

Sonja Kesti

LOHTAJAN VANHAN KAATOPAIKAN KUNNOSTUS

Opinnäytetyö

KESKI-POHJANMAAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kemiantekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2010

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Tekniikan ja liiketalouden yksikkö, Kokkola	Aika Toukokuu 2010	Tekijä/tekijät Sonja Kesti
Koulutusohjelma Kemiantekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Lohtajan vanhan kaatopaikan kunnostaminen		
Työn ohjaaja DI Laura Rahikka	Sivumäärä 96 + 9 liitettä	
Työelämäohjaaja DI Toni Uusimäki		
<p>Länsi-Suomen elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskuksen, Kokkolan kaupungin ympäristöpalvelujen ja Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry:n kanssa yhteistyössä toteutetun opinnäytetyön tavoitteena oli kunnostaa Lohtajan vanha kaatopaikka massanvaihtomenetelmällä ja siten estää pohjaveden pilaantuminen alueella. Lohtajan vanha kaatopaikka sijaitsi Lohtajalla Vattajantien varrella noin 2,5 km:n päässä keskustasta länteen. Kaatopaikka on toiminut yhdyskuntajätteen kaatopaikkana vuosina 1964–1975.</p> <p>Kaatopaikka sijaitsi Karhinkankaan pohjavesialueella, joka on luokiteltu I luokan pohjavesialueeksi. Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen. Lähin vedenottamo on Suomen puolustusvoimien IT-leirin vedenottamo noin 2,6 km:n päässä kunnostetulta kaatopaikalta. Lohtajan päävedenottamo sijaitsee noin 3 km kaakkoon. Alueen pohjavesinäytteissä on huomattu kaatopaikan vaikutus pohjaveden laatuun kohonneina haitta-ainepitoisuuksina. Tuloksia verrattiin WHO:n Guideline's for drinking-water quality raja-arvoihin. Raja-arvot ylittäneet haitta-aineet olivat alumiini, lyijy, rauta, mangaani ja magnesium, joista todellisen terveysriskin toksisuutensa vuoksi aiheuttavat tässä tapauksessa lyijy ja mangaani.</p> <p>Kunnostaminen suoritettiin massanvaihtomenetelmällä ja poistettu jätetäyttö kuljettiin Kälviän kaatopaikalle, jossa se hyödynnettiin kaatopaikan esipeitekerrokseksi. Kunnostustyön tavoitteena oli, että jätetäytön alapuolisten maamassojen haitta-ainepitoisuudet alittavat Valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi -asetuksessa (214/2007) annetut kynnsarvot. Maamassojen haitta-ainepitoisuudet analysoitiin kenttäanalysaattorein ja pitoisuudet varmistettiin laboratorioanalyysin. Maanäytteitä kerättiin yhteensä 39 kappaletta, joista 10 lähetettiin laboratorioon analysoitavaksi. Kun kunnostustavoitteet saavutettiin, vanha kaatopaikka-alue maisemoitiin. Lohtajan vanha kaatopaikka kunnostettiin siten, ettei siitä jatkossa voi aiheutua vaaraa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.</p>		
Asiasanat haitta-aine, kynnsarvo, pilaantunut maaperä, pohjavesi, raja-arvo		

ABSTRACT

CENTRAL OSTROBOTHNIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	Date March 2010	Author Sonja Kesti
Degree programme Chemical Engineering		
Name of thesis Remediation of Lohtaja's Old Landfill		
Instructor Laura Rahikka		Pages 96 + 9 Appendices
Supervisor Toni Uusimäki		
<p>The main objective of this thesis was to remedy the old landfill in Lohtaja and to prevent groundwater pollution in the area. The thesis was created in co-operation with West Finland's Centre for Economic Development, Transport and Environment, Environmental Services of the City of Kokkola and Ostrobothnia Water Protection Organization. Remediation of the landfill was done by mass replacement. Lohtaja's old landfill was located approximately 2,5 km from Lohtaja's center to the west. The landfill has been a dumping ground for municipal waste in 1964–1975.</p> <p>The landfill lay nearby the Karhinkangas groundwater area, which is categorized as class I groundwater area for water supply. The groundwater area is a part of the ridge formation lying northwest to southeast. The nearest water intake plant is in the anti-aircraft encampment of Finland's Defense Forces, 2,6 km to the southeast of the landfill area, and the main water intake plant of the community of Lohtaja is approximately 3 km away. The groundwater streams from northwest to southeast. The landfill has had effects on the quality of the groundwater. Among other harmful substances high concentrations of lead and manganese were analyzed from it. These concentrations were compared to the limiting values of WHO's Guidelines for Drinking Water Quality.</p> <p>The remediation of the old landfill was executed by mass replacement technique, and the excavated soil was transported to Kälviä's landfill where it was used as a pre-cover layer. Waste filling and soil layers underneath them were excavated until the soil was proved to be pure from harmful substances by field analyzers. The concentrations of the harmful substances were also confirmed in laboratories. There is a decree given by Council of State on the Assessment of Soil Contamination and Remediation Needs, which determines the thresholds to harmful substances. When the concentrations were under these thresholds the remediation process was satisfactory.</p>		
Key words contaminated soil, groundwater, harmful substance, limit value, soil remediation, threshold		

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KALLIO- JA MAAPERÄ	4
2.1 Lajittuneet kivennäismaalajit	4
2.2 Moreenimaalajit	5
2.3 Eloperäiset maalajit	6
3 HAITTA-AINEET MAAPERÄSSÄ	7
3.1 Metallien kulkeutuminen maaperään	8
3.1.1 Advektio	10
3.1.2 Dispersio ja diffuusio	10
3.1.3 Haihtuminen	11
3.1.4 Kulkeutuminen kompleksiyhdisteissä ja kolloideihin kiinnittyneenä	11
3.2 Metallien käyttäytyminen maaperässä	12
3.2.1 Arseni (As) ja elohopea (Hg)	12
3.2.2 Kadmium (Cd) ja nikkeli (Ni)	13
3.2.3 Kromi (Cr) ja kupari (Cu)	14
3.2.4 Sinkki (Zn) ja vanadiini (V)	15
3.2.5 Lyijy (Pb)	16
3.3 Öljyhiilivedyt	17
4 POHJAVESI	20
4.1 Pohjaveden muodostuminen ja veden kiertokulku	20
4.2 Pohjaveden laatu	21
4.3 Pohjavesialue luokat	24
4.3.1 Luokka I: Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue	25
4.3.2 Luokka II: Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue	25
4.3.3 Luokka III: Muu pohjavesialue	25
4.4 Darcyn virtauslaki	26
5 LAINSÄÄDÄNTÖ	28
5.1 Ympäristönsuojelulaki (86/2000)	28
5.2 Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997)	29
5.3 Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi	33

6	PILAANTUNUT MAAPERÄ	36
6.1	Pilaantuneen maaperän määritelmä	36
6.2	Ilmoitus- ja lupamenettely	36
6.2.1	Lupa- ja valvontaviranomainen	36
6.2.2	Ympäristölupa	37
6.2.3	Ilmoitusmenettely	38
6.3	Vastuu pilaantuneen maaperän puhdistamisesta	38
7	PILAANTUNEIDEN MAIDEN TUTKIMINEN JA KUNNOSTUS	41
7.1	Esiselvitys	41
7.2	Tutkimusvaihe	43
7.3	Lisätutkimukset	44
7.4	Riskinarviointi	44
7.4.1	Terveysriskien arviointi	46
7.4.2	Ekologisen riskin arviointi	50
7.4.3	Kulkeutumisriskien arviointi	51
7.5	Näytteenotto maaperästä	51
7.5.1	Maaperänäytetyypit	52
7.5.2	Näytteenotto koekuopasta	53
7.5.3	Maanäytteenotto kairan avulla	54
7.6	Kunnostusmenetelmät	54
7.6.1	Massan vaihto	55
7.6.2	Eristäminen	56
7.6.3	Stabilointi ja kiinteytys	58
7.6.4	Terminen käsittely	58
7.6.5	Pesu	59
7.6.6	Huokoskäsittely ja bioventing	60
7.6.7	Kompostointi	61
7.6.8	Hyötykäyttö ja loppusijoittaminen	62
7.7	Jälkitarkkailu	63
8	KUNNOSTUSALUEEN KUVAUS	64
8.1	Alueen maaperä- ja hydrogeologia	65
8.2	Alueella tehdyt pohjavesitutkimukset	65
8.3	Kaatopaikkakelpoisuustutkimukset	67
8.4	Kunnostussuunnitelma ja tavoitteet	69
9	KUNNOSTUSTYÖT	70
9.1	Massanvaihto	70
9.2	Näytteenotto ja kenttämittaukset	75
9.2.1	Innov-X-kenttäanalyysointori	76
9.2.2	PetroFlag-testausmenetelmä	79
10	TULOKSET	81

11 TULOSTEN TARKASTELU	83
12 POHJAVESIALUEEN RISKINARVIOINTI	86
13 YHTEENVETO	91
LÄHTEET	93

LIITTEET

Liite 1 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi 214/2007

Liite 2 Kaatopaikan sijainti

Liite 3 Pohjavesiputkien sijainti Lohtajan vanhalla kaatopaikka-alueella

Liite 4 Kaatopaikkakelpoisuustutkimus

Liite 5 Ilmoitus Lohtajan kaatopaikan kunnostamisesta

Liite 6 Länsi-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen päätös Lohtajan kaatopaikan kunnostuksesta

Liite 7 Näytealue

Liite 8 Laboratoriotulokset

Liite 9 Pohjaveden haitta-ainepitoisuudet

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Länsi-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen, Kokkolan kaupungin ympäristöpalvelujen ja Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry:n kanssa. Työn käytännön toteutus tapahtui Kokkolan ympäristöpalveluissa. Ympäristöpalvelut on Kokkolan kaupungin ympäristöasioista vastaava yksikkö ja toimii Teknisen palvelukeskuksen alaisena. Ympäristöpalvelujen tehtävänä on toteuttaa, valvoa ja edistää ympäristönsuojelua Kokkolan alueella siten, että sillä turvataan kestävästi kehittyvä, terveellinen, viihtyisä ja monimuotoinen elin- ja luonnonympäristö.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kunnostaa Lohtajalla sijaitseva vanha kaatopaikka, joka on toiminut vuosina 1964–1975 yhdyskuntajätteen kaatopaikkana. Kunnostuksen tavoitteena oli estää pohjaveden pilaantuminen alueella. Karhinkankaan pohjavesialue, missä kaatopaikka sijaitsi, on luokiteltu I luokkaan eli vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi. Vuonna 2009 pohjavesialueella on aloitettu geologiset ja hydrogeologiset tutkimukset, joiden tavoitteena on selvittää pohjavesialueen antoisuus sekä mahdollisuus rakentaa raakavesijohto Lohtajalta Kokkolaan. Kartoitus ja mahdollinen laajamittainen pohjaveden käyttöönotto olivat myös osasyynä kunnostuksen toteuttamiselle.

Kaatopaikan jätetäytön alapuolisten maamassojen haitta-ainepitoisuuksia verrattiin Länsi-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kunnostustavoitteessa annettuihin kynnsarvoihin, jotka on määrätty Valtioneuvoston maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi -asetuksessa.

Pilaantuneella maaperällä tarkoitetaan sellaista maaperän pilaantumista, jonka vuoksi aluetta ei voida enää käyttää alkuperäiseen käyttötarkoitukseensa tai kun yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus ylittää luontaisen taustapitoisuutensa aiheuttaen vaaraa sekä ympäristölle että terveydelle. Maaperän pilaaminen on ympäristönsuojelulain (86/2000) nojalla kielletty, ja vastuu pilaantuneen maan puhdistamisesta on aina ensisijaisesti pilaantuneisuuden aiheuttajalla. Pilaantuneiden maiden määrän Suomessa on arvioitu olevan noin 20 000. Arvioiden mu-

kaan Suomessa kunnostetaan vuodessa noin 3000 pilaantunutta maa-alueetta 60–70 miljoonan euron budjetilla.

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa käytetään Valtioneuvoston samannimistä asetusta, joka tuli voimaan vuonna 2007 (VNA 214/2007).

Pilaantuneen maaperän puhdistaminen on ympäristönsuojelulain nojalla luvanvaraista toimintaa. Kunnostus voidaan suorittaa myös ilmoitusmenettelyllä, kun menetelmä on yleisesti hyväksytty eikä kunnostuksesta aiheudu vaaraa ympäristölle. Lupaviranomaisena toimii Aluehallintovirasto, ja ilmoitusmenettelytapauksessa päätöksen kunnostamisluvasta antaa alueellinen elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus (ELY-keskus). Viranomaisten vastuunjaot puhdistustapauksissa on annettu ympäristösuojelulaissa. Ensisijaisesti kunnostustöitä valvoo alueellinen ELY-keskus, joka voi siirtää vastuun tarvittaessa kunnalliselle ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Pilaantuneiden maiden tutkimiseen kuuluu kolme vaihetta: esiselvitys, tutkimusvaihe sekä lisätutkimukset. Näitä kolmea vaihetta seuraa riskinarvionti. Esiselvityksen tavoitteena on määrittää maa-alueen mahdollinen pilaantuminen. Määrittämiseen käytetään hyväksi alueen käytön historiaa, maaperän ominaisuuksien selvittämistä sekä hydrogeologiaa. Tutkimusvaiheeseen kuuluu pilaantumisen todentaminen näytteiden avulla. Lisätutkimusten avulla voidaan tarkentaa, kuinka pilaantunut maa-alue on. Vaiheen tavoitteena on hallita tutkittavan alueen geologian ja geologisten olosuhteiden vaikutusta ympäristöön, tarkentaa arviota saastuneisuudesta ja sen laajuudesta ja selvittää tarvittavat tiedot riskiarvioinnin suorittamiseksi sekä tiedot kunnostus- ja käsittelytoimenpiteiden suorittamiseen. Riskinarvioinnin tavoitteena on tunnistaa haitta-aineiden aiheuttamat vaarat sekä niistä aiheutuvat riskit. Riskinarvionti jakautuu kahteen ryhmään: Ekologisten vaikutusten avulla selvitetään, miten pilaantuneisuus vaikuttaa kasveihin, eliöihin ja eläimiin. Terveysriskien arvioinnissa taas määritetään pilaantuneisuuden aiheuttamat vaarat ihmisen terveydelle.

Näytteenotolla on suuri merkitys pilaantuneeksi epäillyn maa-alueen tutkimisessa. Maaperänäytteiden avulla määritetään, mitä aineita maaperään on päässyt, ja pi-

laantuneisuuden aste. Pohjavesinäytteenotolla on myös suuri merkitys, sillä siten saadaan tietoa siitä, onko maaperän pilaantuminen aiheuttanut myös pohjaveden pilaantumista. Tapauksissa, joissa maaperän pilaantuminen on aiheuttanut pohjaveden pilaantumisen, käytetään samoja vastuuperiaatteita kuin maaperän pilaantumisen tapauksessa.

Pilaantuneen maaperän kunnostamisen tavoitteena on saattaa maaperä sellaiseen tilaan, etteivät löydetyt haitta-aineet aiheuta vaaraa ihmisen terveydelle tai ympäristölle, kuten kasveille ja eliöille. Maaperän kunnostamiseen on käytössä monia erilaisia menetelmiä. Niiden soveltuvuus riippuu haitta-aineen ominaisuuksista ja sen pitoisuudesta. Valintaan vaikuttavat myös kunnostustavoite sekä maa-aineksen loppukäyttö. Kunnostusmenetelmät voidaan jakaa kemiallisiin, fysikaalisiin ja biologisiin menetelmiin. Yleisimpiä kunnostusmenetelmiä ovat mm. massanvaihto, loppusijoitus kaatopaikalle, stabilointi sekä huokosilmatekniikka.

2 KALLIO- JA MAAPERÄ

Suomen kallioperä eli peruskallio on muodostunut hyvin vaihtelevissa geologisissa olosuhteissa noin 1 500–3000 miljoonaa vuotta sitten ja on siten maapallon vanhimpia kallioperiä (Suomen ympäristökeskus 2009a). Kallioperämme koostuu pääasiassa magmaattisista syväkivilajeista ja metamorfisista kiteisistä liuskeista (Airaksinen 1978, 24).

Maaperä on kallioperää peittävä irtomaakerros, joka on syntynyt kallioperän rikkoutuessa ja rapautuessa (Kanala 2003, 3). Maaperä on muodostunut erilaisista kerrostuneista maalajeista. Kerrostumat ovat ikäjärjestyksessä vanhimmasta uusimpaan siten, että nuorin maakerros on pintamaata. (Salonen, Eronen & Saarnisto 2002, 13.)

Maaperän maalajit jaetaan kivennäismaalajeihin ja eloperäisiin maalajeihin. Kivennäismaalajit jaetaan lisäksi kahteen luokkaan, moreenimaalajeihin ja lajittuneisiin kivennäismaalajeihin. Kivennäismaalajit ovat syntyneet kallioperästä sen rapautuessa ja eloperäiset maalajit ovat syntyneet eloperäisen aineksen, kuten kasvien ja muiden eliöiden jäänteistä. (Geologian tutkimuskeskus 2005.)

