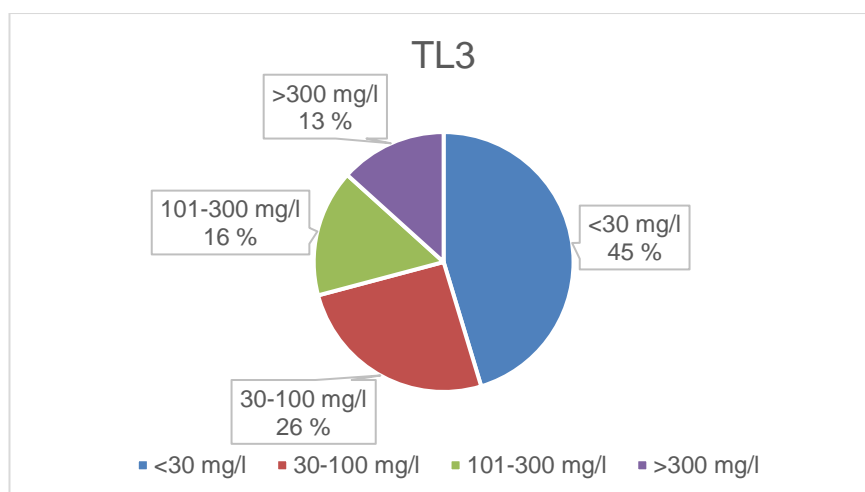
Kaikkien työmaavesinäytteiden kiintoainepitoisuuden keskiarvo on 162 mg/l. Se ylittää suunnitellun uuden raja-arvon 100 mg/l melko reilusti, mutta voidaan todeta, että yksittäisillä suurilla tuloksilla oli huomattava vaikutus keskiarvoon. Kun tuloksista poistettiin kiintoainepitoisuudet, jotka ylittivät 1 000 mg/l, joita oli 14 kappaletta, saatiin kaikkien työmaalla otettujen ja tarkasteltujen näytteiden kiintoainepitoisuuksien keskiarvoksi noin 94 mg/l. Tämä kertoo siitä, että yleisesti ottaen kiintoainepitoisuudet ovat pysyneet Raide-Jokerin työmailla hyvin hallinnassa. Kiintoainepitoisuus 1 000 mg/l on poikkeuksellisen suuri tulos, ja siitä voidaan todeta, että kohtuullisestikin hoidetuissa järjestelyissä on epätoimennäköistä päätyä näin suureen kiintoainepitoisuuteen.

Tulokset on jaoteltu työmaalohkokokohtaisesti, jotta tulosten suuri määrä on saatu jaettua pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Tämä jaottelu on helpottanut tuloksien

työnaikaista seuranta sekä myöhemmin myös raportointia. Seuraavissa lu-
vuissa tarkastellaan työmaalohkojen vesituloksia erillisinä yksiköinä ja vertail-
laan niiden eroavaisuuksia kaikkiin vesituloksiin.

4.1 Työmaalohko 3

Työmaalohkolta 3, joka sijoittuu Pitäjänmäen ja Oulunkylän välille, on otettu yh-
teensä 278 vesinäytettä. Kiintoainepitoisuuksien keskiarvo on 171 mg/l ja medi-
aani 40 mg/l. Kiintoaineen maksimipitoisuus, joka on tällä alueella mitattu, on 8
900 mg/l. Kuvassa 7 on kuvattu kiintoainepitoisuuksien jakautumista työmaaloh-
kolla 3.

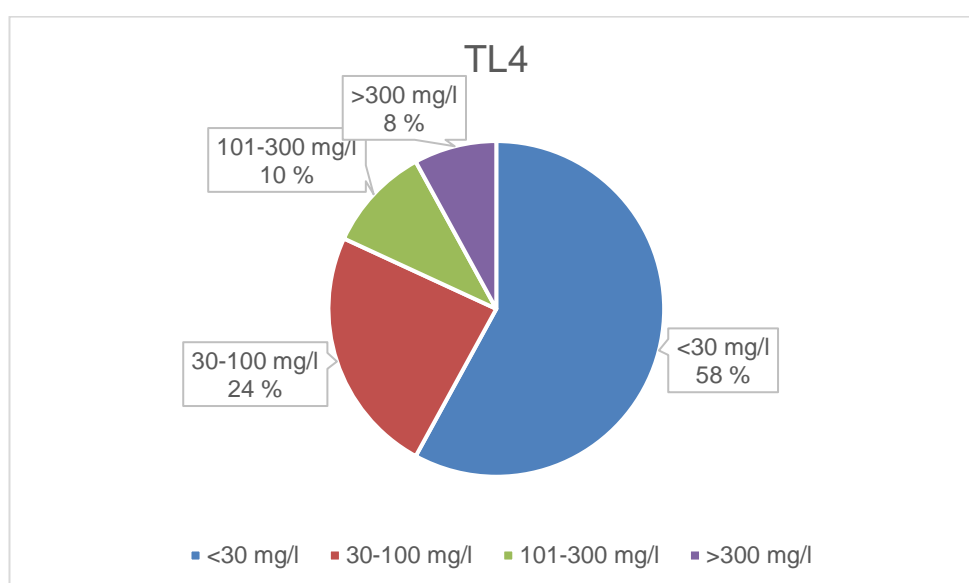


Kuva 7. Työlohkon 3 tulokset

Alimman määritysrajan <30 mg/l alapuolelle jääneiden lukumäärä on tällä työ-
lohkolla viisi prosenttiyksikköä pienempi verrattuna kaikkiin näytetuloksiin. Kiin-
toainepitoisuuden 30 mg/l ylittäneitä näytetuloksia on 55 % tuloksista eli 153
kappaletta. Puolestaan ohjearvon 300 mg/l on ylittänyt noin 13 % lohkon kai-
kista näytteistä eli ylittäneitä näytteitä on 37 kappaletta. Tämä on kaikista työ-
maalla esiintyvistä 300 mg/l ylittäneistä näytteistä noin 45 %.

4.2 Työmaalohko 4

Työmaalohko 4 alkaa Oulunkylän Käskynhaltijantieltä ja päättyy Lahdenväylään Viikissä. Työmaalohkolta 4 on otettu huomattavasti vähemmän vesinäytteitä kuin lohkoilta 3 ja 5. Niitä on otettu yhteensä 138 kappaletta, ja tällä alueella kiintoaineen maksimipitoisuus on ollut 19 900 mg/l. Keskiarvo kiintoaineelle tällä työmaalohkolla on 269 mg/l ja mediaani 25 mg/l. Kuvassa 8 on kuvattu kiintoainepitoisuuksien jakautumista työmaalohkolla 4.



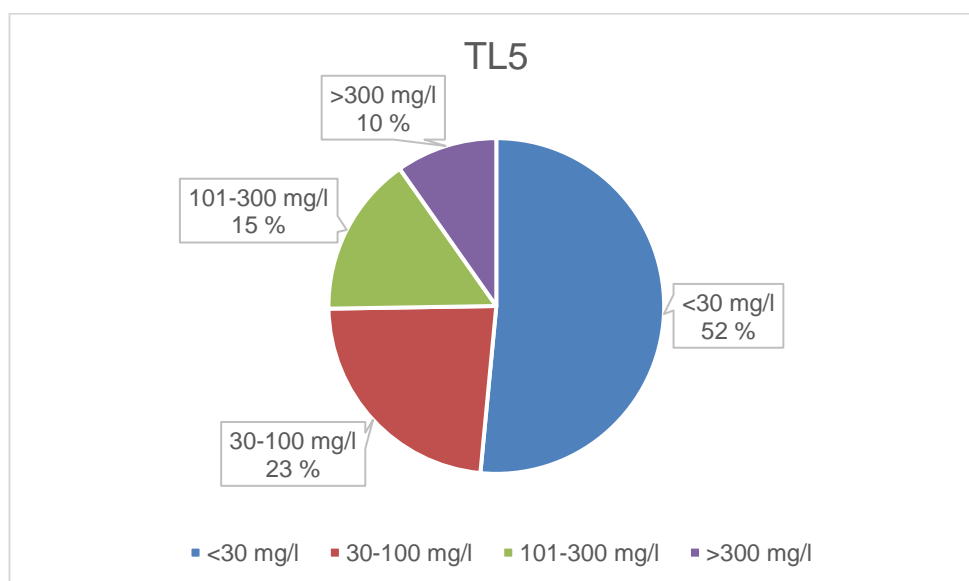
Kuva 8. Työlohkon 4 vesitulokset

Kaaviosta huomataan heti, että alimmat kaksi määritysrajaa kattavat huomattavasti isomman osan kaaviosta kuin aiemmissa kuvissa. Nyt näiden kahden prosenttimäärä kaikista on 82 %. Ylimpään kahteen määritysrajaan jää siis vain 18 prosenttia ja ohjearvon 300 mg/l ylittäneitä on vain 8 % eli 11 kappaletta. Kiintoainepitoisuudet ovat tällä työmaalohkolla pysyneet paremmin hallinnassa unohtamatta faktaa, että näytetuloksia on huomattavasti vähemmän. Jos poistetaan todella poikkeuksellisen korkea tulos 19 900 mg/l, työmaalohkon kiintoainepitoisuuksien keskiarvo laskee 126 mg:aan/l. Jos poistetaan viisi korkeinta kiintoainepitoisuutta, keskiarvoksi muodostuu noin 60 mg/l. Tämä kertoo siitä, että

ilman näitä suuria poikkeuksia työmaalohkolla on ollut yleisesti ottaen kiintoainepitoisuudet hyvin hallinnassa.

4.3 Työmaalohko 5

Työmaalohko 5 ulottuu Viikistä aina Itäkeskukseen asti. Työmaalohkolla 5 on otettu vesinäytteitä noin 400 kappaletta, mikä on eniten kaikista työmaalohkoista. Tarkasteltavista näytteistä on poistettu Mustapuron kokoojakaivon vesinäytteet, sillä ne eivät anna kuvaa työmaaveden laadusta. Mustapuron näytteillä on tutkittu kokoojakaivoon tulevien vesien vaikutusta lähialueen vesistöön. Tutkimuksissa todettiin, että Raide-Jokerin työmaavesillä ei ole ollut vaikutusta Mustapuron veden laatuun. Lopulta siis tarkasteltavia tuloksia lohko 5 oli 297 kappaletta. Työmaalohkon vesinäytteiden kiintoaineen keskiarvo on 106 mg/l, mediaani 27 mg/l ja maksimikiintoainepitoisuus 1800 mg/l. Kuvassa 9 on kuvattu kiintoainepitoisuuksien jakautumista työmaalohkolla 5.

