

KEMPELEEN KUNTA

ZENIITTI

SULFAATTIMAASELVITYS

TUTKIMUSRAPORTTI

26.2.2021



PROJEKTINUMERO: 313413

REV: 0



26.2.2021

TUTKIMUSRAPORTTI

Tilaaja

Kempeleen kunta

Kaija Muraja

kaija.muraja@kempele.fi

Konsultti

WSP Finland Oy

Kiviharjunlenkki 1 D

Puh: +358 207 864 11

Y-tunnus: 0875416-5

Yhteyshenkilö

Jari Heiskari

0400-913 410

jari.heiskari@wsp.com

Kannen kuva. Louhos. 13.10.2020. Jari Heiskari

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	4
2. Tutkimusalue.....	4
2.1. Maaperä ja pohjavesi.....	5
2.2. Pohjavesi.....	7
3. Tutkimus.....	8
3.1. Määritelmä ja tunnistusmenetelmät	8
3.2. Näytepisteet.....	10
3.3. Näytteenotto	10
3.4. Kenttähavainnot ja -mittaukset.....	10
3.5. Laboratoriotulokset ja tulosten tarkastelu.....	11
3.5.1.pH-inkubaatio	11
3.5.2.NAG pH (vetyperoksidihapetus) ja nettohapontuotto (NAG)	12
3.5.3.Kokonaisrikkipitoisuus	12
3.5.4.Kuiva-ainepitoisuus.....	13
3.5.5.Hehkutushäviö.....	13
3.5.6.Tulosten yhteenveto	13
4. Jatkotoimenpiteet	13
Liitteet.....	14
Viitteet	14

26.2.2021

1. Johdanto

WSP Finland Oy laatii Linnakankaan Zeniitin asemakaava-alueelle yleissuunnitelmaa, joka sisältää liikenne- ja katuverkon yleissuunnitelman, kunnallistekniikan yleissuunnitelman sekä ympäristön yleissuunnitelman. Yleissuunnitelmaan liittyen toteutettiin 13.10.2020 sulfaattimaaselvitys alueelle Kempeleen kunnan toimeksiannosta.

Tutkimussuunnitelman (WSP, 29.9.2020) on laatinut Jari Heiskari ja tarkastanut Anna-Riikka Pehkonen-Ollila WSP Finland Oy:stä ja hyväksynyt Kaija Muraja Kempeleen kunnasta.

2. Tutkimusalue

Tutkimusalue on kooltaan noin 43 hehtaaria. Tutkimusalueen raja on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 1).

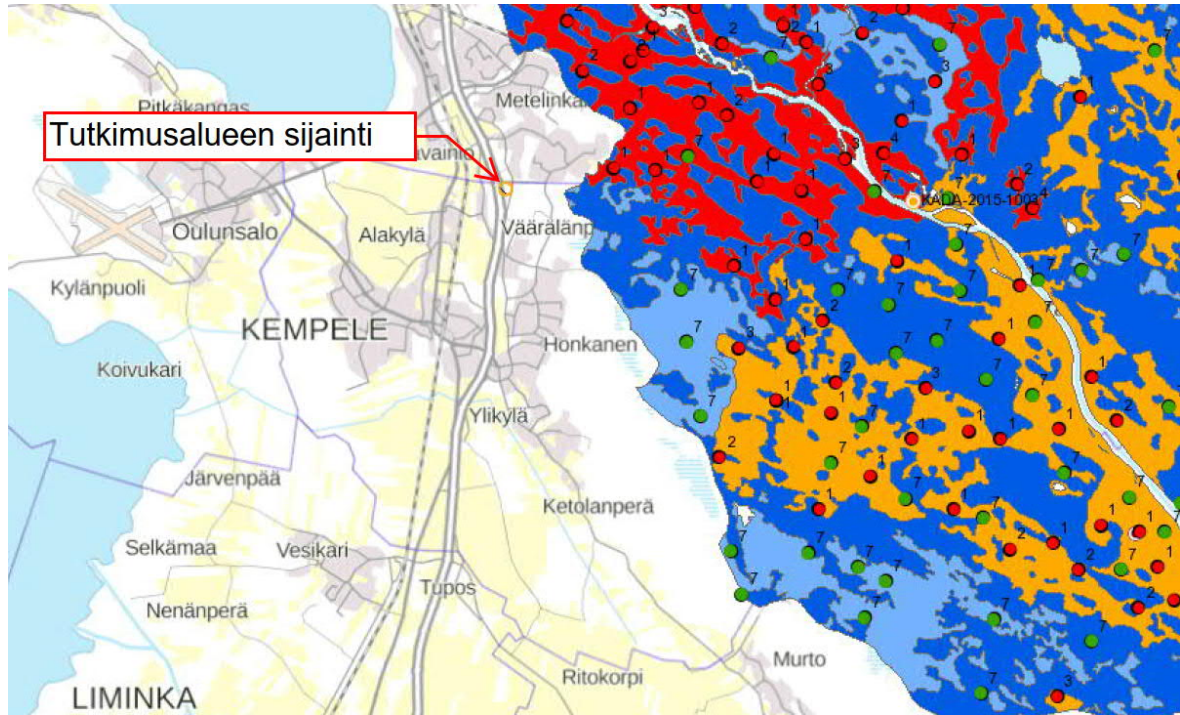


Kuva 1. Tutkimusalueen rajaus.

26.2.2021

2.1. Maaperä ja pohjavesi

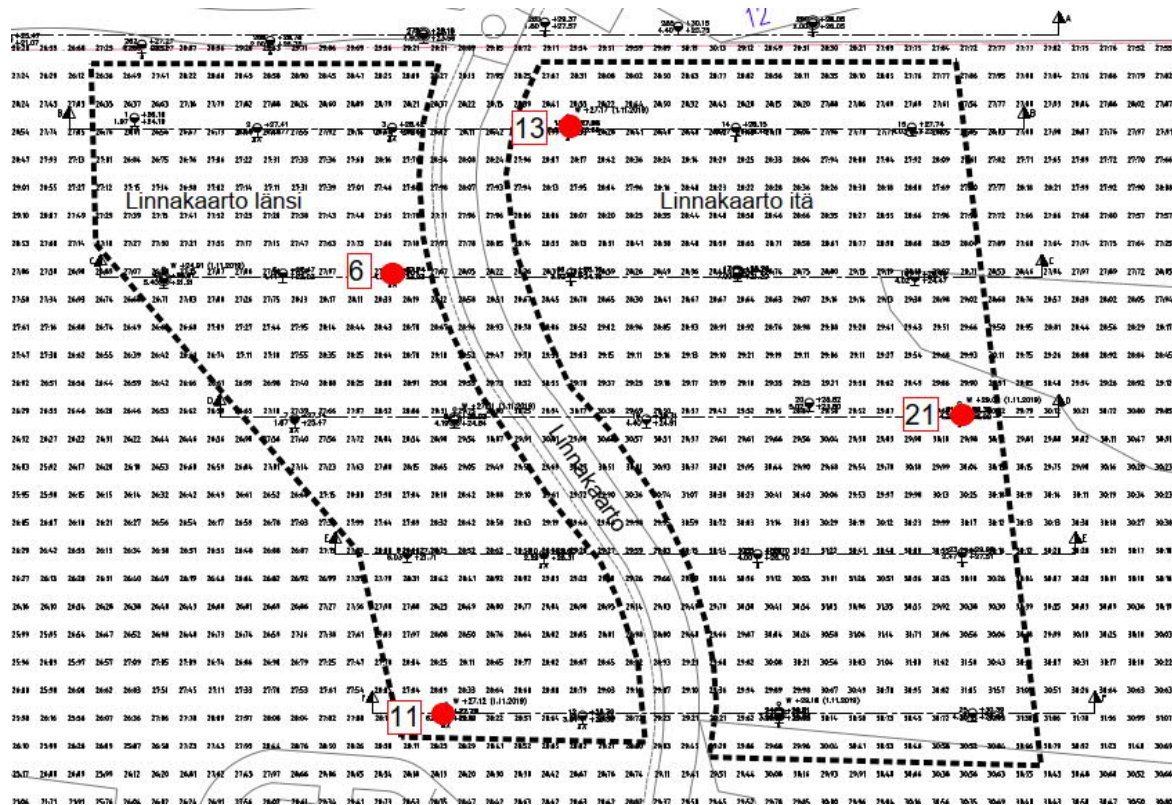
Happamat sulfaattimaat (HASU) rekisterin mukaan tutkimusalueella ei ole tehty sulfaattimaaselvityksiä Geologian tutkimuskeskuksen toimesta. Alueen itäpuolella happamien sulfaattimaa-alueiden esiintymisen todennäköisyys on vaihdellut asteikolla hyvin pieni-pieni-suuri. Tutkimusalue ei sijaitse mustaliuskealueella (Kuva 2).



Kuva 2. Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden kartoitukset tutkimusalueen läheisyydessä (GTK. 2020).

