



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Julia Lineri

Ympäristötekniikan näytteenoton laatuohjeistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinööriyö

24.10.2020

Tekijä Otsikko	Julia Lineri Ympäristötekniikan näytteenoton laatuohjeistus
Sivumäärä Aika	43 sivua + 1 liite 24.10.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	ympäristötekniikka
Ohjaajat	lehtori Esa Toukoniitty vanhempi asiantuntija Minna Vesterinen vanhempi asiantuntija Tiina Vaittinen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli laatia ympäristötekniikan näytteenoton laatuohjeistus Sitowise Oy:lle yrityksen sisäiseen käyttöön. Laatuohjeistuksen myötä näytteenotosta tulee yhtenäistä ja edustavaa, mikä on näytteenottoon perustuvan päätöksenteon perusedellytys. Lisäksi laatuohjeistuksen myötä asiakkaille muodostuu luotettava kuva yrityksen toimintatavoista.</p> <p>Insinööriyössä esitetään kattavasti läpi taustoja ympäristön pilaantuneisuudesta ja erilaisista näytteenottomenetelmistä, kuten maaperä-, vesi-, huokosilma- ja sedimenttinäytteenotosta. Uutena trendinä mukana on myös lyhyt selostus sulfaattimaista. Työn alussa kerrotaan näytteenottoon valmistautumisesta, näytteenottosuunnitelmasta ja näytteenoton dokumentoinnista. Tekstissä kuvataan myös läpi, mitä laadukas näytteenotto ja laadunvarmistus sisältävät ja mitkä asiat vaikuttavat näytteiden edustavuuteen.</p> <p>Lopputuotoksena insinööriyön yhteydessä syntyi ympäristötekniikan näytteenoton laatuohjeistus, jossa jokaiselle näytteenottomenetelmälle on omat tiiviit ohjeistuskorttinsa. Näin saadaan lisättyä Sitowise Oy:n näytteenottojen yhtenäisyyttä sekä laatua. Ohjeistuskortteja voidaan muokata jatkossa aina uusien menettelytapojen myötä.</p>	
Avainsanat	ympäristönäytteenotto, pilaantuneet maat, laatuohjeistus

Author Title	Julia Lineri Quality guideline for environmental sampling
Number of Pages Date	43 pages + 1 appendices 24 October 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy- and environmental engineering
Professional Major	Environmental engineering
Instructors	Esa Toukoniitty, Principal Lecturer Minna Vesterinen, Senior specialist Tiina Vaittinen, Senior specialist
<p>The aim of this thesis was to prepare a quality guideline for environmental sampling. The quality guideline will be used in Sitowise Oy. Sampling should be representative and uniformed, which forms a basis for decision-making. In addition, the quality guideline will provide a reliable picture of the operating methods of the company for customers.</p> <p>The thesis comprehensively reviews the backgrounds of environmental pollution and various sampling methods, such as soil, water, pore air and sediment sampling. It also includes a brief description of sulphate-soil sampling which is a new trend in environmental sampling.</p> <p>At the beginning of the thesis it is explained how to prepare for sampling, what a good sampling plan includes and what should be considered when documenting a sampling. The thesis also reviews what is a high-quality sampling and quality assurance and what factors affect on the representativeness of the samples.</p> <p>As an outcome of the thesis, quality guideline for environmental sampling was created. Each sampling method has its own concise instruction cards. This will increase the uniformity and quality of the sampling at Sitowise Oy. In the future, instruction cards can always be modified with new procedures.</p>	
Keywords	environmental sampling, contaminated lands, quality guideline

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sitowise Oy	2
3	Ympäristön pilaantuneisuus ja tutkimusten laadun merkitys	3
3.1	Lainsäädäntö ja standardit	5
3.2	Riskinarviointi	6
4	Ympäristönäytteenotto	7
4.1	Kenttämittaukset	9
4.2	Työsuojelu	11
4.3	Dokumentointi	12
4.4	Näytteiden esikäsittely, säilytys ja kuljetus	14
5	Näytteenottomenetelmät	15
5.1	Maaperänäytteenotto	15
5.1.1	Näytteenottovälineet	16
5.1.2	Maalajit	18
5.1.3	Näytteenotto	19
5.1.4	Sulfaattimaanäytteenotto	23
5.1.5	Sedimentit	24
5.1.6	Standardit	27
5.2	Vesistönäytteenotto	27
5.2.1	Näytteenottovälineet	28
5.2.2	Pohjavesinäytteenotto	29
5.2.3	Pintavesinäytteenotto	31
5.3	Huokoskaasunäytteenotto	31
5.3.1	Huokoskaasuputken asentaminen	33
5.3.2	Näytteenottomenetelmän valinta	34
5.3.3	Näytteenotto aktiivimenetelmällä	35

5.3.4	Näytteenotto passiivimenetelmällä	35
6	Laadunvarmistus	36
6.1	Laadukas näytteenotto	36
6.2	Ympäristön havainnointi	37
6.3	Näytteenottajan sertifiointi	38
6.4	Laadunvarmistusnäytteet	38
7	Ympäristötekni­sen laatuohjeistuksen laatiminen Sitowiselle	40
7.1	Työpajat	40
7.2	Laatuohjeistuskorttien laatiminen	41
8	Yhteenveto	42
	Lähteet	44
	Liitteet	
	Liite 1. Ohjeistuskortit (salainen)	

Lyhenteet

BTEX	<i>Benzene, toluene, ethylbenzene, xylene</i> ; bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleeni
COVID-19	Koronavirus
ISO	<i>The International Organization for Standardization</i> . Kansainvälinen standardisointijärjestö
MATTI	Valtakunnallinen maaperän tilan tietojärjestelmä. Tietojärjestelmässä on tietoja alueista, joiden maaperään on voinut päätyä haitta-aineita tai joiden tilaa on selvitetty sekä kunnostettu.
MONO	Moniosa(näytteenotto)
PAH	<i>Polycyclic aromatic hydrocarbons</i> ; polysykliset aromaattiset hiilivedyt
PCB	<i>Polychlorinated biphenyl</i> ; polyklooratut bifenyylit
PCDD/F	Dioksiinit
PCP	<i>1-(1-PhenylCyclohexyl)Piperidine</i> ; fensyklidiini
PID	Photolonization Detector. Kenttämittauslaite
PIMA	Pilaantuneet maa-alueet. Yleisesti pilaantuneisuustutkimuksia kutsutaan pima-termillä.
Redox	Hapetus-pelkistysreaktio
SYKE	Suomen ympäristökeskus
TOC	<i>Total organic carbon</i> ; orgaaninen kokonaishiili

VOC *Volatile organic compound*; haihtuvat yhdisteet

XRF *X-Ray Fluorescence*; röntgenfluoresenssi. Kenttämittauslaite

1 Johdanto

Suomessa tutkitaan ja kunnostetaan 250–300 pilaantunutta kohdetta vuosittain. Tutkimuksien toimeenpanijoina ovat yleensä rakentaminen ja maankäytön muutos. Edelleen löytyy kohteita, jotka vaativat toimenpiteitä, kunnostus- tai muuta riskienhallintatoimia. [1, s. 7.]

Pilaantuneisuuden selvittäminen ja riskinarviointi on tarpeellista sellaisilla alueilla, joilla on harjoitettu tai harjoitetaan toimintaa, jonka seurauksena maaperään tai pohjaveteen on päätyntä haitallisia aineita. Pilaantuneisuustutkimukset käsittävät useita eri vaiheita ja vaativat kustannus- ja riskikysymysten takia huolellista ja tarkkaa päätöksentekoa. [2, s. 7.]

Tyypillisesti ympäristön pilaantuneisuutta tutkittaessa otetaan näytteitä esimerkiksi maaperästä ja pohjavedestä. Nykyään tutkimusmenetelmiä on lukemattomia erilaisia, mikä on synnyttänyt alalle moninaisuutta ja vielä suurempia mahdollisuuksia tutkia laajasti kohteen mahdollinen pilaantuneisuus sekä haitta-aineiden kulkeutumisreitit. Näitä eri menetelmiä ovat muun muassa sedimenttien ja sulfaattimaiden pilaantuneisuustutkimukset sekä huokoskaasunäytteenotto.

Erilaiset konsultointiyrietykset ja näytteenottajat tutkivat ja kunnostavat pilaantuneita maita alan kasvamisen myötä. Erilaisten näytteenottomenetelmien monipuolistuminen ja alan kasvaminen tarjoavat myös haasteita ympäristökonsulteille laadunvarmistuksen ja näytteenoton yhtenäisyyden osalta.

Näytteenoton laadunvarmistuksella tähdätään näytteiden edustavuuteen ja huolelliseen näytteenottoprosessiin. Tähän panostetaan jo projektin suunnitteluvaiheessa. Asiantunteva näytteenottaja huomioi toiminnallaan aiheutuvat vaikutukset näytteiden laadukkuuteen sekä työskentelee huolellisesti ja turvallisesti kohteessa.

Yhtenäinen näytteenotto-ohjeistus koetaan Sitowise Oy:ssä tärkeäksi näytteenoton laadun ja yhtenäisten toimintatapojen varmistamiseksi. Insinööriyön tavoitteena on laatia näytteenotto-ohjeistus Sitowisen ympäristötutkimus-osastolle, sillä asiantuntijoita toimii usealla eri paikkakunnalla ja yhtenäinen ohjeistus osaston sisällä puuttuu. Lisäksi näytteenottoa ohjaavat näytteenottostandardit ovat mukautettavissa liiankin helposti tai standardit ovat vajavaisia ja tulkinnanvaraisia.

Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistus antaa yhtenäisen ja edustavan koosteen näytteenottojen suorittamiseen. Näytteenotosta tulee kattavaa, ja se on helposti toistettavissa. Laatuohjeistus tulee Sitowisen sisäiseen käyttöön ja erittäin tärkeäksi osaksi yrityksen näytteenottotoiminnan tueksi. Tilaajan toiveesta laatuohjeistuksesta tehdään koelma napakoita ohjeistuskortteja, joissa on jokaiselle näytteenottomenetelmälle omat kortit. Ohjeistukset laaditaan työpajojen avulla. Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistus on yrityksen ensimmäinen näytteenotto-ohjeistusversio, ja sitä tullaan päivittämään uusien toimintatapojen syntyessä tai näytteenottomenetelmien muuttuessa. Ohjeistuskortit ovat tämän työn salaisena liitteenä.

2 Sitowise Oy

Sitowise Oy:ssä työskentelee 1 700 asiantuntijaa ympäri Suomea. Se on Suomen suurimpia rakennusalan suunnittelu- ja konsultointitoimistoja. Lisäksi yritys on kaupunkiseutujen monialahankkeiden johtava osaja sekä tietomallintamisen ja tiedolla johtamisen edelläkävijä. Sitowise Oy pyrkii luomaan kestävää ja älykästä elinympäristöä. Yritys tarjoaa laajan kokonaisuuden erilaisia palveluja, kuten suunnittelu- ja konsultointipalvelut infrastruktuuria ja elinympäristöä kehittäville toimijoille, kattavat talonrakennusalan asiantuntijapalvelut uudis- ja korjauskohteisiin, kokonaisvaltaiset hankejohtamisen palvelut kiinteistö- ja infrahankkeiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä älykkään ja turvallisen digitaalisen infrastruktuurin. [3.]

Sitowise Oy toimii 27 paikkakunnalla Suomessa, Ruotsissa, Virossa ja Latviassa. Sitowisellä on yhteensä yli 30 ympäristötutkimusten ja näytteenottojen parissa työskentelevää asiantuntijaa. [3.]