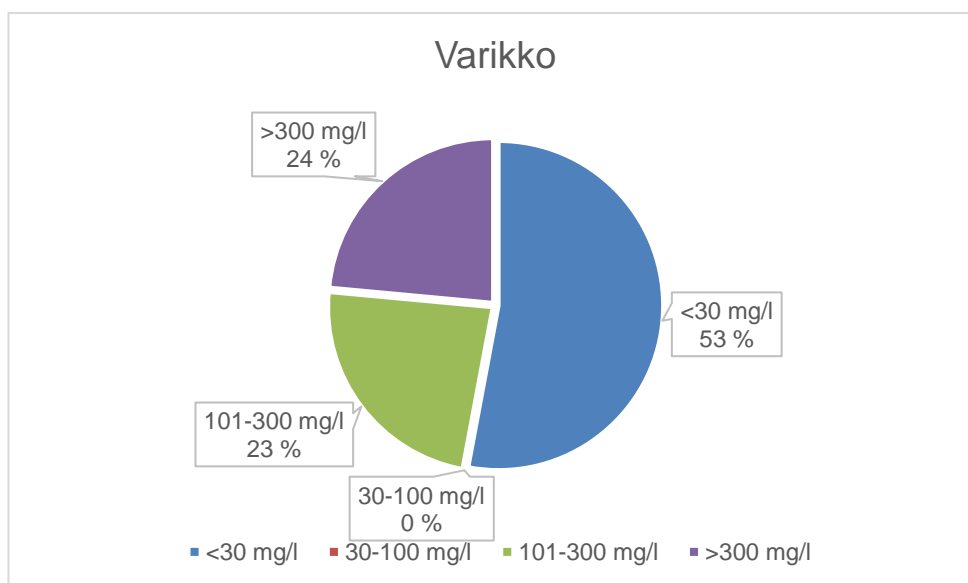


Kuva 9. Työlohkon 5 tulokset

Tämä kaavio on lähimpänä kaikkia työmaalla otettujen näytteiden kaaviota. Kaksi ensimmäistä määrittäysrajaa kattavat 75 % kaikista näytteistä ja loput 25 % koostuu yli 100 mg/l:n pitoisuuksista. Kaikista työmaalohkon 5 vesinäytteistä 10 % eli 29 kappaletta on ylittänyt ohjearvon 300 mg/l.

4.4 Varikko

Varikkoalueella vesinäytteitä on otettu yhteensä 17 kappaletta. Näiden vesinäytteiden kiintoaineen keskiarvo on 137 mg/l, mediaani 24 mg/l ja maksimikiintoainepitoisuus 599 mg/l. Kuvassa 10 nähdään varikkoalueen tuloksien jakautuminen.



Kuva 10. Varikon tulokset

Näytteiden lukumäärä on hyvin pieni, joten kaavion verrattavuus muihin on huono. Nähdään, että yli 50 prosentissa näytteistä on alittunut alin määräysraja 30 mg/l. Ohjearvon 300 mg/l on ylittänyt 4 kappaletta vesinäytteistä, mikä on 24 % kaikista varikkoalueelta otetuista näytteistä. Se on melko suuri osuus, mutta toisaalta otanta on hyvin pieni. Haasteita alueella on ollut, sillä varikkoalueen näytteet koostavat noin 2 % kaikista näytteistä, mutta ohjearvon 300 mg/l ylittäneet ovat noin 5 % kaikista ylittäneistä tuloksista.

5 Työmaapäiväkirjat

Työmailla laaditaan päiväkirjoja, jotta kaikille osapuolille olisi selvää, missä aikataulussa työ etenee, ja niistä voidaan myöhemmin tarkistaa, mitä on jonain tarkkana ajankohtana tehty. Raide-Jokerilla työmaapäiväkirjoja on laadittu projektin

alusta lähtien. Tässä työssä käsitellyt työmaapäiväkirjat ovat YIT Suomi Oy:n, joka on urakoitsijana Raide-Jokerilla, ylläpitämiä asiakirjoja. Päiväkirjojen tarkastelun tarkoituksena oli löytää mahdollista toisteisuutta työvaiheissa, esimerkiksi louhinta, kaivu tai paalutus, samoina päivämäärinä kuin korkeita kiintoainepitoisuuksia on ilmennyt näytteissä. Kun näytteiden, joiden kiintoainepitoisuus on ylittänyt 300 mg/l, päivämäärät ovat tiedossa, voitiin lähes kolmen vuoden ajalta laaditut työmaapäiväkirjat rajata näihin samoihin päivämääriin.

Kiintoaineen ylityksiä oli siis noin 80 kappaletta, ja näistä päivistä haluttiin myös tarkastella päiväkirjoja. Työssä oltiin YIT:n yhteyshenkilön varassa, joka etsi ja toimitti tarvittavat työmaapäiväkirjat, sillä hänellä oli oikeudet kyseisiin tiedostoihin. Työmaapäiväkirjat jaoteltiin työmaalohkoittain, ja lohkojen sisälläkin oli useita eri vaiheita ja katutöitä käynnissä. Jokaista päiväkirjaa ei löydetty, mutta tarkoituksena ei ollutkaan tarkastella näitä työssä yksittäin. Tavoitteena oli yrittää löytää jonkunlainen yhteys tai ”trendi” työvaiheissa, joten muutaman työmaapäiväkirjan puuttuminen ei vaikuttanut tarkasteluun isossa kuvassa. Myös yksittäisten työmaapäiväkirjojen sisältö on saattanut olla hieman puutteellinen tai ulkopuolisen silmin epäselvä, jolloin on hieman varauksella täytynyt tehdä päätelmiä. Liitteessä 3 on esimerkki työmaapäiväkirjasta.

Työmaalohkon 3 päiväkirjojen perusteella työvaiheet kaivu, louhinta ja paalutus ovat olleet useimpina päivinä käynnissä, kun kiintoainepitoisuudet ovat ylittäneet sallitun raja-arvon. Nämä ovat siis työvaiheita, joissa maaperään kohdistuu kuormitusta, ja se saa partikkeleita irtoamaan toisistaan. Tällöin myös pientä maa-ainesta syntyy kaivantojen pohjille, joista mahdollisesti syntyvää kaivantovettä pumpataan pois. Pienet partikkelit pääsevät lopulta pumpun suun läpi ja kulkeutuvat veden mukana laskeutusaltaisiin. Työmaapäiväkirjojen tarkastelussa ilmenee myös muutamia päiviä, jolloin sade on ollut reilua ja voi myös olla osasyy sille, miksi kiintoainepitoisuudet on ylittäneet sallitut raja-arvot.

Kuten aikaisemmin on todettu, on työmaalohkolta 4 otettu huomattavasti vähemmän vesinäytteitä verrattuna lohkoihin 3 ja 5. Työmaalohkon 4 työmaapäiväkirjoista saadaan käsitys siitä, että kaivuut ovat olleet useimmiten

työvaiheena, kun kiintoainepitoisuudet on ylittyneet tällä työmaalohkolla. Kaikista työmaalohkon päiväkirjoista ei ole kuitenkaan saatu käsitystä työvaiheesta eikä muutamalle, vain hieman raja-arvon ylittäneelle näytteelle, ole löydetty selkeää selitystä. Näiden näytteiden kohdalla voidaan pohtia, onko esimerkiksi pumppausteho ollut hetkellisesti suurempi, jolloin kiintoainekeskiarvo ei ole kerennyt laskeutua halutulla tavalla. Hieman raja-arvon ylittäneille näytteille ei välttämättä ole siis löydetty selkeää syytä dokumenttien avulla.

Työmaalohkolla 5 kiintoainepitoisuuksien ylityksiä on yhteensä 29 kappaletta. Sen lisäksi on vielä varikkoalueen ylitykset, joita on 3 kappaletta. Tällä työlohkolla myös kaivantojen kaivu tai niihin kohdistuvat muut toimenpiteet, kuten paalutus, ovat useimmiten esiintyviä työvaiheita työmaapäiväkirjojen perusteella. Myös tällä työlohkolla esiintyy näytteenottajien kommentteja ja selvityksiä siitä, että työmaalla on ollut haasteita pumppausjärjestelyiden kanssa. Pumppu on saattanut laahata kaivannon pohjalla, tai laskeutusta ei ole pumpatulle vedelle järjestetty riittävästi.

6 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tuloksia varten on tulkittu monia asioita kuten analyysituloksien koontitaulukkoa, johon Rambollin näytteenottajat ovat tehneet huomioita työmailta näytteenoton yhteydessä. Muita tulkittavia aineistoja ovat olleet sademäärät tarkasteltavina ja niitä edeltävinä päivinä [26; 27], urakoitsijan eli YIT:n laatimat työmaapäiväkirjat, maaperäkartta Helsingin karttapalvelusta [28] sekä hallintasuunnitelmat ja työnaikaiset huomiot vesinäytteistä. Lisäksi tarkastelussa on otettu huomioon näytteenottajien kuvia, jotka on otettu näytteenottojen yhteydessä.

Näiden aineistojen avulla oli tarkoitus selvittää mahdollisimman tarkasti syitä korkeille kiintoainepitoisuuksille. Aineistot ovat sellaisia, joita on voitu hyödyntää mahdollisimman hyvän päätelmän saavuttamiseksi. Absoluuttista totuutta jokaisesta kiintoainepitoisuuden ylityksestä ei voida saavuttaa, sillä joitain asioita ei ole dokumentoitu riittävän hyvin. Jos yksi ja sama henkilö olisi toiminut koko projektin ajan näytteenottajana, asiakirjojen, kuvien ja huomioiden

dokumentoijana sekä tämän raportin laatijana, saatettaisiin päästä hyvin lähelle totuutta jokaisen yksittäisenkin näytteen kohdalla.