26.2.2021

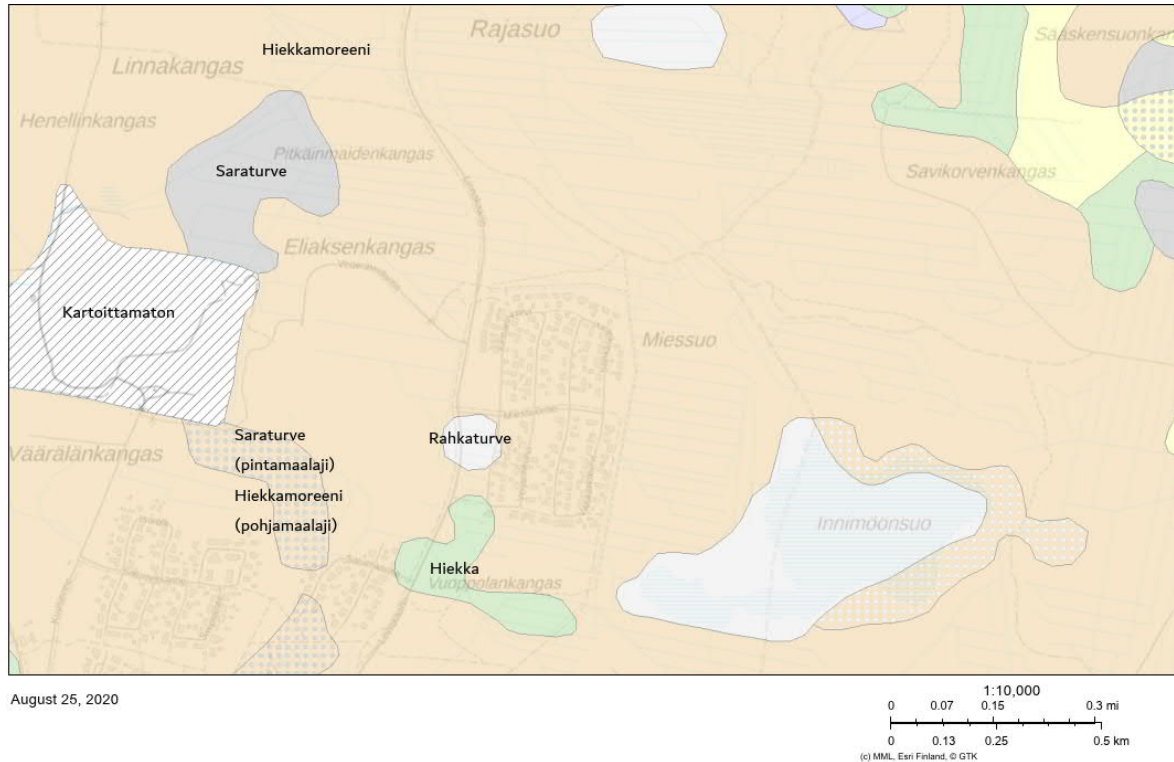
Linnakankaan asemakaavalaajennuksen yhteydessä Linnakaarto itä- ja länsialueille on tehty sulfaattimaaselvitys vuonna 2019 Pöyry Finland Oy:n toimesta. Alueilta otettiin yhdeksän näytettä neljästä näytepisteestä. Selvityksen perusteella yhdessä pisteessä (13, syvyys 3,5 m) on hapettumatonta sulfidimaata, joka voi hapettuessaan aiheuttaa happamia valun-
toja ympäristöön (Kuva 3).



Kuva 3. AFRY (aik. Pöyry) sulfaattimaaselvityksen tutkimuspisteet.

26.2.2021

Tutkimusalue on pääosin hiekkamoreenia. Avolouhoksen pohjois- ja eteläpuolella on turvealueet. Pohjoispuolella oleva turvealue on saraturvetta. Eteläpuolella olevan turvealueen pintamaalaji on saraturve ja pohjamaalaji hiekkamoreenia (Kuva 4).



Kuva 4. Tutkimusalueen maaperäkartta (GTK, Maankamara. 2020. Karttaan lisätty maalajiselitteet).

2.2. Pohjavesi

Tutkimusalue ei sijaitse luokitellulla pohjavesialueella. Lähin pohjavesialue, Kempeleenharju (pv alue tunnus 11244001), vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue, sijaitsee noin 2,5 km tutkimusalueesta lounaaseen.

Tutkimusalueelle on asennettu vuonna 2009 kaksi pohjavesiputkea (NYKVP1, NYKVP2). Pohjatutkimusten yhteydessä alueelle on asennettu viisi uutta pohjavesiputkea 2020 (PP57, P58, P59, P60, P61).

Pohjavesiputkien sijainti on esitetty liitteessä 1 ja pohjavesiputkikortit liitteessä 3.

26.2.2021

3. Tutkimus

3.1. Määritelmä ja tunnistusmenetelmät

Happaman sulfaattimaan määritelmä nykyohjeistuksen mukaan on:

Mineraalimaa

- tuoreen mineraalimaan pH on alle 4,0 (todellinen hapan sulfaattimaa THS) ja/tai
- inkubaation (9-19 vkoa) jälkeen pH on pudonnut alle 4,0 ja pudotusta on vähintään 0,5 yksikköä verrattuna maastossa mitattuun pH-arvoon (potentiaalinen hapan sulfaattimaa PHS)

Usein sulfaattimailla maasto pH:n minimi voi olla hieman yli neljän, joka voi johtua maaperän epätäydellisestä hapettumisesta tai jo syntyneen happamuuden poishuuhtoutumisesta. Tällaisissa tapauksissa sulfaattimaan tunnistaminen tehdään hapettumattoman sulfidipitoisen kerroksen analyysillä.

Turve ja orgaaninen materiaali

- turve- tai orgaanisen näytteen maasto pH on alle 3,0 (todellinen hapan sulfaattimaa THS) ja/tai
- pH-arvo on inkubaation (9-19 vkoa) jälkeen alle 3,0 ja pH on laskenut inkubaation yhteydessä vähintään 0,5 yksikön verran (potentiaalinen hapan sulfaattimaa PHS)

Todellisen ja potentiaalisen happaman sulfaattimaan lisäksi on käytetty myös muita luokitteluja ja termejä, kuten pseudohypersulfidimateriaali ja pseudosulfaattimateriaali (Boman, 2018).

Pseudohypersulfidimateriaaliksi luokitellaan materiaali, jonka kenttä-pH on yli 4,0 mineraalisilla näytteillä ja orgaanisilla näytteillä yli 3,0 ja inkuboidun näytteen pH arvot ovat 4-4,5 mineraalisilla näytteillä ja 3-3,5 orgaanisilla näytteillä. pH arvon lasku inkuboinnin jälkeen on vähintään 1,0 yksikköä verrattuna maasto pH-arvoon (Boman, 2018).

Pseudosulfaattimateriaali sisältää mineraaliset materiaalit, joiden maastossa mitattu pH-arvo on 4-4,5 sulfidihapettumisen vuoksi ja jotka voivat aiheuttaa ympäristöongelman, koska alumiinista voi tulla liukenevaa ja alumiinia voi irrota liukenemalla. Pseudosulfaattimateriaali ei kuitenkaan ole yksinään diagnostinen materiaali happamille sulfaattimaille, vaan se vaatii alla olevan potentiaalisen happaman sulfaattimaan, jotta koko kerrosprofiili voidaan luokitella happamaksi sulfaattimaaksi (Boman, 2018).

Kokonaisrikkipitoisuus

Kokonaisrikkipitoisuutta on käytetty Suomessa happaman sulfaattimaan tunnistusmenetelmänä. Hapettumattomassa maaperässä kokonaisrikkipitoisuus korreloi tyypillisesti hyvin näytteen sulfidipitoisuuden kanssa.

Karkearakeisissa maalajeissa (hiekkä, hieta, moreeni) puskurikyky on tyypillisesti alhainen, joten jo alhainenkin sulfidipitoisuus (yli 0,01 %) voi johtaa merkittävään happamoitumiseen (Nieminen et al., 2016). Kokonaisrikkipitoisuuden ollessa yli 0,2 % (2000 mg/kg) hienorakeisissa maalajeissa (hiesu, savi) on sen havaittu korreloivan hyvin happamoitumisen

26.2.2021

kanssa (Auri et al., 2018) ja näyte voidaan luokitella potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että rikistä suurin osa hienorakeisissa mineralogisissa maalajeissa esiintyy tavallisesti sulfidimuodossa (Boman, 2008).

Kokonaisrikki saattaa orgaanisissa maalajeissa (esim. turve ja lieju) esiintyä myös sellaisessa muodossa (pääosin orgaanisessa muodossa), että tulkinta happamoitumisesta ja hapontuottomäärästä pelkän rikkipitoisuuden perusteella voi olla harhaanjohtava. Tällöin kokonaisrikkipitoisuus ei välttämättä ole riittävä arvioitaessa materiaalin aiheuttamaa happamoitumista (Visuri et al., 2020).

Vetyperoksidihapetus

Vetyperoksidihapetuksessa (NAG pH) kaikki maanäytteessä oleva sulfidi hapetetaan. Reaktion voimakkuudesta johtuen sulfaattimaan luokittelun pH-arvorajana on käytetty pH-arvoa 2,5 eli alhaisempaa kuin pH inkubaatiossa (4,0) (Visuri et al., 2020).

Hapontuotto

Hapontuottomäärän ja hapontuottopotentialin tulisi olla ensisijainen kriteeri sulfaattimaiden luokittelussa, koska sulfaattimaiden ominaisuuksissa esiintyy erityisesti rikkipitoisuuteen ja puskuriikyyn liittyen merkittävää vaihtelua hapontuottomäärässä eli kuormituksen suuruusluokassa (Visuri et al., 2020).

Mineraalinäytteille voidaan käyttää kokonaisrikkianalyysiä riskinarvioinnissa ja luokituksessa, mutta turvenäytteille vaaditaan myös sulfidianalyysiä, jolloin saadaan paremmin esiin sulfidiperäisen happamuuden vaikutus pH-arvoon (Visuri et al., 2020).

Näytteen happamoittamispotentiaali on riippuvainen vetyperoksidihapetetun (NAG pH) näytteen pH-arvoista ja nettohapontuoton (NAG) rikkihapontuoton arvoista (ARD Test Book, 2002). Alle 4,5 NAGpH arvoilla nettohapontuoton ollessa 0-5 kg H₂SO₄/t, näyte on potentiaalisesti happoa tuottavaa, alhainen potentiaali ja yli 5 kg arvoilla potentiaalisesti happoa tuottavaa (Taulukko 1)

Taulukko 1. Näytteen happamoittamispotentiaalin riippuvuus NAG pH ja NAG tuloksista.

NAGpH	NAG (kg H ₂ SO ₄ /t)	happamoittamispotentiaali
4,5	0	ei happoa tuottavaa
<4,5	=5	potentiaalisesti happoa tuottavaa, alhainen potentiaali
<4,5	>5	potentiaalisesti happoa tuottavaa

Hehkutushäviö

Suomessa hehkutushäviö korreloi yleensä hyvin orgaanisen aineksen määrän kanssa. Mitä suurempi orgaanisen aineksen määrä ja mitä suurempi hehkutushäviö on, sitä suurempi on maa-aineksen puskuroiva vaikutus happamoittavaa vaikutusta vastaan. Hehkutushäviötä on käytetty Ruotsissa puskuroivan vaikutuksen arviointiin siten, että yli 8 % hehkutushäviöllä näytteellä on todennäköinen puskuroiva / puskuroiva vaikutus (Taulukko 2) (Pousette, 2007).