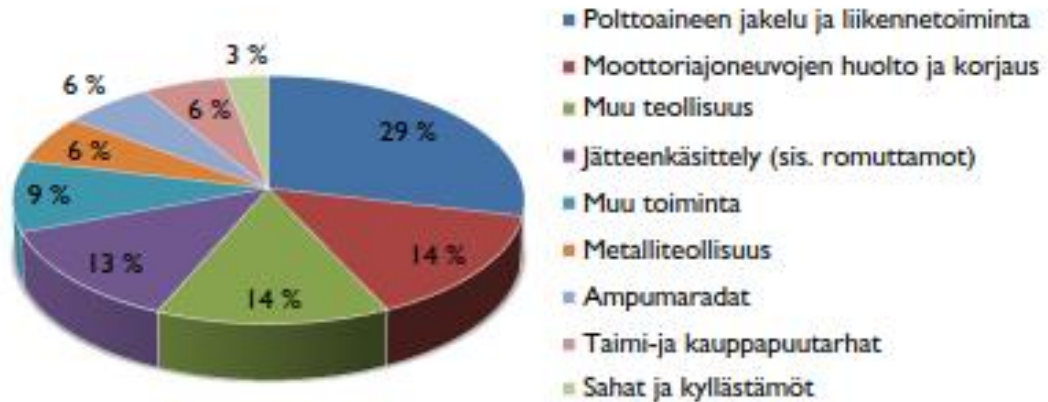
Ympäristötutkimukset

Sitowisen ympäristö ja kaupunkikehitys -toimiala on laaja ja kattaa kokonaisvaltaisesti erilaisia ympäristöpalveluja infrastruktuurin ylläpitämiseksi. Näihin palveluihin kuuluu muun muassa luontoselvitykset, vastuullinen purkaminen, ympäristörakentaminen, pohjavesipalvelut, ympäristövaikutusten arviointi ja ympäristöselvitykset, energiatutkimukset, meluselvitykset sekä geologiset selvitykset sekä pilaantuneen maaperän ja sedimentin hallinta. [4.]

Ympäristötutkimukset-osasto toimii tämän työn tilaajana. Ympäristötutkimustoimintaa on usealla paikkakunnalla, mm. Espoossa, Lahdessa ja Tampereella. Yksikössä työskentelee kokeneita asiantuntijoita, jotka tekevät selvitys- ja suunnittelutoimeksiantoja tilaajan tarpeet ja ympäristönäkökohdat huomioiden. Erilaisia tutkimuskohteita ovat muun muassa maaperä, sedimentti, pohja- ja pintavesi, huokoskaasu ja lietteet. Osasto tekee esimerkiksi pilaantuneisuusselvityksiä ja -tutkimuksia, kunnostusta ja kunnostuksen valvontaa sekä ympäristövahinkojen hallintaa. [5.]

3 Ympäristön pilaantuneisuus ja tutkimusten laadun merkitys

Ympäristö voi pilaantua ihmisten toiminnan seurauksena monin eri tavoin. Tyypillisimpiä pilaantuneisuuden aiheuttajia ovat polttoaineen jakelu- ja kuljetustoiminta, saha- ja kylälästämötoiminta, ampumaradat, jätteiden ja romujen käsittelytoiminta, taimitarhat, kemialliset pesulat, erilaiset onnettomuudet, kaatopaikat sekä muu vanha teollinen toiminta. Näiden eri toimintojen seurauksena ympäristöön on voinut joutua haitta-aineita, kuten öljyhiilivetyjä, raskasmetalleja, torjunta-aineita, polyaromaattisia hiilivetyjä, polykloorattuja bifenyylejä sekä dioksiini- ja furaaniyhdisteitä. [2, s. 8.] Kuvassa 1 esitetään maa-alueiden toimitilajakaumaa, jossa esiintyy maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuutta.



Kuva 1. Maaperän tilan tietojärjestelmässä (MATTI) olevien maa-alueiden toimialajakauma [1, s. 13.]

Ympäristöön kohdistuvien tutkimusten tulosten perusteella tunnistetaan merkittävimmät haitta-aineet ja niiden kulkeutumisreitit sekä arvioidaan mahdolliset haitat ja niiden todennäköisyys. Jotta tulokset ovat mahdollisimman luotettavia päätöksentekoa varten, näytteenottoa suunnittelevan ja toteuttavan tulee tuntea alueen toimintahistoria ja todennäköiset päästöt, haitta-aineiden ominaisuudet, tutkittavan alueen ympäristöolosuhteet ja niiden vaikutukset aineiden kulkeutumiseen. Myös tutkimuksen tavoite pitää olla kirkkaana mielessä. [2, s. 8.]

PIMA (pilaantuneet maa-alueet) -tutkimukset ja pilaantuneen maa-alueen kunnostaminen muodostavat monimutkaisia vastuuketjuja, joista yhdenkin ketjun osan pettäminen voi huonontaa lopputulosta merkittävästi. Pilaantuneiden maa-alueiden kanssa työskennellessä vaaditaan erityistä ammattitaitoa. Pilaantuneisuustutkimukset sisältävät suuria kustannuksia, ja pilaantuneisuus voi aiheuttaa riskejä ihmisten sekä ympäristön terveydelle. Tästä syystä näytteenoton ja tutkimusprosessin tulee olla mahdollisimman edustava oikeiden johtopäätösten saavuttamiseksi. [6, s. 34.]

Tästä syystä myös ympäristötekni­sen laatuohjeistuksen merkitys on suuri. Ympäristö­näytteenotto toteutetaan näytteenottostandardien mukaan, mutta konsultointiyri­tysten si­sällä on olemassa omia näytteenotto-ohjeistuksia ja laatuohjeistuksia. Näillä varmistetaan työntekijöiden pätevyys työhön sekä toimintatapojen ja työn laadun yhtenäisyys. Tämä tarjoaa luotettavuutta ja edustavuutta asiakkaille. [6, s.38.]

3.1 Lainsäädäntö ja standardit

Maaperän pilaamista ja pilaantuneiden maiden kunnostusta ohjaavista säädöksistä kes­keisin on ympäristönsuojelulaki 527/2014 [7]. Tämä laki kieltää vahvasti maaperän ja pohjaveden pilaamisen, mikä tähtää siihen, että haitallisten aineiden vaikutukset ympä­ristössä estetään ennakolta tai rajoitetaan mahdollisimman vähäisiksi [8]. Lisäksi pilaan­toneiden maiden parissa toimintaa ohjaa Ympäristönsuojeluasetus 713/2014. Pilaantu­neiden maisen kunnostuksessa kaivettavat maa-alueet ovat jätteitä, joita koskee jäte­lainsäädäntö. [7.]

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa noudatetaan valtioneu­voston asetusta 214/2007, joka tunnetaan myös nimellä PIMA-asetus. Asetuksen mu­kaan maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi on perustuttava kohde­kohtaiseen arviointiin, jossa ilmenee kohteessa esiintyvien haitta-aineiden mahdollisesti aiheuttama vaara tai haitta terveydelle ja ympäristölle. Asetuksen liitteessä on esitetty 52 yleisintä maaperää pilaavaa haitta-aineita sekä niiden pitoisuuksien kynnys- ja oh­jearvot. Kynnys- ja ohjearvoja käytetään riskienarvioinnin apuna ja pilaantumisen toden­tamiseksi. PIMA-asetus ohjaa vahvasti PIMA-tutkimusten tulosten tulkintaa ja päätök­sentekoa. [9.]

Näytteenoton tueksi on myös laadittu erilaisia standardeja, jotka kattavat näytteenoton suunnittelun ja tutkimussuunnitelman laadinnan, erilaisia näytteenottotekniikoita sekä näytteiden säilytyksen [10, s. 5]. Eri standardit on luokiteltu näytteenottomenetelmien mukaan luvussa 5.

3.2 Riskinarviointi

Pilaantuneiden alueiden hallinnassa riskinarviointi on tärkeässä roolissa, jotta alueen maaperän ja pohjaveden haitallisista aineista terveydelle ja ympäristölle aiheutuvat riskit tunnistetaan ja määritetään sekä niiden merkittävyys arvioidaan. Kun haittaa tai riskiä esiintyy, maaperä tai pohjavesi todetaan tällöin pilaantuneeksi, mikä käynnistää puhdistus- tai muut riskinhallinnalliset toimenpiteet. Tämän jälkeen haitta-aineiden levinneisyyden laajuutta tutkitaan ja riski pyritään poistamaan riskienhallintakeinoilla. Menetelmän vaiheet on esitetty kuvassa 2. Riskinarvioinnilla voidaan määrittää myös maaperän ja pohjaveden riittävä puhtaustaso. [11, s. 9.]



Kuva 2. Kaavio riskinarvioinnin vaiheista [12.]

Riskinhallinta on toimintaa, joka kattaa koko suunnittelu- ja päätöksentekoprosessin riskien minimoimiseksi. Hallintaan sisältyy riskinarviointi sekä toimet haittojen ja riskien vähentämiseksi tai estämiseksi. Pilaantuneella alueella riskinhallintaa voidaan toteuttaa eri päätöksenteon vaiheissa ja tasolla, kuten osana laajempaa alueellista suunnittelua tai rakentamista. Varsinaiset riskinhallintatoimet kohdistetaan haitta-aineiden lähteisiin, kulkeutumis- ja altistumisreitteihin tai altistujiin. [11, s. 15.]

Kunnostaminen on yleisin riskinhallintakeino, jolloin joko poistetaan pilaantunut maa-alue tai muutetaan haitta-aineiden ominaisuuksia. Ympäristölainsäädännössä kunnostamisesta käytetään termiä puhdistaminen. [11, s. 15.]

Riskien minimoimiseksi on laadittu valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia, joka on laadittu ympäristöministeriön työryhmässä. Strategian päämääränä on saada pilaantuneiden maiden huomattavat riskit terveydelle ja ympäristölle hallintaan kestäväällä tavalla vuoteen 2040 mennessä. [1, s. 7–9.]

4 Ympäristönäytteenotto

Näytteenottoprosessi alkaa aina huolellisesti tuotetulla tutkimussuunnitelmalla sekä taustatietoselvityksellä. Tutkimussuunnitelmaa laadittaessa on erittäin tärkeää tietää tutkimuksen tavoite. Tutkimussuunnitelmassa esitetään

- tutkimusten tarkoitus ja tavoite
- epäilty pilaantumista aiheuttava toiminta ja haitta-aineet, joita kohteella arvioidaan esiintyvän
- kohteen maaperä-, pohjavesi- ja pintavesitiedot siltä osin, kun ne ovat ennen tutkimusta tiedossa
- tutkimuspisteiden määrä ja alustava sijainti
- näytteenottomenetelmä
- tutkimuspisteiden tavoitesyvyys
- kenttämittaukset
- laboratoriossa analysoitavien näytteiden valintaperusteet, lukumäärä ja näytteistä tehtävät analyysit, näytteiden esikäsittely ja pakkaaminen laboratorioanalyysjä varten, näytteiden merkitseminen ja säilytys
- suunnitelma vaaratekijöiden poistamiseksi ja minimoimiseksi
- aikataulu. [13, s. 7.]

Tavoitteen määrittely on todella tärkeä vaihe näytteenoton suunnittelussa, sillä ennen kuin mitään ylipäältään toteutetaan tai suunnitellaan, pitää tietää, miksi näytteenottoa ollaan tekemässä. Onko taustalla esimerkiksi rakentaminen tai omistuksen muutos tai ympäristövahinko? Tästä tavoitteesta luodaan käsitteellinen malli, joka tulisi olla ainakin suunnittelijalla hyvin tiedossa. Tällöin kuvataan haitta-aineiden päästölähteet, aineiden mahdolliset ja todennäköiset kulkeutumisreitit sekä niille mahdollisesti altistuvat kohteet. Erittäin tärkeää on myös ymmärtää haitta-aineiden fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä kohdekohtaiset tekijät, jotka vaikuttavat aineiden kulkeutumis- ja altistumisreiteihin. [10, s. 6–7.]

Tehtävien pilaantuneisuustutkimusten laajuuteen vaikuttavat tutkimuksen tavoite, tutkitavan alueen pinta-ala, tutkimuksen tarkkuustaso, alueen geologian monimuotoisuus, olemassa olevat tiedot kohteesta, maaperää pilaannuttavien toimintojen sijoittuminen, haitta-aineiden ominaisuudet ja kulkeutuminen, käytettävissä olevat resurssit, jatkotoimenpiteet sekä alueen nykyinen ja tuleva käyttö. [13, s. 7.]

Ennen näytteenoton aloittamista tehdään muutamia ennakkotoimenpiteitä, kuten kaapeliselvitys maaperänäytteenottoa varten, kohdekatselmus ja muita esiselvityksiä [10, s. 7].

Näytteenottaja varmistaa kaluston toimivuuden ja saatavuuden ennen näytteenottoa. Hänen tulee myös pakata tarvittavat muut välineet, kuten kylmälaukut ja -varaajat, kertakäyttökäsineet, Minigrip-pussit/näytepullot jne. Näytteenottohetkellä tulee olla kaikki tarvittavat välineet mukana, sillä kesken näytteenoton niitä on hankala saada haettua. Dokumentointia varten tulee olla kaikki tarvittavat pöytäkirjat ja kuvanottovälineet mukana näytteenotossa. [13, s. 9.]

PIMA-tutkimuksilla on usein monta eri vaihetta. Taulukossa 1 on kuvattu yksi esimerkkivaiheistus.