Työmaatuloksia on käsitelty työmaalohkoittain, jotta analysointi ja aineiston kerääminen olisi ollut hieman yksinkertaisempaa ja yksityiskohtaisempaa. Työn tuloksissa ei määritellä kuitenkaan jokaista yksittäistä tulosta, vaan niitä yritetään käsitellä kokonaisuutena, jotta tilanteesta saataisiin riittävä yleiskuva ja tämän avulla pystyttäisiin kehittää toimintaa tulevaisuudessa.

6.1 Työmaalohko 3

Työmaalohkolla 3 yleisin oletettava työmaan toiminta raja-arvon ylittäneille pitoisuuksille on ollut kaivu tai louhintaa. Maaperään kohdistuu suuri kuormitus näistä työvaiheista ja kiintoainetta irtoaa suuria määriä. Jos näihin työvaiheisiin yhdistyy puutteellisesti hoidetut pumppaus- ja laskeutusjärjestelyt, työmaavesien kiintoainepitoisuuksien kanssa tulee ongelmia ja raja-arvot ylittyvät helposti. Poikkeuksetta kaikki tarkastellut näytteet ovat olleet näytteenottajien muistiinpanojen perusteella sameita, mistä voidaan suoraa päätellä, että kiintoainetta ei ole saatu eroteltua riittävästi ennen sen purkua hulevesiviemäriin tai vesistöön. Tämän lisäksi alueella esiintyy laajasti silttistä tai savista maaperää [28], joka myös itsestään tuottaa haasteita niin pumppaukselle kuin laskeutukselle. Pumppauksen yhteydessä pienet maapartikkelit kulkeutuvat helposti veden mukana ja myös niiden laskeutus on haastavampaa. Sadantaa on esiintynyt täysin yksittäisinä ajankohtina, joten selkeänä toistuvana ongelmana sitä ei voida nähdä, mutta toisaalta sen vaikutuksia ei voida myöskään poissulkea. Kuvassa 11 on esimerkki siitä, miten laskeutus ja pumppaus voidaan suorittaa laadukkaasti.



Kuva 11. Pirkkolantien pumppaus- ja laskeutusjärjestelyt 16.1.2020.

Kuvan tilanteessa näytteen kiintoainepitoisuus on ollut todella matala. Kahdella lavalla laskeutukseen on saatu riittävä kapasiteetti ja purkuputkista nähdään, että veden purku ei ole kovin suurta. Vesi ei siis virtaa liian suurella vauhdilla, mikä mahdollistaa kiintoaineen riittävän laskeutumisen.

Tällä työmaalohkolla ovat myös useammassa näytteenottopisteessä ja eri päivinä näytteenottajat huomanneet pumppausjärjestelyissä joitain parannustarpeita. Esimerkiksi on pyydetty urakoitsijaa lisäämään lavojen kapasiteettia tai vähentämään pumppausta, jotta kiintoaine kerkeisi laskeutua ennen eteenpäin johtamista. Näytteenottaja on saattanut tulla näytteenottoon juuri silloin, kun pumppaus kaivannosta on aloitettu, jolloin lavalle pumpattu vesi ei ole kerennyt laskeutua. Kaiken lisäksi aloitettu pumppaus irrottaa kiintoainetta lavan pohjalta, jos sitä ei ole puhdistettu huolellisesti. Yksi esimerkki on ollut myös, että vesinäyte on haettu suoraa kaivannosta ennen pumppauksen aloitusta. Tämänlaiset tilanteet ovat kuitenkin yksittäisiä ja poikkeavia normaalista, mutta toisaalta poikkeavia tilanteita on ollut useita. Pääsääntöisesti pumppausjärjestelyt ovat olleet kunnossa, mutta edellä mainitut työvaiheet ja työjärjestelyt ovat aiheuttaneet ongelmia kiintoaineen kanssa.

6.2 Työmaalohko 4

Työmaalohkolta 4 oli haasteita löytää yhteistä työmaan toimintaan viittaavaa tekijää ylityksien syyksi. Näistä tulkinnoista saadaan erotettua yleisimpänä työmaantoimintana kaivut. Kyseisellä työlohkolla on kaksi hyvin suurta pitoisuutta kiintoaineelle ja ne ovat 19 900 mg/l ja 4 540 mg/l. Nämä ovat lukemia, joissa voidaan heti arvella olevan järjestelyihin liittyviä puutteita tai ongelmia. Kuva 12 on otettu näytteenoton yhteydessä 8.10.2020, jolloin kiintoainepitoisuus oli 19 900 mg/l.



Kuva 12. Pumppausjärjestelyt 8.10.2020 Käskynhaltijantiellä.

Kuvasta voidaan nähdä, kuinka pumppausjärjestelyjä ei tule suorittaa. Kaivannossa vettä on todella vähän ja pumppu on sijoitettu suoraan kaivannon pohjalle, josta sinisen letkun kautta vesi johdetaan laskeuttamatta kaivoon, josta näyte on myös otettu. Pumppu toimii vakiotehollaan ja pumppaa pienen vesimäärän lisäksi huomattavan määrän kiintoainetta. Tässä tilanteessa voidaankin pohtia, oliko pumppaus tarpeellista noin vähäisen vesimäärän takia. Tilanteesta ei tosin selviä, onko ennen kuvaa ja näytteenottoa ollut kaivannossa enemmän vettä, mikä perustelisi pumppauksen. Tämän lisäksi nähdään, että pumpun vieressä

oleva maa-aines on hienoa, joka kulkeutuu veden mukana pumpun läpi. Myöskään laskeutusta pumpattavalle vedelle ei ole järjestetty.

Näytteessä, jossa kiintoainepitoisuus oli 4 540 mg/l, on vesi johdettu lavalle, mutta lavalla on ollut niin vähän vettä, että lavan pohjalta näytettä ottaessa on irronnut kiintoainetta näytteen sekaan. Vähäisen veden tilanne on näytteenotajalle haastava, sillä lavan pohjalla on usein laskeutunutta kiintoainetta. Jos tällaisessa tilanteessa näytettä ottaessa rouhaisee edes hieman veden alla olevaa kiintoainekerrostumaa, kiintoaine pölähtää helposti, sekoittuu veteen ja joutuu näytteeseen. Sen jälkeen voidaan olla lähes varmoja siitä, että kiintoainepitoisuudet ovat korkeat. Jos pumppausta eikä purkua ole ollut lähiaikoina, vähäinen vesi lavan pohjalla saattaisi olla sellainen tilanne, jossa näytteen voisi jättää ottamatta. Toisaalta ottamalla näyte voidaan saada tieto siitä, mitä tullaan pumppaamaan, jos pumppaus aloitetaan uudestaan.

Osasyynä työmaalohkon haastavalle tarkastelulle on tarkasteltavien näytteiden alhainen lukumäärä. Työmaalohkolta löytyi muutama päiväkirja, joista ei saanut selvää alueen työvaiheesta. Sen lisäksi alueella esiintyi vaihtelua työvaiheissa, joten selkeää yhteistä linjaa alueelta oli haastava tulkita. Korkeita kiintoainepitoisuuksia, yli 1000 mg/l, oli alueella 5 kappaletta ja matalampia raja-arvon ylittäneitä 6 kappaletta. Yli 1000 mg/l on sellainen lukema, että voidaan olettaa olleen jotain näytteenottoon tai järjestelyihin liittyvää ongelmaa.

6.3 Työmaalohko 5 ja varikko

Työmaalohkolla 5 sekä varikkoalueella ovat myös kaivut olleet yksi erottuva työvaihe päivämäärinä, jolloin kiintoaineen raja-arvo on ylittynyt. Tämän työmaalohkon työmaapäiväkirjoista oli myös hieman haasteellista löytää selkeää toisteisuutta, ja osaltaan siihen vaikutti myös useammat puuttuvat työmaapäiväkirjat. Toisaalta tähän on vaikuttanut myös työmaapäiväkirjojen tulkinnan haasteellisuus. Lohkolta 5 löytyi myös useampi huomio siitä, että näytteenoton jälkeen on parannettu pumppausjärjestelyitä lisäämällä pumppauskaivo tai murskepeti pumpulle. Myös laskeutuslavoja on saatettu lisätä, jotta veden viivytyksen

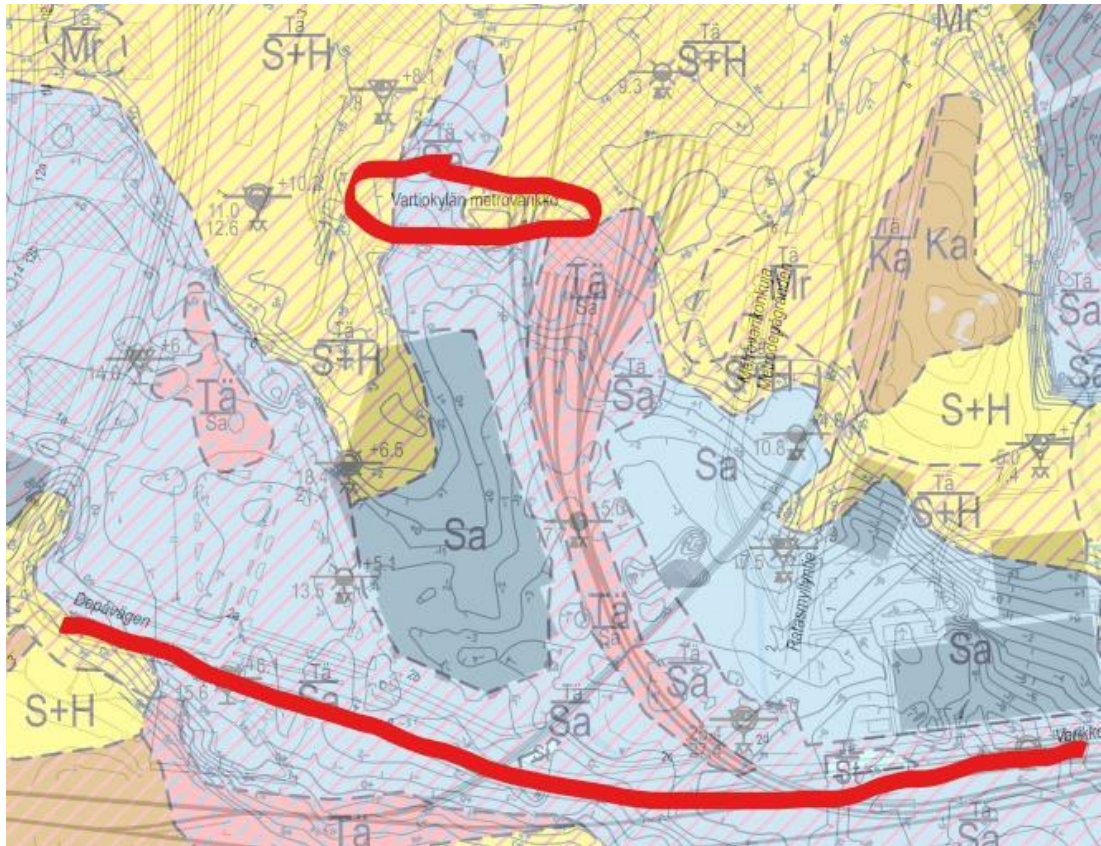
kapasiteettia on saatu suuremmaksi. Tämä antaa kuvaa siitä, että järjestelyt eivät ole olleet näinä hetkinä kunnossa.