2.1 Lajittuneet kivennäismaalajit

Lajittuneet kivennäismaalajit jaetaan geoteknisen luokituksen mukaan kahteen ryhmään: karkearakeiset lajittuneet kivennäismaalajit (lohkareet, kivet, sora, hiekka, karkea hieta) ja hienorakeiset kivennäismaalajit (siltit ja savet). Karkearakeiset lajittuneet kivennäismaalajit ovat syntyneet joko jäätikköjoki- ja reunamuodostumisissa tai ranta-, joki- ja tuulikerrostumisissa. (Geologian tutkimuskeskus 2005.)

Hienorakeiset lajittuneet kivennäismaalajit ovat muinaisten vesistöjen pohjalle kerrostuneita maalajeja. Nämä maalajit ovat nykyään vedenpinnan yläpuolella muinaisten vesistöjen hävittyä maan kohoamisen seurauksena. (Geologian tutkimus-

keskus 2005.) Taulukkoon 1 on koottu kaikki maalajit jaettuna luokkiin raekokonsa mukaan.

TAULUKKO 1. Maalajien geotekninen luokitus (Geologian tutkimuskeskus 2005.)

Raekoko (mm)	Luokitus	Ryhmitys
> 1000	lohkareet	Karkea
1000-60	kivet	rakeiset
60-0,2	sora	maalajit
2,0-0,2	karkea- ja keskihiekkä	
0,2-0,06	hieno hiekka	
0,06-0,02	karkea siltti	
0,02-0,002	keski- ja hienosiltti	
<0,002	savi	
0,06-0,02	karkea siltti	hieno
0,02-0,002	keski- ja hienosiltti	rakeiset
<0,002	savi	maalajit

Louhikot, kivikot, soramaat sekä hiekkamaat muodostavat karkearakeisten lajittu-
neiden kivennäismaalajien luokan. Näillä maalajeilla on yleisesti katsottuna suuri
vaikutus pohjavesiin, sillä pohjavesimuodostumia ympäröivät sora- ja hiekkamaa-
lajit. Hienorakeisiin maalajeihin kuuluvat siltit ja savet, jotka ovat hienoa maa-
ainesta. Maalajit pidättävät vettä hyvin ja ovat hyvin pienirakeisia. Siltit jaetaan
kahteen luokkaan: karkeaan silttiin sekä keski- ja hienosilttiin. (Geologian tutki-
muskeskus 2005.)

2.2 Moreenimaalajit

Moreeni on maamme yleisin maalaji; sitä on pintamaalajina Suomessa noin 53 %
koko maa-alastamme (Salonen ym. 2002, 46). Moreeni on maalajina huono läpäi-
semään vettä, jonka vuoksi pohjavesi on moreenialueilla lähellä pintaa. Moreenit
jaetaan kolmeen eri ryhmään: soramoreeneihin, hiekkamoreeneihin ja hienoainek-
sisiin moreeneihin. (Geologian tutkimuskeskus 2005.)

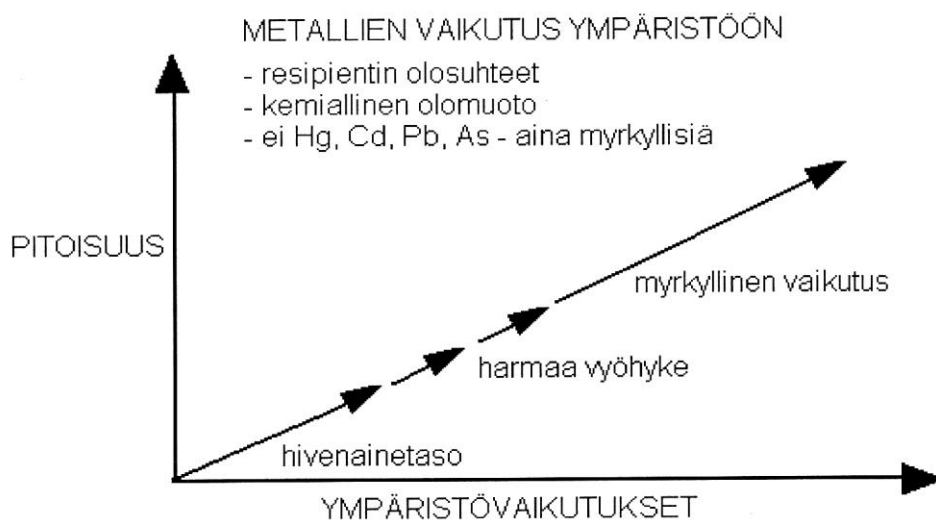
2.3 Eloperäiset maalajit

Eloperäiset maalajit sisältävät humusta, joka on maan osaksi hajottamatonta kasvi- ja eläinperäistä ainesta. Eloperäiset maalajit luokitellaan liejuun, järvimutaan sekä turpeeseen. Lieju on veteen kerrostunut kasvi- ja eläinjäänteiden sekä hienojen kivennäisainesten seos ja järvimuta on pääasiassa humuksen ja kivennäisaineksen seos, jota vesi on kuljettanut ja kerrostanut ja saostanut tummien vesien pohjille. (Geologian tutkimuskeskus 2005.) Turpeet puolestaan ovat syntyneet kuolleiden kasvien maatuessa kosteissa olosuhteissa. Turpeen koostumus vaihtelee sen mukaan, mitä kasvilajeja turve sisältää ja mikä sen maatumisaste on. (Energiateollisuus 2010.) Turpeet jaetaan kahteen ryhmään: saraturpeisiin ja rahkaturpeisiin. Saraturpeet ovat syntyneet sarakasvien, lehtisammalten, heinien ja ruohojen jäänteistä, kun taas rahkaturve on syntynyt rahkasammaleen, tupasvillan ja varpujen maatuessa. (Geologian tutkimuskeskus 2005.)

3 HAITTA-AINEET MAAPERÄSSÄ

Kaikista tunnetuista alkuaineista 75 ovat metalleja ja niistä kaikkia esiintyy maaperässä. Esiintymien yleisyys kuitenkin vaihtelee suuresti eri metallien välillä. (Kanala 2003, 26.)

Eliöt ja kasvit tarvitsevat joitain metalleja kasvaakseen ja kehittyäkseen. Tällaisia metalleja kutsutaan hivenaineiksi. Jotkin metallit ovat kuitenkin pelkästään myrkyllisiä ympäristölle, eivätkä ole kasveille ja eliöille tarpeellisia. Tällaisia haittametalleja ovat arseeni, elohopea, kadmium ja lyijy. Muiden metallien myrkyllisyys on verrannollinen niiden pitoisuuteen ympäristössä. Kuvion 1 mukaan metallipitoisuuksien kasvaessa ympäristössä, niiden myrkylliset vaikutukset lisääntyvät, mikä puolestaan lisää niiden vaikutuksia ympäristöön. (Kanala 2003, 26.)



KUVIO 1. Metallien vaikutus ympäristöön (Kanala 2003, 27.)

Metallien vaikutukset ympäristöön riippuvat niiden esiintymismuodosta sekä ympäristöstä. Ollessaan alkuainemuodossa ne eivät välttämättä lisää ympäristövaikutuksia, mutta niiden muututtuaan eri yhdisteiksi ja ioneiksi ne voivat olla erittäinkin

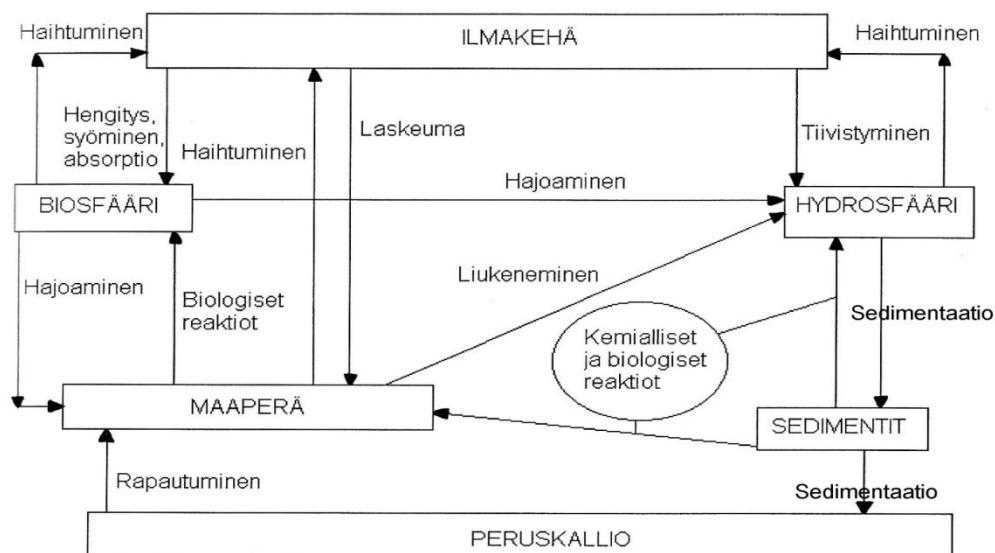
haitallisia. Haittametalleiksi luokitellut metallit ovat raskasmetalleja. Raskasmetalleiksi taas puolestaan luokitellaan sellaiset metallit, joiden tiheys on suurempi kuin 5 g/cm^2 . (Kanala 2003, 26.)

3.1 Metallien kulkeutuminen maaperään

Haitta-aineita tavataan maaperässä pieninä määrinä luontaisesti. Metalleja ja muita alkuaineita on kallioperän mineraaleissa osana niiden kidehilaa tai sellaisenaan, jolloin ne joutuvat maaperään rapautumisen ja kuljetuksen vaikutuksesta. Haitallisia aineita voi joutua ilmaan ja sitä kautta maaperään myös tulivuorten toiminnasta sekä pieninä määrinä myös avaruuspölystä. (Kanala 2003, 27.)

Haitta-aineita joutuu maaperään myös antropogeenisesti, eli ihmisen toiminnan vaikutuksesta. Teollisuus, fossiilisten polttoaineiden käyttö, kuljetus, sekä liikenne ja jätteenkäsittely sekä muu toiminta, jossa haitallisia aineita syntyy ja käsitellään, aiheuttavat niiden pääsyä ympäristöön. Myös maatalouden aiheuttamat haitta-ainekuormitukset tulee ottaa huomioon. Lannoitteiden, lietteiden ja kemiallisten torjunta-aineiden mukana maaperään kulkeutuu erilaisia haitta-aineita. (Kanala 2003, 27.)

Haitta-aineet voivat kulkeutua ympäristöön päästöinä suoraan maahan sekä ilman kautta pölynä tai kaasuna. Ilman mukana haitta-aineet voivat kulkeutua jopa tuhansien kilometrien päähän ja joutuvat maahan kuiva- tai märkälaskeumana. Metallien esiintyminen ja kulkeutuminen maaperään on jatkuvaa, mikä esitetään kuviossa 2. (Kanala 2003, 27–28.)



KUVIO 2. Metallien esiintyminen ja kulkeutuminen ympäristössä (Kanala. 2003, 28.)

Metallien kulkeutumista maaperässä säätelevät kemialliset ja fysikaaliset prosessit. Metallien kemiallinen luonne vaikuttaa prosessien tehokkuuteen, maaperän ominaisuuksien ja ilmastollisten tekijöiden lisäksi. Haitta-aineiden kulkeutuminen maaperässä voi tapahtua

- liukoissa muodoissa sekä orgaanisina että epäorgaanisina metallikomplekseina
- liuksissa humukseen tai maahiukkasiin kiinnittyneinä
- kaasuina. (Heikkinen 2000, 11.)

Maaperän haitta-aineiden tavallisin kuljettaja on vesi. Kun haitta-aineet ovat liukoissa muodossa, niiden kulkeutuminen tehostuu. Kuljetusmekanismit vaihtelevat sen mukaan, onko maaperän huokostila kyllästynyt vedellä vai ei. Haitta-aineet leviävät ympäristöön myös pintavesien vaikutuksesta. Maaperän ominaisuuksien vaikutukset kulkeutumiseen ovat mm. maaperän vedenläpäisevyys, kerrosrakenne, kemialliset olot ja koostumus. Ilmastollisiin tekijöihin kuuluvat sademäärä ja lämpötila. Haitta-aineet voivat kulkeutua maaperässä vaakasuunnassa maaperän kerrosten mukaan sekä ylös- ja alaspäin sateiden ja haihdunnan seurauksena. Viileässä ja kosteassa ilmastossa haitta-aineiden kulkeutuminen tapahtuu yleensä

alaspäin, kun taas lämpimässä ja kuivassa ilmastossa kulkeutuminen tapahtuu pääasiassa ylöspäin. Haitta-aineiden kulkeutumista vähentää niiden sitoutuminen maaperän eri komponentteihin, kuten orgaaniseen ainekseen savimineraaleihin, raudan oksihydroksideihin ja hydroksideihin. Myös suodattuminen, haihtuminen, mikrobiologinen hajoaminen sekä kertyminen eliöihin vähentävät haitta-aineiden kulkeutumista maaperässä. (Heikkinen 2000, 11.)

Maaperän haitta-aineiden kulkeutumista säätelevät prosessit ovat advektio, dispersio ja diffuusio, haihtuminen, kulkeutuminen metallikomplekseissa tai kiinnittyminen kolloideihin. Mekaanisia prosesseja ovat advektio, dispersio ja diffuusio sekä haihtuminen ja kemiallisia prosesseja ovat kompleksin ja kolloidin muodostumisreaktiot. (Heikkinen 2000, 11.)

3.1.1 Advektio

Advektio tarkoittaa liuenneiden ja suspendoituneiden aineiden liikkumista veden virtausten mukana. Se on tärkeä kulkeutumismekanismi hyvin vettä johtavissa maakerroksissa, kuten sora- ja hiekkamuodostumissa. Kulkeutuvan haitta-aineen määrään ja kulkeutumismehanismiin vaikuttavat liikkuvan veden kokonaismäärä ja nopeus. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että advektiolla kulkeutuvien haitta-aineiden liikkuminen on sitä nopeampaa, mitä suurempi on maaperässä virtaavan veden määrä ja nopeus. Advektion nopeuteen vaikuttavat mm. kuljettavan nesteen viskositeetti, joka on riippuvainen lämpötilasta, sekä kuljettavan aineen viskositeetti ja ominaispaino. (Heikkinen 2000, 12.)

3.1.2 Dispersio ja diffuusio

Diffuusiota tapahtuu erityisesti suuren vedenläpäisevyyden omaavissa maakerroksissa. Mekanismi perustuu molekyylien liikkumiseen ja pyrkimykseen tasata konsentraatioeroja liuoksessa. Veden kylläisyys maakerroksessa vaikuttaa diffuusion tehokkuuteen, eli mitä enemmän vettä maakerros sisältää, sitä helpommin diffuusio tapahtuu. (Heikkinen 2000, 13–12.)

Diffuusion ja pohjaveden virtausnopeuksien vaihtelu aiheuttaa maakerroksissa dispersiota eli sekoittumisesta aiheutuvaa aineen kulkeutumista. Dispersion nopeus on verrannollinen liikkuvan veden virtausnopeuteen. Diffuusio ja dispersio tapahtuvat sekä virtaussuunnassa että sitä vastaan poikittaisessa suunnassa. (Heikkinen 2000, 12.)

3.1.3 Haihtuminen

Haihtuminen on tärkein kapillaarivyöhykkeessä tapahtuva kuljetusmekanismi. Sen tehokkuuteen vaikuttavat maaperän kosketus ja lämpö. Haitta-aineen haihtumiseen vaikuttavat sen kiehumispiste, höyrynpaine, vesiliukoisuus, molekyylipaino, molekyylin polaarisuus sekä pitoisuus. Haihtuminen on tärkeä kulkeutumismekanismi varsinkin alkuaineilla ja yhdisteillä, joilla on suuri höyrynpaine. Tällaisia aineita ovat elohopea, seleeni, arsenikki, syanidi ja orgaaniset yhdisteet. (Heikkinen 2000, 12.)

3.1.4 Kulkeutuminen kompleksiyhdisteissä ja kolloideihin kiinnittyneenä

Kompleksinmuodostuksessa haittametallit kiinnittyvät vesiliukoisten orgaanisten tai epäorgaanisten yhdisteiden pinnalla oleviin ligandeihin eli funktionaalisiin ryhmiin. Jos haitta-aineet muodostavat rengasrakenteisen kompleksin monihampaisen, useamman kuin yhden funktionaalisen ryhmän sisältävän orgaanisen molekyylin kanssa, puhutaan kelaateista. Luonnossa esiintyvät humushapot, humiini, fulvahapot, epäorgaaniset ionit, kuten kloridit, karbonaatit ja fosfaatit sekä orgaaniset ainekset, kuten peptidit, proteiinit ja polysakkaridit, osallistuvat kompleksinmuodostukseen. Kompleksinmuodostus on erityisesti metalleilla merkittävä kulkeutumismuoto. Kompleksiyhdisteiden muodostuksen tiedetään lisäävän haittametallien liikkuvuutta maaperässä. (Heikkinen 2000, 12–15.)