Taulukko 1. PIMA-tutkimusten vaiheet [10, s. 6.]

1. Alustava haitta-ainetutkimus (arviointitarpeen tunnistaminen)	Mitä haitta-aineita esiintyy ja onko jätettä?
2. Tarkentavat tutkimukset (pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi)	Alustavan haitta-ainetutkimuksen perusteella arvioidaan lisätutkimusten tarve. Tarkentavien tutkimusten perusteella arvioidaan tietyn alueen pilaantuneisuus ja puhdistustarve. Liukoisuudet, pH, TOC, maalajit, eri ympäristönsosat
3. Kunnostussuunnittelu	Määritetään kunnostuksen tavoitepitoisuudet
4. Näytteenotto kunnostuksen aikana	Seurantanäytteenotto, hyötykäyttökelpoisuus, kaatopaikkakelpoisuus, jäännöspitoisuudet
5. Jälkitarkkailu	

4.1 Kenttämittaukset

Pilaantuneiden alueiden tutkimusten yhteydessä tehdään kenttämittauksia näytteenottohetkellä. Tällöin mitataan lämpötila ja happipitoisuus pohjavedestä. Vesinäytteistä voidaan myös tarvittaessa mitata pH, sähkönjohtavuus, redox-potentiaali ja kiintoaine. Tällaisia mittauksia varten on tehty yhdistelmämittareita. [13, s. 10.]

Maaperänäytteenoton yhteydessä tutkitaan kenttämittauksen avulla alustavat metallipitoisuudet laboratorionäytteiden valintaa varten. Tätä varten on olemassa XRF (X-Ray Fluorescence) -kenttämittari, joka on kuvassa 3. [13, s. 11.]



Kuva 3. XRF-mittari [14, s.26.]

Lisäksi voidaan tarkistaa haihtuvien yhdisteiden esiintymisen mahdollisuus PID (photoionization detector) -mittarilla, joka on esitettyinä kuvassa 4. Tätä käytetään myös huokoskaasumittausten tukena. PID-mittarilla voidaan mitata yksittäisen kaasun pitoisuutta, myrkyllisten kaasujen tai VOC-yhdisteiden kokonaismäärää. [13, s. 10.]



Kuva 4. PID-mittari [15.]

Pilaantuneisuustutkimuksissa käytetään myös kuvassa 5 esiintyviä PetroFLAG-kenttä-analyysijä, jotka määrittävät hiilivetytypitoisuudet. Mittaus perustuu näyteuutteen valmistamiseen. Näytteen maa-ainesta uutetaan metanolipohjaiseen liuokseen tunnettu määrä. Liuos suodatetaan kehitteeseen, jossa tapahtuu samentuminen hiilivetytypitoisuuden mukaan. [2, s. 48.]



Kuva 5. PetroFLAG-kenttäanalyysit [16.]

Kenttämittaukset ovat aina suuntaa antavia, eikä niihin voi täysin luottaa, sillä mittauksissa on paljon suuremmat virhemarginaalit kuin laboratoriotutkimuksissa. Tästä syystä kenttämittaukset toimivat alustavina parametreina ja tuloksia voi vertailla lopullisten laboratorioanalyysien kanssa. Näin voidaan myös varmistaa kenttämittareiden toimivuus ja oikeanlainen mittareiden kalibrointi. [13, s. 10–11.]

4.2 Työsuojelu

Työturvallisuuteen tulee kiinnittää erittäin suurta huomiota, etenkin pilaantuneiden maiden yhteydessä. Jotkut tutkittavista yhdisteistä ovat karsinogeenisiä tai aiheuttavat elimistöön vakavia vaurioita väärällä näytteiden ja maiden käsittelyllä. Työstä ei saa aiheutua vaaraa työntekijälle eikä muillekaan työn vaikutuspiirissä oleville henkilöille. Työsuojelutoimenpiteillä taataan toisten ja oma turvallisuus, ylläpidetään työkykyä ja toimitaan taloudellisesti. Työsuojelu on lakisäätöistä. [13, s. 16.]

Suurimpia vaaratekijöitä PIMA-tutkimuksissa ovat kemikaaleille altistuminen, melu, pöly, kaivannon sortumisvaara, sääolosuhteet, terävät esineet, räjähdykset ja tulipalot, hapenpuute, liikenne, työmaat, ionisoiva säteily, sähköiskut, biologiset vaarat (bakteerit, virukset) ja muut normaalit tapaturmariskit (onnettomuudet, vääränlainen työasento, hukkimisvaara). [13, s. 16.]

Työturvallisuuslain mukaan työntekijällä tulee olla tarvittavat suojaimet, ja näiden suojaimien oikeanlaista käyttöä tulee valvoa. Työntekijä itse on velvollinen käyttämään hänelle määrättyjä suojavarusteita sekä huoltamaan niitä. Mikäli vikoja tai puutteita ilmenee, niistä tulee ilmoittaa työnantajalle välittömästi. Suojaimet valitaan kohteesta saatavilla olevien tietojen perusteella. PIMA-tutkimuksissa käytettäviä suojaimia ovat hengityssuojaimet, kypärä, suojalasit, suojavaatteet, suoja-/kertakäyttökäsineet, suojajalkineet sekä kuulosuojaimet. [13, s. 17–18.]

Vaaratilanteisiin voi varautua ennalta. Työntekijällä on voimassa olevat rokotukset, vaadittavat pätevyudet (mm. työturvallisuus- ja ensiapukortti), turvavälineet ja henkilösuojaimet. Lisäksi hän tietää oikean työtavan ja -menetelmän, käytettävien työvälineiden oikeellisuuden ja kunnan sekä yleisen siisteyden ja järjestyksen kohteessa. Tärkeää on osata ensiaputaitoja ja pyytää apua välittömästi. Työ tulee voida myös keskeyttää tai tauottaa tarpeen vaatiessa, eikä saa jäädä epäröimään. [13, s. 18–19.]

Hyvällä etukäteissuunnittelulla voidaan ehkäistä suurin osa tapaturmista. Projektipäällikkö myös varmistaa näytteenottajan riittävän osaamisen, tarvittavan ohjeistuksen ja perehdytyksen. Näytteenottaja kirjaa tarvittavat yhteystiedot muistiin, kuten projektipäällikön, jotta kohteessa pystyy pitämään yhteyttä tarvittaessa. [13, s. 19.]

4.3 Dokumentointi

Näytteenottosuoritus dokumentoidaan huolella, ja kaikki mahdolliset näytteiden ja näytteenottotilanteiden havainnot kirjataan näytteenottopöytäkirjaan. Dokumentoinnin tarkoitus on siis kuvata työsuoritus niin, että myöhemmin tarkastellessa voidaan näiden asiakirjojen ja kuvien perusteella päätellä, miten ja millaisissa olosuhteissa työ on tehty sekä onko ollut jotain poikkeavuutta. Dokumentoinnin tulee olla niin kattava, että näytteenotto

olisi mahdollista toistaa ja kyetään arvioimaan näytteenoton edustavuus. Näytteenottajan laatimat dokumentit hyödynnetään lopullisen tutkimusraportin kirjoittamisessa sekä myöhempää käyttöä varten. [2, s. 39.]

Näytteet merkitään huolella ja yksinkertaisesti, jotta jatkokäsittelyssä tiedetään, mihin näytteeseen dokumentoinnissa viitataan. Yleensä näytteisiin kirjataan näytetunnus, kohteen nimi ja se, miltä syvyydeltä näyte on otettu. Näytteiden merkinnässä, kuten myös muussa dokumentoinnissa, kannattaa huomioida kenttäolosuhteet, esimerkiksi vesinäytteenotossa merkintöjen vedenkestävyys tai muuten likaiset näytteenotto-olosuhteet. Mielellään merkinnät tehdään tarralapulle, joka kiinnitetään astiaan tai pulloon. Näytepusseissa saattaa olla jo valmiina merkintäkohta, johon voi kirjoittaa. Tusseissa kannattaa huomioida se, ettei aiheuta kontaminaatiota näytteeseen. [17; 18; 19.]

Dokumentoinnissa näytteenottopöytäkirjan, kuvien ja tutkimuspistekartan rooli on korostunut. Tutkimuspistekarttaan kirjataan tutkittavat näytteenottopisteet ja mahdolliset muutoksen pisteiden sijainnista huolella. Näytteenottopöytäkirjan tyyliin vaikuttaa vahvasti näytteenottomenetelmä ja kentällä tutkittavat parametrit. On kyseessä sitten mikä kohde ja menetelmä tahansa, näytteenottajan on muistettava kirjata pöytäkirjaan tarvittavat asiat huolella ja mahdollisimman kattavasti. Näytteenottajan nimen tulee myös ilmetä pöytäkirjassa. [13, s. 39–41; 17.]

Maaperänäytteenotossa pöytäkirjaan yleensä kirjataan näytetunnus, päivämäärä, kohteen tiedot, maalajitiedot, kaikki mahdolliset aistinvaraiset havainnot näytteestä ja ympäristöstä, kenttämittaustulokset sekä mahdolliset jätemäärät ja -laadut maaperässä. [13, s. 40; 17.]

Pohjavesipöytäkirjassa yleensä on kirjattuna pinnanmittaukset (pohjaveden pinta ja pohja sekä näytesyvyys), kohteen tiedot, päivämäärä, kellonaika, lämpötila, tuottoisuus ja virtaamamäärät, aistinvaraiset havainnot vedestä (sameus, väri, haju), ympäristön havainnointi ja kenttämittaustulokset. [19.]

Kaikkein laadukkain tapa olisi huomioida kohdekohtaiset poikkeamat ja tehdä kohteelle omat pöytäkirjapohjat. Aina ei tällaiseen ole resursseja, joten tulee muistaa, että eri näytteenottomenetelmällä tutkitaan erilaisia parametrejä eri tavalla. Siksi pöytäkirja tulisi olla vähintään eri näytteenottomenetelmien mukainen. [17; 19.]

4.4 Näytteiden esikäsittely, säilytys ja kuljetus

Analysoitavat aineet ja analyysimenetelmät asettavat vaatimuksien näytteiden käsittelylle. Tyypillisimpiä haitta-aineanalyysijä maaperänäytteenotossa ovat metalli-/alkuaineanalyysit, hiilivedyt, PAH-yhdisteet (polyaromaattiset hiilivedyt), PCB-yhdisteet (polyklooratut bifenyylit), haihtuvat hiilivedyt VOC (volatile organic compounds), kloorifenolit, dioksiinit, furaanit, torjunta-aineet, syanidit. [2, s. 8.] Taulukossa 2 esitetään esimerkkejä haitta-aineista eri toiminnan kohteissa.

Taulukko 2. Esimerkkejä haitta-aineista erityyppisissä toiminnan kohteissa [2, s. 8.]

Kohde	Haitta-aineet
polttoainejakelu	öljyhiilivedyt, BTEX, bensiinin lisäaineet
sahat ja kyllästämöt	PCP, PCDD/F, PAH, fenolit, arseeni (As), kromi (Cr), kupari (Cu)
ampumaradat	lyijy (Pb), antimoni (Sb), PAH
jätteenkäsittely ja romuttamo	öljyhiilivedyt, raskasmetallit
taimitarhat ja kauppapuutarhat	torjunta-aineet
kemialliset pesulat	klooratut liuottimet (TRI, PER)
muut teollisuuslaitokset	raskasmetallit, PAH, öljyhiilivedyt, muut tapauskohtaiset haitta-aineet

Näytteiden kestävänti tehdään, jotta haitta-ainepitoisuudet tai muut analysoitavat parametrit säilyisivät näytteenottohetkeä vastaavassa tilassa. Kestävänti voidaan tehdä pH:n säädöllä, kestäväntikemikaaleilla tai pakastamalla. Yleensä vesinäytteenotossa happi kestäväntiä. Kestäväntin tarve varmistetaan laboratorion ja näytteenottosuunnitelmasta. Kaikkia näytteitä ei myöskään voida pakastaa. [13, s. 26.]

Näytteiden säilytyksen suhteen pääsääntönä toimii säilytys viileässä ja pimeässä. Kentällä näytteitä voi säilyttää kylmälaukussa, jossa on kylmävaraajia. Näytteet on kuljetettava mahdollisimman pian laboratorioon, mielellään 24 tunnin sisällä. Laboratoriolähetystä varten täytetään tilauslomake, jossa luetteloituna näytteet sekä niille tehtävät analyysit. [17; 19.]