26.2.2021

Taulukko 2. Hehkutushäviön suuruuden puskuroiva vaikutus (Pousette. 2007).

Hehkutus-häviö (%)	Puskuroiva vaikutus
0-5	ei merkittävää
5-8	mahdollisesti
> 8	todennäköinen/puskuroiva kyky

3.2. Näytepisteet

Sulfidiselvityksen yhteydessä otettiin näytteet neljästä näytteenottopisteestä 13.10.2020, jotka oli sijoitettu asemakaava-alueelle maaperä- ja pohjatutkimustietojen perusteella. Sulfidiselvityksen näytepisteiden sijainnit olivat samat kuin osan pohjatutkimuspisteiden sijainnit (SO1=P12, SO2=P29, SO3=P33, SO4=P48). Tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty liitteessä 1 ja koordinaatit liitteessä 3.

3.3. Näytteenotto

Näytteet otettiin kierrekairakalustolla Pohjatutkimus- ja Mittauspalvelun toimesta jatkuvana näytesarjana 4 m tavoitesyvyyteen saakka 0,5 metrin välein siten, että 0,5 metrin kerrospaksuus saatiin otettua samaan näytteeseen. Mikäli maalaji vaihtui kesken näytteenottovälin, otettiin eri maalajeista erilliset näytteet.

Tavoitesyvyytenä pidettiin tasoa, johon asti mahdollisesti alennetaan pohjavettä, kaivetaan massoja tai asennetaan putkia/kaapeleita. Maatumattomat kasvinosat poistettiin näytteistä. Näytteenoton yhteydessä havainnoitiin aistinvaraisesti (haju, ulkonäkö, väri, mustat raidat yms.) ja näytteet valokuvattiin (kaikki näytteet näytteenottimessa, osa myös pussissa).

Näytteitä otettiin yhteensä 28 kpl. Näytepisteen SO4 osalta kairaus jouduttiin lopettamaan 2,5 m syvyyteen maaperän kivisyyden vuoksi.

Näytteet säilöttiin kaasutiiviisiin pusseihin (Rilsa) ja tarvittavien havaintojen ja mittausten jälkeen pusseista paineltiin ilma pois ja suljettiin tiiviisti. Näytteitä säilytettiin viileässä ja valolta suojattuna.

Valokuvia näytteistä ja näytteenotosta on esitetty liitteessä 5.

3.4. Kenttähavainnot ja -mittaukset

Aistinvaraisten havaintojen mukaan maalaji oli pääosin moreenia. Näytepisteessä SO2 pinnassa oli 2,0 m paksuinen turvekerros, 2-3 m syvyydellä hiekkaa, 3,0-3,5 m silttiä ja 3,5-4,0 m savea. Näytepisteessä SO4 oli 0-1,25 m syvyydellä hiekkaa. Yhdessäkään näytteessä ei todettu rikin hajua. Näytteet olivat väriltään ruskeita tai harmaita. Näytepisteessä SO2 todettiin mineraalinäytteissä mustia raitoja. Mustien raitojen esiintymissyvyyttä ei voitu varmuudella todeta.

Kaikista näytteistä mitattiin maastossa pH kenttämittarilla (WTW pH 3310). Näytteiden pH-arvot vaihtelivat välillä 3,5-6,6. Alin pH-arvo (3,5) mitattiin turvenäytteessä SO2 0-1,0 m. Mineraalinäytteen alin pH-arvo 4,4 mitattiin näytteessä SO3 0-0,5 m.

26.2.2021

Näytepisteistä havainnoitiin pohjaveden pinnan tasoa näytteiden kosteuden mukaan. Näytteiden kosteudessa ei ollut aistinvaraisesti isoa eroa tai kosteus vaihteli eri syvyyksillä siten, että pohjaveden pinnan tason määrittely oli hankalaa.

Alueelle asennetuista pohjavesiputkista (7 kpl) on mitattu viimeisin pohjaveden pinnankorkeus 16.10.2020. Pohjaveden pinnan taso vaihteli välillä +15,74...+28,73 (N2000) eli 0,19-5,35 m maan pinnasta. Alimmillaan pohjavesi oli avolouhoksen lähellä olevissa putkissa NYKVP1 ja P57. Pohjavesiputkista on mitattu pinnankorkeudet myös 6/2020 ja 8/2020, NYKVP1 osalta lisäksi 5/2020. Pinnankoroissa on ollut vaihtelua kierrosten välillä. Alimmat pinnankorkeudet putkien välillä ovat olleet eri ajankohtina.

Pohjavesiputkikortit on esitetty liitteessä 3.

Pohjavesi tulee jäämään louhinnan päätyttyä altaassa likimain tasolle +14 (N60) (Geopudas, 2000). N2000 korkeusjärjestelmässä noin +14,4 tasolle.

3.5. Laboratoriotulokset ja tulosten tarkastelu

3.5.1. pH-inkubaatio

Kaikille näytteille tehtiin pH-inkubointi eli näytteiden annettiin hapettua huoneilmassa pitämällä ne kosteana (luonnonkosteus). Tarvittaessa näytteisiin lisättiin deionisoitua vettä. Näytteiden pH-arvot mitattiin alkutilanteessa (kenttäolosuhteissa näytteenoton yhteydessä pH kenttämittarilla) ja 4, 9, 13 ja 17 viikon jälkeen.

Mikäli näytteen pH oli yhdeksän viikon jälkeen yli 6,5, inkubaatio lopetettiin. Inkubaatio lopetettiin myös, mikäli pH oli < 4 ja pudotusta kenttäolosuhteissa mitatusta pH-arvosta oli vähintään 0,5 yksikköä. Näytteen pH-arvon ollessa 9 viikon jälkeen 4,0-6,5, jatkettiin inkubaatiota. Näytteiden inkubaatiot lopetettiin seuraavien 13 ja 17 viikon jälkeen mikäli pH-arvo oli < 4 tai > 6,5 tai, kun stabiili pH-arvo saavutettiin vähintään kahdeksan viikon inkuboinnin aikana. Näytteen pH-arvon ollessa 19 viikon inkubaation jälkeen alle 4, voidaan näytteen todeta sisältävän sulfideja ja näyte luokitella sulfaattimaaksi.

Inkubaation perusteella potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi luokitellaan näytepisteen SO1 osalta 0,0-4,0 m. Näyte 0,5-1,0 m luokitellaan pseudohypersulfidimateriaaliksi (kenttä pH >4, inkuboitu pH 4-4,5, pH lasku vähintään 1,0 yksikköä), joka kykenee hapantumaa kohtuullisesti sulfidien hapettumisen seurauksena (Boman. 2018).

Näytepisteen SO2 osalta potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi luokitellaan 2,0-4,0 m.

Näytepisteen SO3 osalta 0,0-0,5 m luokitellaan pseudosulfaattimateriaaliksi (kenttä pH 4-4,5), joka voi aiheuttaa ympäristöongelman (alumiinin liukeneminen). Näytepisteessä SO3 ei todettu potentiaalisia happamia sulfaattimaita pseudosulfaattikerroksen alla, joten todetun pseudosulfaattikerroksen perusteella koko profiilia ei voida luokitella happamaksi sulfaattimaaksi.

Näytepisteen SO4 osalta 0,0-1,0 m luokitellaan pseudohypermateriaaliksi ja 1,25-2,5 m potentiaalisesti happamaksi sulfaattimaaksi. Syvyystasolla 1-1,25 m olevan näytteen osalta inkuboitu pH-arvo, eikä pH-arvon muutos täytä pseudohypermateriaalin määritelmää.

26.2.2021

3.5.2. NAG pH (vetyperoksidihapetus) ja nettohapontuotto (NAG)

Osalle näytteistä (9 kpl) tehtiin laboratoriossa hapetus vetyperoksidilla, jolloin saadaan ns. minimi pH-arvo (NAG pH). Mikäli näytteen pH-arvo laskee alle 2,5, pidetään tutkittua näytettä potentiaalisena sulfaattimaana. Vetyperoksidihapetuksessa yhdenkään näytteen pH-arvo ei laskenut alle 2,5:n.

Vetyperoksidihapetuksen jälkeen näytteet titrattiin pH-arvoon 4,5 ja 7 ja emäksen kulutuksesta laskettiin nettohapontuotto.

NAG pH oli viidessä näytteessä alle 4,5. pH arvoon 4,5 titrattaessa hapontuotto oli alle 5, lukuun ottamatta turvenäytettä SO2 1,0-2,0 m. Turvenäytteen rikinhapon tuotto oli 38 kg maa-ainestonnina (kuiva-ainetta) kohden (ARD Test Handbook, 2002).

pH-arvoon 7 titrattuna hapontuotto oli alle 5 kuudessa näytteessä. Kahdessa näytteessä hapontuotto oli yli 5. Näytteessä SO1 0,0-0,5 m hapontuotto oli 5,7 ja näytteessä SO2 1,0-2,0 m 100 kg maa-ainestonnina (kuiva-aine) kohden.

Selvästi suurimmat hapontuotot todettiin turvenäytteessä SO2 1,0-2,0 m. Näytteen osalta on syytä huomioida, että rikki voi olla osin orgaanisesti sitoutunutta ja ei näin ollen aiheuta vastaavaa happamoitumista, kuin jos rikki olisi pääosin sulfidimuodossa.

Näyte SO2 3,5-4,0 m on inkubaation perusteella potentiaalinen hapan sulfaattimaa, mutta ei NAG pH-arvon (5,5) perusteella. Suomessa NAG pH arvoa 4,5 on käytetty yleisesti raja-arvona, jonka yläpuolelle jäävät näytteet eivät ole happoa tuottavia.