Varikkotiellä Itäkeskuksen lähetyvillä on ollut pidempiaikainen ongelma, kun saviliejuja nousi kaivannon pohjalta ja valui ponttiseinän läpi ja aiheutti ongelmia työmaalle. Saviliejun kiintoainepitoisuus on korkea, ja se on aiheuttanut ongelmia joksikin aikaa. Saviliejun esiintyessä on mursketta lisätty kaivannon pohjalle, mutta työmaapäiväkirjojen tietojen mukaan savilieju oli vielä noussut murskeen päälle. Työmaapäiväkirjassa 20.5.2021 sanotaan näin:

Kaivanto ei kestänyt. Maanpinta ympärillä vajoaa ja puskee savililua kaivantoon ponttien raoista ja nurkista [29].

Työmaalohkolla on esiintynyt muutama hyvin selkeä tilanne, jotka mahdollistavat kiintoainepitoisuuksien ylitykset. Ensimmäinen huomio on ollut, että kiintoaineksen tyhjennys on ollut käynnissä samaan aikaan näytteenoton kanssa. Vesi ja kiinteä aines on sekoittunut tämän seurauksena keskenään, ja näytteenottoa suorittaessa on voitu jo olettaa näytteen kiintoainepitoisuuden olevan korkea. Toinen esimerkki alueelta on, kun pumppaus on aloitettu juuri kaivetusta kaivannosta. Tähän samaan hetkeen näytteenottaja on käynyt hakemassa näytteen, eikä laskeutusta ole vielä keretty suorittaa. Kolmas esimerkki alueelta on, kun jätevesiviemäriin on valutettu rauhalliseen tahtiin työmaavettä ilman laskeutusta. Tilanteessa ei ole tehty kiintoainepitoisuuksien rajaamiseksi riittäviä toimenpiteitä. Vaikka pumppaus olisi hetkellinen ja vähäinen, olisi silti näissä tilanteissa tärkeää suorittaa kiintoaineen erotus. Suuret kiintoainepitoisuudet tuottavat pitkällä aikavälillä ongelmia putkistoissa, viemäreissä ja viime kädessä myös jäteveden käsittelylaitoksella.

Varikkoalueelta ei tarkasteltu työmaapäiväkirjoja, mutta näytteenottajien muistiinpanojen perusteella savinen maaperä on ollut haasteena tällä alueella, mikä on tehnyt laskeuttamisesta vaikeaa. Maaperä voidaan tarkistaa vielä Helsingin karttapalvelusta, ja kuvasta 13 nähdään, että alue on lähinnä kokonaan savea.

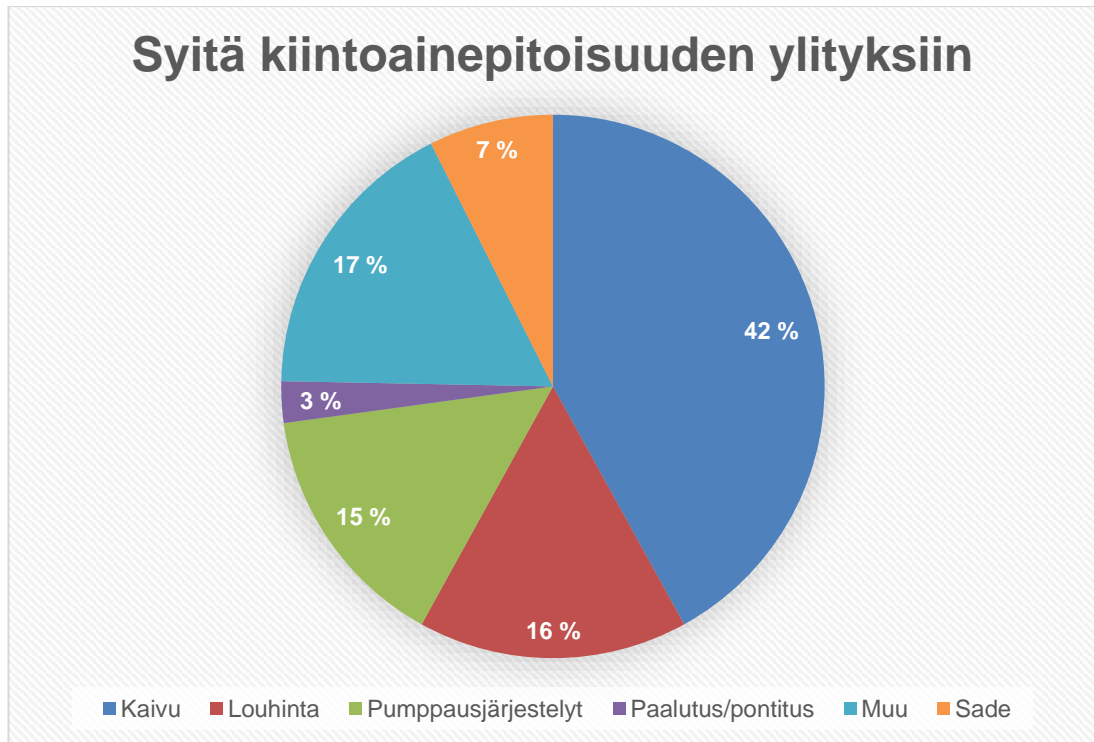


Kuva 13. Metrovarikon aluetta sekä Varikkotie Roihupellon ja Itäkeskuksen välillä. Metrovarikon pohjoisin osa ympyröity punaisella. [28.]

Varikkotiellä, joka sijaitsee kuvan alareunassa ja on merkitty punaisella viivalla, on ollut monta ylitystä kiintoainepitoisuuksien kanssa ja yksi selittävä tekijä on alueen maaperä eli savi. Kuten teoriaosuudessa on kerrottu, saven laskeutusaika on kaikista maalajeista suurin ja sen erottaminen vedestä laskeuttamalla on haastavaa.

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Kun kaikki kiintoaineen raja-arvon ylittäneet näytteet oli tarkasteltu, saatiin selville syitä, jotka ovat voineet aiheuttaa ylityksen. Selvityksen avulla tehtiin kuvassa 14 oleva kaavio, jonka avulla voidaan hieman havainnollistaa näitä syitä korkeisiin kiintoainepitoisuuksiin.



Kuva 14. Tarkasteltavien aineistojen perusteella tehty kaavio kiintoainepitoisuuden ylityksien syistä.

Kuvasta voidaan huomata, että kaivu, louhinta ja pumppausjärjestelyt kattavat suuren osan kaavion pinta-alasta. Näiden on oletettu olevan usein ongelmana työmaavesien tarkastelussa, mutta kaavion perusteella se voidaan myös todeta. Muu-sarake muodostaa myös iso osan kaaviosta, mutta siinä sarakkeessa on monia eri tulkintoja, myös niitä, kun selkeää vastausta kiintoaineen ylitykselle ei ole löydetty.

Kaaviossa ei ole huomioitu näiden funktioiden samanaikaisuutta tilanteissa. Joissain näytteissä on voinut olla esimerkiksi kaivu käynnissä sekä pumppausolosuhteiden kanssa ongelmia samanaikaisesti. Edellä mainittu tilanne on siten laskettu kuuluvan sarakkeeseen *Kaivu*. Pumppausjärjestelyt tarkoittavat tilanteita, joissa näytteenottaja on kirjoittanut muistiinpanoihin riittämättömistä pumppausjärjestelyistä, eikä päiväkirjoista ole löytynyt muuta selkeää syytä ylitykselle. Sarake Muu sisältää monia eri mahdollisuuksia. Muutamassa tilanteessa on kyse siitä, ettei työmaapäiväkirjaa eikä näytteenottajan havaintoja ole löydetty, jolloin selkeää vastausta ei voida muodostaa. Muu-sarakkeessa on

myös Varikkotien tilanteet, joissa saviliejuja valui kaivantoon ja aiheutti ongelmia pidemmäksi aikaa.

Kuvan kaavion ja muiden tarkasteltujen asioiden perusteella voidaan tulla johtopäätökseen, että syitä kiintoainepitoisuuksien raja-arvon ylitykselle voi olla hyvin monta. Voi olla kyse maaperään kohdistuneesta kuormituksesta (esimerkiksi kaivu ja louhintä), puutteellisista pumppaus- ja laskeutusjärjestelyistä, kovasta tai pidempiaikaisesta sateesta, maaperästä, muusta työmaalla tapahtuvasta ongelmasta, näytteenotosta tai jopa laboratorion analyysistä. Usein ylitys ei kuitenkaan selity pelkästään yhdellä näistä, vaan tarvitaan tarkasteluun laajempaa näkökulmaa.

Erillisenä asiana voidaan myös tarkastella tilanteita, joissa vettä on ollut hyvin vähän näytettä ottaessa. Työmaalohkolta 4 esille nostetut tilanteet ovat esimerkkejä siitä, että voidaan pohtia, onko tarkoituksellista pumpata tai ottaa näyte hetkenä, jolloin vettä esiintyy vain vähän. Tilanteet vääristävät helposti veden laatua, sillä kiintoainetta saattaa olla huomattava määrä verrattuna veden määrään.