Kuljetuksen aika huomioidaan kontaminaation riski eli näytteitä ei saa säilyttää likaisten välineiden läheisyydessä. Kentällä varmistetaan myös, ettei näytteitä säilytä pakoputken läheisyydessä tai paikassa, jossa saattaisi tulla haihtuvia yhdisteitä näytteisiin. [13, s. 26–27; 17; 18.]

5 Näytteenottomenetelmät

Pilaantuneisuustutkimuksissa tyypillisimmät näytteenottomenetelmät ovat maaperä-, vesistö-, ja huokoskaasunäytteenotto. Näytteenottomenetelmiä voidaan soveltaa eri tavoilla, kuten maaperänäytteenotto kairaamalla tai koekuoppatutkimuksella. Vesistönäytteenottoa voidaan ottaa joko pinta- tai pohjavedestä.

Tässä luvussa esitettävät näytteenottomenetelmät ovat standardoituja tai muuten luotettaviksi tiedettyjä. Näytteenottoa ohjaavat standardit on esitetty jokaisen näytteenottomenetelmän yhteydessä.

5.1 Maaperänäytteenotto

Näytteenottomenetelmän valintaan maaperänäytteenotossa vaikuttavat näytteenoton tarkoitus, kohdekohtaiset olosuhteet ja maalajit. Lisäksi tutkittavat haitta-aineet sääntelevät huomattavasti näytteenottomenetelmän valintaa. Esimerkiksi helposti haihtuvia haitta-aineita tutkittaessa näyte ei saisi häiriintyä eikä siihen saisi sekoittua ulkopuolista ilmaa tai maata. Tämä edellyttää näytteenottovälineistöltä enemmän kuin ottaessa näytteitä esimerkiksi raskasmetallianalysejä varten. [13, s. 21.]

5.1.1 Näytteenottovälineet

Maaperän ominaisuudet, näytteiden häiriintymättömyys ja sekoittuminen asettavat vaatimuksia näytteenottovälineille maalajien osalta. Käytettävissä oleva kalusto otetaan myös huomioon näytteenottovälineitä valittaessa. Kuitenkaan käytettävissä oleva kalusto ei tarkoita sitä, että työhön täysin soveltumattomilla välineillä olisi hyväksyttävää ottaa näytteitä. Lievät puutteet ja epäsovivuudet ovat sallittuja, kun tämä ja niistä aiheutuvat riskit tiedostetaan ja kirjataan muistiin dokumentointia varten. Mikäli näytteenoton vaatimaa kalustoa ei ole yrityksellä jo olemassa, hankitaan kalusto näytteenottoa varten. [13, s. 21.]

Käsinäytteenottovälineet

Lapio, pistokaira ja pienet kauhat soveltuvat moniin maalajeihin, mutta useimmiten näytteenotto näillä välineillä rajoittuu vain maan pintaosiin. Yli 0,5 metriä syvät kuopat ovat käsivoimin raskaita toteuttaa, etenkin jos näytteenottopisteitä on runsaasti. Käsinäytteenottovälineillä saadaan edustavia näytteitä, mutta toiminta edellyttää huolellisuutta. [13, s. 21.]

Tällaiset välineet soveltuvat siis parhaiten pieniin ja yksinkertaisiin kohteisiin tai koe-kuoppa- tai kaivantotutkimusten tueksi. Käsinäytteenottimia käytetään erityisesti kasa- ja kokoomanäytteenottoihin. [13, s. 21.]

Kairausnäytteenottovälineet

Kairauksessa käytetään usein normaaleja geoteknisiin tutkimuksiin suunniteltuja näytteenottimia, jotka eivät täysin sovellu ympäristötekniisiin tutkimuksiin. On kuitenkin myös olemassa ympäristötutkimuksiin tarkoitettuja laitteistoja. Yleisimpiä kairanäytteenottimia ovat kierrekaira, putkikaira ja mäntäkaira. [13, s. 21–22.]

Putkikaira on yleisin käytetty kairanäytteenotin, sillä se soveltuu lähes kaikkiin maalajeihin ja kykenee riittävään näytemäärään. Savi- ja silttimaassa edustavimmat näytteet saadaan mäntäkairalla. [13, s. 21–22.]

Kierrekairalla pystyy ottamaan näytteitä pohjaveden pinnan yläpuolelta kivettömistä hiekkaisista ja hienorakeisista maista. Mikäli maaperä on liian kuivaa, näyte voi pudota kairaa nostaessa. Suurimmat haittatekijät ovat näytteen syvyysmäärityksen epämääräisyys ja näytteen sekoittuminen kairaa nostaessa. Kierrekairan kanssa voidaan käyttää suoja-putkea, jotta avoimeen reikään ei pääse valumaan maata eikä seinämistä sekoitu maa-ainesta näytteeseen. [13, s. 21–22.] Kuvassa 6 esitetään erilaisia kairoja.



Kuva 6. Erilaisia kairoja. Mitta-asteikon vasemmalla puolella porakoneen kairan päät ja oikealla puolella on käsikäyttöiset kairan päät [2, s. 36].

Kaivinkone

Kaivinkonetta voidaan käyttää, mikäli kaivuussyvyys ei ulotu yli neljän metrin syvyyteen. Liian syväälle mentäessä tai pohjaveden pinnan alta ei saa edustavia näytteitä, sillä liikkuva vesi aiheuttaa kontaminaatiota sekoittaessaan maata sekä huuhtoessaan seinämiä, ja tämä aiheuttaa kuopan seinämien sortumista. Turvallisuussyistäkin pitää koe-kuoppien syvyys rajoittua pohjaveden pinnan yläpuolelle. Kaivinkoneen käyttöä rajoittaa myös asfaltointi, jota ei saa rikkoa. Tällaiselle pinnoitukselle sopii kairaus paremmin. [13, s. 23–24.]

Muut näytteenottovälineet

Maaperänäytteenotossa tulee olla mukana ainakin pistolapio, näytepusseja (Rilsan tai muu kaasutiivis pussi) tai näytteenottoastia, ämpäri ja kenttämittarit. Näyteastiat tai -pusseja kannattaa varmistaa laboratorioilta ennen näytteenottoa, koska laboratorioilla voi olla eri käytännöt näytteiden keräämisen ja säilytyksen suhteen. [17.]

5.1.2 Maalajit

Geologia vaihtelee alueittain ja maaperässä tavataan usein erilaisia maakerroksia päällekkäin. Haitta-aineiden, veden ja ilman kulkeutumista maaperässä ohjaavat eri kerrokset. Tiiviissä kerroksessa useimmat nestemäisessä faasissa olevat haitta-aineet pyrkivät kulkeutumaan kerroksen viettosuuntaan, jolloin leviäminen tapahtuu horisontaalisesti. Tiiviit maa-ainekset ovat esimerkiksi savi tai siltti. Jos kohteessa on karkeaa täyttömaata, haitta-aineet kulkeutuvat nopeasti eri suuntiin maaperässä. Kohteen vallitseva maalaji ja ominaisuudet, kuten kivisyys, vaikuttavat näytteenottoon ja siihen, millaisella näytteenottimella näyte voidaan ottaa maaperästä. Siksi on erittäin tärkeää aina arvioida kohteessa esiintyvät maalajit ja kirjata ne näytteenottopöytäkirjaan. [2, s. 11.]

Suomessa tyypillisimmät maalajit ovat savi, siltti, hiekka, sora, moreeni, turve ja humus. Näiden maalajien lisäksi esiintyy myös täyttömaata, joka on usein sekoitus edellä mainituista maa-aineksista. Täyttömaa on ihmisen alueelle tuomaa maa-ainesta. Näytteenoton aikana on tärkeää tunnistaa täyttömaa ja luonnonmaa toisistaan. Luonnonmaaksi kutsutaan kerrosta, joka sisältää kohteen alkuperäisen maalajikerroksen. Luonnonmaakerroksen maalajeja ovat usein savi tai moreeni. Pilaantuneisuustutkimuksissa valtaosa näytteenotosta keskittyy alueille, joilla ihminen on muovannut maaperää. [2, s. 12.]

Maalajien tunnistaminen kentällä ei aina ole yksinkertaista. Maaperäkerroksissa saattaa olla yhden maalajin lisäksi myös maalajien sekoituksia, kuten silttisavea tai hiekkamoreenia. [2, s. 13.]

5.1.3 Näytteenotto

Kairaus

Kairaus on yleisesti käytetty maaperätutkimuksissa (kuva 7), etenkin silloin, kun alue on asfaltoitu tai tutkimussyvyys on yli neljä metriä. Kairaamalla voidaan ottaa näytteitä myös pohjavesipinnan alapuolelta. Näytteenoton peruseräteenä on saada näyte mahdollisimman nopeasti ylös, ettei näyte ehdi lämmetä. Jos näyte sattuisi lämpiämään, osa mahdollisista haitta-aineista saattaa haihtua. Kontaminaation riskiä tulee myös vahvasti välttää. Yleensä pyritään ottamaan pintamaa erikseen, joka on noin 20 senttimetriä. Sitteen näytteitä otetaan 0,5–1 metrin välein tai maalajikerroksittain. Näytteet pussitetaan joko syvyysvälien tai maalajien mukaan. Hyvä olisi olla esimerkiksi hiekkatäyttömaa ja luonnonmukainen savimaa erikseen. [2, s. 29–33; 13, s. 24–25.]

Kairausreikä on todella pieni, yleensä alle 10 senttimetriä halkaisijaltaan. Tästä syystä maakerrosten havainnointi on haastavaa. Jätejakeita on miltei mahdotonta huomata. Siksi ympäristön ja näytteen havainnointiin tulee kiinnittää erityistä huomiota. [2, s. 32–33.]



Kuva 7. Kairausnäytteenotto [12.]

Koekuopat

Menetelmä soveltuu useimpiin pilaantumistutkimuksiin, joissa mielenkiinto painottuu alle neljän metrin syvyyteen ja pohjaveden pinnan yläpuolelle (kuva 8). Koekuoppatutkimuksen yhteydessä kommunikointi kaivinkoneen kuljettajan kanssa on erittäin tärkeää. Koneenkuljettajalle kerrotaan näytteenoton tarkoitus ja haluttu toimintatapa sekä se, miten syviä kerroksia kerralla kaivetaan. [13, s. 24–25; 17.] Yleensä kuopista halutaan riittävän leveitä ja seinämät kaivetaan turvalliseen luiskakaltevuuteen. Näytepaksuus on normaalisti 0,5–1 m. Usein on myös hyvä ottaa pintamaa omana kerroksenaan, joka on noin 20 senttimetriä. Lisäksi maalajit määrittävät näytesyvyudet, kuten kairauksessakin. Tärkeää on muistuttaa koneenkuljettajaa laittamaan eri maakerrokset eri kasoihin kuopan täyttöä varten. [13, s. 24–25.]

Näytteet otetaan koekuopasta puhtaalla lapiolla tai muulla käsinäytteenottimella kokoomatyylisesti. Yli metrin syvyyisiin kuoppiin ei saa näytteenottaja itse mennä, jolloin otetaan näyte kaivinkoneen kauhasta. Myös alle neljän metrin syvyyisissä kuopissa saattaa olla sortumavaara, joten näytteenottajan ja kaivinkoneen kuskin tulee tarkkailla tilannetta koko ajan työturvallisuuden ylläpitämiseksi. [17.]



Kuva 8. Koekuopan kaivaminen kaivinkoneella [12.]

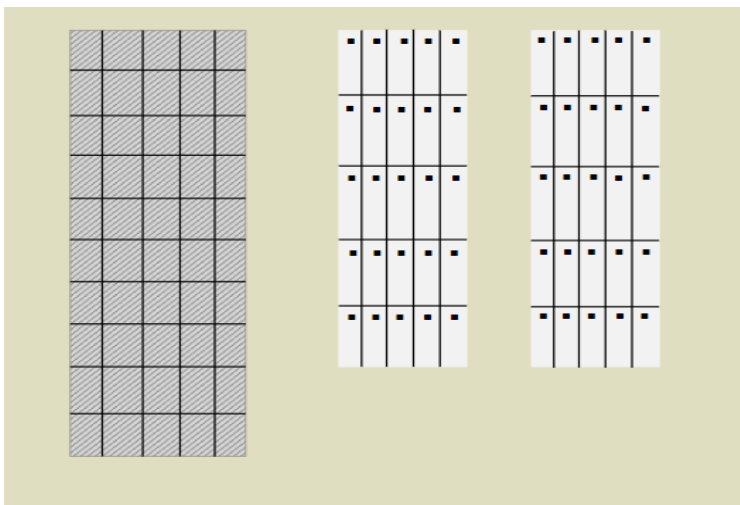
Muut maaperänäytteenottomenetelmät

Joskus on näytteenottokohteena kasoja tai valmiita kaivantoja. Tällöin näytteenotto suoritetaan kokoomatyylisesti, kuten koekuopissakin. Kasaa ja kaivantoa tulee havainnoida huolellisesti ja tutkia eri maalajit samalla kun kokoomanäytteenottoa suorittaa. Yleensä tällaisissa näytteenottokohteissa on hankala ottaa erikseen maalajeja, ja siksi osanäytteet sekoitetaan hyvin näytepussissa, jotta haitta-aineet tasaantuvat ja tulos on tulkittavissa paremmin. [17.]