3.5.3. Kokonaisrikkipitoisuus

Laboratoriossa määritetyt näytteiden kokonaisrikkipitoisuudet vaihtelivat välillä 53 (0,0053 %) - 2700 mg/kg (0,27 %). Korkein kokonaisrikkipitoisuus todettiin turvenäytteessä SO2 1,0-2,0 m. Näytteen osalta on syytä huomioida, että rikkipitoisuus ei välttämättä korreloi näytteen sulfidipitoisuuden kanssa ja merkittävä osa rikistä voi olla orgaanisesti sitoutunutta. Tällöin korkea rikkipitoisuus ei aiheuta vastaavaa happamoitumista, kuin jos rikki olisi pääosin sulfidimuodossa. Sulfidipitoisuus voidaan määrittää nk. kromipelkistysmenetelmällä (Boman et al., 2018).

Karkearakeiset maalajit (hiekkä, hieta, moreenit), joissa rikkiä on alle 0,2 % (2000 mg/kg) tulevat aiheuttamaan suhteellisen pientä kuormitusta vastaanottavissa vesistöissä, mikäli inkubaatiossa pH-arvo laskee välille 3-4, ja laskua on tapahtunut yli 1 yksikön verran. Osassa tutkimuksista rajana on pidetty kokonaisrikkipitoisuutta 0,01 % (100 mg/kg). Tutkittujen karkearakeisten maalajien osalta rikkipitoisuudet olivat kaikilta osin alle 0,2 %. Yli 0,01 % rikkipitoisuuksia todettiin karkearakeisten maalajien osalta näytteissä SO1 1,5-2,0 m (260 mg/kg) ja SO4 1,5-2,0 m (140 mg/kg).

Jos pH laskee inkubaatiossa alle kolmen ja pudotusta on yli yhden yksikön verran, arvioidaan kuormitusriskin olevan suurella todennäköisyydellä merkittävä (Hadzic et al., 2014). Näytteen SO2 2,5-3,0 m (hiekkä) osalta inkuboitu pH oli alle 3 (2,8) ja pH:n lasku oli yli yhden yksikön (2,1).

Hienorakeisissa maalajeissa inkubaatio pH arvon ollessa 3,5-4,0, arvioidaan kuormitusriskin olevan kohtalainen ja täten alhaisempi kuin maissa joissa pH laskee alle 3,5. Matalampi riskiarvio perustuu rikkipitoisuuteen, joka tyypillisesti on hienorakeisissa maalajeissa vain noin 0,2 % (Auri et al., 2018). Tutkittujen hienorakeisten maalajien inkuboidut pH arvot olivat 3,5 (SO2 3,0-3,5 m) ja 3,8 (SO2 3,5-4,0 m). Näytteet olivat silttiä ja savea.

26.2.2021

3.5.4. Kuiva-ainepitoisuus

Laboratoriossa määritettyjen näytteiden osalta kuiva-ainepitoisuus vaihteli turvenäytettä lukuun ottamatta välillä 82-94 %. Turvenäytteen kuiva-ainepitoisuus oli 6,5 %.

3.5.5. Hehkutushäviö

Näytteiden hehkutushäviöt olivat alle 5 %, lukuun ottamatta turvenäytettä SO2 1,0-2,0 m, jossa hehkutushäviö oli 90 %. Yli 8 % hehkutushäviötä edustavilla maa-aineksella on puskuroiva kyky happamoitumista vastaan.

3.5.6. Tulosten yhteenveto

Tutkittujen näytteiden osalta ei todettu todellisia happamia sulfaattimaita (THS). Kaikissa näytteissä maastossa mitattu pH-arvo oli mineraalimaissa yli 4,0 ja orgaanisissa näytteissä yli 3,0.

Tutkittujen näytteiden osalta potentiaalisia happamia sulfaattimaita (PHS) todettiin näytepisteessä SO1 syvyyksillä 0,0-0,5 m ja 1,0-4,0 m, SO2 2,0-4,0 m ja SO4 1,25-2,5 m.

Lisäksi todettiin pseudohypersulfidimateriaalia näytepisteessä SO1 0,5-1,0 m ja SO4 0,0-1,0 m ja pseudosulfaattimateriaalia näytepisteessä SO3 0,0-0,5 m.

Merkitseviä rikkipitoisuuksia (> 100 mg/kg) todettiin näytteiden SO1 1,5-2,0 m, SO2 1,0-2,0 m ja SO4 1,5-2,0 m osalta. Hapontuoton osalta näytteet olivat potentiaalisesti happoa tuottavia, alhainen kapasiteetti tai potentiaalisesti happoa tuottavia.

Happoa tuottavia (titraus pH 7,0) näytteitä todettiin syvyyksien SO1 0-0,5 m; 1,5-2,0 m, SO2 1,0-2,0 m; 3,0-4,0 m, SO3 0,0-0,5 m; 1,5-2,0 m ja SO4 0,0-0,5 m; 1,5-2,0 m osalta. Osalla näytteistä alhainen rikkipitoisuus ja/tai hapontuottomäärä tai korkea puskurikyky vähentää happamoitumisriskiä.

Todetut sulfidipitoiset maa-ainekset tulee huomioida alueen jatkosuunnittelussa ja kaavoituksessa sekä tulevaisuuden toimenpiteissä (kuivatustaso, pohjaveden alennus, kuivatustoimenpiteet sekä massojen kaivu- ja läjitys) ja materiaalivalinnoissa (maalaisrakenteet, perustukset ja putket).

4. Jatkotoimenpiteet

Todettujen sulfidipitoisten maa-ainesten osalta on syytä laatia toimenpide- ja käsittelyohjeet, mikäli niiden osalta joudutaan alentamaan pohjaveden pinnan tasoa ja/tai niitä joudutaan kaivamaan ja läjittämään hapellisiin olosuhteisiin.

26.2.2021

Oulu 26.2.2021

WSP Finland Oy

Laatinut:

Tarkastanut:

Jari Heiskari
Projektipäällikkö
Ympäristöpalvelut

Anna-Riikka Pehkonen-Ollila
Tiimipäällikkö
Ympäristöpalvelut

Liitteet

- 1) Näytepisteiden ja pohjavesiputkien sijainti sekä sulfaattimaiden esiintyvyys tutkimusalueella
- 2) Kenttähavaintojen ja laboratorioanalyysien koontitaulukko
- 3) Pohjavesiputkikortit
- 4) Laboratorioanalyysitodistukset
- 5) Valokuvia

Viitteet

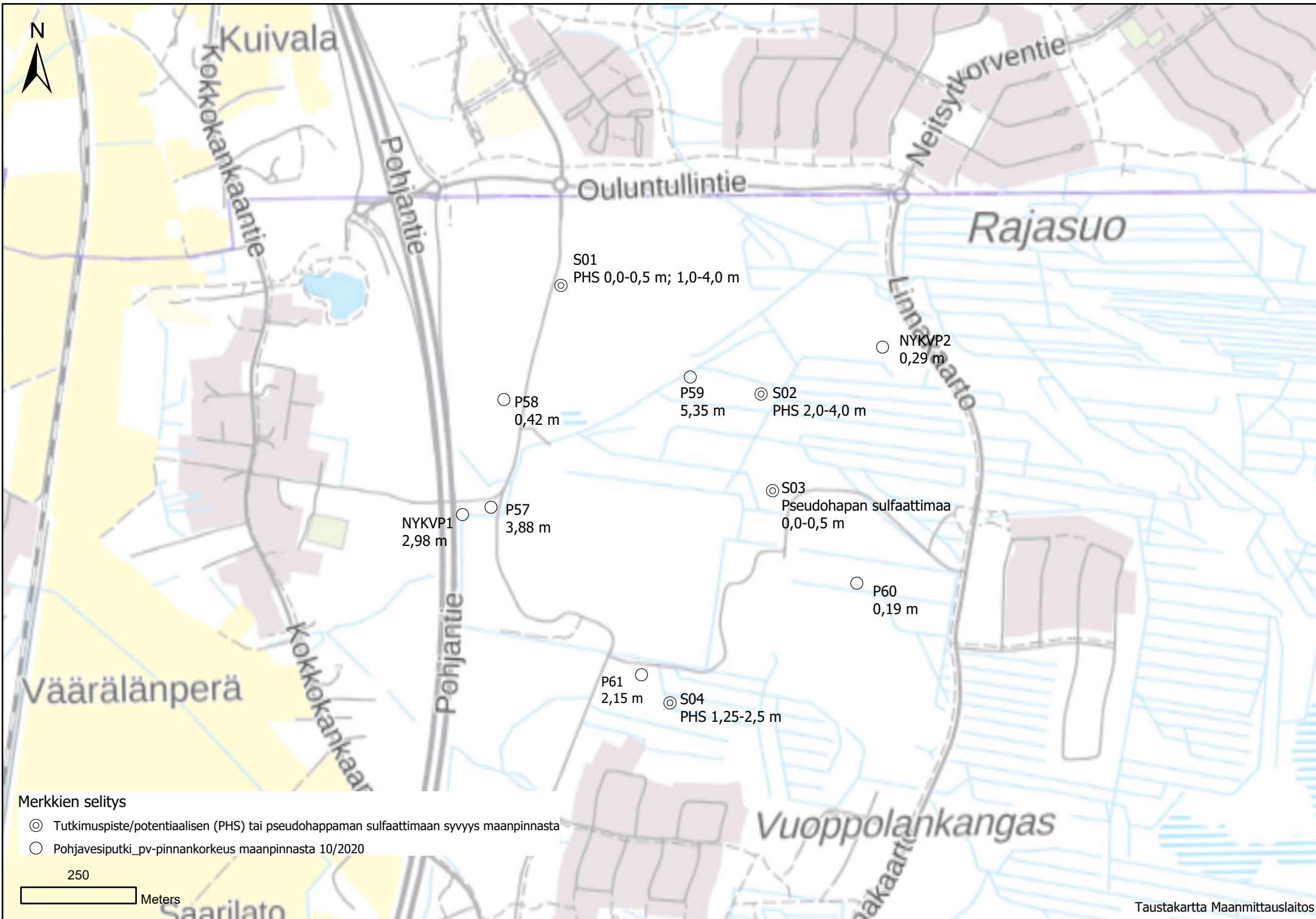
- 1) Auri et al. 2018. Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla. Versio 1, 21.2.2018. Auri, J., Boman, A., Hadzic, M., Nystrand, M.
- 2) Boman. 2008. Sulphur Dynamics in Boreal Potential and Actual Acid Sulphate Soils Rich in Metastable Iron Sulphide, Doktorsavhandling, Åbo Akademi.
- 3) Geopudas. 2000. Maarakennus Jaara Oy. Kallion louhintasuunnitelma tilalle Linnakangas Rn:O 182:0 Kempeleen Väärälänperällä. 1: 200 000.
- 4) Nieminen et al. 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla, Helsinki: Luonnonvarakeskus.
- 5) Pousette, K. 2007. Eriksson, L.G., Knutsson, S. Acidification properties of sulphide soil – a classification system based on leaching tests.
- 6) Pöyry. 2019. Kempeleen kunta. Linnakaarto itä ja länsi. Linnakankaan alueen asemakaavaaajennus. 19.12.2019.