Haitta-aineet voivat kulkeutua maaperässä kiinnittyen kemiallisesti kolloideihin eli hienojakeisiin suspensiossa oleviin aineisiin, kuten raudan ja mangaanin oksideihin ja hydroksideihin, orgaaniseen ainekseen, piihin tai savekseen. Kolloidit edis-

tävät merkittävästi huonosti vesifaasiin liukenevien ja helposti kiinteään väliaineeseen kiinnittyvien aineiden liikkuvuutta. (Heikkinen 2000, 15.)

3.2 Metallien käyttäytyminen maaperässä

Metallien käyttäytymiseen maaperässä vaikuttavat monet tekijät. Haitta-aineen kemiallinen luonne ja olomuoto sekä ympäristössä vallitsevat olosuhteet vaikuttavat haitta-aineen käyttäytymiseen ja toksisuuteen. Suurimman myrkkyriskin ympäristölle aiheuttavat haitallisten metallien orgaaniset yhdisteet, joita syntyy ihmisen toiminnan seurauksena sekä luonnossa tapahtuvan biometyloitumisen seurauksena. Maaperän koostumuksella ja sen biologisella kierrolla on myös suuri merkitys metallien maaperäkäyttäytymiseen. Biologisen kierron avulla metalleja voi sitoutua tai vapautua maan humuskerrokseen sekä mineraalimaalajeihin. Savisissa maissa haitta-aineiden pidättäytyminen on suurinta, jolloin niiden pitoisuudetkin ovat korkeampia kuin huokoisemmissa maalajeissa. (Kanala 2003, 29.)

3.2.1 Arseeni (As) ja elohopea (Hg)

Maaperän arseeni on tavallisesti peräisin arseenia sisältävistä mineraaleista. Arseeni on kalkofiilinen eli rikkiin sitoutuva puolimetalli, jota esiintyy hapetusasteilla $-III$, 0 , $+III$ ja $+V$. Suomen maaperä sisältää arseenia noin 5 mg/kg , josta suurin osa sitoutuu mielellään saviin, hydroksideihin ja orgaanisiin aineisiin. Arseenin sitoutumiseen vaikuttavia kemiallisia tekijöitä ovat pH, hapetus-pelkistysolot sekä raudan ja alumiinin oksidien ja hydroksidien määrä maaperässä. (Heikkinen 2000, 21–23.)

Arseeni liikkuu helposti ympäristössä. Mikrobiologiset tekijät, kuten hiivat, metyloivat arseenia hapellisissa olosuhteissa, kun taas metanogeeniset bakteerit metyloivat arseenia hapettomissa olosuhteissa. Tällä on suuri vaikutus haihtuvan arseenin siirtymisessä maaperästä ilmakehään. (Kanala 2003, 30.) Muita arseenin lähteitä ovat mm. fossiilisten polttoaineiden poltto sekä kupari-, nikkeli- ja lyijymalmikaivokset. (Heikkinen 2000, 23.)

Arseeni ei ole eliöille tarpeellinen hivenaine, eikä sen vaikutusta kasveihin tunneta kovin hyvin. Ihmiselle arseeni on toksinen ja aiheuttaa syöpää. Sen toksisuuteen vaikuttaa sen hapetusaste; hapetusluvulla kolme arseeni on huomattavasti myrkyllisempi kuin hapetusarvolla viisi. Suomen pohjavedet sisältävät keskimäärin 0,05–1,5 µg/l, kun talousveden terveysterveysteinen enimmäismäärä talousvedessä on 10 µg/l. (Heikkinen 2000, 23.)

Elohopeaa esiintyy kaikkialla luonnossa, ja sitä voi tavata metallisena, vesiliukoisena kloridina tai orgaanisissa yhdisteissä (Oulun kaupungin ympäristövirasto 2004). Pysyvin hapetusluku elohopealle on +II, mutta myös hapetusluvulla +I esiintyvä elohopea tunnetaan (Kanala 2003, 32).

Elohopea pystyy kulkeutumaan pitkiäkin matkoja ilmassa leijuvien partikkeleiden mukana ja päätyä lopulta vesistöihin tai maaperään. Vesistöön joutuessaan se muodostaa mikro-organismien vaikutuksesta metyylielohopeayhdisteen, jonka tiedetään rikastuvan ravintoketjussa ja olevan erittäin myrkyllinen. Suurin luontainen elohopean lähde on maankuoressa tapahtuva luontainen emissio. Yksi merkittävimmistä ihmisen toiminnoista johtuva elohopean lähde on kivihiilen poltto. (Oulun kaupungin ympäristövirasto 2004.)

3.2.2 Kadmium (Cd) ja nikkeli (Ni)

Kadmium on raskasmetalleista ongelmallisimman, sillä se on helppoliukoisin ja sitoutuu helposti orgaaniseen maa-ainekseen, kerääntyy humuskerrokseen (EDU 2010) sekä sitoutuu jossain määrin myös rautahydroksidiin (Kanala 2003, 33). Kadmiumia esiintyy luonnossa ainoastaan hapetusluvulla +II (Kanala 2003, 33).

Esiintyessään neutraalissa ja emäksisessä maassa kadmium on sitoutuneena maakolloideihin aiheuttaen vähemmän vaaraa, mutta maan happamoituessa kadmium alkaa esiintyä vapaina ioneina, jolloin sen myrkyllisyys kasvaa. (Kanala 2003, 33.)

Suomessa kadmiumia pääsee ympäristöön kahdesta pistekuormittajasta Kokkolassa ja Harjavallassa sijaitsevilta Bolidenin tehtailta (EDU 2010). Peltoalueille kadmiumia pääsee lannoitteiden mukana sekä muualle ympäristöön moottoriajoneuvojen pakokaasuista. Jos kadmium pääsee ympäristöön, se kulkeutuu maaperään, ja sieltä edelleen kasveihin, eläimiin ja ihmisiin. (Kanala 2003, 33.)

Nikkeli on raudan kaltainen hivenaine, joka esiintyy hapetusluvuilla $-I$, 0 , $+I$, $+II$, $+III$ ja $+IV$. Näistä hapetusasteista 0 ja $+II$ ovat kaikkein yleisimmät. Nikkeli muodostaa useiden eri aineiden kanssa niin orgaanisia kuin epäorgaanisia yhdisteitä, joista osa on vesiliukoisia, osa veteen liukenemattomia ja osa rasvaliukoisia. (Naumanen & Sorvari & Pyy & Rajala & Penttinen & Tiainen & Lindroos 2002, 52.)

Nikkeliä tavataan muiden hivenaineiden tapaan pintamaan orgaanisissa kerroksissa. Hapetusluvulla $+II$ esiintyvä nikkeli on melko pysyvä erilaisissa pH- ja hapetuspelkistysolosuhteissa, jonka vuoksi se esiintyy tässä muodossa useimmissa maalajeissa. Suomen maaperän keskimääräinen nikkelpitoisuus on 20 mg/kg . Nikkeli on eläimille tarpeellinen hivenaine, toisin kuin kasveille. Ihmisillä liiallisen nikkeli-altistuksen tiedetään aiheuttavan mm. syöpää. (Naumanen ym. 2002, 52–53.)

3.2.3 Kromi (Cr) ja kupari (Cu)

Kromin arvioitu pitoisuus maaperässä on noin 100 mg/kg . Kromi esiintyy luonnossa aina yhdisteenä hapetusluvuilla $+III$ ja $+VI$. Maaperän kromi esiintyy tavallisimmin hapetusluvulla $+III$, joka on heikkoliukoisempi kromin muoto kuin Cr(VI) . Kromi sitoutuu mielellään savekseen ja rautaoksidiin. Kromi adsorpoituu maaperän yhdisteisiin ainoastaan happamissa ja neutraaleissa olosuhteissa. (Koivuhuhta & Nikkarinen 2006, 1–2.)

Kromin haitallinen muoto on Cr(VI) . Sen on todettu kulkeutuvan ihmisen solukalvojen läpi elimistöön aiheuttaen syöpäriskin. Maaperän myrkyllisen kromin pitoisuus on verrannollinen Cr(VI) :n pitoisuuteen, eikä kromin kokonaispitoisuuteen ympäristössä. Kromin haittavaikutuksia kasvi- ja eläinkuntaan ei täysin tunneta. (Koivu-

huhta & Nikkarinen 2006, 2–7.) Kromin suurimmat päästölähteet ovat teräs- ja metalliteollisuus (Suomen ympäristökeskus 2006). Myös nahkateollisuuden päästöt sisältävät kromia (Koivuhuhta & Nikkarinen 2006, 1).

Kupari on jalometalli, jota esiintyy Suomen maaperässä metallisena ja kupariyhdisteinä hapetusluvulla +I ja +II. Kuparilla on voimakas taipumus sitoutua rikkiin sulfideiksi, joista kuparikiisu (CuFeS) on yleisin. Suomen maaperässä kuparin pitoisuus on keskimäärin 25 mg/kg. Maaperän kupari esiintyy yleisesti absorboituneena tai sitoutuneena orgaaniseen ainekseen tai savipartikkeleihin sekä saostuneena muiden mineraalien kanssa tai liunneena vapaana ionina maavedessä. Esiintymismuotojen välinen jakaantuminen riippuu monista tekijöistä, kuten mm. pH:sta, kationinvaihtokapasiteetista sekä orgaanisen aineksen määrästä. Kupari on ihmisille, kasveille ja eliöille tarpeellinen hivenaine, joka on kuitenkin liian korkeissa pitoisuuksissa myrkyllistä. (Kanala 2003, 36.)

3.2.4 Sinkki (Zn) ja vanadiini (V)

Epäjaloihin metalleihin kuuluva sinkki esiintyy aina hapetusluvulla +II, mutta voi kuitenkin muodostaa siirtymäalkuaineiden tavoin kompleksiyhdisteitä (Kanala 2003, 40). Sinkki esiintyy lähinnä sulfideina, sillä se on luonteeltaan kalkofiilinen eli rikkiin sitoutuva (Naumanen ym. 2002, 54).

Maaperän sinkki pyrkii muodostamaan kolloidisen tai hienorakenteisen humuksen, mineraaliaineksen ja Fe-Mn-oksihydraattien kanssa kompleksiyhdisteitä. Sinkki on melko helposti liukeneva metalli, mutta sen liukoisuus pienenee, kun pH on korkea sekä orgaanisen aineksen määrä on korkea sekä olosuhteet voimakkaasti pelkistäviä. (Naumanen ym. 2002, 54.)

Sinkki on hivenaine, joka on tarpeellinen kasveille ja eliöille. Sen toksisuus on alhainen ja puutosoireita esiintyy useammin kuin myrkytysoireita. (Naumanen ym. 2002, 54.)

Vanadiini on litofiilinen siirtymämetalli, joka esiintyy luonnossa hapetusluvuilla +II, +III, +IV ja +V. Maaperässä vanadiini esiintyy hapetusluvuilla +III, +IV ja +V liukoisina oksianioneina, erilaisina kationeina, hydroksokomplekseina sekä immobiileina orgaanisina komplekseina. Suomen maaperän vanadiinipitoisuus on keskimäärin 90 mg/kg. Vanadiini sitoutuu voimakkaasti moreenin hienoainekseen, kun taas savissa se on heikommin sitoutuneessa muodossa. (Heikkinen 2000, 37–38.)

Vanadiinin sitoutumista maaperään säätelevät hapetus-pelkistysolosuhteet, pH sekä vanadiinia sitovan aineksen, kuten saven, mangaani- ja rautasaostumien sekä, orgaanisen aineksen, määrät maaperässä. Suurin osa maaperän vanadiinista on sitoutuneena orgaaniseen ainekseen. Vanadiinin liukoisuus kasvaa, kun pH kasvaa. Vanadiini on kasveille ja joillekin eläimille tarpeellinen hivenaine, mutta ihmiselle se ei ole tarpeellinen. Vanadiini aiheuttaa korkeina pitoisuuksina myrkytysoireita. Haitallisinta vanadiini on hapetusluvulla +V, mutta sen toksikologiset ominaisuudet riippuvat myös sen liukoisuusmuodosta. (Heikkinen 2000, 38–39.)

3.2.5 Lyijy (Pb)

Lyijy on yksi yleisimmistä metalleista maailmalla. Se esiintyy luonnossa hapetusluvuilla 0, +II ja +IV. Ympäristön kannalta tärkein lyijy-ioni on Pb^{2+} . Lyijyn taustapitoisuus Suomen maaperässä on keskimäärin noin 17 mg/kg. Lyijyn kulkeutumiseen maaperässä vaikuttavat monet tekijät, kuten maaperän rakeisuus, veden läpäisykyky, ominaispinta-ala, mineraalikoostumus, orgaanisen aineksen määrä sekä happamuus. Lyijykertymät maaperässä esiintyvät yleensä pintakerroksissa muutaman senttimetrin syvyydessä, mikä johtuu lyijyn sitoutumisesta kivennäismaan pintakerroksen orgaaniseen ainekseen. Edimenttejä pidetään lyijyn nieluina, sillä lyijyn vapautuminen on tällöin vähäistä. (Naumanen ym. 2002, 32–35.)

Lyijyn liukoisuus luonnossa on yleisesti heikko, mikä riippuu kuitenkin sen muodosta. Sulfidit ja oksidit ovat niukkaliukoisia yhdisteitä, mutta nitraattien, klooraattien ja kloridien liukoisuus on parempi. pH:lla on myös vaikutusta lyijyn liukoisuuteen. Liukoisuus pienenee pH:n kasvaessa, ja pH:n ollessa korkea lyijy voi jopa saostua eri yhdisteinä, kuten hydroksideina ja karbonaateina. Lyijyn muuntautuminen

luonnossa voi tapahtua kolmella tavalla. Se voi hapettua kahden arvoiseksi lyijyksi, saostua niukkaliukoiseksi yhdisteiksi, kuten karbonaateiksi, sekä se voi pidättäytyä muun muassa orgaaniseen ainekseen, saveen. (Naumanen ym. 2002, 33.) Lyijypäästöjä ympäristöön aiheuttavat liikenne, metalliteollisuus ja jätteenpoltto. Ampumarata-alueilla lyijypäästöt ovat yleisiä lyijyhaukien käytön seurauksena. (Kanala 2003, 38–39.)

3.3 Öljyhiilivedyt

Öljy-yhdisteet ovat maan sisällä miljoonien vuosien aikana syntyneitä yhdisteitä, jotka ovat muodostuneet luonnon eloperäisistä jäännöksistä. Öljy-yhdisteet ovat hiilivetyseoksia, ja ovat rakenteensa perusteella luokiteltavissa kolmeen eri luokkaan:

- I tyydyttyneet alkaanit eli parafiinit
- II tyydyttymättömät rengasyhdisteet eli naftaleenit
- III aromaattiset yhdisteet . (Männynsalo 2009, 9.)

Toisaalta öljy-yhdisteet voidaan jakaa haihtuvuutensa perusteella haihtuviin ja haihtumattomiin yhdisteisiin. Haihtuvien öljy-yhdisteiden leimahduspiste on alle 60 °C, kun taas haihtumattomien leimahduspiste on yli 60 °C. Haihtuviin öljy-yhdisteisiin luetaan siis bensiinit ja naftat ja haihtumattomiin luetaan puolestaan mm. dieselöljyt sekä kevyet ja raskaat polttoöljyt. (Männynsalo 2009, 10.)

Maaperään joutuneet öljyt altistuvat maaperässä monille erilaisille kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille prosesseille, jotka vähentävät öljyn kokonaispitoisuutta maaperässä. Kuvioista 3 nähdään, että öljy-yhdisteet eivät vähene maaperästä vain luonnollisen biologisen hajoamisen kautta, vaan siihen vaikuttavat myös sorptio, haihtuminen, kemialliset reaktiot, laimeneminen ja sekoittuminen. Muita prosesseja ovat mm. mineralisaatio ja foto-oksideatio. (Männynsalo 2009, 11.)



KUVIO 3. Öljyhiilivetyjen keinot hajota luonnossa (Männynsalo 2009, 11.)

Öljyt imeytyvät helposti hyvin vettä läpäiseviin maalajeihin, kuten hiekka- ja sora- maalajeihin. Matkallaan osa hiilivedyistä kiinnittyy maaperän kerrokseen, kun puolestaan kevyimmät ja kaasumaiset hiilivedyt voivat haihtua maahuokosista ilmaan. Orgaaninen aine pystyy sitomaan öljy-yhdisteitä hyvin, ja tämän myötä on todettu, että hiilivetyjen pitoisuudet ovat yleisesti korkeimmat humuspitoisissa maissa. (Männynsalo 2009, 11.)