Kokoomanäytteenotto tarkoittaa sitä, että yksi näyte koostuu monesta osanäytteestä. Yleensä tässä käytetään ohjenuorana, että 10–20 osanäytettä on yksi kokonainen näyte. [17.]

Moniosanäytteenotto

Moniosanäytteenotto on strategisempi näytteenottomuoto perusmaaperänäytteenotosta. Tavoitteena on selvittää haitta-aineiden keskimääräiset pitoisuudet. Yksi edustava näyte koostuu useasta, tyypillisesti 50–100 samankokoisesta osanäytteestä. Moniosanäytteenotto tapahtuu yleensä siten, että näytteenottoalueelle tehdään ruudukko (kuva 9). Jokainen ruudukon osa on samankokoinen ja jokaisesta ruudusta otetaan saman verran osanäytettä. Moniosanäytteenottoon kuuluu vahvasti laadunvarmistusnäytteet ja usein näytteenoton aikana otetaan rinnakkaisnäytteitä. [20, s. 20; 21, s. 8.]



Kuva 9. Ruudukkoasetelma kolmesta eri kohteesta. [20, s. 18.]

Moniosamenetelmä soveltuu parhaiten pintamaanäytteenottoon, kuten ampumaradoille, kauppapuutarhoille, saha-alueille sekä sellaisille kohteille, joissa haitta-aineet eivät ole kulkeutuvia. Mikäli haitta-ainekulkeumaa esiintyy, täydennetään mono-näytteenottoa syvemmillä tutkimuspisteillä tai ulotetaan moniosanäytteenotto syvempiin maakerroksiin. [20, s. 15.] Moniosanäytteenotto syvistä maaperäkerroksista on kuitenkin aikaa vievää, ja menetelmää käytetään tämän vuoksi lähinnä pintamaille [2, s. 16].

Näytteenotto suoritetaan moniosanäytteenottimella (kuva 10), jolla saadaan täysin samankokoisia osanäytteitä maaperästä. Kartiomallisia näytteitä ei sallita, vaan näytteen tulee olla neliömäinen tai lieriö. Näin saadaan tasapuolinen ja -kokoinen näyte, joka antaa oikeanlaiset tulokset lopullista analyysiä varten. [20, s. 21.]



Kuva 10. Moniosanäytteenotin ja lipulla merkitty tutkimuspiste [10, s. 23.]

5.1.4 Sulfaattimaanäytteenotto

Happamat sulfaattimaat syntyivät viimeisimmän jääkauden aikana, jolloin ne olivat vanhaa merenpohjaa. Vanha merenpohja oli maankohoamisen seurauksena noussut meren pinnan yläpuolelle. Vielä tänäkin päivänä maankohoamisen seurauksena muodostuu sulfaattimaita. [22.] Happamalla sulfaattimaalla käsitetään maaperässä luontaisesti esiintyvää rikkipitoista sedimenttiä, jossa muodostuu hapettumisen seurauksena rikkihappoa. Tämä voi johtaa maaperän ja valumavesien merkittävään happamoitumiseen. Maaperästä liukenee haitallisia metalleja happamoitumisen seurauksena, kuten elohopeaa, kadiumia, kuparia, nikkeliä ja uraania. Nämä haitalliset metallit voivat kulkeutua edelleen vesistöihin heikentäen niiden ekologista ja kemiallista tilaa. [23, s. 3–5.]

Tyypillisiä sulfidisedimenttejä (kuva 11) ovat liejuinen hieno hieta, hiesu ja savi, jotka ovat tyypillisesti kerrostuneet veteen tai pohjaveden pinnan alapuolelle. Tavallisimpia sulfidipitoisten sedimenttien kerrostumisympäristöjä ovat merenpohjan sedimentaatioalueet, jokisuistot, matalat merenlahdet ja rantakerrostumat. [23, s. 3–5.]



Kuva 11. Sulfaattimaa [22.]

Sulfaattimaat ovat PIMA-tutkimusten uutuuksia ja vallitseva trendi. Pitkään sulfaattimaat on rinnastettu normaaliin maaperänäytteenottoon, mutta tämä menetelmä tulisi jatkossa pitää omanlaisenaan tekniikkana. Sulfaattimaiden tulosten tulkinta ja näytteenotto poikkeaa hieman normaalista maaperänäytteenotosta. [24.]

Sulfaattimaanäytteenotto suoritetaan usein kairaamalla maaperän alakerroksia tai pohjamaasta. Korkeimmat rikkipitoisuudet havaitaan usein heti turvekerroksen alla liejuisissa sedimenteissä. Kaikista otetuista näytteistä määritetään maasto-pH joko heti maastossa tai alle 24 tunnin sisällä. [23, s. 7–10.]

5.1.5 Sedimentit

Sedimentinäytteenotolla tarkoitetaan vesistöjen pohjalla olevasta löyhästä hienorakeisesta kerroksesta, joka on useimmiten liejua tai mutaa, tapahtuvaa näytteenottoa [13, s. 22–23]. Kuvassa 12 esitetään pilaantunut sedimentti.



Kuva 12. Pilaantunut sedimentti [25, s. 12.]

Näytteenotto on vaativa, ja näytteenottovirhe on jopa 80–90 % sedimenttinäytteenotto-prosessin kokonaisvirheestä. Luonnollisia virheitä ovat poikkeukselliset veden virtaukset, aineiden uudelleen vapautuminen sedimentistä sekä muutokset sedimentaationopeudessa. Systemaattisten virheiden välttämiseksi tulee näytteenotto suunnitella huolellisesti ja tapauskohtaisesti. Eri näytteenottokohteet vaativat erilaisia menetelmiä ja välineitä. [25, s. 15.]

Näytteenottajan on tunnettava paikalliset ja alueelliset kuormittajat, vesisyvyys, veden virtaukset ja vaihtelevuus, pohjan laatu ja kerrospaksuudet, sedimentin tyyppi yleisellä tasolla, alueella tehdyt ruoppaus- ja läjitystoimenpiteet sekä muut ihmisperäiset häiriötä sedimenttiin aiheuttaneet toimet. [25, s. 17.]

Näytteitä otetaan tutkimuksen tarkoituksen perusteella, joten näytteenottosyvyys vaihtelee paljon sen mukaan. Yleensä ollaan kiinnostuneita sedimentin pintakerroksesta, joka on noin 0–10 senttimetriä. Yleiset syvyysvälit sedimentin haitta-ainetutkimuksissa ovat 0–10 cm, 10–30 cm, 30–60 cm ja yli 60 cm. [25, s. 27.]

Näytteenotolle on omanlaisia välineitä (kuva 13), kuten kauhanäytteenottimet, laippakaira, mäntä- ja putkinäytteenottimet sekä limnos-näytteenottimet. Näytteenottovälineen valintaan vaikuttaa suuresti kohteen ominaisuudet, tutkimussuunnitelma, halutut tulokset ja saatavilla oleva kalusto. [25, s. 30–56.]



Kuva 13. Erilaisia sedimenttinäytteenottimia. Ylhäällä vasemmalta oikealle: kauhanäytteenotin, putkinäytteenotin, Kullenberg-mäntäkaira ja limnos-näytteenotin. Alhaalla on laippakaira. [25, s. 35–48.]

Sedimenttinäytteenotossa olosuhteet vaikuttavat näytteenottoon jonkin verran, kuten kova tuuli ja aallokko, kelirikkorajat, sääolot ja pimeys turvallisuusriskeinä sekä suomalaisten vesien sameus. [25, s. 60.]

Vuodenajat tuovat omanlaisensa haasteet, sillä talvella näytteenotto poikkeaa paljon kesänäytteenotosta. Talvella jääolosuhteet tarjoavat vakaan alustan ja paikannuksen ilman aallokkoa, mutta jään kestävyys on vaihtelevaa ja siirtyminen hidasta. Kesällä näytteenotto suoritetaan veneestä tai lautalta, jolloin pääsy tutkimuspisteille on helpompaa ja nopeampaa. Riskeinä ovat veneestä putoaminen ja muu liikenne, aallokko ja ajelehtiminen sekä näytteenottoalustan epävakaus. [25, s. 62–63.]

5.1.6 Standardit

Maaperänäytteenottoon on olemassa erilaisia ohjeita ja standardeja, kuten

- SFS-EN 14899:2016 Jätteiden karakterisointi. Jättemateriaalien näytteenotto: kehys näytteenottosuunnitelman esivalmisteluun ja sovellukseen
- SFS-ISO 18400-104:2018 Soil quality – sampling – part 104: Strategies
- SFS-ISO 18400-105:2017 Maaperän laatu. Näytteenotto. Osa 105: Näytteiden pakkaaminen, kuljetus, säilytys ja kestävöinti
- SFS-ISO 18400-106:2018 Maaperän laatu. Näytteenotto. Osa 106: Laadunvarmistus ja -ohjaus [10, s. 5.]
- SFS-ISO 5667-12: Guidance on sampling of bottom sediments from rivers, lakes and estuarine areas
- SFS-ISO 5667-13: Guidance on sampling of sludges
- SFS-ISO 5667-19: Guidance of sampling in marine sediments [25, s. 58.]

Nämä ja muissa tässä luvussa esitettävät standardit on laatinut kansainvälinen standardisointijärjestö ISO (The International Organization for Standardization). Useimmat näytteenottostandardit ovat englanninkielisiä, mutta joitakin standardeja on myös käännetty suomeksi. Standardit koskevat muun muassa näytteenoton suunnittelua, tekniikkaa ja työturvallisuutta. [2, s. 60.]

5.2 Vesistönäytteenotto

Hyvä ohjeistus vesistönäytteenottoon liittyen on Ympäristöministeriön raporteja Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen (OSA IV Menetelmät ja laadunvarmistus) 15|2012 [26, s. 2]. Lisäksi vesinäytteenottoon sisältyvät seuraavat standardit:

- SFS-ISO 5667-4:2019 Veden laatu. Näytteenotto. Osa 4: Opas järvien ja tekojärvien näytteenottoon
- SFS-EN ISO 5667-3:2018 Water quality. Sampling. Part 3: Preservation and handling of water samples
- SFS-EN ISO 5667-6:2016 Water quality. Sampling. Part 6: Guidance on sampling of rivers and streams
- SFS-ISO 5667-11 Water quality. Sampling. Part 11: Guidance on sampling of groundwaters [27, s. 3.]

Näytteitä analysoivaan laboratorioon otetaan hyvissä ajoin yhteyttä ennen näytteenottoa. Laboratoriosta pyydetään oikeanlaiset näyteastiat ja ohjeet siihen, miten näyteastiat täytetään. Tässä vaiheessa tiedetään myös, mitä analyysejä näytteistä tehdään ja kuinka laajasti. Ennen näytteenottoa tarkistetaan näytteenottovälineiden toimivuus ja puhtaus. Kentällä käytettävät mittarit kalibroidaan. Tarvittavat näytteenottovälineet riippuvat suoritettavasta näytteenottotavasta. [26, s. 2; 28, s. 1.]

5.2.1 Näytteenottovälineet

Pohjavesinäytteenotossa vettä pumpataan pumpulla pohjavesiputkesta tai kaivosta. Pumppu voi olla joko käsi-, akku- tai moottorikäyttöinen imupumppu, uppopumppu tai peristalttinen pumppu. Mikäli näytteenotossa käytetään sähkökäyttöistä pumppua, tarvitaan mukaan myös akku. Yleisin pumpputyyppejä pohjavesinäytteenotossa on akkukäyttöinen uppopumppu. [28, s. 2; 29, s. 105–106.]

Näytteenottoon voi käyttää myös erilaisia noutimia, joko kerta- tai monikäyttöisiä. Yleisimmät noudintyyppit ovat Bailer ja Limnos. Noutimia käytetään silloin, kun veden antoisuus on erittäin heikko tai tutkittava alue on pieni. Käyttö on tällaisissa kohteissa tarpeen, sillä noutimen käyttö aiheuttaa miltei aina poikkeamia vesinäytteenoton laadulle. Siksi tulosta on hyvä pitää suuntaa antavana analyysejä tulkittaessa. [28, s. 2; 29, s. 106.]