26.2.2021

- 7) Visuri et al. 2020. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus -hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskusten raportteja XX / 2020. LUONNOS.
- 8) Boman et al. 2008. Happamien sulfaattimaiden luokittelu Suomessa ja Ruotsissa. Versio 2.2018.
- 9) Hadzic et al. 2014. Sulfaattimailla syntyvän happaman kuormituksen ennakointi-, ja hallintamenetelmät – SuHE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskusten raportteja 17/2004.
- 10) ARD Test Handbook. 2002. Project P387A. Prediction & Kinetic Control of Acid Mine Drainage. Ian Wark Institute. Environmental Geochemistry International Pty Ltd

LIITE 1

**NÄYTEPISTEIDEN JA POHJAVE-
SIPUTKIEN SIJAINTI SEKÄ SULFAAT-
TIMAIDEN ESIINTYVYYS TUTKIMUS-
ALUEELLA**



LIITE 2
KENTTÄHAVAINTOJEN JA LABORA-
TORIOANALYYSIEN KOONTITAU-
LUKKO

													Kenttämittaukset		Laboratorioanalyysit							Laboratorioanalyysit				
Pistetunnus	Syvyys (m)	Päivä- määrä	Koordinaatit: ETRS-GK26			Maalaji arvio	Kosteus	Luokitteluarvoja:					pH	NAG pH	Inkuboitu pH (4 vkoa)	Inkuboitu pH (9 vkoa)	Inkuboitu pH (13 vkoa)	Inkuboitu pH (17 vkoa)	Muutos inkuboitu pH- >maasto pH	Kokonais- rikki (S)	NAG pH	NAG (pH 7,0)	NAG (pH 4,5)	Kuiva- ainepitoisuus	Henkutus- häviö / Puskurointi- kyky	
													13.10.2020		10.11.2020	15.12.2020	14.1.2021	11.2.2021			lab.	lab.	lab.			
													-	>2	>4	>4	>4	>4		<2 000	>4,5	-	-	-	-	
													-	<2	<4	<4	<4	<4		>2 000	<4,5	-	-	-	0-5 (ei merkittävää puskurointikykyä)	
													Potentiaalisesti hapan sulfaattimaa (PHS):	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5 (ei merkittävää puskurointikykyä)	
													Todellinen hapan sulfaattimaa (THS):	<4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5-8 (mahdollisesti puskuroiva kyky)
													Muita luokitteluarvoja (lisätiedot kommentteissa):	-	-	-	-	-	-	(100 karkea)	-	-	0 (ei happoa tuottavaa)	0 (ei happoa tuottavaa)	-	>8 (puskuroiva kyky)
													Väri	Väri	Väri	Muu ulkonäkö										
													Haju	Musta	Ruskea	Harmaa	Raidat									
													0...3	0...3			0...3									
													N	E	Z											
													Lisätietoja / havainno	-	-	-	-	-	-		mg/kg	-	kg H2SO4/t	kg H2SO4/t	%	%
SO1	0,0 - 0,5	13.10.2020	7 204 610	26 478 502	27,083	HkMr	2	0		x			pseudohyper	5,4	3,9	3,9	4,3	4,9	4,4	1,5	71	3,9	5,7	0,70	85	<0,2
	0,5 - 1,0	13.10.2020				HkMr	3	0		x	x			5,4		4,1	4,7	4,5	4,3	1,1						
	1,0 - 1,5	13.10.2020				HkMr	3	0			x			5,9		4,2	3,7			2,2						
	1,5 - 2,0	13.10.2020				HkMr	3	0			x			6,6	4,2	5,2	3,8			2,8	260	4,2	4,9	<0,2	87	<0,2
	2,0 - 2,5	13.10.2020				HkMr	2	0			x			6,6		5,7	4,3	3,6		3,0						
	2,5 - 3,0	13.10.2020				HkMr	2	0			x			6,4		4,4	3,8			2,6						
	3,0 - 3,5	13.10.2020				HkMr	2	0			x			6,5		4,6	4,2	3,7		2,8						
	3,5 - 4,0	13.10.2020				HkMr	2	0			x			6,4		5,7	4,5	3,7		2,7						
SO2	0,0 - 1,0	13.10.2020	7 204 374	26 478 937	25,901	Tu	2	0		x				3,5		3,4	3,5	3,4	3,5	0,080						
	1,0 - 2,0	13.10.2020				Tu	2	0		x				4,8	2,8	4,0	4,6	4,0	4,1	0,78	2700	2,8	100	38	6,5	90
	2,0 - 2,5	13.10.2020				Hk	2	0			x			5,2		3,4	3,4			1,8						
	2,5 - 3,0	13.10.2020				Hk	2	0			x			4,9		2,8	3,4			2,1						
	3,0 - 3,5	13.10.2020				Si	2	0			x			5,2	4,0	4,5	4,1	3,5		1,7	780	4,0	3,3	0,60	83	2,1
	3,5 - 4,0	13.10.2020				Sa	3	0			x			5,9	5,5	4,6	5,1	3,8		2,1	660	5,5	0,60	0	82	0,90
SO3	0,0 - 0,5	13.10.2020	7 204 164	26 478 962	26,511	HkMr	1	0		x			pseudo	4,4	4,4	4,3	4,2	4,0	4,1	0,43	56	4,4	4,5	<0,2	83	3,8
	0,5 - 1,0	13.10.2020				HkMr	1	0		x				4,7		4,9	4,1	4,2	4,5	0,57						
	1,0 - 1,5	13.10.2020				HkMr	1	0		x	x			5,4		5,5	4,3	4,7	4,6	0,82						
	1,5 - 2,0	13.10.2020				HkMr	1	0		x	x			5,5	5,3	5,4	4,2	4,6	4,6	0,93	60	5,3	2,6	0	90	0,90
	2,0 - 2,5	13.10.2020				HkMr	1	0			x			5,9		5,3	5,2	5,0	4,9	1,0						
	2,5 - 3,0	13.10.2020				HkMr	1	0			x			6,2		6,2	6,2	6,7		-0,54						
	3,0 - 3,5	13.10.2020				HkMr	1	0			x			6,6		6,6	6,0	6,8		-0,17						
	3,5 - 4,0	13.10.2020				HkMr	1	0			x			6,6		6,8	6,2	6,9		-0,29						
SO4	0,0 - 0,5	13.10.2020	7 203 703	26 478 739	23,929	Hk	1	0		x			pseudohyper	5,4	4,5	4,1	5,0	4,9	4,4	0,97	53	4,5	3,6	0,30	94	3,3
	0,5 - 1,0	13.10.2020				Hk	1	0		x			pseudohyper	5,4		4,5	4,6	4,8	4,3	1,1						
	1,0 - 1,25	13.10.2020				Hk	1	0		x				5,1		5,9	4,9	4,9	4,6	0,49						
	1,25 - 1,5	13.10.2020				HkMr	2	0			x			5,9		4,7	3,8			2,2						
	1,5 - 2,0	13.10.2020				HkMr	2	0			x			5,0	4,5	4,3	4,3	4,2	3,9	1,1	140	4,5	2,7	<0,2	90	3,3
	2,0 - 2,5	13.10.2020				HkMr	2	0			x			4,9		4,0	3,8			1,2						
Huomionarvoiset tulokset merkitty violetilla ja keltaisella													tulosten lukumäärä [n]	28	9	28				9	9	9	9	9		
HkMr=Hiekkamoreeni, Hk= Hiekka, Si=Siltti, Sa=Savi, Tu=Turve													laskennallinen keskiarvo: ¹³	5,6	4,3	4,7				531,1	4,3	4,5	77,8	11,6		
													laskennallinen mediaani: ¹³	5	4	5				140	4	0	85	2		
													laskennallinen minimi: ¹³	3,5	2,8	2,81				53	2,8	0	6,5	0,2		
													laskennallinen maksimi: ¹³	6,6	5,5	6,79				2700	5,5	38	93,9	90		
													keskihajonta: ¹³	0,8	0,7	1,0				809,5	0,7	11,9	25,5	27,7		

LIITE 3

POHJAVESIPUTKIKORTIT

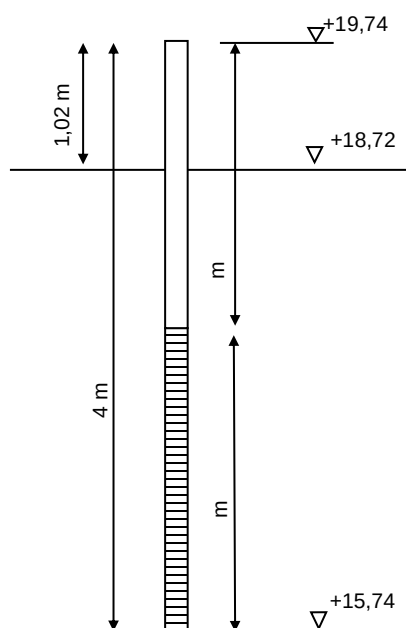
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: NYKVP1

X-koord.= 7204113 (ETRS GK-26)