Voidaan siis todeta, että usein tilanteet ovat useamman muuttujan yhteisvaikutusta, mikä aiheuttaa lopulta kiintoainepitoisuuden raja-arvon ylityksen. Täytyy kuitenkin muistaa, että tilanteessa kuin tilanteessa täsmällisesti suoritettujen pumppaus- ja laskeutusjärjestelyt parantavat mahdollisuuksia kiintoainepitoisuuksien pysyvän raja-arvon alapuolella. Tulevaisuudessa riittävä kiintoaineen erottelu saattaa muuttua entistä hankalammaksi raja-arvojen tiukentuessa. Silloin työmaavesien huolellinen ja riittävä käsittely korostuu entisestään.

Pääkaupunkiseudun uudessa yhteisessä työmaavesiohjeessa suunnitellaan kiintoainepitoisuudelle raja-arvoa 100 mg/l ja herkkien vesistöjen lähetyvillä 30 mg/l. Kun tarkastellaan ainoastaan Raide-Jokerin työmaavesiä, joissa yli 25 prosenttia näytteistä on ylittänyt kiintoainepitoisuuden 100 mg/l ja noin puolet näytteistä 30 mg/l, tulevaisuudessa haaste on ilmeinen. Tiedot ja taidot riittävästi työmaaveden käsittelyyn on olemassa, mutta kiireisessä

työmaaympäristössä vesien hallinta ja käsittely ei välttämättä ole prioriteettillisten kärjessä. Ei voida myöskään olla varmoja, ovatko suuri osa työmaalla toimivista henkilöistä tietoisia tai kiinnostuneita työmaavesien käsittelyyn liittyvistä kysymyksistä. Säännöksiä ja ohjeita on helppo laatia, mutta niiden jalkauttaminen käytäntöön täytyisi myös suunnitella riittävällä tasolla, jotta oikeita tuloksia ja tavoitteita voidaan saavuttaa.

Oleellista kiintoainepitoisuuksien hallitsemiseksi on tiedostaa ongelmakohdat ja haasteet sekä pyrkiä ennaltaehkäisemään tilanteita, jotta kiintoainepitoisuudet pysyisivät kurissa. Työmaavesien hallintasuunnitelmat ja työmaalla toimivien henkilöiden tietoisuus aiheesta ovat avainasioita parhaimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Ymmärrys vesien käsittelyn tarpeellisuudesta olisi tärkeää saada urakoitsijan avulla työmaalla toimiville henkilöille asti. Kaikkia tilanteita ei voida ehkäistä eikä kiintoainepitoisuuksia aina voida saada riittävän matalaksi, mutta mitä on enemmän tietoisuutta, sitä enemmän on mahdollisuuksia onnistua kiintoainepitoisuuksien hallinnassa.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää syitä Raide-Jokerin työmaavesissä esiintyville kiintoaineen korkeille pitoisuuksille. Työssä tarvittava ja käsiteltävä materiaali sekä data oli jo olemassa, ja työn tarkoituksena oli yhdistellä eri aineistojen tietoja ja taustoja yhteen riittävän kokonaiskuvan saavuttamiseksi. Aineistoja jaettiin pienemmiksi tarkasteltavien päivämäärien ja työmaalohkojen perusteella, jotta niiden käsittely selkeytyi.

Monien eri palasten yhdistely osoittautui odotettua haastavammaksi, sillä osa tiedosta oli hieman puutteellista tai täsmällinen tieto saattoi jäädä osittain arvailujen varaan. Tulokset jäivät hieman odotuksia löyhemmäksi eikä niin yksiselitteiseksi kuin oli ajateltu. Työssä saatiin kelvollinen kattaus siitä, mitä asioita on otettava huomioon työmaavesien kiintoainepitoisuuksia tarkastellessa ja mitkä asiat voivat vaikuttaa kiintoaineen aiheuttamiin ongelmiin.

Uuden työmaavesiohjeen tavoitteet saattavat olla haasteellisia saavuttaa nopealla aikataululla, mutta oikeanlaisilla avuilla siihen voidaan yltää. Riittävällä tiedottamisella, ohjaamisella ja tuella on suuri merkitys ohjeen jalkauttamisen onnistumiseen. Työmaiden ja ympäristövalvojien ja -suunnittelijoiden välinen kommunikaatio on myös tärkeässä roolissa, jotta uudesta työmaavesiohjeesta saataisiin merkityksellinen ja toimiva pääkaupunkiseudulla.

Lähteet

- 1 Rantakari, Miitta. 2022. Pääkaupunkiseudun yhteinen työmaavesiopus. Helsingin kaupunki. Verkkoaineisto. <http://www.itamerihaaste.net/files/2840/Rantakari_tyomaavesiohje.pdf>. Luettu 17.1.2023.
- 2 Helsingin kaupunki. 2013. Helsingin kaupungin työmaavesiohje. Verkkoaineisto. <<https://www.hel.fi/static/ymk/esitteet/tyomaavesi.pdf>>. Luettu 17.1.2023.
- 3 Tampereen kaupunki. 2022. Tampereen kaupungin työmaavesiohje. Verkkoaineisto. <https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-05/tampereen_kaupungin_tyomaavesiohje.pdf>. Luettu 17.1.2023
- 4 Espoon kaupunki. 2015. Espoon kaupungin työmaavesiopus. Verkkoaineisto. <<https://static.espoo.fi/cdn/ff/D0968QR1Km5FYSWs22sE-wdm5pK5kKMyg48n4DnsMaHY/1630579102/public/2021-09/Espoon%20kaupungin%20tyomaavesiopus.pdf>>. Luettu 17.1.2023
- 5 Helsingin seudun ympäristöpalvelu. Hulevesi. Verkkoaineisto. <<https://www.hsy.fi/vesi-ja-viemarit/hulevesi/>>. Luettu 21.1.2023.
- 6 Raide-Jokeri. 2021. Raide-Jokerin työmaavedet, kaivantovesien pumpausten käynnistämisen prosessi.
- 7 Orkoneva, Anni. 2023. Työmaavesien hallinta. Yrityksen sisäinen dokumentti. Ramboll Finland Oy.
- 8 Kiintoaine. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry 2013. Verkkoaineisto. <<http://pelastajarvi.fi/kiintoaines>>. Luettu 2.2.2023.
- 9 Ympäristö.fi. 2020. Järven rehevöityminen. Verkkoaineisto. <<https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/vesi/rehevoittava-kuormitus>>. Luettu 2.2.2023.
- 10 RIL 124-2, Vesihuolto II. 2004. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki.
- 11 Vaasan vesi. Selkeytys. 2015. Vaasan veden verkkosivut. Verkkoaineisto. <<https://www.vaasanvesi.fi/selkeytys>>. Luettu 8.2.2023.
- 12 Hudson Jeremy R., Shearer Scott A. Fluid Mechanics: Stoke's Law and Viscosity. Verkkoaineisto. <https://iicseonline.org/mechanics_and_fluids_1.pdf>. Luettu 9.2.2023.

- 13 Ahokas, Jukka & Oksanen, Timo. Maamekaniikka, 2. painos. 2015. Helsinki. Helsingin yliopisto. Verkkoaineisto. <Maamekaniikka (helsinki.fi)>. Luettu 10.2.2023.
- 14 Ronkainen Nanna. Suomen maalajien ominaisuuksia. Suomen ympäristökeskus. 2012. Helsinki. Verkkoaineisto. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38773/SY2_2012_Suomen_maalajien_ominaisuuksia.pdf?sequence=1>. Luettu 10.2.2023.
- 15 Polyvinyylialkoholin molekyyli­massan määrittäminen viskositeetista. Koppa. Jyväskylän yliopisto. Kemian laitos. Avoimet kurssit. 2010. Verkkoaineisto. <<https://koppa.jyu.fi/avoimet/kemia/kems448/suomeksi/ohjeet/liuokset/viskositeetti>>. Luettu 14.2.2023.
- 16 Sadanta. Vesi.fi. Verkkoaineisto. <<https://www.vesi.fi/sanasto/sadanta/>>. Luettu 14.2.2023.
- 17 Precipitation. National Geographic. Verkkoaineisto. <<https://education.nationalgeographic.org/resource/precipitation/>>. Luettu 14.2.2023.
- 18 Hankesuunnitelma. Raide-Jokeri. 2015. Verkkoaineisto. <<https://raidejokeri.info/wp-content/uploads/2016/01/hankesuunnitelma.pdf>>. Luettu 17.2.2023.
- 19 Mikä Raide-Jokeri? Raide-Jokeri. Verkkoaineisto. <<https://raidejokeri.info/mika-raide-jokeri/>>. Luettu 17.2.2023.
- 20 Joukkoliikennebarometri 2020. Raideammattilaiset JHL. Verkkoaineisto. <https://www.jhl.fi/wp-content/uploads/2021/03/Joukkoliikennebarometri-2020_2901_Raideammattilaiset_JHL-ry.pdf>. Luettu 2.3.2023.
- 21 Mistä Raide-Jokeri kulkee? Raide-Jokeri. Verkkoaineisto. <<https://raidejokeri.info/usein-kysyttya/mista-raide-jokeri-kulkee/>>. Luettu 17.2.2023.
- 22 Raide-Jokerin työmaavedet, kaivantovesien pumppausten käynnistämisen prosessi. Raide-Jokeri. 2021.
- 23 Lassila Heli, Jokela Salla. 2021. Raide-Jokeri työmaavesien laatu, vaikutukset purkuvesistöihin. Ramboll Finland Oy.
- 24 Testausseloste 2020–31476. MetropoliLab. 2020.
- 25 Koontitaulukko kaikki päivitetty. 2022. Yrityksen sisäinen dokumentti. Ramboll Finland Oy.

- 26 Havaintojen lataus. Verkkoaineisto. Ilmatieteenlaitos. <<https://www.ilmatie-teenlaitos.fi/havaintojen-lataus>>. Luettu 19.1.2023.
- 27 Helsinki, Kumpula. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <https://fmiodata-convert-api-prod.out.ocp.fmi.fi/preview/467cb15f-8d40-49f6-9c25-fe6e372cdf05/?locale=fi>>. Luettu 19.1.2023.
- 28 Karttapalvelu. Helsingin kaupunki. Verkkoaineisto. <<https://kartta.hel.fi/?setlanguage=fi#>>. Luettu 30.1.2023.
- 29 Silvo, Jussi. 2021. Työmaapäiväkirja. Raide-Jokeri.