Öljyä sisältävät yhdisteet alkavat heti maahan jouduttuaan haihtua niiden yhdisteiden osalta, joiden kiehumispiste on alle 250 °C. Öljyt joilla on korkea höyrynpaine, haihtuvat helpoiten maaperästä. Kulkeutumiseen ja imeytymiseen maaperässä vaikuttaa ratkaisevasti yhdisteen oktanoliv/vesi- jakaantumiskerroin K_{OW} , joka on kääntäen verrannollinen aineen vesiliukoisuuteen, eli toisin sanoen, mitä suurempi jakaantumiskertoimen arvo on, sitä rasvaliukoisempi yhdiste on ja sitä tiukemmin se sitoutuu maaperään. Yhdisteet, joilla on alhainen K_{OW} -arvo liukenevat helposti veteen, mikä edesauttaa kulkeutumista pohjaveden mukana. Öljyhiilivetyjen tärkein hajoamistapa on biologinen hajoaminen. Täydellisessä hajoamisessa eli mineralisaatiossa hajoamisen lopputuotteet ovat hiilidioksidi (CO_2), vesi ja epäorgaaniset suolat. (Sillanpää 2007, 8–9.)

Monet mikro-organismit, kuten bakteerit sekä jotkin sieni- ja homeajit, pystyvät hajottamaan öljy-yhdisteitä (Männynsalo 2009, 15). Mikrobitoiminta edellyttää, että haitta-aineen pitoisuus on riittävän alhainen, mutta toisaalta pitoisuus ei saa olla liian alhainen, jolloin aineen biosaatavuus heikkenee. Hajottaessaan maaperään pidättyneitä öljyhiilivetyjä mikrobit voivat kuitenkin muuntaa joitain aines-osia jopa entistä haitallisempaan muotoon ympäristön kannalta. (Sillanpää 2007, 9.)

4 POHJAVESI

Pohjavesi on vettä, joka on täyttänyt avoimet tilat kallio- ja maaperässä. Suomessa pohjavettä esiintyy yleisesti, mutta runsaimmin sitä on alueilla, joissa maaperä on hyvin vettä johtavaa sora- ja hiekkamaata. Pohjaveden pinta on yleensä noin 2–5 metrin syvyydessä maanpinnasta. Pohjaveden pinnankorkeus riippuu yleisesti vuoden sadannasta. (Suomen ympäristökeskus 2010.)

4.1 Pohjaveden muodostuminen ja veden kiertokulku

Syksy ja kevät ovat suotuisia vuodenaikoja pohjavesivarastojen täyttymisen kannalta, sillä syksyn runsaat sateet ja kevään lumen sulamisvedet täyttävät pohjavesivarastoja. Talvella vesi ei pääse imeytymään pohjavedeksi, koska maaperä on roudassa. Kesäisin tulevat sateet yleensä haihtuvat ilmakehään, eivätkä imeydy maahan asti, sillä kasvusto käyttää tehokkaasti pintamaan kosteutta hyväkseen. (Suomen ympäristökeskus 2009b.)

Kesällä tapahtuva sadevesien haihtuminen on osa veden kiertokulkua. Tämä liikkeen aiheuttavat kolme tekijää: auringon säteily, painovoima sekä tuulet. (Krämer 2008, 40–43.) Kuvioista 4 voidaan nähdä kuinka kaikki maapallon vesi on jatkuvassa liikkeessä.

Veden kiertokulku alkaa auringon säteilystä. Sen tuottaman lämpöenergian johdosta suuria määriä vettä haihtuu maanpinnalta ja vesistöistä. Haihtunut vesihöyry nousee ylös aina kylmempiin ilmakerroksiin rikastuen hapella. Koska kylmän ilman kyky vastaanottaa vesihöyryä on pienempi kuin lämpimämmän, vesihöyry tiivistyy lopulta pieniksi vesipisaroiksi muodostaen pilviä. (Krämer 2008, 40–43.)



KUVIO 4. Veden kiertokulku (U.S. Geological Survey. 2010.)

Pilvet harvemmin pysyvät paikallaan, sillä tuulet kuljettavat niitä mukanaan. Kun pilvet imevät itseensä ilmasta siitepölyä, pölyhiukkasia ja suoloja, vesi tiivistyy näiden hiukkasten ympärille, jolloin ne lopulta tippuvat maan vetovoiman vuoksi maan pinnalle. (Krämer 2008, 40–43.)

4.2 Pohjaveden laatu

Pohjaveden laadulla sekä antoisuudella on yhtä suuri merkitys, kun pohjaveden käyttöönottomahdollisuuksia arvioidaan. Pohjavesi on laadultaan useimmiten parempaa kuin pintavesi. Se ei yleensä sisällä patogeenisia bakteereja, jolloin desinfiointia ei tarvita, toisin kuin pintaveden puhdistuksessa. Pohjavedet eivät ole myöskään yhtä alttiita likaantumaan verrattuna pintavesiin. (Airaksinen 1978, 168.)

Suomen pohjaveden yleispiirteitä ovat lievä happamuus, pehmeys, niukkasuolaisuus sekä heikko syövyttävyys. Yleisesti sanotaan, että sadevesi, joka suotautuu pohjavedeksi, on hyvälaatuista. Maahan imeytyvän veden laatu alkaa kuitenkin muuttua, mikä johtuu maaperässä olevista metalleista ja mineraaliaineista niiden liuetessa veteen, ja tällöin pH:kin nousee. (Mälkki 1999, 111–115.)

Pohjaveden laadun kehittyminen on Airaksisen (1978, 168–175.) mukaan jaettava metereologisiin, geologisiin ja biologis-kemiallisiin tekijöihin sekä meren ja ihmisten toimintojen vaikutuksiin. Metereologisista vaikutuksista Airaksinen (1978, 168–169.) kuvaa tärkeimmäksi sade- ja sulamisvesien imeytymisen pohjaveteen. Sadevesien lähtöpitoisuudet vaikuttavat pohjavesien muodostumiseen varsinkin kesällä, sillä tällöin sadevesien haihtuminen on suurinta ja niiden epäpuhtaudet konsentroituvat maaperään. Kun syksy koittaa ja haihtuminen pienenee, liuottavat sadevedet epäpuhtaudet maaperästä ja ne yhtyvät pohjavesiin, jolloin pohjavesien laatu heikkenee.

Geologisia tekijöitä ovat pohjavesimuodostumien rakenne, maaperän raakoostumus sekä maa- ja kallioperän mineraali- ja kivilajikoostumukset. Pohjavesimuodostumaa ympäröivät maalajit vaikuttavat pohjaveden laatuun. Jos pohjavesi sijaitsee paksujen savikerroksien välissä, se sisältää yleensä runsaasti liuenneita aineita. Jos pohjavesi sijaitsee saven päällä, se on yleensä vähäsuolaista. Kalliovesi, jolla tarkoitetaan syvällä kallioperän raoissa virtaavaa vettä, sisältää paljon enemmän liuenneita aineita kuin maaperän pohjavesi. (Airaksinen 1978, 169–170.)

Maaperän raakoostumus vaikuttaa suotautumiseen hidastavasti. Se, kuinka hidastava tekijä on, riippuu maan pintakerroksista. Jos pintakerrokset ovat hienorakeisia, vesi imeytyy hitaammin, jolloin epäpuhtaudet jäävät pintakerrokseen. Jos pintakerros on huokoista soraa, eivät epäpuhtaudet jää kiinni pintakerrokseen vaan joutuvat suotoveden mukana pohjaveteen. Maa- ja kallioperän mineraali- ja kivilajikoostumus vaikuttavat siihen, minkälaisia mineraaleja pohjaveteen liukenee. Jos maaperä sisältää esimerkiksi kalkkikiveä, liukenee siitä kalsiumkarbonaatteja tehden vedestä kovaa. (Airaksinen 1978, 170–171.)

Biologis-kemialliset vaikutukset ovat Airaksisen mukaan maavesivyöhykkeissä tapahtuvia biologisia ja kemiallisia reaktioita, jotka vaikuttavat alempana olevan pohjaveden laatuun. Näitä reaktioita ovat humushappojen muodostumisen lisäksi rauta-, mangaani- ja alumiiniyhdisteiden hapettuminen, kun maavesivyöhykkeet sisältävät happea. (Airaksinen 1978, 171.)

Meren vaikutukset pohjaveteen näkyvät eniten rannikkoseudulla lähinnä pohjaveden suolojen pitoisuuksina sekä johtokyvyn nousuna (Airaksinen 1978, 175–176.). Meren rannalla sijaitsevat pohjavesiesiintymät ovat erittäin alttiita meriveden tunkeutumiselle pohjavesiin eli suolavesi-intruusiolle. Vettä johtavassa rannikko-
vyöhykkeessä vallitsee suolaisen ja makean veden tiheydestä riippuva tasapaino, jonka horjuttaminen esimerkiksi liiallisella pohjaveden otolla voi johtaa suolaisen veden intruusioon. (Mälkki 1999, 111.) Myös meriveden haihtumisen ja sateiden yhteisvaikutusten johdosta maaperään ja sitä kautta pohjaveteen kulkeutuu erilaisia suoloja (Airaksinen 1978, 173). Kaikilla edellä mainituilla tekijöillä on vaikutus pohjaveden suolojen määrään ja siten veden johtokykyyn (Mälkki 1999, 110).

Ihmisten harjoittama toiminta on suurin riski pohjavesien laadulle (TAULUKKO 2). Maa- ja metsätalousalueilla saattaa pohjaveteen joutua lannoitteita, jotka sisältävät nitraatteja ja ammoniakkia. Erilaiset öljyt, ovat suuri uhka pohjavesien laadulle. Jos öljyä joutuu pohjaveteen, vedestä tulee juomakelvotonta haju- ja makuhaittojen vuoksi. (Airaksinen 1978, 174–175.)

TAULUKKO 2. Ihmisen toiminnasta pohjavedelle aiheutuvat riskit (Britschgi, Antikainen, Ekholm-Peltonen, Hyvärinen, Nylander, Siiro & Suomela 2009, 31.)

Toiminto	Toiminnasta aiheutuva riski
Teollisuus ja yritystoiminta, pilaantuneet maa-alueet	<ul style="list-style-type: none"> - vaarallisten kemikaalien (ml. öljytuotteet), - kaatopaikoilta liukenevien haitallisten aineiden, - puunkyllästysaineiden, - liuotinten ja pesuaineiden, - ampumarata-alueiden liijyn, - golfkenttien lannoitteiden ja torjunta-aineiden tai - kaivostoiminnasta syntyvien haitallisten aineiden pääsy pohjaveteen
Liikenne ja tienpito	<ul style="list-style-type: none"> - tiesuolan (natriumkloridin), - lentokentillä käytettävien jäänesto- ja liukkaudentorjunta-aineiden ja niiden hajoamistuotteiden, - rata-alueiden rikkkäsvien- ja vesakontorjuntaan käytettyjen torjunta-aineiden ja niiden hajoamistuotteiden, - onnettomuustilanteissa polttoaineiden ja vaarallisten kemikaalien sekä niiden hajoamistuotteiden pääsy pohjaveteen
Maa- ja metsätalous, puutarhaviljely	<ul style="list-style-type: none"> - peltoalueilla ja puutarhaviljelyssä käytettävien lannoitteiden ja torjunta-aineiden sekä niiden hajoamistuotteiden, - eläinten lannan ainesosien (erityisesti typpiyhdisteiden) ja mikro-bien pääsy pohjaveteen, - suoalueiden ojitusten kautta pohjaveteen kulkeutuvat humuspitoiset vedet
Taajama- ja haja-asutus	<ul style="list-style-type: none"> - jätevesien pääsy pohjaveteen ja polttoainesäiliövuodot
Maa-ainesten otto	<ul style="list-style-type: none"> - pohjaveden laadun muutokset sekä pohjavedenpinnan ja laadun vaihtelun kasvu - ottamistoiminnassa ja –liikenteessä käytettävien poltto- ja polynsidonta-aineiden sekä voiteluaineiden pääsy pohjaveteen
Liiallinen pohjavedenotto	<ul style="list-style-type: none"> - pohjavedenpinnan aleneminen ja sen mahdolliset vaikutukset pohjavedestä riippuvaisille maa- ja pintavesielkosysteemeille (esim. lähteikköjen kuivuminen) - pohjavedenpinnan alenemisesta johtuvat vaikutukset pohjaveden laatuun
Tekopohjaveden muodostaminen	<ul style="list-style-type: none"> - raakavesilähteen pilaantumisen vaikutukset luonnollisen pohjaveden laadulle - väärän mitoituksen seurauksena pohjaveden laadun muutokset, kosteikkojen syntyminen

4.3 Pohjavesialueluokat

Pohjavesialueluokituksen tavoitteena on saada tietoa pohjavesivarojen sijainnista, laadusta ja määrästä. Lähtökohtana pohjavesialueluokitukselle ovat olleet 1970- ja 1980-luvuilla valmistuneet tärkeiden pohjavesialueiden kartoitus, vedenhankinnan yleiset tavoitteet, pohjaveden suojelutarve sekä tarve ottaa pohjavesialueet huomioon eriasteisissa kaavoissa. Kartoitetut pohjavesialueet jaetaan kolmeen luokkaan käyttökelpoisuuden ja suojelutarpeen mukaan. (Britschgi ym. 2009, 10–14.)

4.3.1 Luokka I: Vedenhankintaa varten tärkeä pohjavesialue

Vedenhankintaa varten tärkeäksi pohjavesialueeksi alue luokitellaan silloin, kun pohjavettä käytetään tai tullaan suunnitelmien mukaan käyttämään 20–30 vuoden kuluessa tai aluetta muutoin tarvitaan vedenhankintaan. Tällaisen pohjavesialueen suojelutarve on suuri jo siksi, että alueen käyttötarve vedenhankinnan kannalta on jo tiedossa. (Britschgi ym. 2009, 14–15.)

Luokan I pohjavesialue voi käsittää koko pohjavesialueen tai sen osia, jotka ovat vedenhankinnan kannalta tarpeellisia. Pohjavesialueen ulkopuolelle voi jäädä alueita, koska niitä ei käytetä tai tulla käyttämään vedenhankintaan. Tällöin nämä alueet luokitellaan omiin luokkiinsa niiden suojelutarpeen ja käyttökelpoisuuden mukaan. (Britschgi ym. 2009, 15.)

4.3.2 Luokka II: Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue

Vedenhankintaan soveltuva pohjavesialue voi olla alue, joka soveltuu yhteisvedenhankintaan, mutta sillä ei ole toistaiseksi suunniteltua käyttöä haja-asutuksen, yhdyskuntien tai muussa vedenhankinnassa. Pohjaveden muodostumismäärä tällaisilla alueilla on yleensä heikompi, ja pohjavesivarojen valjastaminen käyttöön voi olla taloudellisesti kannattamatonta, sillä se sijaitsee kaukana vedenkulutusalueista. (Britschgi ym. 2009, 16.)

4.3.3 Luokka III: Muu pohjavesialue

Muu pohjavesialue -luokkaan kuuluvaan alueeseen on sisällytetty kaikki pohjavesialueet, joilla saattaa olla hyödyntämiskelpoista pohjavettä. Alueen pohjaveden käyttökelpoisuuden arviointi vaatii lisätutkimuksia antoisuuden, laadun ja likaantumisen- tai muuttumisuhan selvittämiseksi. Hyödyntämiskelpoisiksi pohjavesialueiksi luokitellaan sellaiset alueet, joiden vesi on puhdistamiskelpoista. Alueet, joiden vesi ei ole puhdistamiskelpoista tai se on muuten vedenottoon soveltumatonta, voidaan jättää luokittelematta. Luokan III pohjavesien suojelun kohdalla noudatetaan

taan ympäristönsuojelu- ja vesilaissa annettuja säädöksiä sekä muita pohjaveden suojelua koskevia säännöksiä välillisesti. (Britschgi ym. 2009, 16.)

4.4 Darcyn virtauslaki

Veden virtausnopeus maaperässä voidaan laskea Darcyn lailla. Sen mukaan veden virtausnopeus on suoraan verrannollinen maakerroksen poikkipinta-alaan ja hiekkakerroksen ylä- ja alapintoihin vaikuttavien vedenpaineen korkeuseroon sekä kääntäen verrannollinen hiekkakerroksen vahvuuteen. (Airaksinen 1978, 60.)

Darcyn laki:

$$q_w = -K \cdot \frac{\Delta H}{\Delta L} \quad (1)$$

q_w = veden virtausnopeus

K = maan vedenläpäisevyys m/s

ΔH = kahden pisteen välinen potentiaaliero

ΔL = pisteiden etäisyys toisistaan

Maan veden läpäisevyyskerroin eli vedenjohtavuus riippuu maalajista, jossa pohjavesi virtaa. Taulukossa 3 on esitetty eri maalajien vedenjohtavuuksia.

TAULUKKO 3. Maalajien vedenjohtavuuksia (Airaksinen 1978, 73.)