Pintavesinäytteenotto on yksinkertaisempaa kuin pohjavesinäytteenotto, ja silloin voidaan näyte joko ottaa suoraan pulloon tai pitkän varren päässä olevaan muoviseen kannuun. Noudin käy myös pintavesinäytteenottoon. Suoraan pulloon -tyylissä pitää huomioida erittäin korkea kontaminaation riski. [30.]

Näytteenotossa muita tarvittavia välineitä ovat vedenpinnan korkeusmitta, lämpömittari, tarvittavat kenttämittarit, kannu tutkittavia kenttäparametrejä varten, näytteenottopullot sekä kestäväintikemikaalit eli reagenssit. [28, s. 2.]

Vesistönäytteenottovälineet on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Vesinäytteenottoon tarvittavia välineitä. Kylmälaukussa on vesinäytteenoton kenttämittarit. Mustassa laatikossa on akkukäyttöinen pumppu ja letku. Pöydällä on erilaisia näytteenottopulloja ja vedenpinnan korkeusmitta. [28, s. 3.]

5.2.2 Pohjavesinäytteenotto

Näytteenotossa noudatetaan Vesi- ja ympäristöhallituksen (1992) Vesitutkimusten näytteenottomenetelmien periaatteita sekä standardia SFS-EN ISO 5667-11:2009 (Guidance on sampling of groundwaters) [28, s. 1].

Pohjavesinäytteenotto (kuva 15) suoritetaan siten, että ensimmäiseksi mitataan pohjaveden pinnankorkeus ja maksimisyvyys pohjavesiputkesta. Pohjavettä juoksutetaan pumppaamalla ainakin niin kauan, kunnes vesi on kirkasta. Pumppausmäärä lasketaan tarkkasti pinnankorkeuden ja virtaaman avulla. Yleensä se on 2–3 kertaa putken tilavuuteen nähden. Joskus riittää 10 minuuttia ja joskus 30–45 minuuttia. Tärkeintä on varmistaa, että näyte on edustava ja ettei näytettä oteta putkessa seisoneesta vedestä. Ennen

näytepullojen täyttämistä on myös hyvä tehdä tarvittavat kenttämittaukset (pH, sähköjohtokyky ja happi) ja ottaa ylös pohjaveden lämpötila. Tämän jälkeen näyte juoksutetaan näyteastioihin laboratorion määräämällä tavalla. Näytteenoton lopuksi mitataan pohjaveden pinnankorkeus vielä uudelleen. [28, s. 3.]



Kuva 15. Pohjavesinäytteenotto putkesta akkukäyttöisellä uppopumpulla. Kuvassa näkyy myös pintamittari ja kannu kenttätutkimuksia varten. [12.]

Pohjavesiputken antoisuus vaikuttaa näytteenottoon. Mikäli antoisuus on huono, kannattaa pohjavesiputki tyhjentää aikaisintaan viikkoa ennen varsinaista näytteenottoa. Varsinainen näyte otetaan noutimella tai säätämällä pumpun virtausnopeutta mahdollisimman alhaiseksi. [28, s. 3.]

Pohjavesinäytteitä voi ottaa myös kaivoista, lähteestä tai hanasta. Kaivosta suoritettava näytteenotto on miltei samanlainen kuin näytteenotto pohjavesiputkesta. Lähteestä pyritään vesinäyte ottamaan mahdollisimman läheltä lähteen purkautumiskohtaa. Näytteen voi ottaa suoraan pulloon tai noutimen avulla. Hananäytteenotossa näyte otetaan suoraan pulloon. [26.]

5.2.3 Pintavesinäytteenotto

Menetelmä poikkeaa hieman pohjavesinäytteenotosta. Tällöin on huomioitava edustavan näytteenoton periaatteet. Pyritään ottamaan näyte virtaavasta vedestä, jos se on mahdollista. Pintavesinäytteenotossa (kuva 16) huomioidaan siihen soveltuvat yleiset ohjeet soveltaen, mitä näytettä ollaan ottamassa ja mistä syvyyskerroksesta näyte tulisi ottaa. Tavallisesti käytetään seuraavanlaisia näytteenottosyvyyyksiä: joet 1 metri pinnasta, järvet 1 metri pinnasta ja keskisyvyydeltä. Ojista pyritään ottamaan näytteet keskisyvyydeltä, mikäli se on mahdollista. [28, s. 3–4; 30.]



Kuva 16. Pintavesinäytteenotto noutimen avulla [31, s. 47.]

5.3 Huokoskaasunäytteenotto

Maaperän vedellä kyllästymättömässä vyöhykkeessä pohjavedenpinnan yläpuolella on huokoskaasua huokostilassa veden lisäksi. Huokoskaasun ja veden suhteelliset osuudet vaihtelevat maaperän huokosissa. Huokosten osuus maaperässä riippuu maaperän omi-

naisuuksista, pohjaveden pinnan asemasta sekä huokoskokojakaumasta. Huokoskaasun liikkumiseen vaikuttavat sekä kaasun että maaperän ominaisuudet. Kun huokoskaasua pumpataan maaperästä, otetaan huomioon maaperän kaasunläpäisevyys ja siitä johtuva huokoskaasun liikkumisnopeus. [13, s. 28.]

Huokoskaasu on peräisin ilmakehästä, ja sen kemiallinen koostumus on yleensä lähellä ilmakehän koostumusta. Tästä syystä huokoskaasun koostumusta on aina verrattava tutkittavan alueen ilmakehän koostumukseen. [13, s. 28.]

Huokoskaasunäytteenottoon (kuva 17) vaikuttaa suuresti säätila ja sen muutokset. Eri-tyisesti toistuvissa seurantamittauksissa tämä tulee ottaa huomioon näytteenottoa suunniteltaessa ja toteuttaessa. [13, s. 28.]

Näytteenoton hankaluus on se, että maaperän huokoskaasua ei yleensä voi nähdä eikä aina välttämättä edes haistaa. Kentällä näytteenoton onnistumisen voi päätellä vain toimimalla juuri ohjeiden mukaan ja varmistamalla teknisten laitteiden toimivuus. Näytteenotto vaatii erittäin huolellista ja varmaa toimintaa. Kaasuun vaikuttaa huomattavasti lämpötilan muutokset. Lämpötilan noustessa, kaasunäyte pyrkii laajenemaan ja näyteastian paine suurenee, jolloin vuodon mahdollisuus suurenee. Lämpötilan laskiessa vastavasti paine alenee. [13, s. 28.]

Huokoskaasunäytteenotossa noudatetaan standardia SFS-ISO 18400-204:2017 Soil quality. Sampling. Part 204: Guidance on sampling of soil gas [32].



Kuva 17. Huokoskaasunäytteenotossa käytettävä pumppu ja korkki. [33, s. 3.]

5.3.1 Huokoskaasuputken asentaminen

Huokosnäytteenotto otetaan tavallisesti huokosilmaputkesta. Putkimateriaali on valittava siten, ettei siitä haihdu yhdisteitä, jotka vaikuttaisivat huokosilmanäytteenoton tuloksiin. Putki tiivistetään huolella, jotta huokosilmaputkesta pumpattava ilma tulee maaperästä eikä ole maanpinnan päältä tulevaa ohivirtausta. Ihanteellinen näytteenottoputki olisi ohut (esim. sisähalkaisija 32 mm), mutta asennus onnistuu yleensä parhaiten paksun putken kanssa (esim. sisähalkaisija 53 mm). [33, s. 1.]

Putki on asennettava haluttuun kohteeseen huolella, jotta tulokset ovat edustavia. Lähtötietona putken asennukselle tulisi olla maalajitiedot, jotta putken siiviläosuus saadaan halutulle maalajiosuudelle asennettua. Putken asennussyvyys riippuu myös mahdollisen pilaantumän syvyydestä. Siiviläosuus voidaan tällöin asentaa pilaantumän kohdalle. Kohteessa voi olla useampia putkia samassa pisteessä, jolloin siiviläosuus tulee eri korkeuksille. Esimerkiksi samassa pisteessä olisi 2–3 eri korkeuksilla olevaa putkea. Huokosilmaputkea ei saa asentaa pohjaveteen asti, sillä putken on oltava kaksi metriä pohjaveden pinnan yläpuolella. [33, s. 1–2.]

Huokosilmaputken ohella näytteitä voidaan myös ottaa pohjavesiputkista, kellarista, ryömintätilasta, kaivosta, kaapeli- ja putkikaivannosta tai maahan tehdystä katetusta kuopasta. Näytteen edustavuus voi vaihdella kohteittain, joka on otettava huomioon tuloksia tulkittaessa. [13, s. 31.]

Ennen varsinaista näytteenottoa putki huuhdellaan pumpun avulla. Näytepumpun valintaan vaikuttavat useimmiten näytteenottomenetelmä ja näytteenkeräin. [13, s. 31.]

5.3.2 Näytteenottomenetelmän valinta

Huokosilmanäytteenottoa voidaan tehdä joko aktiivisesti tai passiivisesti. Passiivisella näytteenotolla saadaan pidemmän ajan keskiarvo ja mahdolliset kentällä aiheutuvat virheet pienenevät. Passiivinäytteenotto antaa hyvän yleiskuvan haitta-aineiden alueellisesta jakaumasta. [33, s. 2–3.]

Huonona ominaisuutena on se, että passiivinäytteenoton avulla saadut pitoisuudet ovat luonteeltaan kvalitatiivisempia, koska kerättyä ilmanäyttemäärää ei tiedetä tarkasti. Näytteenoton pitoisuuksien keskiarvopitoisuus saadaan laboratorion diffuusiokerroimen avulla, missä tulee vastaan ongelma, että kaikille yhdisteille diffuusiokerroin ei ole yhtä tarkka kuin toisille yhdisteille. Lisäksi joillakin yhdisteillä ei ole diffuusiokerrointa. Sääolosuhteet vaikuttavat näytteenottoon ja tuloksien tulkintaan jonkin verran. [33, s. 2–3.]

Lisäksi passiivinäytteenottoa rajoittavat näytekeraimet ja tutkittavat yhdisteet. Kaikki näytekeraimet eivät sovellu passiivinäytteenottoon. Näytteitä ei voi myöskään ottaa tiloista, joissa on suuri ilmavirtaus. [33, s. 2.]

Aktiivimenetelmän avulla saadaan tietää tarkka ilmamäärä, joten näytekeraimen adsorbenttiin pidättyneen haitta-aineen pitoisuus kuutiometriä kohti saadaan laskettua tarkasti. Aktiivinäytteenoton tulos edustaa vain tietyn lyhyen ajan pitoisuustasoa. Aktiivimenetelmä on passiivimenetelmää nopeampi, jos aikataulu on tiukka. Käyttämällä aktiivista ja passiivista menetelmää rinnakkain saadaan molempien näytteenottomenetelmien epävarmuuksia pienennettyä. [33, s. 2–3.]

5.3.3 Näytteenotto aktiivimenetelmällä

Pohjaveden pinnan taso mitataan ennen näytteenottoa, jotta varmistetaan, etteivät pumpput ja näytteenottokeräimet tuhoudu kastumisen jäljiltä. Lisäksi tarkistetaan, että näytekeräin asennetaan tarpeeksi kauas pohjavedenpinnasta. Ilmatiivis korkki estää ohivirtauksien syntymisen näytteenoton aikana. Putkea on hyvä huuhdella ensin, jotta saadaan huokosilmaa maaperästä parhaimmalla mahdollisella tavalla. Huokosilmaputki on huuhdeltava kaksi kertaa putken tilavuuden verran. Huuhtelutehon tulisi olla 5 l/min tai tiiviissä maalajissa hieman pienempi. Ennen huuhtelua tehdään mittausta PID-mittarilla, jonka avulla voidaan säätää pumpattavaa näytemäärää. Pumppauksen yhteydessä mitataan painemittarilla paine-eroa putkessa ja ulkoilmassa korkin ja letkujen tiiviyden varmistamiseksi. [33, s. 3–4.]

Varmistetaan myös, että adsorboiva aine sopii tutkittavalle haitta-aineelle. Mikäli otetaan näytteitä eri adsorbentteihin, ensimmäisenä pumpataan näyte siihen adsorboivaan aineeseen, joka vaatii suurimman ilmanäytemäärän. Pumppausteho näytettä pumpattaessa on yleensä 0,1–0,5 l/min. Eri näytekeräimille käytetään eri pumppaustehoja. [13, s. 31–32; 33, s. 3–4.]