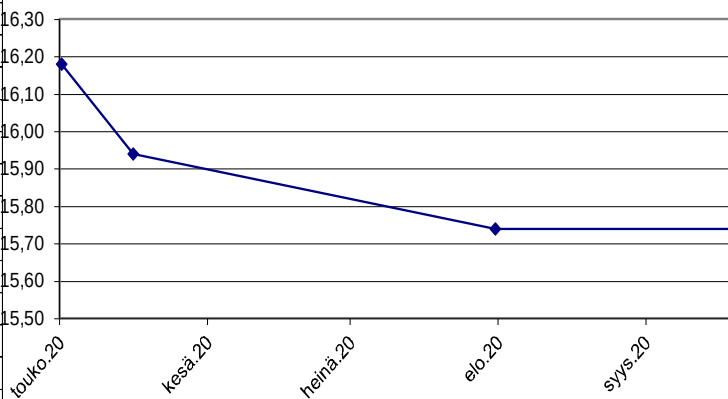
Y-koord.= 26478289

Z-koord.= 18,719 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	2009
Asentaja:	
Asennustapa:	
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	
Putken yläpää (Pp):	+ 19,74
Maanpinta (Mp):	+ 18,72
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+17,74
Siivilän alapää:	+15,74
Pohja / kärki:	-
Nousuputken laatu:	-
Siivilän laatu:	-
Siivilän koko #:	-
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	m
Min. sisäläpimitta:	40 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	4 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatinsukka:	-

[illegible]

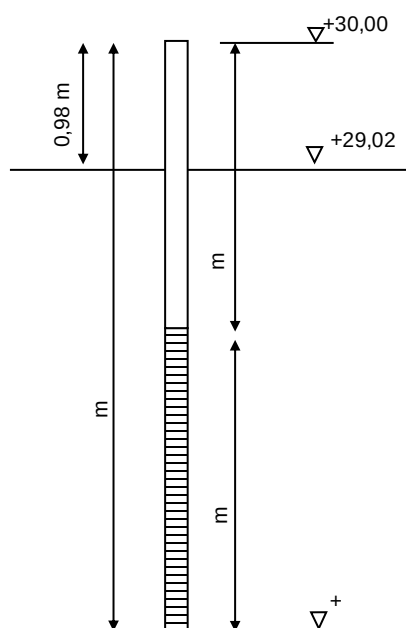
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: NYKVP2

X-koord.= 7204476 (ETRS GK-26)

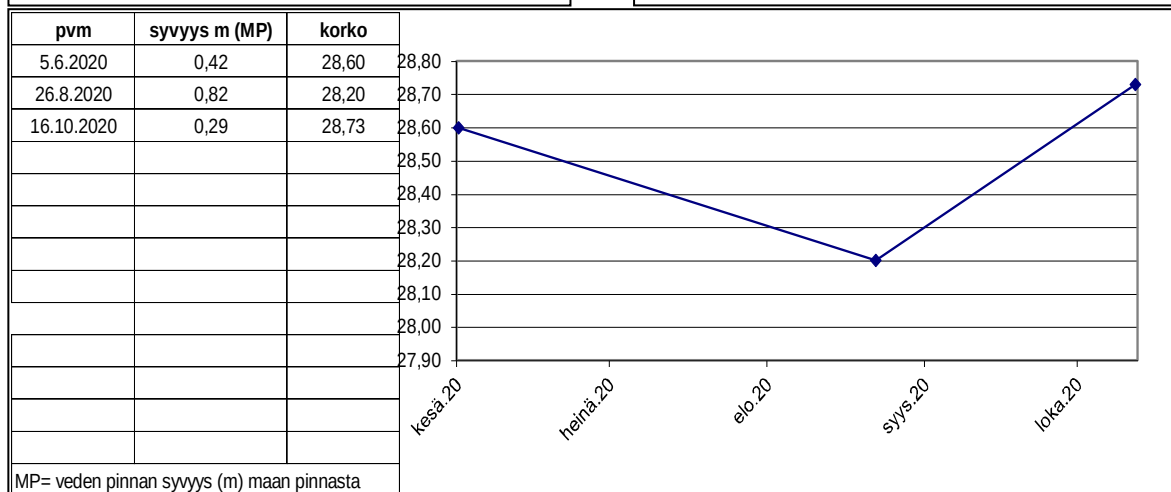
Y-koord.= 26479201

Z-koord.= 29,015 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	2009
Asentaja:	
Asennustapa:	
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	
Putken yläpää (Pp):	+ 30,00
Maanpinta (Mp):	+ 29,02
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+
Siivilän alapää:	+
Pohja / kärki:	-
Nousuputken laatu:	-
Siivilän laatu:	-
Siivilän koko #:	-
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	m
Min. sisäläpimitta:	40 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatinsukka:	-



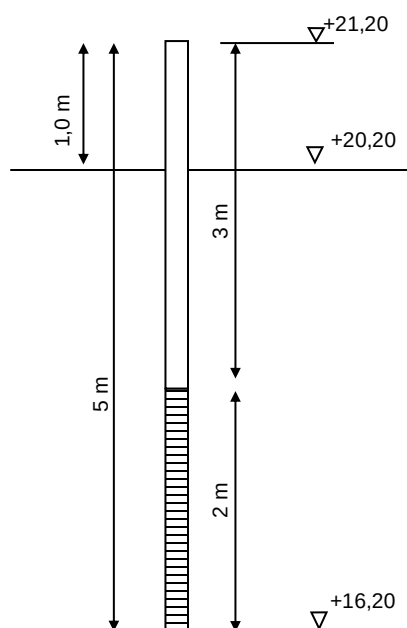
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: P57

X-koord.= 7204129 (ETRS GK-26)

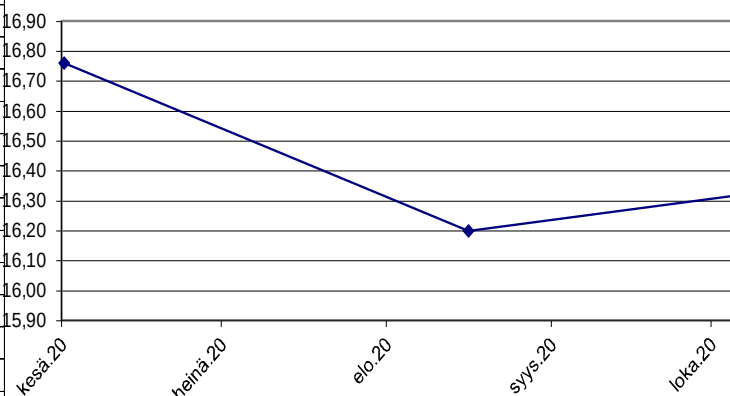
Y-koord.= 26478351

Z-koord.= 20,195 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	3.6.2020
Asentaja:	AFRY
Asennustapa:	kaira
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	WSP
Putken yläpää (Pp):	+ 21,20
Maanpinta (Mp):	+ 20,20
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+ 18,2
Siivilän alapää:	+ 16,2
Pohja / kärki:	Fe-tulppa
Nousuputken laatu:	Fe
Siivilän laatu:	Fe
Siivilän koko #:	4 mm
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	2 m
Min. sisäläpimitta:	32 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	5 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatusukka:	-

[illegible]

MP= veden pinnan syvyys (m) maan pinnasta

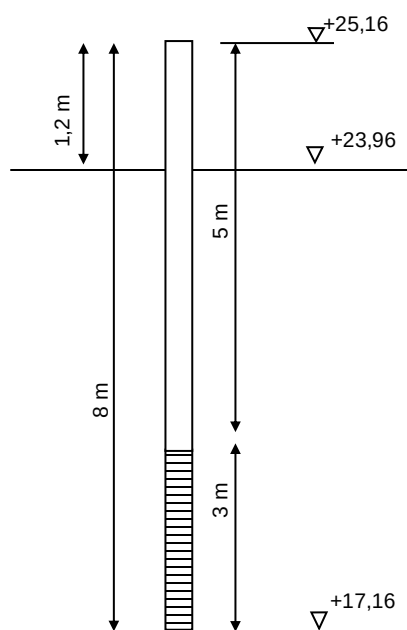
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: P58

X-koord.= 7204363 (ETRS GK-26)

Y-koord.= 26478379

Z-koord.= 23,955 (N2000)

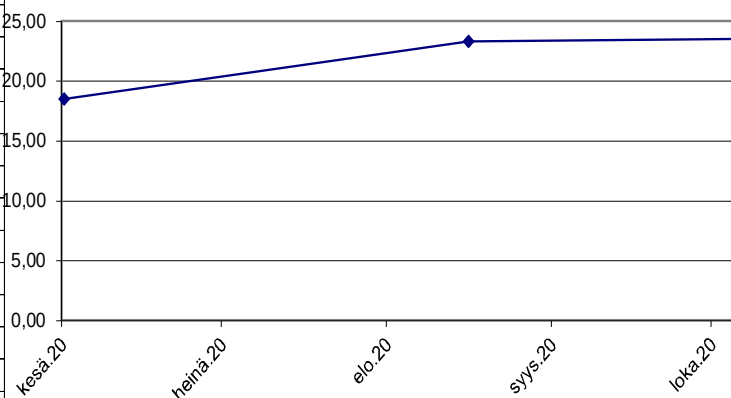


Mittakaava: -

Asennuspäivä:	4.6.2020
Asentaja:	AFRY
Asennustapa:	kaira
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	WSP
Putken yläpää (Pp):	+ 25,16
Maanpinta (Mp):	+ 23,96
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+ 20,16
Siivilän alapää:	+ 17,16
Pohja / kärki:	Fe-tulppa
Nousuputken laatu:	Fe
Siivilän laatu:	Fe
Siivilän koko #:	4 mm
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	3 m
Min. sisäläpimitta:	32 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	8 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatinsukka:	-

pvm	syvyys m (MP)	korko
11.6.2020	5,46	18,50
26.8.2020	0,67	23,29
16.10.2020	0,42	23,54

MP= veden pinnan syvyys (m) maan pinnasta



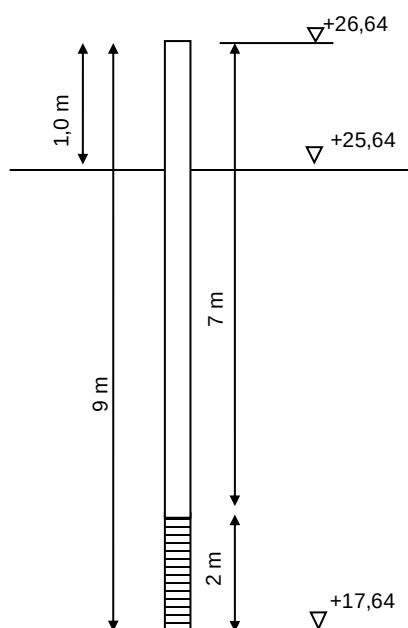
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: P59