Maalaji	Veden johtavuus (m/s)	Maalaji	Veden johtavuus
Moreenit		Sedimentit	
Soramoreeni	$10^{-5} - 10^{-7}$	Sora	$10^{-1} - 10^{-3}$
Hiekkamoreeni	$10^{-6} - 10^{-8}$	Karkea hiekka	$10^{-2} - 10^{-4}$
Hietamoreeni	$10^{-7} - 10^{-9}$	Hiekka	$10^{-3} - 10^{-5}$
Savimoreeni	$10^{-8} - 10^{-10}$	Karkea hieta	$10^{-4} - 10^{-6}$
Moreenisavi	$10^{-9} - 10^{-11}$	Hieno hieta	$10^{-5} - 10^{-7}$
		Hiesu	$10^{-7} - 10^{-9}$
		Savi	$< 10^{-9}$

Virtausnopeutta q_w voidaan kutsua myös näennäiseksi veden suotonopeudeksi tai Darcyn nopeudeksi (Airaksinen 1978, 59). Veteen liuenneiden aineiden nopeus todellinen virtausnopeus lasketaan, kun otetaan huomioon maan vesipitoisuus. Maan hydraulinen johtavuus eli maan vedenläpäisevyys riippuu maan vesipitoisuudesta. Kuivassa maassa vedenläpäisevyys pienenee. Hiekkamaan periaatteellisen vesipitoisuuden ja vedenläpäisevyyden riippuvuuden mukaan voidaan hiekkamaan vesipitoisuudeksi arvioida noin 40 %. (Vakkilainen 2008.)

$$v_w = \frac{q_w}{\theta} \quad (2)$$

θ = vesipitoisuus

Aika, joka veden virtauksessa kuluu, saadaan mekaniikan kaavasta

$$t = \frac{s}{v} \quad (3)$$

t = aika

s = matka

v = virtausnopeus

5 LAINSÄÄDÄNTÖ

Pilaantuneen maan käsittelyä ja puhdistamista koskevia lainsäädäntöjä ovat mm. ympäristönsuojelulaki (86/2000), ympäristönsuojeluasetus (169/2000) sekä asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007). Kaatopaikoista annettuja asetuksia ovat valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997) sekä valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta (202/2006). (Uusimäki, henkilökohtainen tiedonanto 19.3.2010.)

5.1 Ympäristönsuojelulaki (86/2000)

Ympäristönsuojelulain (YSL 1§) tavoitteena on mm. ehkäistä ympäristön pilaantumista, ehkäistä jätteiden syntyä ja niiden haitta-vaikutuksia, torjua ilmastonmuutosta sekä taata turvallinen, terveellinen ja monimuotoinen ympäristö. Laissa ympäristön pilaamisella tarkoitetaan sellaista ihmisen toiminnasta johtuvaa aineen, energian, melun, värinän, säteilyn, valon, lämmön tai hajun päästämistä tai jättämistä ympäristöön, jonka seurauksena voi aiheutua terveyshaittaa, haittaa luonnolle ja sen toiminnalle, ympäristön viihtyisyyden ja kulttuuriarvojen vähentymistä, luonnonvarojen käyttämisen vaikeutumista, ympäristön virkistyskäytön vähenemistä, vahinkoa tai haittaa omaisuudelle sekä yleisen ja yksityisen edun loukkaamista. (YSL 86/ 2000.)

Ympäristönsuojelulain yhtenä yleisenä periaatteena on ennaltaehkäisyn ja haittojen minimointiperiaate, joka tarkoittaa, että haitalliset ympäristövaikutukset pyritään ehkäisemään ennakolta tai ne rajoitetaan mahdollisimman pieniksi, jos haittavaikutusten syntyä ei voida kokonaan ehkäistä. Muita yleisiä periaatteita ovat, että toimitaan huolellisesti ja varovaisesti, jotta ympäristön pilaantumiselta voidaan välttyä, toiminta suoritetaan parhaalla mahdollisella tekniikalla sekä käytetään työmenetelmiä ja raaka-aineita, jotka ovat ympäristön kannalta parhaita. (YSL 86/ 2000.)

Ympäristönsuojelulaissa (YSL 7§) määrätään maaperän pilaamiskielto. Kiellon mukaan maahan ei saa jättää tai päästää sellaista jätettä tai muuta ainetta, joka voi aiheuttaa maaperän laadun heikkenemistä, haittaa ympäristölle ja terveydelle viihtyisyyden merkittävää vähentymistä tai voi loukata yksityistä tai yleistä etua. (YSL 86/ 2000.)

Pohjaveden osalta ympäristönsuojelulaissa määrätään pohjaveden pilaamiskielto (YSL 8§). Sen mukaan ainetta tai energiaa ei saa panna tai johtaa siten, että tärkeiden pohjavesialueiden tai toisen kiinteistöllä sijaitsevan pohjaveden laatu saattaa heikentyä ja siten muuttua käyttökelvottomaksi. (YSL 86/ 2000.)

Ympäristönsuojeluasetus (169/2000) on ympäristönsuojelulain mukainen asetus, jossa määrätään tarkasti, minkälaiset toiminnot ovat ympäristöluvanvaraisia ja millainen jako lupaviranomaisilla on. Asetus myös määrää, mitkä asiat lupa- ja ilmoitusmenettelyssä tulee esittää. (YSL 86/2000.)

5.2 Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista (861/1997)

Valtioneuvosto on asettanut kaatopaikoista päätöksen (861/1997), jonka tavoitteena on ohjata kaatopaikan suunnittelua, perustamista, rakentamista, käyttöä, hoitoa, käytöstä poistamista ja jälkihoitoa sekä ohjata jätteiden sijoittamista siten, ettei niistä pitkänkään ajan kuluessa voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle eikä terveydelle. Asetuksessa kaatopaikalla tarkoitetaan sellaista jätteiden käsittelypaikkaa, jossa jätettä sijoitetaan maahan tai maan päälle. Kaatopaikkoina ei tosin pidetä alueilta, joissa jätettä varastoidaan enintään viiden vuoden ajan, jonka jälkeen jäte käsitellään tai siirretään. (VNP 861/1997.)

Kaatopaikat luokitellaan eri luokkiin sen mukaan, minkälaista jätettä kaatopaikalle sijoitetaan. Kaatopaikkaluokat ovat ongelmajätteen, tavanomaisen jätteen tai pysyvän jätteen kaatopaikka. Tavanomainen jäte on jätettä, jota ei voida pitää ongelmajätteenä, ja pysyvä jäte tarkoittaa jätettä, joka ei liukene, pala tai hajoa biologisesti eikä reagoi muiden aineiden kanssa aiheuttaen vaaraa terveydelle tai ympäristölle. Pysyvässä jätteessä ei pitkänkään ajan kuluessa tapahdu olennaisia

fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia muutoksia, eikä jätteen sisältämien haitallisten aineiden kokonaishuuhoutuminen ja -pitoisuus tai kaatopaikkavesien muodostuminen aiheuta vaaraa ympäristölle. (VNP 861/1997.)

Jätteestä on aina tehtävä kaatopaikkakelpoisuustesti, jonka perusteella voidaan todeta jätteen kelpoisuus tiettyyn kaatopaikkaluokkaan. Arviointi suoritetaan kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään jätteen perusmäärittely, jonka avulla voidaan todeta, että jäte täyttää ominaisuuksiltaan kaatopaikkakelpoisuuden vaatimukset. Toinen vaihe on jätteen vastaavuustestaus, jossa pyritään todentamaan, että jätteen luonne ja ominaisuudet ovat pysyneet samoina. Viimeisenä vaiheena suoritetaan kaatopaikalla tehtävä jätteen tarkistus. Kelpoisuusperusteena ovat myös liukoisuustestauksen avulla määritetyt orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden pitoisuudet. Taulukossa 4 on annettu raja-arvot, joiden alittuessa jäte voidaan sijoittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle. (VNA 202/2006.)

Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle voidaan tuoda yhdyskuntajätettä, joka käsittää myös asumisessa syntyvään jätteeseen rinnastettavissa olevia kaupan ja teollisuuden jätteitä. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle voidaan tuoda myös asbestia, mutta sen sijoittamisesta kaatopaikka-alueelle on asetuksessa annettu tarkat määräykset. Myös vakaata reagoimatonta ongelmajätettä voidaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikalle, mutta tosin vain sellaiseen osaan, johon ei sijoiteta biohajoavaa jätettä. Taulukossa 5 on esitetty haitta-aineiden liukoisuuden raja-arvot tavanomaiselle jätteelle. Ongelmajätteen kaatopaikoille sijoitettavaan jätteeseen sovelletaan taulukon 6 mukaisia liukoisuusominaisuuksia ja muita vaatimuksia. (VNA 202/2006.)

TAULUKKO 4. Kelpoisuusperusteiset raja-arvot pysyvän jätteen kaatopaikalla (VNA 202/2006.)

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg L/S = 10 l/kg
Arseeni (As)	0,5
Barium (Ba)	20
Kadmium (Cd)	0,04
Kromi yht. (Cr _{kok})	0,5
Kupari (Cu)	2
Elohopea (Hg)	0,01
Molybdeeni (Mo)	0,5
Nikkeli (Ni)	0,4
Lyijy (Pb)	0,5
Antimoni (Sb)	0,06
Seleen (Se)	0,1
Sinkki (Zn)	4
Kloridi (Cl ⁻)	800
Fluoridi (F ⁻)	10
Sulfaatti (SO ₄ ⁻)	1000
Fenoli-indeksi	1
Liuennut orgaaninen hiili (DOC)	500
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS)	4000
	Raja-arvo mg/kg
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	30 000
Bentseeni, tolueeni, etyylibentseeni ja ksyleenit	6
Polyklooratut bifenyylit (PCB)	1
Mineraaliöljy (C ₁₀ -C ₄₀)	500
Polyaromaattiset hiilivedyt (PAH)	40

TAULUKKO 5. Kelpoisuusperusteiset raja-arvot tavanomaisen jätteen kaatopaikalla (VNA 202/2006.)

Aine/muuttuja	Raja-arvo, Mg/kg kuiva-ainetta L/S = 10 l/kg
Arseeni (As)	2
Barium (Ba)	100
Kadmium (Cd)	1
Kromi yht. (Cr _{kok})	10
Kupari (Cu)	50
Elohopea (Hg)	0,2
Molybdeeni (Mo)	10
Nikkeli (Ni)	10
Lyijy (Pb)	10
Antimoni (Sb)	0,7
Seleenii (Se)	0,5
Sinkki (Zn)	50
Kloridi (Cl ⁻)	15 000
Fluoridi (F ⁻)	150
Sulfaatti (SO ₄ ⁻)	20 000
Liennut orgaaninen hiili (DOC)	800
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS)	60 000
	Raja-arvo/ muu vaatimus
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	5 %
pH	vähintään 6,0
Happoneutralointikapasiteetti (ANC)	aina tutkittava ja arvioitava

TAULUKKO 6. Kelpoisuusperusteiset raja-arvot ongelmajätteen kaatopaikalla (VNA202/2006.)

Aine/muuttuja	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta L/S = 10 l/kg
Arseeni (As)	25
Barium (Ba)	300
Kadmium (Cd)	5
Kromi yht. (Cr _{kok})	70
Kupari (Cu)	100
Elohopea (Hg)	2
Molybdeeni (Mo)	30
Nikkeli (Ni)	40
Lyijy (Pb)	50
Antimoni (Sb)	5
Seleeni (Se)	7
Sinkki (Zn)	200
Kloridi (Cl ⁻)	25 000
Fluoridi(F ⁻)	500
Sulfaatti (SO ₄ ⁻)	50 000
Liuennut orgaaninen hiili (DOC)	1000
Liuenneiden aineiden kokonaismäärä (TDS)	100 000
	Raja-arvo/ muu vaatimus
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)	6 %
Hehkutushäviö (LOI)	10 %
Happoneutralointikapasiteetti (ANC)	aina tutkittava ja arvioitava

5.3 Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi

Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista eli ns. PIMA-asetus (LIITE 1) on määrännyt ohjearvot 52:lle maaperän haitalliselle aineelle, joita käytetään maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin apuna. Asetuksessa on annettu myös kynnsarvot haitta-aineille, joiden ylittyessä pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointi on suoritettava. Pilaantuneisuuden arvioinnin on aina perustuttava kohdekohtaiseen

arvioon maaperässä olevien haitta-aineiden ympäristölle ja terveydelle aiheuttamaan vaaraan tai haittaan. Asetuksessa luetellut seikat, jotka on otettava huomioon arvioinnissa, ovat seuraavat:

- maaperässä todettujen haitta-aineiden pitoisuudet, kokonaismäärä, ominaisuudet, sijainti sekä taustapitoisuudet
- maaperä- ja hydrogeologia, sekä kulkeutumiseen ja leviämiseen vaikuttavat tekijät alueella ja sen ulkopuolella
- alueen ja pohjaveden suunniteltu käyttö
- altistumismahdollisuus haitta-aineille lyhyen ja pitkän ajan kuluessa
- altistuksen aiheuttaman vaaran vakavuus ja todennäköisyys terveydelle ja ympäristölle sekä haitta-aineiden yhteisvaikutukset
- käytettävien tutkimustietojen ja muiden lähtötietojen sekä arviointimenetelmien epävarmuus. (Ympäristöministeriö 2007.)

Lisäksi myös maaperän pilaamiskiellon perusteella vaikutukset viihtyvyyden vähenemiseen sekä yleisen tai yksityisen edun loukkaus on otettava huomioon arvioinnissa (Ympäristöministeriö 2007).

Maaperän pilaantuneisuus on arvioitava, jos yhden tai useamman haitta-aineen pitoisuus ylittää PIMA-asetuksen antaman kynnysarvon (TAULUKKO 7). Alueilla, joissa haitta-aineen taustapitoisuus ylittää asetuksessa annetun kynnysarvon, pilaantumiseen arviointikynnyksenä pidetään taustapitoisuutta. (Ympäristöministeriö 2007.)

TAULUKKO 7. Pilaantumislukittelu (mukailten Ympäristöministeriö 2007.)

KYNNYSARVO		ALEMPI OHJEARVO	YLEMPI OHJEARVO	ONGELMAJÄTE
Pilaantumaton	Pilaantumaton, jossa kohonneita haitta-ainepitoisuuksia	Pilaantunut		

Taustapitoisuudella tarkoitetaan haitallisen aineen luontaista pitoisuutta maaperässä. Kynnysarvot on jaettu alempaan ja ylempään ohjearvoon. Maaperää pidetään pilaantuneena, jos haitta-ainepitoisuus ylittää ylemmän ohjearvon. (Ympäristöministeriö 2007.)

6 PILAANTUNUT MAAPERÄ

Suomessa tiedetään olevan jopa noin 20 000 sellaista aluetta, joiden aikaisempi tai nykyinen toiminta on voinut pilata maaperää. Näistä alueista noin 3500 on luokiteltu sellaisiksi, että ne vaativat puhdistusta pikaisesti terveys- tai ympäristöriskin takia. Suomessa käytetään rahaa pilaantuneiden maiden kunnostuksiin 60–70 miljoonaa euroa, joista arviolta kolmasosa on maksettu julkisin varoin. Tällä budjetilla Suomessa kunnostetaan arvoilta noin 3000 pilaantunutta maa-aluetta vuodessa. (Ympäristöministeriö 2007.)

6.1 Pilaantuneen maaperän määritelmä

Pilaantuneena maaperänä pidetään maa-alueita, joita ei voida käyttää alkuperäiseen tarkoitukseensa tai muuhun suunniteltuun käyttöön. Maaperä todetaan pilaantuneeksi myös silloin, kun haitta-aineen pitoisuus ylittää alueen luontaisen pitoisuuden, tai kun aineen kokonaismäärä on merkittävä ja voi siten aiheuttaa merkittävää välitöntä vaaraa ympäristölle tai terveydelle. (Luntinen 2002, 8.)

6.2 Ilmoitus- ja lupamenettely

Pilaantuneen maan puhdistaminen vaatii ympäristösuojelulain mukaisen ilmoitus- tai lupamenettelyn. Lupamenettelystä ja ilmoitusmenettelystä on säädetty tarkemmin VNA 160/1997. Ilmoitusmenettelyä voidaan käyttää pienimuotoisissa kunnostuksissa, jonka etuna on sen nopeampi ja joustavampi käsittely verrattuna ympäristölupaan. (Luntinen 2002, 19.)

6.2.1 Lupa- ja valvontaviranomainen

Vuoden 2010 alusta alueellinen ympäristöhallinto muuttui, kun alueellisten ympäristökeskusten toiminta päättyi ja uudet virastot aloittivat toimintansa. Uudistukses-

sa alueellisten ympäristökeskusten, ympäristölupavirastojen, lääninhallitusten, työ- ja elinkeinokeskusten, työsuojelupiirien, työsuojelutoimistojen sekä tiepiirien tehtävät koottiin ja organisoitiin uudelleen yhdistäen ne kahteen uuteen viranomaiseen: aluehallintovirastoon (AVI) ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukseen (ELY). Aluehallintovirastoja muodostettiin yhteensä kuusi ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia 15 kappaletta. (Ekoasiaa 2010, 13.)

Aluehallintovirastot toimivat nykyään ympäristölupavirastoina, jotka valmistelevat luvat. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten ympäristövastuualueeseen kuuluvat mm. ympäristötilan tarkkailu, ympäristönsuojelu, luonnonsuojelu, alueiden käytön ja rakentamisen ohjaus, kulttuuriympäristön hoito sekä vesivarojen hoito ja käyttö. (Ekoasiaa 2010, 13.)