Aktiivimenetelmällä Tenax- tai Carbopak-keräimien ollessa kyseessä näytettä pumpataan yksi litra, elleivät PID-mittaus tai aikaisemmat laboratoriotulokset ole antanut aiheita pienempään näytemäärään. [33, s. 4.]

Tenax- ja Carbopak-keräimet ovat yleisimmin käytettyjä adsorptiokeräimiä, joiden sisällä on kemikaalia eli adsorptioainetta. Adsorptioaineeseen tarttuu molekyyliä keräimen läpi imettävästä kaasusta. [13, s. 31–32.]

5.3.4 Näytteenotto passiivimenetelmällä

Alkutoimenpiteet ovat samanlaiset kuten aktiivimenetelmässä eli mitataan pohjaveden pinnan taso, kenttämittaus PID-mittarilla ja varmistetaan kyseisen adsorbentin soveltuvuus. Kun on kyseessä passiivimenetelmä, pohjaveden pinnantason vaihtelevuus otetaan huomioon. Pohjaveden pinnankorkeus ehtii vaihdella passiivinäytteenoton aikana, koska näytekeräin on pidempään putkessa. [33, s. 4.]

Ilman lähtötietoja olevassa kohteessa passiivikeräimiä pidetään huokosilmaputkissa noin viikon ajan. Mikäli pitoisuudet ylittävät laboratorion mittausalueen tai PID-mittaus on antanut viitteitä korkeista pitoisuuksista, näytteenottoaika täytyy lyhentää. Passiivikeräimen asennusajankohta ja lopetusajankohta merkitään muistiin minuutin tarkkuudella. [33, s. 4.]

6 Laadunvarmistus

Laadukkaalla toiminnalla tähdätään analyysitulosten edustavuuteen ja luotettavuuteen, johon jo näytteenottovaiheessa ja sen suunnittelussa voidaan panostaa. Laadunvarmistuksen tarkoituksena on varmistaa, että näytteenottoon käytetään oikeita välineitä ja, näytteet otetaan oikeista paikoista ja syvyyksistä. Näytteiden tulee olla edustavia, ja kontaminaation riskin on oltava mahdollisimman pieni. Näytteenoton haitta-aineet eivät saa levitä muuhun ympäristöön työskentelyn aikana. Terveydelliset riskit minimoidaan sekä näytteitä käsitellään, varastoidaan ja kuljetetaan oikein. Laadunvarmistus käsittää kaiken lisäksi myös kaikkien näytteenottovaiheiden huolellisen dokumentoinnin. [13, s. 12.]

Näytteenotto tulee olla toistettavissa, ja näytteitä on otettava riittävästi määriä varten [17; 18].

Näytteiden analyysitulosten perusteella tulee pystyä tekemään johtopäätökset kohteessa esiintyvistä haitta-aineista, niiden pitoisuuksista ja levinneisyydestä. Pilaantumistapauksiin liittyy usein taloudellisia ja terveydellisiä vastuukysymyksiä, ja siksi väärin perustein tehdyt kunnostuspäätökset aiheuttavat huomattavia taloudellisia menetyksiä ja äärimmäisessä tapauksessa myös terveyteen kohdistuvia riskejä. [13, s. 12.]

6.1 Laadukas näytteenotto

Näytteenotto suoritetaan laadukkaasti silloin, kun näytteenottaja tietää työn tarkoituksen ja tavoitteen sekä noudattaa annettuja ohjeita ja standardeja. Edustava toiminta käsittää myös suojavälineiden ja oikeanlaisten näytteenottovälineiden käytön. Näytteenottajan on tiedettävä, miten näytteenottovälineitä käytetään, ja huolehdittava niiden sekä oman

toimintansa puhtaudesta. Näytteenottaja vastaa myös näytteiden toimittamisesta laboratorioon, dokumentoi huolella sekä kiinnittää huomiota myös ympäristöön ja alueen käyttöhistoriaan. [13, s. 13; 17.]

Laadukas näytteenotto suoritetaan siten, että edetään näytteenotossa aina vähiten likaisimmasta paikasta likaisimpaan paikkaan. Tämä korostuu etenkin pohjavesinäytteenotossa. [19; 29, s. 105.]

Näytteenottajalla on osaamista myös muuttaa tarvittaessa tutkimussuunnitelmaa. Muutokset on hyvä tehdä yhdessä tutkimuksen suunnittelijan kanssa. [13, s. 13.]

Kun halutaan varmistaa laadukas näytteenotto, kiinnitetään huomiota seuraaviin kohtiin: näytteenkäsittelyketju, varusteet ja kalusto, työtekniikka, välineiden puhdistaminen, näytempurkkien ja -pussien merkitseminen, maaston ja näytteenoton kuvauslomakkeet, muut dokumentointivälineet, laadunvarmistusnäytteiden ottaminen, työturvallisuus, näytteiden säilytys ja kuljetus sekä jätteiden käsittely. [13, s. 13.]

Merkittävästi näytteiden laatuun vaikuttaa näytteiden oikeanlainen säilytys, sillä kontaminaation riski on aina olemassa. Haitta-aineiden pitoisuuksien muuttumiseen vaikuttavat kontaminaatio muista näytteistä tai näytteenottimista, ilma, haihtuminen, valo ja lämpötila. Näytteen säilymistä voidaan parantaa kestäväinnillä tai huolellisella esikäsittelyllä. [13, s. 13.]

6.2 Ympäristön havainnointi

Näytteenotossa keskitytään itse näytteenottohetkeen ja tutkimuspisteisiin. Kuitenkaan lopullisia tuloksia ja analyysejä ei voi täysin sellaisenaan tulkita ilman, että ympäristöä ja siellä vallitsevia olosuhteita havainnoidaan. Laadukas näytteenotto sisältääkin sen, että näytteenottaja huomioi ympäristöä ja sääolosuhteita näytteenoton aikana. Kohteesta otetaan yleiskuvia näytteenottopistekuvien lisäksi. Näytteenottokohteessa voi esimerkiksi olla öljysäiliö tutkimusalueen ulkopuolella, mikä voi vaikuttaa tuloksiin, jos näytteistä löytyy kohonneita öljypitoisuuksia. Lisäksi projektipäällikkö tai kohteessa käymätön saa kokonaiskuvan kyseisestä tutkimusalueesta ja sen lähiympäristöstä. [17; 19; 30.]

6.3 Näytteenottajan sertifiointi

Asiakkaat pyytävät yhä enemmän sertifioitua näytteenottajaa. Näytteenottajan sertifiointi on vapaaehtoista, mutta suotavaa pätevyyden varmistamiseksi ja todistamiseksi. Sertifikaatti on osoitus siitä, että näytteenottaja toteuttaa työnsä puolueettomasti, mahdollisimman edustavasti ja että hänellä on riittävä ammattitaito. Tämä osoittaa myös, että pystytään tuottamaan laadukkaita ja luotettavia tuloksia. Sertifikaatin voi saada erilaisten näytteenottokurssien kautta. Ennen sen lunastamista tulee olla riittävästi kenttätyöskentelykokemusta. Eri näytteenottomenetelmille on myös omat erikoispätevyudet ja -sertifikaatit, kuten vesinäytteenotolle ja jätejakeiden kanssa työskenteleville. Sertifiointijärjestelmää ylläpitää Suomen ympäristökeskus eli SYKE. [2, s. 23.]

6.4 Laadunvarmistusnäytteet

Näytteenoton laadunvalvontaa ja -tarkistusta voi tehdä laadunvarmistusnäytteiden avulla. Laadunvarmistus näytteenotossa varmistaa näytteenottimien puhtauden, näytteenottostrategian toimivuuden kohteessa ja näytteen homogenisoinnin riittävyyden. Laaduntarkkailunäytteitä otetaan riittävä määrä, esimerkiksi joka kohteessa toistettu näytteenotto tai jaettu näyte. [2, s. 45–46; 10, s. 41.] Taulukossa 3 on esitettyä erilaisia laadunvarmistusmenetelmiä.

Taulukko 3. Erilaisia laadunvarmistusmenetelmiä. [2, s. 45–46; 10, s. 41.]

Nolla-näyte	Nollanäytteen tavoitteena on varmistaa, että astiat, kestäväintikemikaalit, näytteenottimet ja muut käytettävät välineet ovat puhtaita eivätkä aiheuta kontaminaatiota. Nollanäyte kulkee mukana kentällä, ja siihen lisätään kestäväintikemikaali. Se myös analysoidaan samaan aikaan muiden varsinaisten näytteiden kanssa. Vesinäytteenotossa kestäväintinä käytetään ionivaihdettua vettä ja maanäytteiden kanssa metanolia etenkin VOC-määrityksessä.
-------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rinnakkaisnäyte	Näytteenotto toistetaan samasta pisteestä tismalleen samalla tavalla eli otetaan kaksi peräkkäistä näytettä yhdestä pisteestä. Rinnakkaisten hajonnan avulla voidaan tulkita näytteenoton toistettavuus.
Jaettu näyte	Näytteenoton jälkeen maanäyte jaetaan kahteen osaan, kun näyte on sekoitettu ja mahdollisimman homogeeninen. Molemmat näytteet analysoidaan laboratoriossa. Hajonta kertoo homogeenoinnin onnistumisesta. Tätä tekniikkaa voi myös käyttää eri laboratorioiden luotettavuuden tulkitsemisessä.
Toistettu näytteenotto	Näytteenotto toistetaan siten, että toistona otettava näyte tai osanäyte otetaan uusista paikoista 0,5–2 metrin etäisyydeltä alkuperäisestä näytteenottopisteestä. Tämän hajonta joko kertoo kohteen homogeenisuudesta tai heterogeenisyydestä.
Näytteenotto eri välineillä	Sama näytteenotto suoritetaan eri välineillä. Tätä voi soveltaa kairauksen yhteydessä, sillä kairauksen aikana näytteet helposti kontaminoituvat.
Taustapitoisuusnäyte	Tutkittavan kohteen lähialueen haitta-aineiden taustapitoisuus tulee tunnistaa pilaantuneisuuden arvioinnissa. Taustapitoisuus selvitetään erityisesti kohteissa, jossa maaperän epäillään olevan pilaantunut raskasmetalleilla. Tällöin tutkitaan ensin lähialueen haitta-ainepitoisuudet ja sitten vasta kohteen pitoisuudet.

7 Ympäristötekni­sen laatuohjeistuksen laatiminen Sitowiselle

Insinööri­työ aloitettiin Sitowisen sisäisellä aloituspalaverilla, jossa käsiteltiin tilaa­jan ohjaajat, työn tavoite ja eteneminen. Lisäksi pidettiin palaveri koululta saadun ohjaajan ja työpaikkaohjaajien kanssa.

7.1 Työpajat

Ympäristö­tekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen tiedonkeruu päätettiin toteuttaa työpajojen avulla. Työpajat järjestettiin Teams-yhteyden avulla, sillä koronaviruksen aiheut­ta­man poikkeusolosuhteen takia etätyö oli suositeltavaa. Jokaiselle näytteenotolle oli oma työpajansa, johon pyydettiin tiettyjä näytteenoton osaamisalan asiantuntijoita jakamaan näkemyksiään.

Yleensä yhdessä työpajassa oli noin kolmesta neljään henkilöä, joissakin oli kaksi tai kuusikin osallistujaa. Työpajassa aihealueina olivat yleinen maaperänäytteenotto (kai­raukset, koekuopat, kaivannot ja kasat), sulfaattimaat, moniosänäytteenotto, pohjavesi­näytteenotto (havaintoputki-, kaivo-, lähde-, ja hananäytteenotto), sedimentit, pintavesi­näytteenotto ja huokoskaasunäytteenotto.

Työpajoja suunniteltiin huolella aikataulutuksen ja järjestyksen suhteen työpaikkaohjaa­jien kanssa. Insinööri­työn rakennetta pohdittiin hyvissä ajoin projektin alkuvaiheessa. Työpajoja varten laadittiin kysymysmatriisipohja aloituspalaverissa esiin tulleiden kohtien mukaan, joihin toivottiin saatavan vastaus työpajojen avulla.

Kysymysmatriisipohja toimi työpajojen runkona (kuva 18), ja siihen kerättiin työpajan ai­kana vastauksia luetelmaviivoin. Kysymysmatriisipohjan kohtia olivat esimerkiksi tutki­mus­suunnitelma, näytteenottimen ja näytteenottotavan valinta sekä edustavuus. Pohja toimi työpajojen agendana.