X-koord.= 7204412 (ETRS GK-26)

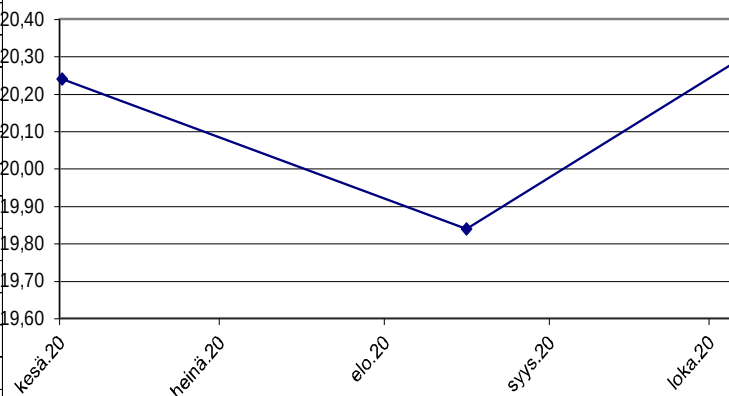
Y-koord.= 26478784

Z-koord.= 25,644 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	3.6.2020
Asentaja:	AFRY
Asennustapa:	kaira
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	WSP
Putken yläpää (Pp):	+ 26,64
Maanpinta (Mp):	+ 25,64
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+ 19,64
Siivilän alapää:	+ 17,64
Pohja / kärki:	Fe-tulppa
Nousuputken laatu:	Fe
Siivilän laatu:	Fe
Siivilän koko #:	4 mm
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	2 m
Min. sisäläpimitta:	32 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	9 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatusukka:	-

[illegible]

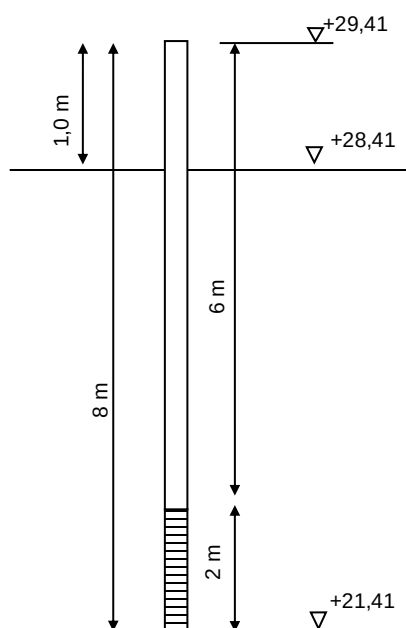
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: P60

X-koord.= 7203964 (ETRS GK-26)

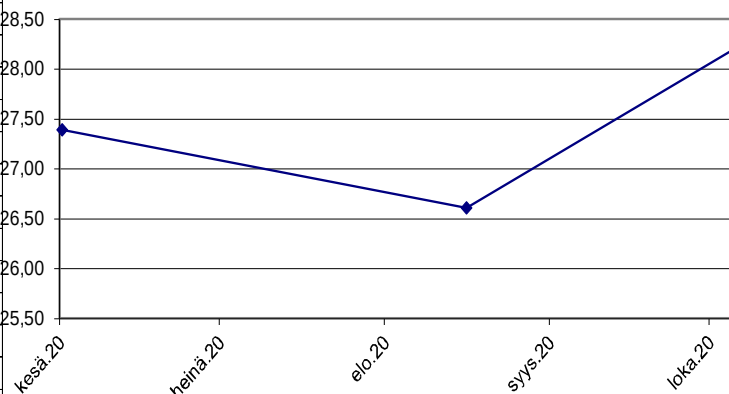
Y-koord.= 26479145

Z-koord.= 28,414 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	3.6.2020
Asentaja:	AFRY
Asennustapa:	kaira
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	WSP
Putken yläpää (Pp):	+ 24,66
Maanpinta (Mp):	+ 23,56
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+ 23,41
Siivilän alapää:	+ 21,41
Pohja / kärki:	Fe-tulppa
Nousuputken laatu:	Fe
Siivilän laatu:	Fe
Siivilän koko #:	4 mm
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	2 m
Min. sisäläpimitta:	32 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	8 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatusukka:	-

[illegible]

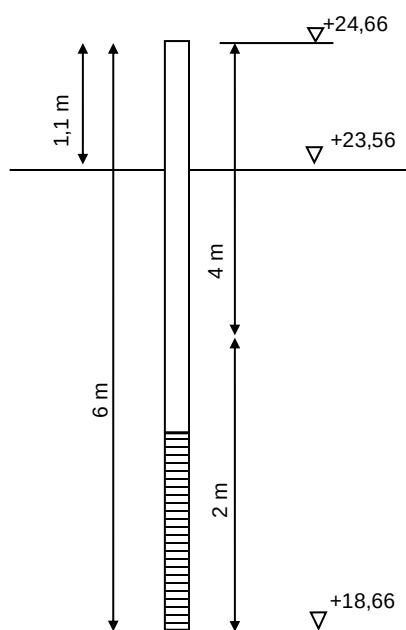
Kohde: Zeniitti, Kempele

Putkitunnus: P61

X-koord.= 7203765 (ETRS GK-26)

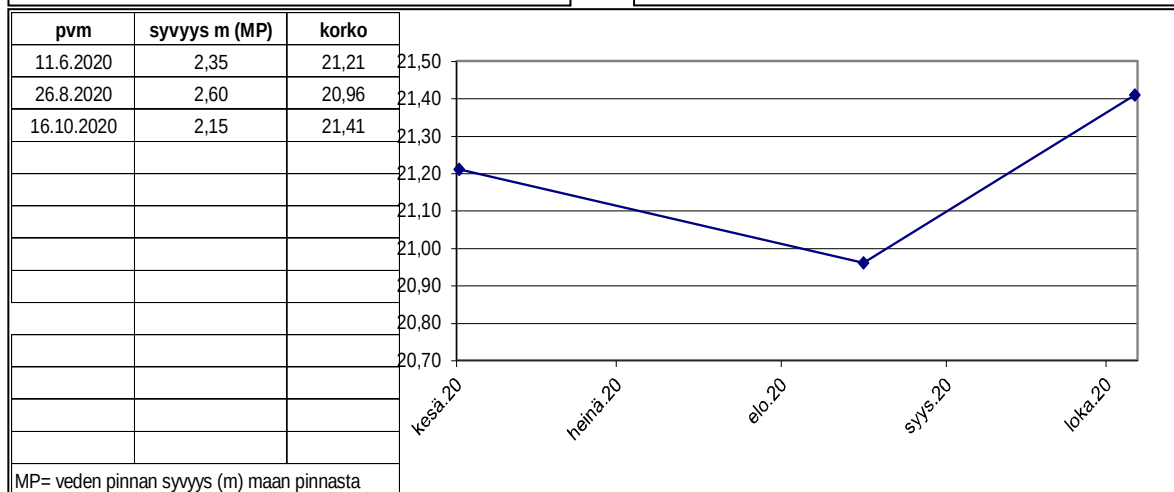
Y-koord.= 26478678

Z-koord.= 23,559 (N2000)



Mittakaava: -

Asennuspäivä:	5.6.2020
Asentaja:	AFRY
Asennustapa:	kaira
Huuhteluaine:	-
Valvoja:	WSP
Putken yläpää (Pp):	+ 24,66
Maanpinta (Mp):	+ 23,56
Veden pinta (Vp):	kts. taulukko
Siivilän yläpää:	+ 20,66
Siivilän alapää:	+ 18,66
Pohja / kärki:	Fe-tulppa
Nousuputken laatu:	Fe
Siivilän laatu:	Fe
Siivilän koko #:	4 mm
Siivilän tyyppi:	-
Siivilän pituus:	2 m
Min. sisäläpimitta:	32 mm
Umpiputk.+siivilän+nousuputk.	6 m
Suojaputki:	-
Putken avaimet:	-
Suodatusukka:	-



LIITE 4

LABORATORIOANALYYSITODISTUKSET



Tutkimusnro EUFI05-00005400
Asiakasnro YB0001073
313413/54

WSP Finland Oy
Jari Heiskari
Kiviharjunlenkki 1 D
90220 OULU
FINLAND
s-posti: jari.heiskari@wsp.com

Tilauksen kuvaus

Zeniitti Kempele, maanäytteiden analyysit

Näyttenumero	693-2020-00022712	693-2020-00022713	693-2020-00022714	693-2020-00022715	693-2020-00022716
Näytteen nimi	S01 0,0-0,5	S01 1,5-2,0	S02 1,0-2,0	S02 3,0-3,5	S02 3,5-4,0
Näytteen kuvaus	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ
Matriisi	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ
Näytteenottopäivä	13.10.2020	13.10.2020	13.10.2020	13.10.2020	13.10.2020
Vastaanottopäivä	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020
Analysointi aloitettu	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020
Näytteenottaja	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen

Analyysit	Testikoodi	Yksikkö	Tulokset	Tulokset	Tulokset	Tulokset	Tulokset
Fysikaalis-kemialliset tutkimukset							
Kuiva-ainepitoisuus	YBC15	%	84,5	87,3	6,5	82,8	81,9
Hehkutushäviö (550 °C)	YBC11	% ka	<0,2	<0,2	90,0	2,0	0,9
pH (NAG)	YBC29		3,9	4,2	2,8	4,0	5,5
NAG (pH 7.0)	YBC29	Kg H2SO4/tonni	5,7	4,9	99,6	3,3	0,6
NAG (pH 4.5)	YBC29	Kg H2SO4/tonni	0,7	<0,2	38,0	0,6	0,0
Alkuaineanalyysit							
Rikki (S)	YB0DS	mg/kg ka	71	260	2700	780	660
Mikroaaltohajotus	YBE30		tehty	tehty	tehty	tehty	tehty