6.2.2 Ympäristölupa

Ympäristölupaa haetaan tapauksissa, joissa kunnostuksesta aiheutuu pilaantumista tai käytetään koekäytössä olevaa menetelmää tai silloin kun pilaantumisen laajuutta ja pilaantumisasastetta ei ole riittävästi selvitetty. Ympäristölupahakemukseen on liitettävä tarvittavat tiedot kunnostustoiminnasta, sen vaikutuksista, asianosaisista ja muista merkityksellisistä asioista. (Luntinen 2002, 21—22.) Lupahakemuksen käsittelee toimivaltainen viranomainen eli Aluehallintovirasto (YSL 86/2000).

Kunnostukselle myönnetään ympäristölupa, jos toiminnasta ei yksinään tai erikseen aiheudu terveyshaittaa, ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa, pohjaveden tai maaperän pilaantumista tai kunnan heikkenemistä eikä haittaa naapurussuhteille (YSL 86/2000). Lupapäätöksen sisällöstä säädetään ympäristönsuojeluasetuksen 18–22 §:ssä. Ympäristölupamenettelyssä puhdistamisen aloittaminen edellyttää pääsääntöisesti lupapäätöstä. Joissain tapauksissa lupaviranomainen voi määrätä kunnostuksen aloittamisesta ennen lainvoimaisen lupapäätöksen voimaantuloa, lupapäätöstä noudattaen. (Luntinen 2002, 22.)

6.2.3 Ilmoitusmenettely

Kunnostuslupa voidaan hakea myös ilmoitusmenettelyllä, jos maaperä puhdistetaan pilaantuneella alueella tai jos pilaantunut maa-aines poistetaan ja viedään muualle käsiteltäväksi. Lisäksi ilmoitusmenettelyä voidaan käyttää tapauksissa, joissa laissa määrätyt edellytykset täyttyvät. Laissa määrätään, että pilaantumisen laajuus ja pilaantumisaste on riittävästi selvitetty, puhdistuksessa käytetään yleisesti käytössä olevaa hyväksyttyä menetelmää eikä puhdistamisesta saa aiheutua muuta pilaantumista. (Luntinen 2002, 20.)

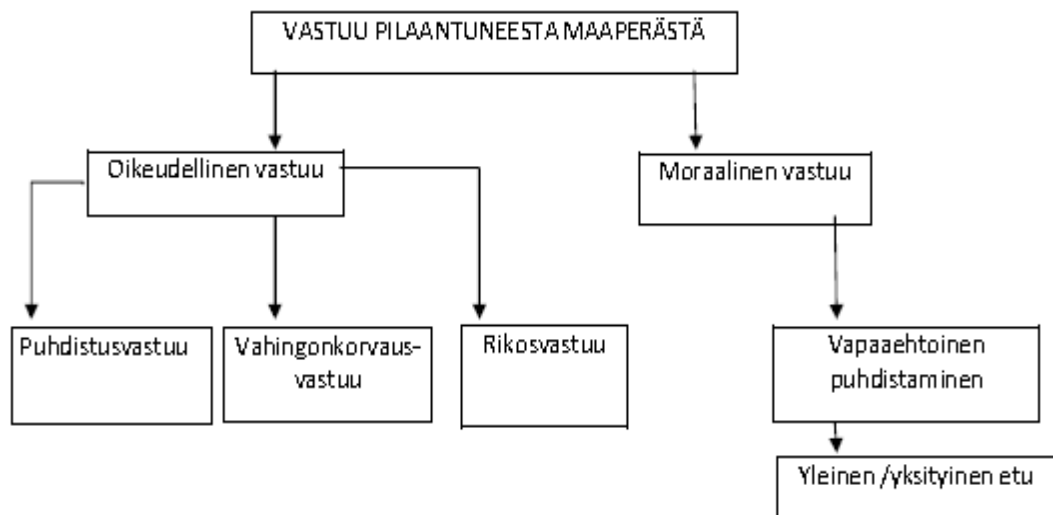
Ilmoitus pilaantuneen maan kunnostuksesta toimitetaan alueelliselle Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle, joka tekee ilmoitusta koskevan päätöksen, jossa se voi antaa määräyksiä toiminnan toteuttamisesta ja valvonnasta. Laissa ei ole asetettu päätöksen tekemiselle aikarajaa. Kunnostus voidaan aloittaa 30 päivän kuluttua ilmoituksen tekemisestä, se asettaa siten määräajan ilmoituksen käsittelemiselle. (Luntinen 2002, 21.)

6.3 Vastuu pilaantuneen maan puhdistamisesta

Vastuu pilaantuneesta maaperästä jaetaan oikeudelliseen vastuuseen ja moraaliseen ympäristövastuuseen (KUVIO 5). Moraalisella vastuulla tarkoitetaan lähinnä tapauksia, joissa esimerkiksi kunta vapaaehtoisesti puhdistaa pilaantuneen maaperän. Pilaantuneen maaperän puhdistusvastuulla tarkoitetaan vastuuta pilaantuneen maaperän pilaantuneisuuden selvittämisestä, puhdistustoimista sekä koko prosessista aiheutuneista kuluista. Vastuu pilaantuneen maaperän puhdistamisesta on ensisijaisesti maaperän pilaajalla eli henkilöllä tai yrityksellä, joka toiminnallaan on aiheuttanut maaperän pilaantumisen. (Luntinen 2002, 37–38.) YSL:n 8. §:n mukaan pilaajalla on myös vastuu mahdollisesti pilaantuneesta pohjavedestä, jos pilaantuminen on aiheutunut maaperän pilaantumisen seurauksena (YSL 86/2000).

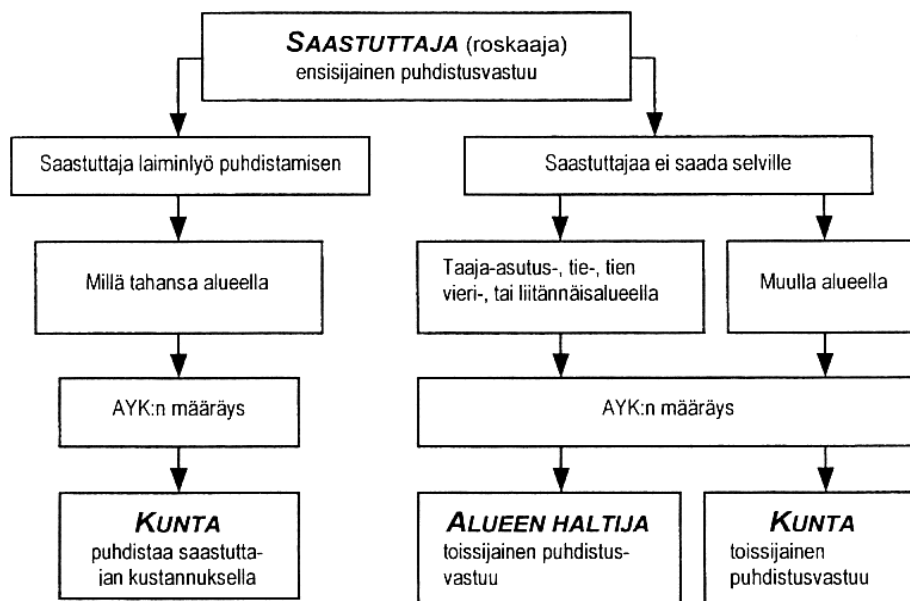
Toissijainen vastuu pilaantuneesta maaperästä on alueen haltijalla, mikäli pilaantumisen aiheuttajaa ei saada selville. Alueen haltijana pidetään kiinteistön omista-

jaa tai kiinteistön omistajan kaltaista haltijaa sekä kiinteistön vuokramiestä. Lisäedellytyksenä haltijan vastuulle on, että hän on tiennyt tai ainakin hänen olisi pitänyt tietää alueen pilaantumisesta sitä hankkiessaan. Haltija voi vapautua puhdistusvastuusta, jos puhdistaminen on hänelle kohtuutonta. Kun maaperän pilaajaa tai alueen haltijaa ei saada puhdistusvastuuseen tai puhdistusvastuu on haltijalle kohtuuton, on kunnalla vastuu pilaantuneen maan puhdistamisesta. Kunta voi myös jakaa puhdistusvastuun haltijan kanssa, mikäli haltijan vastuu on kohtuuton. (Luntinen 2002, 38–39.)



KUVIO 5. Pilaantuneen maaperän puhdistamisen vastuujako (mukaillen Luntinen 2002,37.)

Vanhojen pilaantumistapausten eli 1.4.1979–31.12.1993 aikana tapahtuneiden pilaantumisten kohdalla sovelletaan jätehuoltolakia. Jätehuoltolaissa asetettuun roskaamiskieltoon nojaten roskaajalla on ensisijainen vastuu puhdistuksesta. (Luntinen 2002, 40–41.) Kuviossa 6 on kohdennettu roskaamiskieltoon perustuva puhdistusvastuu.



KUVIO 6. Puhdistusvastuut vanhoissa pilaantumistapauksissa, AYK = alueellinen ELY-keskus (Luntinen 2002, 41.)

7 PILAANTUNEEN MAAN TUTKIMINEN JA KUNNOSTUS

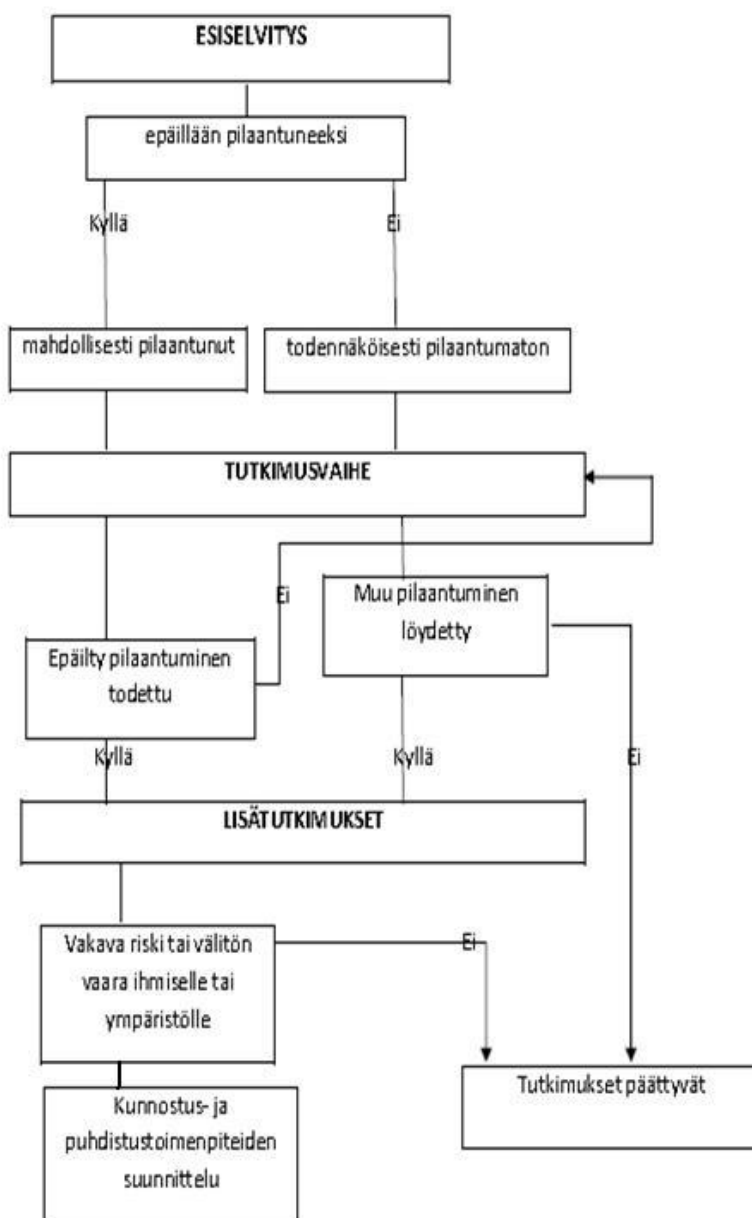
Pilaantuneen maan tutkiminen jaetaan kolmeen vaiheeseen: esiselvitys, tutkimusvaihe ja lisätutkimukset. Esiselvitysten ja tutkimuksen jälkeen suoritetaan riskinarviointi. Esiselvityksen tavoitteena on määrittää maa-alueen mahdollinen pilaantuminen. Määrittämiseen käytetään hyväksi alueen käytön historiaa, maaperän ominaisuuksien selvittämistä, sekä hydrogeologiaa. Tutkimusvaiheeseen (KUVIO 7) kuuluu pilaantumisen todentaminen näytteiden avulla. Esiselvityksen tutkimusvaiheen jälkeen alueelle suoritetaan riskinarviointi, joka jakautuu kahteen ryhmään: terveysriskit ja ekologiset riskit. Riskinarvioinnin tavoitteena on tunnistaa haitta-aineiden aiheuttamat vaarat sekä niistä aiheutuvat riskit. (Mroueh, Järvinen & Lehto 1996, 4.)

7.1 Esiselvitys

Esiselvitys jakaantuu neljään päävaiheeseen:

- I Alueen toiminnallisen historian tutkiminen
- II Alueen geologiset rakenteet ja hydrogeologia
- III Arvio alueella esiintyvistä haitta-aineista ja niiden levinneisyydestä
- IV Päätelmä myöhempien tutkimusten suorittamiseksi. (Mroueh ym. 1996, 19.)

Alueen toiminnallista historiaa selvittäessä voidaan joutua tutkimaan hyvinkin vanhaa historiaa, koska mm. raskasmetallit säilyvät maaperässä erittäin pitkään. Mikäli alueella on harjoitettu teollista toimintaa, prosesseissa käytettyjen kemikaalien selvittäminen on erittäin tärkeää. Mikäli alue on ollut asuinkäytössä, voidaan keskittyä pääasiallisesti polttoainevuotojen aiheuttamiin haittoihin. (Mroueh ym. 1996, 19.)



KUVIO 7. Pilaantuneen maa-alueen tutkimusvaiheet (mukailien Mroueh ym. 1996, 16.)

Maaperän geologisen rakenteen selvittämiseksi tulee määrittää alueen maalajit, niiden kerrosrakenteet ja raekokojakauma, kallioperän ominaisuudet, kuten kivilaji ja rikkonaisuus, sekä alueella mahdollisesti suoritettut maaperätutkimukset. Hydrogeologisiin selvityksiin kuuluvat pohjaveden pinnankorkeus, virtaussuunnat, lähteiden ja kaivojen sijainti, orsiveden muodostuminen sekä vesiuomat ja pintaveden kulkureitit. (Mroueh ym. 1996, 20.)

Esiselvityksen avulla saadaan myös tietoa näytteenoton suunnittelemiseksi sekä työsuojelutoimien tarpeesta alueella. Maastokäyntien avulla tehdään havaintoja alueesta sekä voidaan tarkistaa jo kerätyt tiedot. Esiselvityksessä kerättyjen tietojen perusteella alue luokitellaan todennäköisesti pilaantumattomaksi tai mahdollisesti pilaantuneeksi. (Mroueh ym. 1996, 18–21.)

Todennäköisesti pilaantumattomaksi alue voidaan luokitella, kun voidaan olettaa, että alueella tapahtunut aiempi tai nykyinen toiminta ei ole aiheuttanut missään vaiheessa pilaantuneisuutta aiheuttavia päästöjä. Tilanteen varmistamiseksi alueella suoritetaan maastotutkimuksia, eli jatketaan tutkimusvaiheeseen. Vaiheen aikana selvitetään rajoitetulla näytteenotolla tavallisimmin esiintyvien haitta-aineiden pitoisuudet. (Mroueh ym. 1996, 21.)

Mahdollisesti pilaantuneeksi alue luokitellaan, kun voidaan olettaa, että alueen nykyinen tai aikaisempi käyttö on voinut aiheuttaa haitta-ainepäästöjä maaperään. Tässä tapauksessa oletusta on tarkistettava arvioimalla mm. saastelähdettä, päästön luonnetta, haitta-aineen laatua, määrää ja jakautumista alueella sekä haitta-aineiden kulkeutumista maaperässä. (Mroueh ym. 1996, 21.)

7.2 Tutkimusvaihe

Tutkimusvaiheeseen kuuluu neljä eri vaihetta:

- I Laaditaan tutkimussuunnitelma esiselvityksen perusteella.
- II Tehdään kenttätutkimukset.
- III Arvioidaan pilaantuneisuusoletuksen paikkansapitävyys.
- IV Tehdään johtopäätökset lisätutkimuksia varten. (Mroueh ym. 1996, 22.)

Kenttätutkimusten osalta päätetään analysoitavat haitta-aineet, kairaus- ja näytteenottosyvyys, näytteenottoverkon koko, maaperä- ja vesinäytteiden sekä rinnakkaisnäytteiden määrä, kokoomanäytteiden määrä sekä analysoitavien näytteiden määrä. (Mroueh ym. 1996, 22–23.)