KYSYMYSMATRIISIT LAATUOHJEISTUKSEN LAATIMISEEN:

	MITÄ LAADUKAS TOIMINTA EDELLYTTÄÄ	MUUTA HUOMIOITAVAA/ LINKKEJÄ
TUTKIMUSSUUNNITELMA		
NÄYTTEENOTTIMEN JA NÄYTTEENOTTOTAVAN VALINTA		
NÄYTTEENOTTOPÖYTÄKIRJA		
DOKUMENTOINTI		
LAADUNVARMISTUSNÄYTTEET		
NÄYTTEENOTTOSEKÄ		
NÄYTTEIDEN MERKINTÄ		
NÄYTTEIDEN SÄILYTYS		
YMPÄRISTÖN HAVAINNOINTI NÄYTTEENOTON AIKANA		
KONTAMINAATION ESTÄMINEN		
NÄYTTEIDEN EDUSTAVUUS		
ESIKÄSITTELY/KESTÄVÖINTI		

Kuva 18. Työpajoja varten laadittu kysymysmatriisipohja

Työpajat toteutettiin 19.5.–3.7.2020. Työpajojen kesto oli yhdestä tunnista kolmeen tuntiin. Yleensä työpajoja oli tiistaisin ja perjantaisin. Välissä vaikuttivat myös lomat ja sairastapaukset. Työpajojen aikana käsiteltiin ja täytettiin kysymysmatriisipohjaa, jonka avulla laadittiin alustavat laatuohjeistuskortit jokaiselle näytteenottomenetelmälle.

7.2 Laatuohjeistuskorttien laatiminen

Kortit laadittiin paperikokoon A4. Ohjeistukset ovat esitettyinä luetelmaviivoin. Korttien toivottiin olevan tiiviitä koosteita, jotta ne voi ottaa mukaan myös näytteenottoon. Tiiviitä kortteja on myös helppo lukea, ja ne sisältävät keskeisimmät näytteenottoon liittyvät asiat. Ohjeistuskorteista tehtiin visuaalisesti yksinkertaiset. Väliotsikot helpottavat oikean kohdan löytämistä.

Laatuohjeistuskortteja tehtiin yhteensä 15 kappaletta. Ohjeistuskortit ovat insinööriyön liitteessä 1, joka on salainen.

Työlle tehtiin oma Teams-ryhmä, jossa Sitowisen ympäristötutkimuksien, ja työpajoihin osallistuneet asiantuntijat pääsivät lukemaan sekä kommentoimaan ohjeistuskortteja. Samalla ryhmä toimi keskustelualustana näytteenottoon ja laadunvarmistukseen liittyvissä asioissa. Ohjeistuskortit lisättiin Teams-ryhmään elokuussa, ja kommentointiaikaa annettiin syyskuun loppuun asti.

Lopulliset versiot laminoidaan ja kootaan yhteiseksi kansiksi. Kansista löytää helposti näytteenottoon tarvittavan ohjeistuskortin, ja sen voi ottaa mukaan maastoon. Kortit kestävät maasto-olosuhteet ja veden laminoinnin avulla.

8 Yhteenveto

Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistus laadittiin Sitowisen ympäristötutkimukset-osastolle. Laatuohjeistus on kokoelma lyhyitä ja napakoita ohjeistuskortteja. Jokaiselle näytteenottomenetelmälle laadittiin oma ohjeistuskorttinsa. Kortit tulevat olemaan iso osa osaston sisäistä toimintaa, ja näytteenotosta tulee yhtenäisempää.

Työ oli erittäin monipuolinen ja mielenkiintoinen projekti. Tämän työn ansioista saatiin yhteistä aikaa jakaa asiantuntijoiden kesken erilaisia näkemyksiä näytteenottomenetelmien osalta. Asiantuntijat pitivät erittäin paljon työpajoihin osallistumisesta ja yhteisestä keskustelusta.

Insinööri­työ alkoi erittäin poikkeuksellisissa olosuhteissa COVID-19:n tullessa Suomeen. Työn pystyi kuitenkin sujuvasti suorittamaan etänä. Työpajat pidettiin tästä syystä pääsääntöisesti ilman lähitapaamisia, mutta se toimi hyvin, etenkin asiantuntijoiden ollessa eri puolilla Etelä-Suomea. Insinööri­työn ja ympäristötekni­sen laatuohjeistuksen laatiminenkin onnistui helposti etäyhteyksien avulla.

Työ valmistui ajallaan, ja kaikki ohjeistuskortit saatiin laadittua tilaajan toiveesta. Nämä ohjeistuskortit ovat ensimmäinen versio ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistusta, josta tehdään aina uusi versio näytteenotokäytäntöjen muuttuessa. Ohjeistuskortteja hyödynnetään nimenomaan näytteenotoissa. Siksi ohjeistuskortit laadittiin juuri näytteenottoa varten, ja ne sisältävät olennaiset näytteenottoon liittyvät ohjeistukset.

Laatuohjeistuksien laatimisen yhteydessä nousi esiin myös muita asioita ja toiveita. Nykymaailman digitalisoituessa entistä enemmän toiveena olisi saada sähköiset havainnointi- ja pöytäkirjalomakkeet näytteenottoihin mukaan. Nimittäin paperiversiot maastossa voivat likaantua tai rypistyä ja kirjoittaminen on maastossa hankalaa. Kaikki tiedot ja kuvat saisi suoraan sähköiseen, josta on helppo siirtää niitä eteenpäin projektien sisällä. Tämä helpottaisi huomattavasti tiedonsiirtoa ja tiedon hyötykäyttöä loppuraporttia varten.

Toinen merkittävä huomio tuli näytteenottopöytäkirjoista ja niiden päivittämistarpeesta. Monet ympäristön havainnointi- ja näytteenottopöytäkirjalomakkeista kaipaisivat päivittämistä uudempaan versioon. Näytteenottotavat ovat monipuolistuneet, ja siksi olisi hyvä saada jokaiselle näytteenottomenetelmälle omat pöytäkirjat.

Ympäristötekniisiä laatuohjeistuksia toivotaan kehitettävän lisää eri ympäristötutkimusten vaiheille, kuten tutkimussuunnitelman laatimiseen ja loppuraportin kirjoittamiseen.

Ympäristötekniisen näytteenoton uskotaan tehostavan tiedonkulun yhtenäistämistä ja tekevän näytteenotosta sujuvampaa ja paremmin toistettavaa. Näin ollen insinööriyö vastasi vahvasti tilaajan toiveisiin ja saatiin luotua yritykselle tarpeellinen laadunvarmistuskeino.

Lähteet

- 1 Ympäristöministeriö. Valtakunnallinen pilaantuneiden maa-alueiden riskienhallintastrategia. 12/2015. Suomen ympäristö 10/2015. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 2 Björklöf, Katarina; Lepistö, Jani; Schultz, Eija; Uljas, Jenni & Westerholm, Henrik. 1/2014. Hyvät käytännöt pilaantuneiden maiden kenttätutkimuksissa. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus.
- 3 Sitowise. Verkkoaineisto. Sitowise Oy. <<https://www.sitowise.com/fi/sitowise/yri-tyts>> Luettu 26.6.2020.
- 4 Ympäristö ja energia. Verkkoaineisto. Sitowise Oy. <<https://www.sitowise.com/fi/palvelut/ymparisto-ja-energia>> Luettu 26.6.2020.
- 5 Pilaantuneen maaperän ja sedimentin hallinta. Verkkoaineisto. Sitowise Oy. <<https://www.sitowise.com/fi/palvelut/ymparisto-ja-energia/pilaantuneen-maape-ran-ja-sedimentin-hallinta>> Luettu 26.6.2020.
- 6 Leino-Forsman, Hilikka; Mroueh, Ulla-Maija & Sarkkila, Jouni. 3/2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Ympäristöopas 110. Ympäristönsuojelu. Suomen ympäristökeskus.
- 7 Maaperänsuojelulainsäädäntö. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Maaperansuojelulainsaadanto> 30.7.2014. Luettu 14.7.2020
- 8 Pilaantuneet alueet. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Pilaantuneet_alueet> 29.1.2020. Luettu 20.7.2020
- 9 Riskien määrittely ja arviointi. Verkkoaineisto. Ympäristö.fi. <https://www.ymparisto.fi/fi-Fi/Kulutus_ja_tuotanto/Pilaantuneet_maaalueet/Riskien_maarit-tely_ja_arviointi> 11.7.2013. Luettu 20.7.2020
- 10 Näytteenoton suunnittelu ja laadunvarmistus – maaperä ja kiinteät jätteet. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Sitowise Oy.
- 11 Ympäristöministeriö. Pilaantuneen maa-alueen riskinarviointi ja kestävä riskienhallinta. 11/2014. Ympäristöhallinnon ohjeita 6|2014. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 12 Sitowise Oy. Kvalilähde. Yrityksen sisäinen materiaali.

- 13 Ympäristögeotekninen näytteenotto-opas – maa-, huokoskaasu- ja pohjavesinäytteet. 22.5.2002. Helsinki: Suomen Geoteknillinen Yhdistys ry.
- 14 Pilaantuneen maa-alueen tutkimuksen ja kunnostuksen työsuojeluopas. 12/2006. Ympäristöhallinnon ohjeita. Ympäristönsuojelu. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 15 MiniRAE 3000. Verkkoaineisto. Senveco.fi. <<http://www.senveco.fi/tuote/minirae-3000/>> Luettu 20.7.2020.
- 16 PetroFLAG – kenttäanalyysi. 23.9.2009. Yrityksen sisäinen materiaali. Envimetria Oy.
- 17 Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen maaperätyöpaja. 22.5.2020. Sitowise Oy. Espoo.
- 18 Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen sedimenttityöpaja. 26.6.2020. Sitowise Oy. Espoo.
- 19 Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen pohjavesityöpaja. 29.5.2020. Sitowise Oy. Espoo.
- 20 PIMA-ryhmän kokoontuminen. 8.5.2020. Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali. Sitowise Oy.
- 21 Haapaniemi, Jenni; Jaakola, Olli-Pekka & Reinikainen, Jussi. 2017. MASA-näytteenottokoe. Koulutusmateriaali. Suomen ympäristökeskus.
- 22 Saloranta, Jaakko. Jääkausi sanelee työmaiden säännöt vielä tänäänkin. Verkkoaineisto. Sitowise Oy. <<https://www.sitowise.com/fi/uutishuone/ajankoh­taista/jaakausi-sanelee-tyomaiden-saannot>> 24.6.2020. Luettu 20.7.2020
- 23 Auri, Jaakko; Boman, Anton; Hadzic, Mirkka & Nystrand, Miriam. Opas happamien sulfaattimaiden kartoitukseen turvetuotantoalueilla – versio 1. 21.2.2018. Opas. Geologian tutkimuskeskus, Suomen ympäristökeskus & Åbo Akademi.
- 24 Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen sulfaattimaatyöpaja. 3.7.2020. Sitowise Oy. Espoo.
- 25 Itkonen, Arto. Sedimenttinäytteenotto ja näytteenottimet. 2019. Yrityksen sisäinen koulutusmateriaali. Sitowise Oy.
- 26 Vesi- ja vesistönäytteenotto ja pinnanmittaus. 2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Envimetria Oy & Sitowise Oy.

- 27 Ympäristöstandardit käyttöönne. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus & Suomen standardisoimisliitto SFS ry. <[https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Esitteet/Ymparistostandardit_kayttoonne_esite\(2346\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Julkaisut/Esitteet/Ymparistostandardit_kayttoonne_esite(2346))> 10/2019. Luettu 23.7.2020
- 28 (Pohja)vesinäytteenotto ja pinnanmittaus. 2005. Yrityksen sisäinen dokumentti. Envimetria Oy & Sitowise Oy.
- 29 Kinnunen, Timo (toim.) 2005. Pohjavesitutkimusopas – käytännön ohjeita. Suomen Vesiyhdistys ry.
- 30 Ympäristötekni­sen näytteenoton laatuohjeistuksen pintavesityöpaja. 12.6.2020. Sitowise Oy. Espoo.
- 31 Heinonen, Pertti; Kettunen, Ilpo & Mäkelä, Ari. Kenttätutkimuksen opas – 2008. 9/2008. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus.
- 32 SFS-EN ISO 18400–204. Soil quality. Sampling. 2017. Part 204: Guidance on sampling of soil gas. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 33 Huokosilmanäytteenotto-ohje Tampereen kaupungin projekteihin. 30.10.2018. Yrityksen sisäinen dokumentti. Tampereen kaupunki.

Liite 1: Ohjeistuskortit

Salainen liite