Pirkkolantien hallintasuunnitelma



14.6.2021

1 (5)

KOHDEKOHTAINEN TYÖMAAVESIEN HALLINTASUUNNITELMA

1 JOHDANTO

Työmaaveden käsittelyssä noudatetaan kaupunkien työmaavesiohjeita; Espoon kaupungin työmaavesiopas: <http://www.espoo.fi/download/noname/%7BA52F3656-63DF-4A62-AB03-ACFDDF8C4D52%7D/65952> ja Helsingin kaupungin työmaavesiohje: <https://www.hel.fi/static/y mk/esitteet/tyomaavesi.pdf>.

Lähtökohta on, että ympäristölle tai viemäriverkoston toiminnalle haitallisia vesiä ei saa johtaa vesistöön, hulevesi-, jätevesiviemäriin tai avo-ojaan ilman esikäsittelyä, jolla haitta-aineet tai kiintoaine saadaan poistettua tai riittävästi vähennettyä. Vesistöön johdettavan työmaaveden laadun tulee vastata tai olla puhtaampaa kuin purkuvesistön laatu. Maahan imeyttämisen edellytyksenä on, ettei siitä aiheudu maaperän tai pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Raide-Jokerin työmailla noudatetaan ohje-arvoja:

- kiintoaine <300 mg/l
- pH-arvo 6-9
- lämpötila <25 °C
- Öljyt <5 mg/l eikä näkyvää öljykalvoa

2 KOHDETIEDOT

Tuotantolohko: TL 3, H06

Katuosoite, missä työmaavesiä käsitellään: Pirkkolantie

Työlaji: Jätevesimittauskaivon asennus

Kohde sijaitsee pohjavesialueella ei kyllä

Onko kohteen lähellä joitakin herkkiä kohteita?

1. puroja ei kyllä, Haaganpuro , etäisyys noin 20m.
2. Natura-alueita tai muita arvokkaita luontotyyppejä ei kyllä *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*
3. Jotain muuta, mitä *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

Onko alueella todettu pilaantuneita maita ei kyllä *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

Onko alueella todettu kynnysarvon ylittäviä maita ei kyllä Lähimmät todetut kynnysarvomaat (As) sijaitsevat kävelysillan länsipuolella, katu-alueella (Tutkimuskartta liitteessä 2).

Onko alueella todettu sulfaattimaita ei kyllä *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

3 TYÖMAAVEDEN LAATU JA MÄÄRÄ

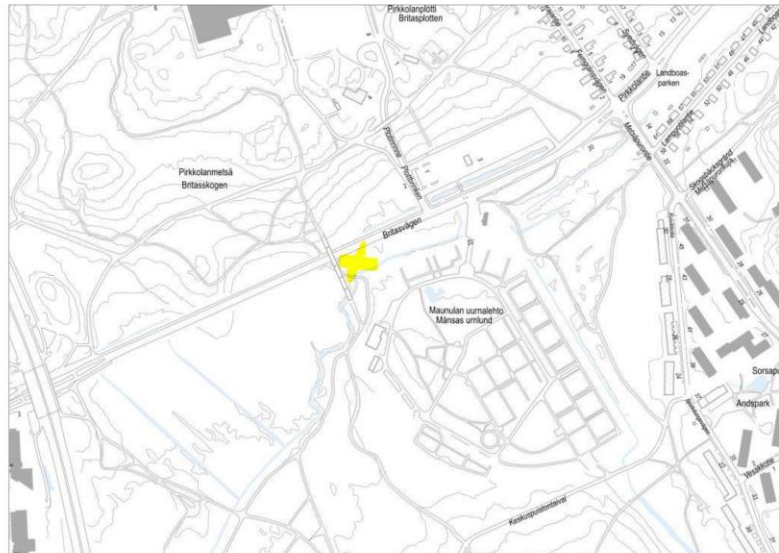
Työmaavesi koostuu/syntyy:

- hulevesistä
- pohjavedestä
- työmaan toiminnoista, Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.
- Jostain muusta, Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

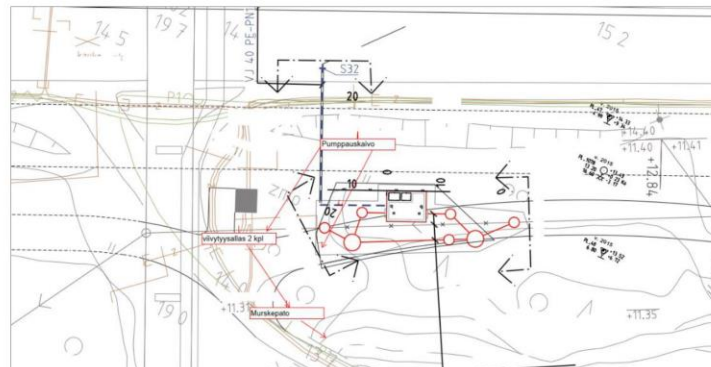
Työmaavesiä syntyy noin 100 m³/pvä

4 TYÖMAAVEDEN JOHTAMINEN

- avo-ojaan
- maastoon/imeytetään maahan
- hulevesiviemäriin, Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.
- jätevesiviemäriin



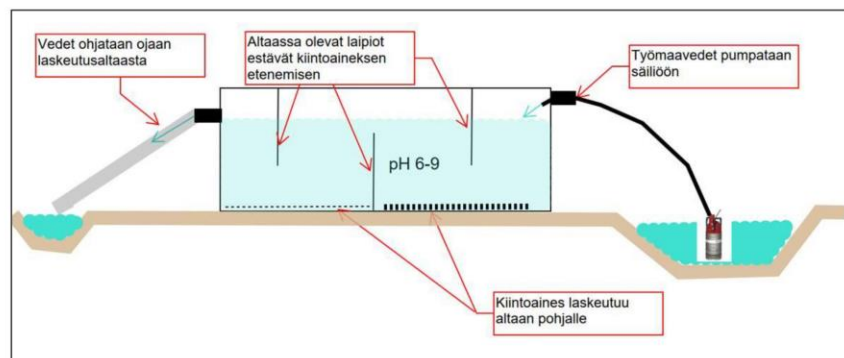
Kuva 1. Kohteen sijainti



Kuva 2. Pumppausjärjestelyt

5 TYÖMAAVEDEN KÄSITTELY

- kiintoaineksen erotus Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.
 - pumppauskaivo
 - laskeutuslava 2 kpl, huolletaan 1 krt/vko
 - murskepato
 - joku muu, mikä? Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.
- öljynerotus Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.
- aktiivihiihisuodatus
- jokin muu, mikä Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.



Kuva 3. Työmaavesien käsittely, periaatekuva.



14.6.2021

4 (5)

6 TYÖMAAVEDEN SEURANTA

6.1 Omaseuranta työmaalla

- pH-mittaus: 2 krt/viikossa
- aistinvarainen tarkastelu: 1 krt/ päivässä
- vesimäärän mittaus: 1 krt päivässä
- jotain muuta, mitä *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

6.2 Vedenlaadun tarkkailu

- pH-mittaus: 1 krt/vk
- aistinvarainen tarkastelu: 1 krt/vk
- kiintoainenäytteenotto: 1 krt/vk
- haitta-ainenäytteenotto: 1 krt/vk

7 VARAUTUMINEN POIKKEUSTILANTEISIIN

7.1 Kiintoainepitoisuus ei täytä raja-arvoja

Jos vesi on selkeästi sameaa tai laboratorioanalyysien perusteella vesi ei täytä raja-arvoa kiintoaineen osalta (300 mg/l), tehdään työmaalla korjaavana toimenpiteenä:

- pumppauksen keskeytys
- pumppauksen tehon pienentäminen
- laskeutusaltaiden määrän / tilavuuden lisääminen
- laskeutusaltaiden huoltotoimenpiteet
- pumppauskaivon uusiminen/ sepelipesän suurentaminen
- joku muu, *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

7.2 Happamat sulfaattimaat

Raide-Jokeri hankkeelle on laadittu työmaaohje, jonka avulla voidaan tunnistaa happamia sulfaattimaita sekä toimintaohjeet, kuinka toimitaan, mikäli happamia sulfaattimaita joudutaan rakentamisen takia kaivamaan. Työmaaohje on esitetty liitteessä 1.

Ensisijaisesti mikäli työmaaaveden pH laskee alle 6, tehdään työmaalla korjaavana toimenpiteenä:

- suodatus kalkkirouhepadon läpi
- kalkitus
- joku muu, *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*



14.6.2021

5 (5)

7.3 Veden pH on liian korkea

Mikäli veden pH omaseurantamittauksissa tai laboratorioanalyysien perusteella on liian korkea (>9), tehdään työmaalla korjaavana toimenpiteenä:

- pumppauksen keskeytys ja pumpun siirtäminen kauemmas esim. stabiloidulta alueelta
- neutralointi vahvoilla hapoilla, kuten rikkihapolla
- neutralointi hiilidioksidilla
- joku muu, *Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.*

7.4 Tulvatilanne

Kirjoita tekstiä napsauttamalla tai napauttamalla tätä.

Liitteet

Liite 1 Sulfaattipitoisen maa-aineksen työmaaohje

Liite 2 Tutkimuskartta

SULFAATTIPIITOISEN MAA-AINEKSEN TYÖMAAOHJE

Työmaan tunnistetiedot (työmaan osoite, vastaava työnjohtaja):

Kohteen ympäristöasiantuntijan yhteystiedot:

Juha Kallio p. +358 406 630 271 tai Oona Virta p. +358 408 384 582

Sulfaattimaan perehdytys pidetty ympäristöasiantuntijan toimesta /pvm /allekirj. [] (rasti ruutuun)

Maankaivutöitä ei saa aloittaa ennen allekirjoitettua työmaaohjetta, ohje pidetään näkyvillä työmaatiloiissa.

Sulfaattimaita ei pidetä lähtökohtaisesti pilaantuneena maa-aineksena. Pilaantuneiden maiden havainnointi ja käsittely erillisen ohjeistuksen mukaisesti.

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, joista vapautuu ilman vaikutuksen eli hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta MAAPE-RÄÄN JA VESISTÖIHIN.

Happamat sulfaattimaat ovat usein maalajiltaan savea. Esim. pääkaupunkiseudulla on useita sulfaattisavikohteita. Sulfaattimaita tavataan tyypillisesti melko lähellä maanpintaa, mutta niitä voidaan tavata useiden metrien syvyydelle asti.