Maaperän analysoitavat haitta-aineet ovat useimmissa tapauksissa tavallisimmin esiintyviä haitta-aineita. Epäorgaanisista haitta-aineista analysoidaan esimerkiksi raskasmetallit (Pb, Zn, Cd, Cu, Ni, Hg, Cr) sekä arseeni. Orgaanisia analysoitavia haitta-aineita voivat olla haihtuvat orgaaniset yhdisteet, PAH-yhdisteet, mineraaliöljyt, fenolit, syanidit, kloridit ja sulfaatit. Pohjavesistä määritetään maaperässä helposti liikkuvat aineet, kokonaistyyppi, haihtuvat orgaaniset yhdisteet, pH sekä sähkönjohtavuus. (Mroueh ym. 1996, 23.)

Näytteiden määrään vaikuttavat pilaantuneeksi epäillyn alueen laajuus sekä maaperän ja topografian vaihtelut. Näytteenottopisteiden määrään vaikuttavat taas alueen laajuus, oletetun pilaantuneisuuden voimakkuus, eri haitta-aineiden kulkeutumissuunta sekä maalajivaihtelut. Riittävä näytemäärä on tärkeä, koska näin voidaan todentaa alueen pilaantuneisuuden tila. (Mroueh ym. 1996, 24–26.)

7.3 Lisätutkimukset

Lisätutkimusten avulla voidaan tarkentaa, kuinka pilaantunut maa-alue on. Vaiheen tavoitteena on hallita tutkittavan alueen geologian ja geologisten olosuhteiden vaikutusta ympäristöön, tarkentaa arviota saastuneisuudesta ja sen laajuudesta ja selvittää tarvittavat tiedot riskiarvioinnin suorittamiseksi sekä tiedot kunnostus- ja käsittelytoimenpiteiden suorittamiseen. (Mroueh ym. 1996, 30.)

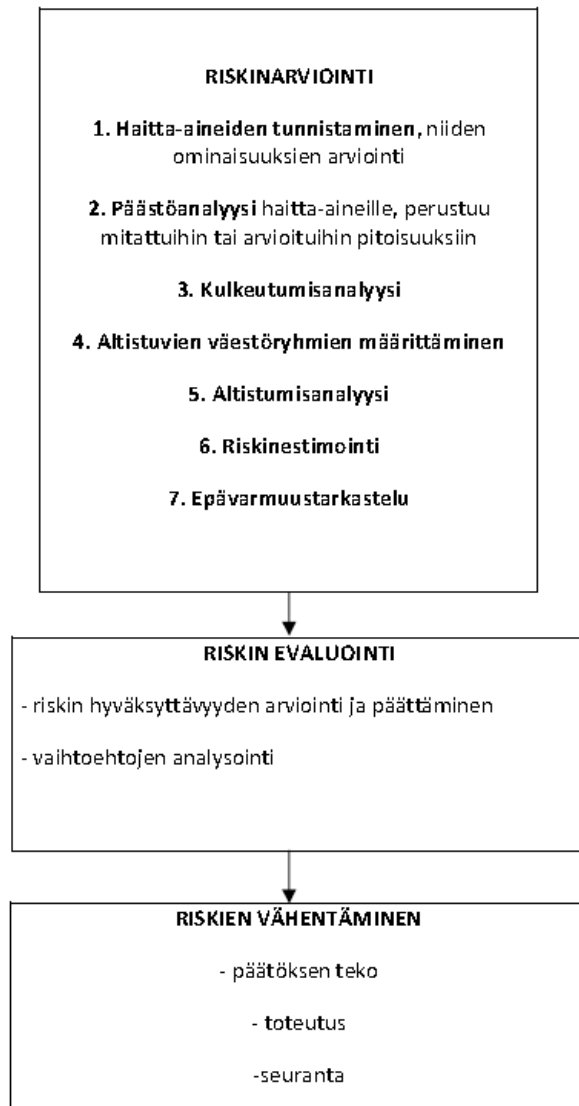
Lisätutkimuksien avulla luodaan tarkentava kunnostussuunnitelma ja valitaan analysoitavat aineet. Lisätutkimuksien määrään vaikuttavat tekijät ovat paikalliset maaperä- ja pohjavesiolosuhteet, alueen ja ympäristö käyttötarkoitus, kohteeseen soveltuvat kunnostusmenetelmät sekä tutkimusvaiheen aikana tehdyt tutkimukset ja luotettavuus. (Mroueh ym. 1996, 30.)

7.4 Riskinarviointi

Riskinarviointi on oleellinen osa pilaantuneen maa-alueen tutkimuksia. Sen perusteella saadaan tietoa alueen kunnostustarpeesta. Riskinarviointia varten tarvitaan

esiselvityksen aikana kerättyjen tietojen lisäksi tietoa alueen sääolosuhteista, väestöstä sekä ihmisissä ja eliöissä mahdollisesti esiintyneistä haittavaikutuksista. (Mroueh ym. 1996, 31.)

Riskinarviointi on laaja arvio haitta-aineiden aiheuttamasta vammaan tai terveyshaitan todennäköisyydestä ja seurausten vakavuudesta. Riskinarviointi koostuu riskianalyysistä ja riskin evaluoinnista, joiden merkityksiä selvitetään kuviossa 8. (Mroueh ym. 1996, 30–31.) Riskinarviointi jaetaan kolmeen eri alueeseen, kulkeutumisriskien ja terveysriskien arviointiin sekä ekologiseen riskinarviointiin. Arviointitilanteessa keskitytään riskien kannalta oleellisiin haitta-aineisiin, kulkeutumisreitteihin ja altistustilanteisiin. Riskinarviointi perustuu yleisesti mahdollisten haittojen ennustamiseen, johon vaikuttavat monet tekijät, joita voi olla vaikea mitata. Siksi arvioinnissa käytetään usein laskennallisia malleja, joilla tarkasteltavia ilmiöitä pyritään kuvaamaan. (Ympäristöministeriö 2007.)



KUVIO 8. Terveysriskien arviointi ja hallinta (mukaiillen Mroueh ym.1996, 35.)

7.4.1 Terveysriskien arviointi

Terveysriskien arvioinnissa määritetään pitkän ajanjakson kuluessa ihmiselle aiheutuneita terveysvaikutuksia. Myös ihmisten viihtyvyyteen vaikuttavat asiat otetaan huomioon arvioinnissa, kuten pilaantuneelta maa-alueelta kulkeutuvat pahat hajut. (Mroueh ym. 1996, 31.) Arviointimenetelminä voidaan käyttää biomonitorointia, vertailua eri altistusreiteille esitettyihin annosrajoihin ja muihin vastaaviin viitearvoihin sekä pienalue-epidemiologisia tutkimuksia sekä altistumismalleja, kuten annos-vaste-mallit. Laskentamallien tulosten tarkastelussa voidaan hyödyntää PI-

MA-asetuksessa (VNA 214/2007) annettuja terveystarkkailuun perustettuja kynnys- ja ohjearvoja. (Ympäristöministeriö 2007.)

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa käytetään yleensä pitkäaikaista ja jatkuvaa altistumista. Altistumisen laskemiseen käytetään haitta-aineen keskimääräistä päiväsaantia tai -annosta eli ADD-arvoa. Altistuslaskennassa käytetään tutkittavan kohteen väliaineessa mitattuja haitta-ainepitoisuuksia. Väliaineella tarkoitetaan ainetta, jonka kautta haitta-aine kulkeutuu ihmiseen. Tällaisia aineita ovat juomavesi, ravinto, hengitysilma ja pintamaa. Haitta-aineen keskimääräinen päiväsaanti voidaan laskea kaavasta

$$ADD_i = \frac{C_i \cdot IR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT} \quad (4)$$

ADD_i = Average daily dose, keskimääräinen päivittäisannos (mg/kgd)

C_i = haitta-aineen pitoisuus tarkasteltavassa väliaineessa (mg/l)

IR = Inhalation rate, haitta-ainetta sisältävän väliaineen päivittäinen otto elimistöön (l/d)

EF = Exposure frequency, altistuksen tiheys/toistuvuus (d/a)

ED = Exposure duration, altistuksen kesto (a)

BW = body weight, kohdehenkilön paino (kg)

AT = Averaging time, aika, jonka suhteen keskimääräinen päivittäisannos lasketaan (d). (Ympäristöministeriö 2007.)

Juomaveden kautta tapahtuneen altistumisen päivittäissaantiarvoja verrataan yleisesti WHO:n Guidelines for drinking-water quality -teoksen juomaveden haitta-ainepitoisuuksien ohjearvoihin. Muissa tapauksissa voidaan vertailuun käyttää taulukossa 8 esitettyjä haitallisten aineiden enimmäissaantisuosituksia. (Ympäristöministeriö 2007.)

TAULUKKO 8. Terveysriskin arvioinnissa suositeltavat haitallisten aineiden sallitut enimmäissaantisuositukset (mukaan Ympäristöministeriö 2007.)

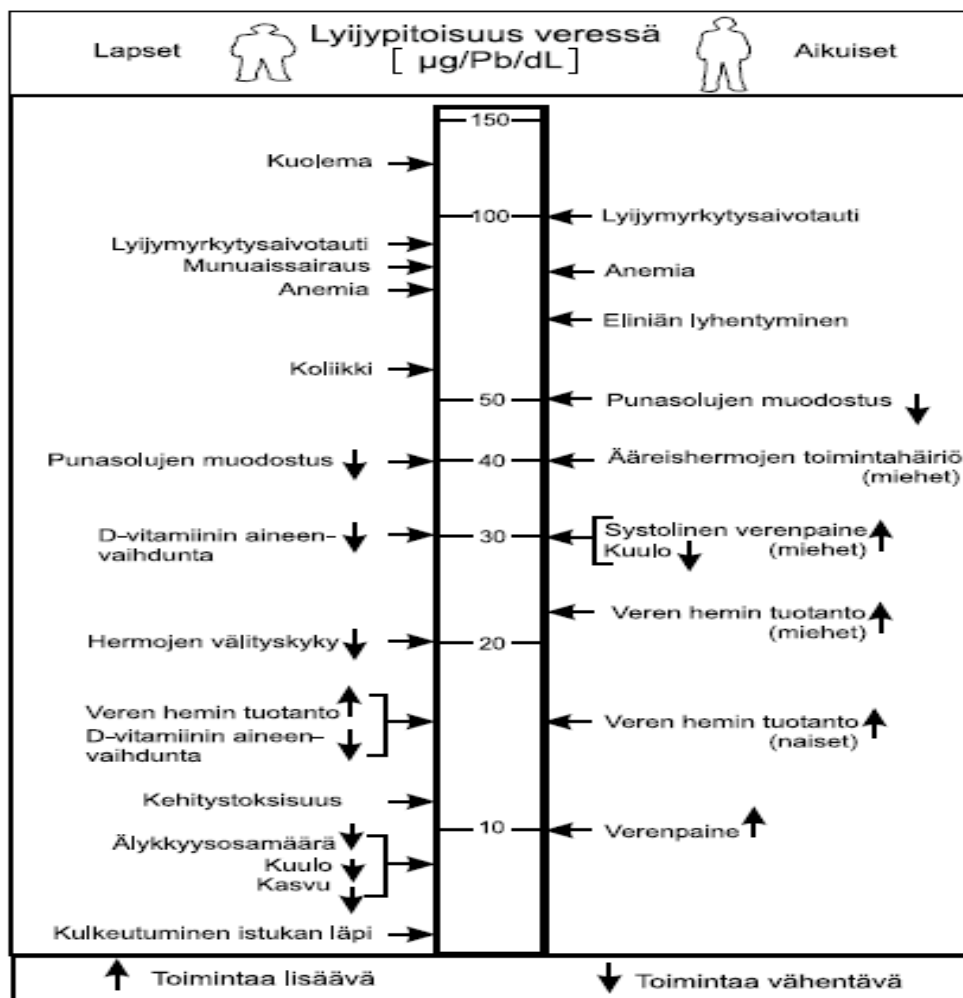
Aine	TDI [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$]	Aine	TDI [$\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$]
Antimoni	0,4	PCBt	0,01
Arseeni	1	PCDD-PCDF-PCB	2E-6
Barium	20	Dikloori-metaani	600
Elohopea	0,1	Vinyylidloridi	0,061)
Kadmium	0,5	Dikloorietaanit	6
Koboltti	1,4	Trikloorietaanit	50
Kromi	5	Tetrakloori-etaanit	16
Kupari	140	Trikloori-bentseenit	8
Lyijy	1,8	Tetrakloori-bentseenit	0,3
Molybdeeni	10	Pentakloori-bentseenit	0,8
Nikkeli	50	Heksakloori-bentseenit	0,016 ¹⁾
Seleenit	5	Monokloori-fenolit	5
Sinkki	500	Dikloorifenolit	3
Vanadiini	9	Trikloorifenolit	0,9 ¹⁾
MTBE	900	Tetrakloori-fenolit	30
Bentseenit	3,3 ¹⁾	Pentakloori-fenoli	3
Tolueneeni	223	Atratsiini	5
Etylibentseenit	100	DDT	0,5
Ksyleenit	150	Dieldriini	0,1
Antraseeni	40	Endosulfaani	6
Bentso(a)antraseeni	0,5 ¹⁾	Heptakloori	0,0022 ¹⁾
Bentso(a)pyreenit	0,05 ¹⁾	Kvintotseenit	3
Bentso(k)fluoranteeni	0,5 ¹⁾	Lindaani	0,04
Fenantreenit	40	TBT	0,3
Fluoranteeni	5 ¹⁾	TPT	0,3
Naftaleeni	40		

¹⁾ CR_{oral}
²⁾ CR_{inhal}

Eräitä haitta-aineita juomavedessä

Alumiini on yleinen metalli luonnossa. Sitä käytetään monissa kemiallisissa prosesseissa, mm. veden käsittelyssä, mistä saattaa aiheutua korkeita pitoisuuksia käsiteltyyn veteen. Hyvissä alumiininkäsittelyprosesseissa on mahdollista saavuttaa alle 0,1 mg/l alumiinipitoisuus. Alumiinilla ei ole terveysperusteista ohje-arvoa, mutta suurissa pitoisuuksissa se saattaa aiheuttaa värjäytymiä ja makuhaittoja veteen. (WHO 2006.)

Suomessa lyijyä käytetään pääasiassa akuissa (Naumanen ym. 2002, 31). Lyijyn on todettu kulkeutuvan juomaveden pääasiassa lyijyä sisältävistä vesiputkistoista liuenneena. Lyijyn poistaminen pohjavedestä ei ole mahdollista, jolloin raakaveden lyijypitoisuudet jäävät talousveteen. (WHO 2006.) Lyijy on erittäin myrkyllistä raskaana oleville naisille sekä lapsille, koska heidän elimistönsä absorptioi lyijyä paljon tehokkaammin kuin aikuisen ihmisen elimistö. Ihmisen kehoon päästessään lyijy jakautuu lähinnä vereen, hampaisiin ja luihin sekä pehmytkudoksiin, kuten maksaan, munuaisiin, aivoihin ja luuytimeen. Kuviossa 9 on esitetty veressä olevan lyijyn vaikutus lapsilla ja aikuisilla, ja siitä voidaan myös todeta lyijyn haitallisuus lapsen kehitykselle (Naumanen ym. 2002, 36–38.). Päivittäinen saantisuositus lyijylle on 3,5 µg/kg (WHO 2006).



KUVIO 9. Lyijyn vaikutus lapsissa ja aikuisissa veren lyijypitoisuuden funktiona (Naumanen ym. 2002, 38.)

Rauta on hyvin yleinen luonnonvesissä, ja sen pitoisuudet voivat vaihdella 0,5 µg:n ja 50 µg:n välillä per litra. Rauta on tärkeä hivenaine ihmisille ja eläimille. Ihmisen raudan tarve riippuu paljon iästä ja sukupuolesta. Arviot päivittäisestä vähimmäissaantisuosituksesta ovat 10–50 mg/päivä. Rauta voidaan poistaa juomavedestä useilla menetelmillä, kuten ioninvaihdolla tai ilmastuksella ja suodattamisella. (WHO 2006.)

WHO ei ole asettanut ohjearvoa raudalle juomavedessä, mutta toteaa, että jo alle 2 mg/l:n pitoisuuksissa veden laatu kärsii värjäytymistä ja makuhaitoista (WHO 2006). Sosiaali- ja terveysministeriön suositusten mukaan talousvedessä ei saisi olla rautaa yli 200 µg/l (STM 2000). Juomaveden rauta ei ole terveydelle vaarallista (Suomen ympäristökeskus 2007).