Näytenumero	693-2020-00022717	693-2020-00022718	693-2020-00022719	693-2020-00022720
Näytteen nimi	S03 0,0-0,5	S03 1,5-2,0	S04 0,0-0,5	S04 1,5-2,0
Näytteen kuvaus	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ
Matriisi	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ	MAAPERÄ
Näytteenottopäivä	13.10.2020	13.10.2020	13.10.2020	13.10.2020
Vastaanottopäivä	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020
Analysointi aloitettu	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020	15.10.2020
Näytteenottaja	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen	Asiakas/Jari Heiskari, Elisa Kyllönen

Analyysit	Testikoodi	Yksikkö	Tulokset	Tulokset	Tulokset	Tulokset
Fysikaalis-kemialliset tutkimukset						
Kuiva-ainepitoisuus	YBC15	%	82,5	90,1	93,9	90,3
Hehkutushäviö (550 °C)	YBC11	% ka	3,8	0,9	1,9	3,3
pH (NAG)	YBC29		4,4	5,3	4,2	4,5
NAG (pH 7.0)	YBC29	Kg H2SO4/tonni	4,5	2,6	3,6	2,7
NAG (pH 4.5)	YBC29	Kg H2SO4/tonni	<0,2	0,0	0,3	<0,2
Alkuaineanalyysit						
Rikki (S)	YB0DS	mg/kg ka	56	60	53	140
Mikroaaltohajotus	YBE30		tehty	tehty	tehty	tehty

*Menetelmä on akkreditoitu.

Kommentti

lisätty NAG 7

ALLEKIRJOITUS

09.11.2020



Tomi Nevanperä Kemisti

TomiNevanpera@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.



Menetelmätiedot

Laboratorio	
YB	Eurofins Ahma - Oulu

Huomautukset

Tutkimustodistuksen osittainen kopioiminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näytettä. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

LIITE 5 VALOKUVIA



Kuva 1. Näyte SO1 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



Kuva 3. Näyte SO1 syvyys 0,5-1,0 m (13.10.2020).



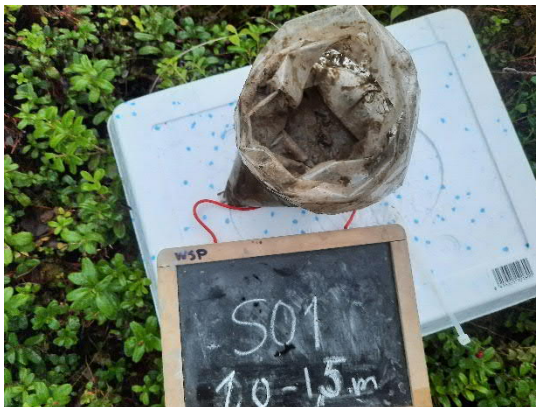
Kuva 2. Näyte SO1 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



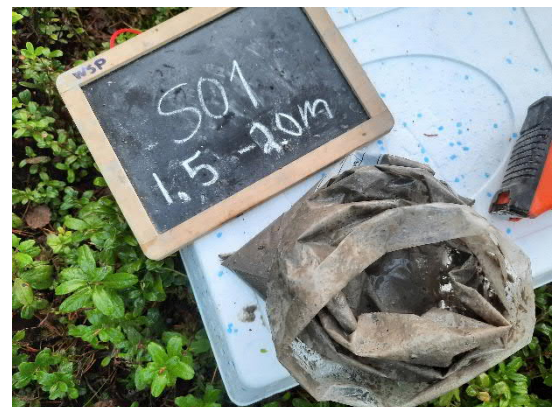
Kuva 4. Näyte SO1 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 6. Näyte SO1 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 5. Näyte SO1 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 7. Näyte SO1 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



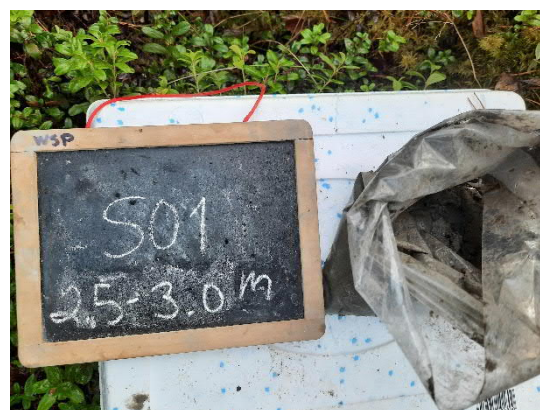
Kuva 8. Näyte S01 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 10. Näyte S01 syvyys 2,5-3,0 m (13.10.2020).



Kuva 9. Näyte S01 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 11. Näyte S01 syvyys 2,5-3,0 m (13.10.2020).



Kuva 12. Näyte S01 syvyys 3,0-3,5 m (13.10.2020).



Kuva 13. Näyte S01 syvyys 3,5-4,0 m (13.10.2020).



Kuva 13. Näyte S01 syvyys 3,5-4,0 m (13.10.2020).



Kuva 14. Näyte SO2 syvyys 0,0-1,0 m (13.10.2020).



Kuva 16. Näyte SO2 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 15. Näyte SO2 syvyys 0,0-1,0 m (13.10.2020).



Kuva 17. Näyte SO2 syvyys 1,5-2,0 m (13.10.2020).



Kuva 18. Näyte SO2 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 19. Näyte SO2 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 20. Näyte S02 syvyys 2,5-3,0 m (13.10.2020).



Kuva 21. Näyte S02 syvyys 3,0-3,5 m (13.10.2020).



Kuva 22. Näyte S02 syvyys 3,0-3,5 m (13.10.2020).



Kuva 23. Näyte SO2 syvyys 3,5-4,0 m (13.10.2020).



Kuva 25. Näyte SO3 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



Kuva 24. Näyte SO2 syvyys 3,5-4,0 m (13.10.2020).



Kuva 26. Näyte SO3 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



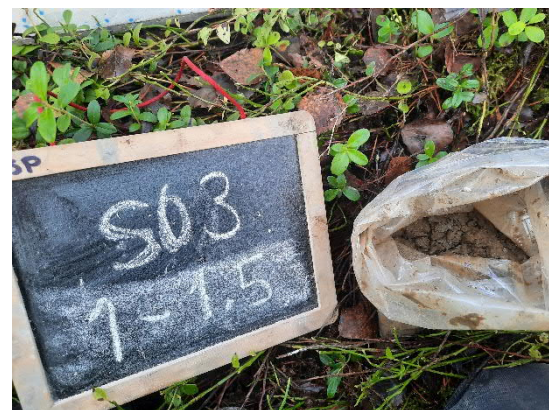
Kuva 27. Näyte S03 syvyys 0,5-1,0 m (13.10.2020).



Kuva 29. Näyte S03 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 28. Näyte S03 syvyys 0,5-1,0 m (13.10.2020).



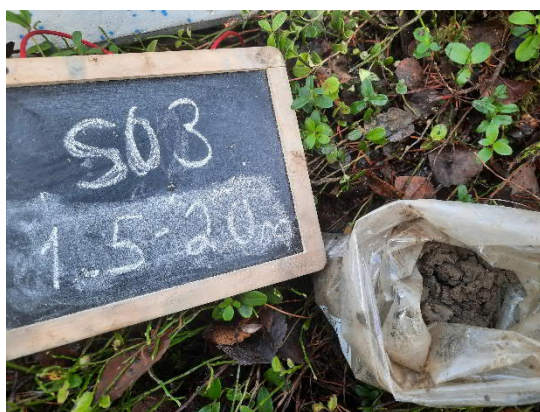
Kuva 30. Näyte S03 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 31. Näyte S03 syvyys 1,5-2,0 m (13.10.2020).



Kuva 33. Näyte S03 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 32. Näyte S03 syvyys 1,5-2,0 m (13.10.2020).



Kuva 34. Näyte S03 syvyys 2,0-2,5 m (13.10.2020).



Kuva 35. Näyte S03 syvyys 2,5-3,0 m (13.10.2020).



Kuva 36. Näyte S03 syvyys 3,0-3,5 m (13.10.2020).



Kuva 37. Näyte S03 syvyys 3,0-3,5 m (13.10.2020).



Kuva 38. Näyte S03 syvyys 3,5-4,0 m (13.10.2020).



Kuva 40. Näyte S04 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



Kuva 39. Näkymä S03 (13.10.2020).



Kuva 41. Näyte S04 syvyys 0,0-0,5 m (13.10.2020).



Kuva 42. Näyte SO4 syvyys 0,5-1,0 m (13.10.2020).



Kuva 44. Näyte SO4 syvyys 1,0-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 43. Näyte SO4 syvyys 0,5-1,0 m (13.10.2020).



Kuva 45. Näyte SO4 syvyys 1,0-1,25 m (13.10.2020).



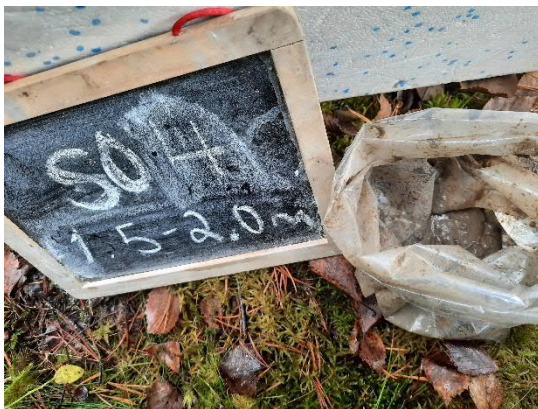
Kuva 46. Näyte SO4 syvyys 1,25-1,5 m (13.10.2020).



Kuva 47. Näyte SO4 syvyys 1,5 -2,0 m (13.10.2020).



Kuva 49. Näyte SO4 syvyys 2,0 -2,5 m (13.10.2020).



Kuva 48. Näyte SO4 syvyys 1,5-2,0 m (13.10.2020).



Kuva 50. Näyte SO4 syvyys 2,0 -2,5 m (13.10.2020).



Kuva 26. Näkymä SO4 (13.10.2020).