Happamat sulfaattimaat aiheuttavat happamia vesistöjä tyypillisesti viiveellä. Mikäli hapan 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 puroissa. Näitä voivat olla mm. pohjaeliöstön, simpukoiden ja kalojen kuoleminen.

Hankealueella on tehty tutkimuksia laaja-alaisten sulfaattimaa-alueiden selvittämiseksi. Työmaa-kohtaiset tulokset esitetään erikseen.

TUNNISTAMINEN KENTÄLLÄ

Rakennuskohteen alueella on (/ei ole) tehty alustava sulfaattimaakartoitus. Alustavista tutkimustuloksista riippumatta seuraavissa tilanteissa ilmoitetaan kohteeseen valitulle ympäristöasiantuntijalle ja otetaan tarvittaessa maanäyte/-näytteitä sulfaattimaatutkimuksia varten:

- kaivettavassa savessa todetaan mustia raitoja, hajua tai selkeä värin muutos
- näytteistä analysoidaan pH ja kokonaisrikki, lisäksi analyysivalikoimaa täydennetään tarvittaessa

Liitteessä 1 on esitetty esimerkkikuvia sulfidisavesta.

RAKENTAMISEN AIKAINEN HUOMIOINTI:

Mikäli työalueella on tiedossa olevia sulfaattimaita, tulee asia ottaa huomioon erityisesti kaivanto- ja kuivatusvesien käsittelyssä ja kaivettujen maa-ainesten läjityksessä.

Kaivanto- ja kuivatusvedet

Kaivannoista poisjohdettavien vesien ja muiden kuivatusvesien pH-arvon tulee olla välillä 6-9. Veden pH-arvoa on mitattava säännöllisesti esim. kenttämittauksin. Mikäli pH laskee alle 6 tulee vettä käsitellä siten, että pH nousee tasolle 6-9 (esim. kalkitus, suodatus kalkkirouhepadon läpi tms.).

Etukäteen tunnistetuissa riskikohteissa työmaavesien happamuuden säätö on suositeltavaa suunnitella etukäteen. Hapan valunta voi muodostua hyvin nopeasti, mikäli sadevedet pääsevät huuhtelemaan hapettunutta maa-ainesta.

Pidemmäksi ajaksi avoimeksi jätettäviin kaivantoihin kertyvän veden laatua ei ole tarvetta seurata säännöllisesti, mikäli kaivantoa ei pidetä kuivana esim. pumppaamalla. Veden pH on mitattava ennen kaivantojen kuivattamista ja tarvittaessa säädettävä tasolle 6-9.

Kaivetut maa-ainekset

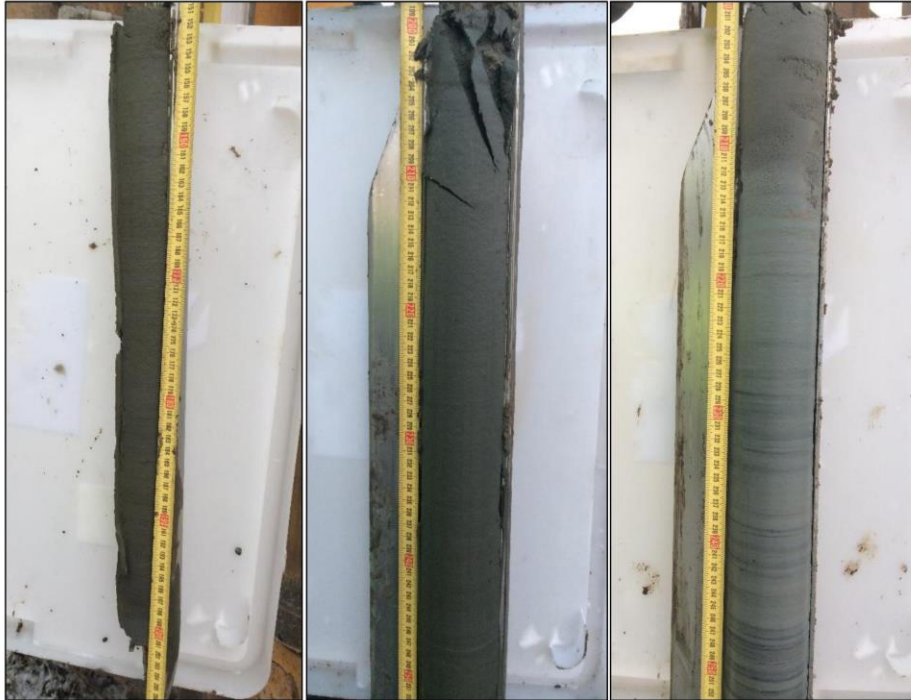
Kaivettua hapanta sulfaattimaata ei tule säilyttää ulkoilmassa pidempijaksoisesti. Kaivetut happamat sulfaattimaat toimitetaan ensisijaisesti maa-ainesten vastaanottoipaikkaan saman työvuoron aikana. Maa-ainesten vastaanottoaikalla on oltava lupa ottaa vastaan happamia sulfaattimaita.

Mikäli happamia sulfaattimaita joudutaan varastoimaan työmaalla yli yhden työvuoron ajan, on ne peitettävä. Peittämisellä vähennetään maa-aineksen hapettumista ja sitä, että mahdollinen sadevesi ei pääse huuhtomaan hapettunutta pintakerrosta.

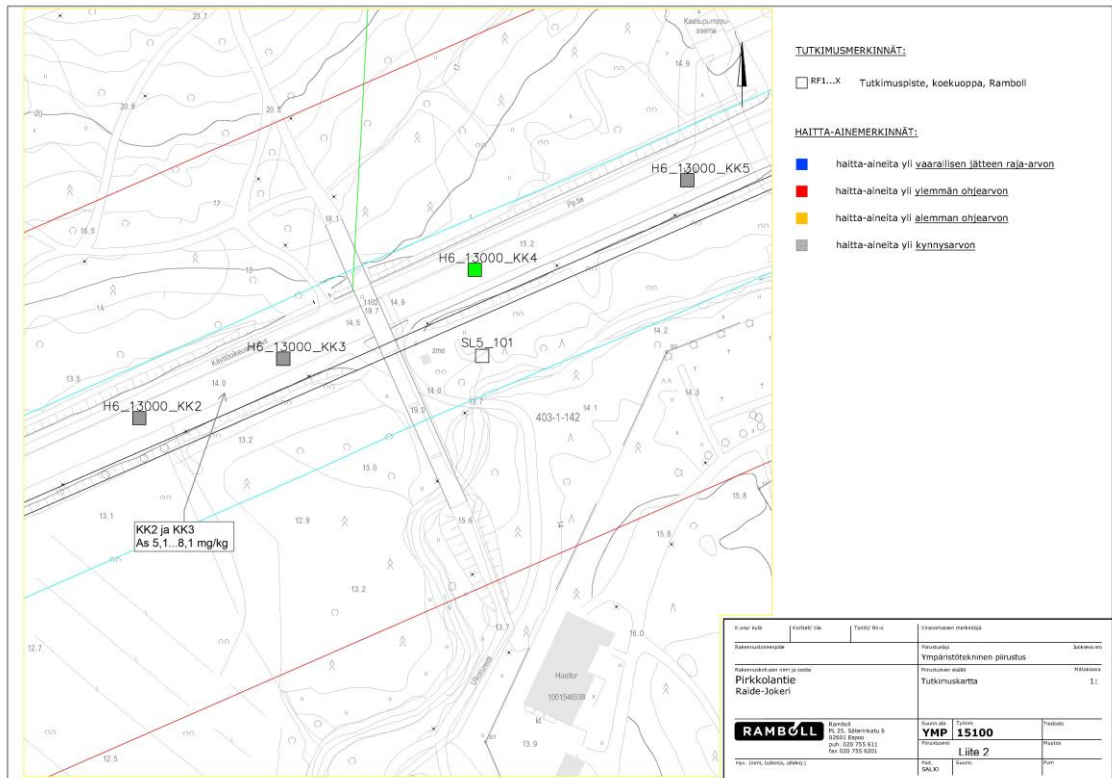
Happamat sulfaattimaat voidaan läjittää saman työvuoron aikana takaisin samaan kaivantoon, josta ne on poistettu.

SULFAATTIPITOISTEN MASSOJEN LOPPUSIJOITUS/ KÄSITTELY VARMISTETAAN KOHTEESEEN NI-METYLLÄ YMPÄRISTÖASIAINTUNTIJALLA. ILMOITA LÖYDÖSTÄ / EPÄILYSTÄ HETI TYÖNJOHDOLLE.**OHJEET KAIVUTYÖN SUORITTAJALLE:**

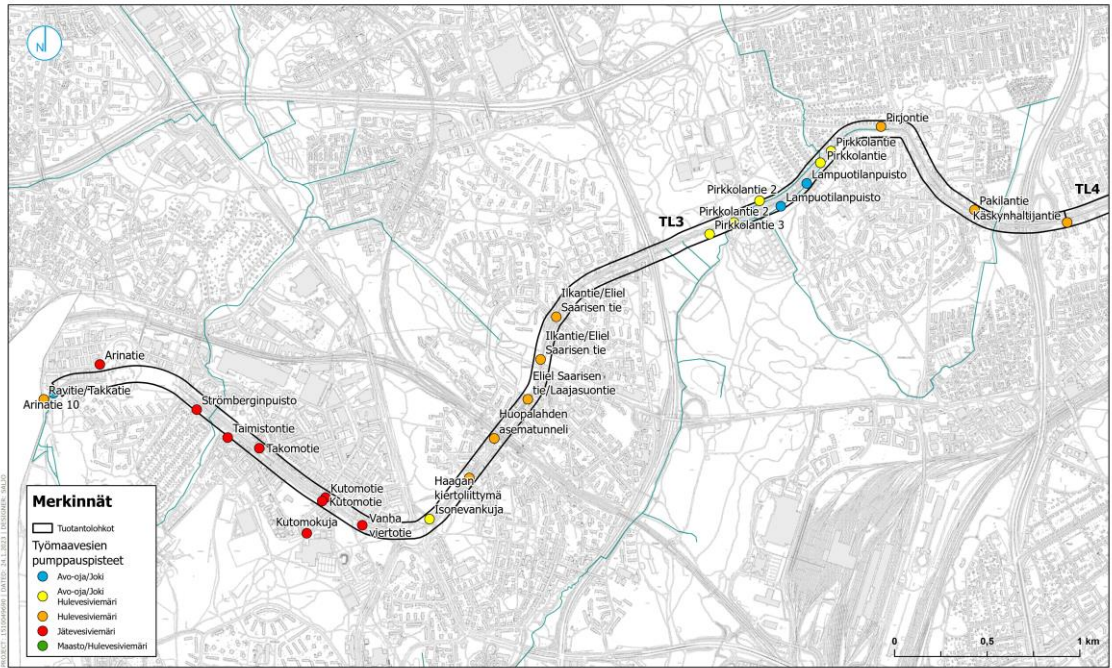
- aistinvaraiset havainnot kaivaessa; näkö- ja hajuhavainnot
- epäiltyjen sulfaattipitoisten maiden peittäminen työmaalla (suojapeite tai tiivis maa-aines)
- kaivettujen maa-ainesten kaivantoon palauttaminen; peittäminen vähintään 0,2 m maakerroksella. HUOM! peittokerrokseen heikosti vettä läpäisevä maa-aines, kuten savi, siltti, hienoainesmoreeni
- mikäli kaivettuja massoja palautetaan kaivantoon, säilytetään kerrosjärjestys palauttamalla maat kaivantoon maalajeittain
- SULFAATTIMAITA VOIDAAN VÄLIAIKAISESTI VARASTOIDA TYÖMAALLA YHTÄJAKSOISESTI VIIKON (1VK)



Kuva 1. Kaikissa yllä olevissa savinäytteissä todettiin kohonneita rikkiäitoisuuksia. Savessa havaittava raitaisuus/kerroksellisuus, tai sen puuttuminen, ei osoita saven rikkiäitoisuutta.

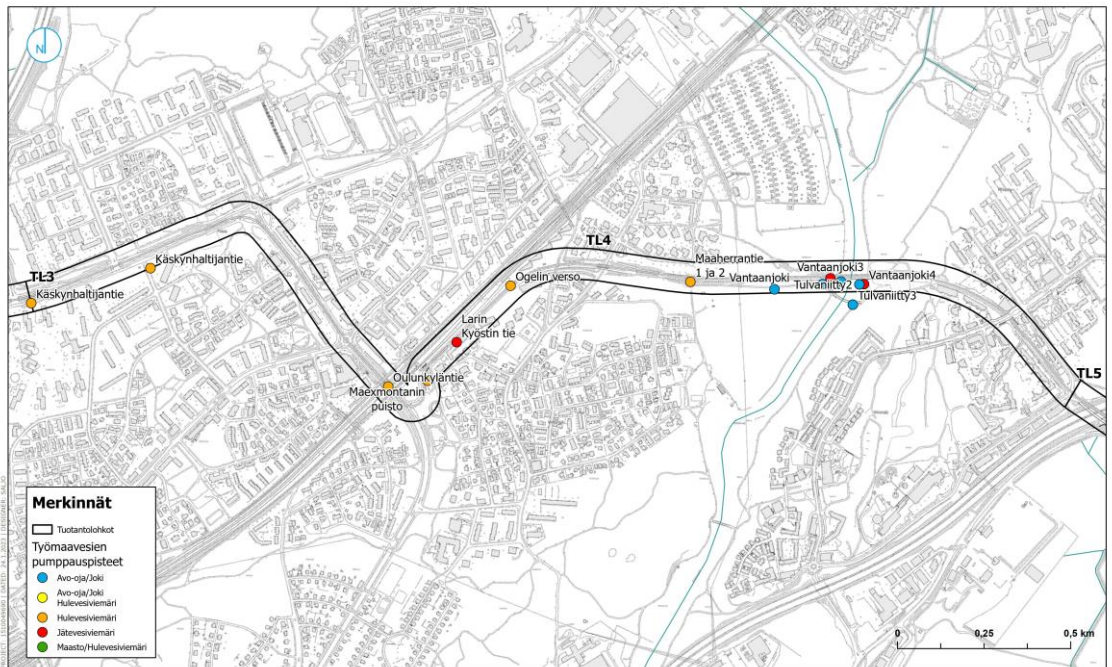


Työmaavesipisteet



HELSINGIN KAUPUNKI
RAIDE-JOKERI, TL3

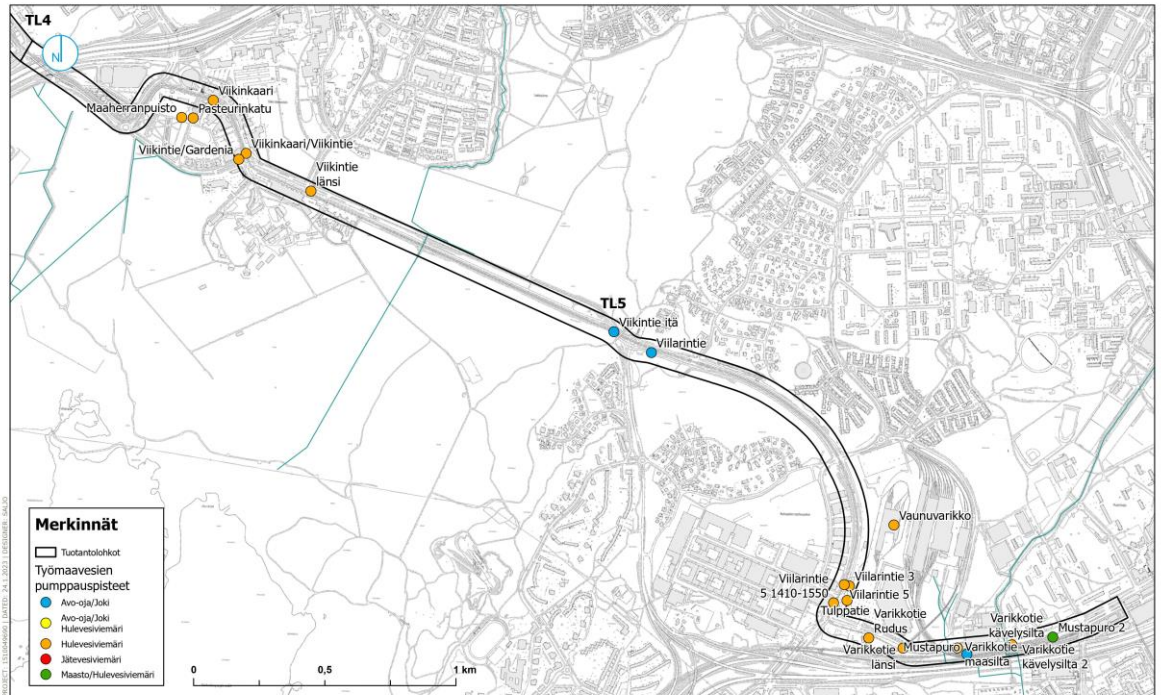
05 TYÖMAAVESI-
NÄYTTEENOTTOPISTEET



HELSINGIN KAUPUNKI
RAIDE-JOKERI, TL4

05 TYÖMAAVESI-
NÄYTTEENOTTOPISTEET





HELSINGIN KAUPUNKI
RAIDE-JOKERI, TL5 JA VAUNUVARIKKO

05 TYÖMAAVESI-
NÄYTTEENOTTOPISTEET



RAMBOLL
ITSEHALLINTOKUJA 3
02601 ESPOO

Työmaapäiväkirja



Työmaapäiväkirja

1 (3)

Työmaa Raide-Jokeri / Lohko 3 / H02 Pitäjänmäentie		Työnumero YIT FI1001196 / NRC 35100					
Kalenteri/työviikko 23	Päivämäärä 2.6.2020	Viikonpäivä Tiistai					
SÄÄ	Klo 7:00	Lämpötila +9°C	Kova tuuli m/s	Pouta x <input type="checkbox"/>	Sade <input type="checkbox"/>	Räntäsade <input type="checkbox"/>	Lumisade <input type="checkbox"/>
	Klo 12:00	Lämpötila +17°C	Kova tuuli <input type="checkbox"/> m/s	Pouta x <input type="checkbox"/>	Sade <input type="checkbox"/>	Räntäsade <input type="checkbox"/>	Lumisade <input type="checkbox"/>



TYÖVOIMA JA KALUSTO	Työnjohtajat + muut toimihenkilöt	10	kpl	KKht	5	kpl
	Rakennusammattimiehet + rak.miehet	3	kpl	KUP	1	kpl
	Aliurakoitsijoiden työntekijät	5	kpl	KKhp	2	kpl
	Sivu-urakoitsijoiden työntekijät	0	kpl	Ponttikone	0	kpl
	Kuorma-auto, kasetti	5	kpl	Poravaunu	1	kpl
TYÖMAAN TILANNE	Aloitettut työvaiheet					Liitteet
	Käynnissä olevat työvaiheet					
	<p>Lauri Vj800 asennus, hitsaus ja pinnoitus 2xosa83+sp6. Vj800 kiilaus ja kiven irroitus. S107 muotin purku.</p> <p>Julius Vj600 kaivuuta</p> <p>Vanha Talin siirtolapuutarhan syöttökaapeli katkesi ja sähkörit kävivät ottamassa sulakkeet pois</p> <p>Takomotien vj600 linjan kaivuuta</p> <p>Takomotiellä vesijohto 200sg poikki ja HSY kävi sulkemassa venttiilit</p> <p>Vanhan kaukolämmön esiinkaivuuta Purotiellä</p> <p>Tino</p> <p>Martin Paasikkomuurin viimeistelyt</p> <p>Sini</p> <p>Heikki</p> <p>Olli</p>					
	Päätyneet työt ja työvaiheet					
	Keskeytyneet työt ja työvaiheet, syy					



TILATUT SUUNNITELMAT JA SUUNNITELMAMUUT TOKSET		
TILATUT MATERIAALIT JA TARVIKKEET		
PIDETYT KOKOUKSET, KATSELMUKSET JA TARKASTUKSET		
KATSELMUKSISSA JA TARKASTUKSISSA SOVITUT ASIAT		
ASIAT RAKENNUTTAJALLE / TILAAJALLE	Vesijohto poikki klo 9:40- sulut kiinni klo 10:00. Vedet palautettu asukkaille 13:35. Vettä valui Mätäjokeen, ilmoitettu ymp.tiimille.	