Mangaani on alkuaine, jota esiintyy maaperässä luonnostaan, usein yhdessä raudan kanssa. Lisäksi mangaania esiintyy usein pinta- ja pohjavesissä. Suurin altistumislähde mangaanille on yleisesti ravinto. (WHO 2006.) Mangaanin on todettu suurina määrinä aiheuttavan neurologisia oireita sekä maksa- ja munuaisvaurioita (Airas , Attila, Elonen, Koulu & Tuomisto 2007, 1078). Alle 0,05 mg/l mangaania sisältävä raakavesi voidaan puhdistaa tehokkaasti käyttämällä hapetusta ja suodattusta. WHO on asettanut juomaveden ohjearvoksi 0,4 mg/l. (WHO 2006.) STM puolestaan on asettanut laatusuositusarvon 50 µg/l (STM 2000).

7.4.2 Ekologisen riskin arviointi

Ekologisen riskinarvioinnin tarkoituksena on selvittää haittavaikutukset maaperän haitta-aineiden vaikutuspiirissä oleva eliöstöön ja ympäristöön (Ympäristöministeriö 2007). Useat kasvi- ja eliölajit ovat herkempiä haitta-aineiden pitoisuuksille kuin ihminen, jonka vuoksi ekologisessa riskinarvioinnissa voidaan päätyä pienempiin raja-arvoihin kuin terveysriskien arvioinnissa (Mroueh ym. 1996, 31). Yleensä ekologinen riskinarviointi voidaan rajata niihin haitta-aineisiin, joiden aiheuttamat vaikutukset eliöstössä ovat todennäköisimpiä tai vakavimpia. Käytettäviä menetelmiä riskinarvioinnissa voivat olla pitoisuusmittausten ja altistuslaskelmien vertaaminen ekologisiin viitearvoihin, biotestit (haitta-ainekohtaiset testit ja testit kohteen maa-

näytteillä), ekosysteemitutkimukset, biomonitorointi ja biomarkkerit sekä ekologiset tutkimukset. (Ympäristöministeriö 2007.)

7.4.3 Kulkeutumisriskien arviointi

Haitta-aineiden kulkeutuminen ja pitoisuuksien muuttuminen ympäristönosasta toiseen voidaan arvioida leviämis- tai kulkeutumismalleilla. Mallia voidaan soveltaa tiettyyn ympäristönosaan, kuten pohjaveteen, tai yhtäaikaisesti useampaan ympäristönosaan (monireitti-mallit). Monireitti-malleilla voidaan joissain tapauksissa tarkastella myös ihmisten altistumista haitta-aineille. Tällaisia malleja ovat muun muassa suomalainen SoiliRisk-malli öljyhiilivetyjen riskinarviointiin ja hollantilainen CSOIL-laskentamalli. (Ympäristöministeriö 2007.)

7.5 Näytteenotto maaperästä

Näytteenotolla on keskeinen merkitys selvittäessä maaperän pilaantumista. Maaperänäytteitä otetaan kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten ominaisuuksien määrittämiseen maa-alueella. Näytteenotto täytyy aina suunnitella hyvin. Tarvittavien maanäytteiden määrä pilaantuneeksi epäillyllä maa-alueilla riippuu alueen pinta-alasta. (Mroueh ym. 1996, 43.) Taulukossa 9 on esitetty suuntaa-antava suositus näytteenottomääristä.

TAULUKKO 9. Suositus maanäytteiden määrästä pilaantuneeksi epäillyillä maa-alueella (Mroueh ym. 1996, 26.)

Pinta- ala	Maaperänäytteet					Pohjaesi- näytteet ⁷
	(ha)	Näytteen- otto verkko esim. m x m ¹⁾²⁾	Näytteen- ottopistei- den lkm ²⁾	Analysoi- tavien pintanäyt- teiden lkm ²⁾³⁾	Analysoita- vien sy- vempien näytteiden lkm ²⁾³⁾	
≤ 1	25 x 25	16 - 25	16 - 25	8 - 12	2	3-4
2	30 x 30	25 - 36	25 - 36	12 - 18	4	3-4
3	35 x 35	28 - 43	28 - 43	14 - 21	4	3-4
4	35 x 35	32 - 50	32 - 50	16 - 25	5	4-6
5	40 x 40	36 - 56	36 - 56	18 - 28	5	4-6
6	40 x 40	39 - 61	39 - 61	19 - 30	6	4-6
7	40 x 40	42 - 66	42 - 66	21 - 33	6	4-6
8	45 x 45	45 - 71	45 - 71	22 - 35	7	4-6
9	45 x 45	48 - 75	48 - 75	24 - 37	7	4-6
> 9	50 x 50					≥ 6

Näytteenoton esiselvitykseen kuuluu mahdollisten putkien, kaapelien ja johtojen kulun selvittäminen maa-alueella, näytteenottotekniikat, -laitteet ja analyysit. Näytteiden analysoinnista vastaavan laboratorion kanssa tulee keskustella mahdollisista näytteenottoon ja käsittelyyn liittyvistä vaatimuksista. Näytteenotosta pidetään pöytäkirjaa, josta ilmenevät näytteenottoaikan ja näytteen laadun kannalta oleelliset asiat, kuten mm. näytteenottosyvyys, aika ja näytteenottaja. Näytteenotossa on oleellista, etteivät maaperänäytteet pääse kontaminoitumaan tai niiden mahdollisesti sisältämät haitta-aineet pääse hapettumaan tai haihtumaan. (Mroueh ym. 1996, 43.)

7.5.1 Maaperänäytetyypit

Maaperänäytteet jaetaan kahteen ryhmään, häiriintymättömiin ja häiriintyneisiin näytteisiin. Näytteitä voidaan ottaa joko yhdestä pisteestä tai kokoomanäytteenä,

jolloin näytteeseen on yhdistetty näytteitä, joita on otettu useista toisiaan lähellä sijaitsevista näytteenottopisteistä. Kokoomanäyte on häiriintynyt näyte. (Mroueh ym. 1996, 44.)

Häiriintymättömät näytteet ovat näytteitä, jotka on otettu sellaisella menetelmällä, ettei näytteeseen kuulumattomia maita ole joutunut näytteeseen. Yhdestä pisteestä otetut näytteet voivat olla joko häiriintyneitä tai häiriintymättömiä näytteitä näytteenottotekniikan mukaan. Häiriintyneitä näytteitä voidaan kerätä putkiottimilla, lapiolla, kannu-, ja kierrekairoilla sekä lapiolla näytekuopasta. Häiriintyneet näytteet soveltuvat useimpiin analyyseihin ja tutkimuksiin. Häiriintymättömiä näytteitä voidaan kerätä mäntäkairalla tai koekuopasta näytteenottopurkkiin tai -laatikkoon. Eräisiin profiilitutkimuksiin sekä fysikaalisiin ja mikrobiologisiin määrittelyihin vaaditaan häiriintymättömiä näytteitä, kuten myös määritettäessä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä. (Mroueh ym. 1996, 44.)

7.5.2 Näytteenotto koekuopasta

Koekuoppamenetelmää voidaan käyttää, kun maa-aines on kivinen tai muuten vaikeasti läpäistävä pintakerroksissa. Jos koekuoppa ulottuu pohjavedenpinnan syvyyteen, pohjaveden pinnan alapuolelta ei tule ottaa maaperänäytteitä, sillä näytteen kontaminoitumisen todennäköisyys on suuri. Koekuopasta kaivettu maa-aines kasataan koekuopan viereen, kuitenkin niin, ettei se pääse valumaan koekuoppaan eikä vaaranna koekuopan reunojen stabiiliteettia. Tarvittaessa maan pinta suojataan esimerkiksi muovilla ennen kuopasta poistettavan maa-aineksen läjittämistä. (Mroueh ym. 1996, 46.)

Näytteenotto koekuopasta suoritetaan käsin tai koneellisesti. Käsin kaivua lapiolla tarvitaan alueilla, joissa saattaa olla putkia ja johtoja. Lapiokaivua voidaan käyttää aina 2 metrin syvyyteen asti, ja koekuopan tulisi olla pinta-alaltaan noin 1 m². Koneelliseen kaivamiseen käytetään traktorikaivuria, kun koekuopan syvyys on 3–5 metriä. Tarvittaessa syvempiä koekuoppia on käytettävä kaivinkonetta. Koekuopasta otettava edustava näyte kerätään lapiolla tai lastalla kuopan seinämästä,

kun kuopan reunat ja pohja on puhdistettu valuneesta aineksesta. (Mroueh ym. 1996, 46.)

7.5.3 Maanäytteenotto kairan avulla

Maaperän näytteenottoon käytettäviä kairoja on monia erilaisia, joihin on integroitu erilaisia näytteenottoyksiköitä. Porakonekairaa käytetään yleensä kalliopinnan määrittämiseksi, näytteenottokairauksessa ja pohjavesiputkien asennuksessa. Tiiviiden maalajien tai täyttökerrosten läpäisemiseen voidaan käyttää heijarikairaa. Kannukairaa käytetään usein otettaessa näytteitä siltti- ja hiekkamaista, sedimentistä tai turpeesta pohjaveden alapuolella. Mäntäkairaa puolestaan käytetään häiriintymättömien näytteiden ottoon, ja se soveltuu parhaiten savi- ja silttimaalajeille sekä sedimenteille. Lapiokairalla voidaan ottaa näytteitä kivettömistä maalajeista, kun taas kierrekairat soveltuvat parhaiten hiekkamaiden ja hienompien maalajien näytteenottoon. (Mroueh ym. 1996, 47–51.)

7.6 Kunnostusmenetelmät

Pilaantuneiden maiden kunnostamisen tavoitteena on vähentää haitta-aineista syntyvää ympäristöriskiä. Kunnostusmenetelmän valintaan vaikuttavat tekijät ovat puhtaustavoite ja maa-aineksen loppukäyttö. Valintaan vaikuttavat myös haitta-aineen ominaisuudet ja sen pitoisuus. (Sillanpää, J. 2010, 24.) Kunnostusmenetelmät jaetaan karkeasti kolmeen ryhmään: kemialliseen käsittelyyn, fysikaaliseen käsittelyyn ja biologiseen käsittelyyn (Wood 2009, 47–48).

Kemiallisen käsittelyn tavoitteena on saattaa haitta-aineet sellaiseen muotoon, että ne voidaan tuhota tai muuttaa sellaiseen muotoon etteivät ne aiheuta ympäristö- ja terveysriskejä. Nämä tavoitteet saavutetaan käyttämällä erilaisia kemikaaleja haitta-aineiden sitomiseen. Fysikaalinen käsittely tähtää haitta-aineen poistoon ja jätteen turvalliseen loppusijoittamiseen. Biologisen käsittelyn tavoitteena on hajottaa haitta-aineet mikro-organismien avulla niin, etteivät ne aiheuta haittaa ympäristölle.

tai ihmisille. (Wood 2009, 47–48.) Tässä luvussa käsitellään yleisimpiä kaatopaikan kunnostusmenetelmiä.

7.6.1 Massanvaihto

Massanvaihtomenetelmä koostuu kolmesta vaiheesta: maankaivuu, kuljetus ja välivarastointi (Uusimäki, henkilökohtainen tiedonanto 19.3.2010). Kyseisellä menetelmällä tulee aina olla kaivuusuunnitelma, jonka laatimiseen vaikuttavat mm. kaatopaikalla vallitsevat olosuhteet, maa-aineksen haitalliset aineet sekä alueen pohjavesiolosuhteet. Kaivuun yhteydessä voi olla tarpeellista rajata maa-aines maalajien sekä haitta-aineiden mukaan, jotta maamassan käsittely ja loppusijoitus voidaan tehdä oikein. Kaivettaessa pohjaveden alta saattaa kysymykseen tulla rakennusaikainen pohjaveden pinnan alentaminen pumppaamalla. Menetelmän ympäristövaikutuksien rajaamiseksi tulee tuntea maamassan haitallisten aineiden päästövaikutukset. Haitallisia aineita voivat olla kaasu-, pöly- ja hajupäästöt sekä haihtuvat kemikaalit. (Sarkkila & Mroueh & Leino-Forsman 2004.)

Jos kaivuun yhteydessä ei maamassoja voida lastata heti kuljetusajoneuvon kyytiin, voi välivarastointi tulla kyseeseen. Välivarastointi tulisi tehdä tiiville, kuivalle ja kantavalle alustalle, ja pinta- ja sadevesien pääsy maa-ainekseen tulee estää pintaeristeellä, kuten esimerkiksi geomembraanilla. Pintaeriste estää myös maa-aineksen mahdollisen pölyämisen ja haitallisten aineiden kulkeutumisen ympäristöön. Jos kuitenkin varastoinnin yhteydessä syntyy suotovesiä, tulisi ne käsitellä paikan päällä. Yleisesti välivarastoinnin tarve tulisi aina minimoida. Välivarastointia ei voida suorittaa, jos haitalliset aineet sisältävät helposti haihtuvia yhdisteitä. (Sarkkila ym. 2004.)

Pilaantuneen maa-aineksen kuljettamisesta tulee aina tehdä siirtoasiakirjat, joissa ilmenevät kuljetetun materiaalin luonne, loppusijoituspaikka ja alkuperä sekä määrät. Kuljettaessa pilaantuneita maa-aineksia kuormat tulee aina peittää pölyämisen ja haitta-aineiden leviämisen estämiseksi. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.2 Eristäminen

Pilaantuneiden maiden eristämistä voidaan pitää loppusijoituksen omaisena toimenpiteenä. Menetelmää käytetään useasti kaatopaikkojen lopettamisen yhteydessä, jolloin pilaantuneen maan eristämisen tarkoituksena on eristää haitalliset aineet ympäristöstä pysyvästi, niin etteivät ne ajan kuluessakaan kulkeudu ympäristöön. Eristerakenteilta vaadittavan kestoajan tulee periaatteessa olla ääretön, joten rakennusmateriaalien tulee olla sellaisia etteivät niiden ominaisuudet huonone pitkänkään ajan kuluessa. (Sarkkila ym. 2004.)

Eristysrakenteita valittaessa tulee ottaa huomioon haitallisten kemikaalien kohdistama kuormitus rakenteeseen sekä ympäristön aiheuttamat fysikaaliset kuormitukset. Lisäksi tulee ottaa huomioon eristysrakenteiden läpäisevyys haitta-aineiden diffuusion kannalta. Esimerkiksi eräät klooratut yhdisteet kulkeutuvat diffuusion avulla nopeammin kuin vesi. Haitta-aineiden tulisi myös olla stabiilissa muodossa, jotta ne eivät aiheuta hallitsemattomia kuormituksia rakenteisiin. Orgaanisia haitta-aineita ei periaatteessa pitäisi eristää, vaan ne täytyisi käsitellä pysyvästi vaarattomiksi. Eristettävien maamassojen tulee olla myös tiivistettyjä, ei-plastisia ja koonpuristumattomia, jolloin kunnostettavan maa-alueen haitallisilta muodonmuutoksilta säästyttäisiin. Eristetyn maa-alan pinta-rakenteen tiiviiden säilymistä tulee seurata säännöllisesti ja ryhtyä kunnostustoimenpiteisiin, mikäli rakenteisiin alkaa muodostua suotovettä. (Sarkkila ym. 2004.)

Eristysrakenteet tehdään yleisesti yhdistelmärakenteina, jotka käsittävät keinotekoisien eristeiden ja mineraalisen tiivisteiden. Rakennettaessa yhdistelmärakennetta on huomioitava, että keinotekoinen eriste ja mineraalinen tiiviste ovat tiiviissä yhteydessä keskenään. Mineraalisten eristemateriaalien tulee olla luonteeltaan kunnostuskohteella havaittuja haitta-aineita pidättäviä. Mineraalieristemateriaaleja ovat esimerkiksi savi, maabentoniitti sekä eristeasfaltit. Näiden materiaalien käytön toimivuus ja haitta-aineiden pidättävyys testataan aina laboratoriossa. (Sarkkila ym. 2004.)

Keinotekoiset eristeet ovat yleisesti muovikalvoja eli geomembraaneja. Myös eristeasfalttia voidaan käyttää eristämiseen. Keinotekoisilla eristemateriaaleilla pyri-

tään eristämään pysyviä alkuaineita sekä hitaasti hajoavia yhdisteitä. Geomembraanien valmistaminen on erityisen haastavaa ja vaatii juuri oikeat olosuhteet, jotta kalvo käyttäytyy oikein. Tämä takia tulisi aina käyttää luokiteltuja geomembraaneja, jotta voidaan luottaa siihen, että materiaali toimii oikealla tavalla. Myös eristeasfaltin toimivuus tulee varmistaa laboratoriossa ennen käyttöä. (Sarkkila ym. 2004.)

Pinta- ja pohjaeriste muodostavat eristysrakenteen, joihin on usein liitettävä salaokerrokset, joiden avulla mahdolliset suotovedet saadaan kerättyä talteen myöhempää käsittelyä varten. Pintaeristeet suojaavat eristysrakenteita pinta- ja sadevesiltä, ja ne tehdään yleensä yhdistelmärakenteina niin kantavalle pohjalle, että materiaalit pystytään luotettavasti tiivistämään eikä pitkänkään ajan kuluessa rakenteeseen synny rakenteita vaurioittavia painaumuksia. (Sarkkila ym. 2004.)

Pintarakenteen mitoituksen lähtökohtana on se, paljonko vettä sallitaan imeytyä rakenteisiin. Tärkeintä on kuitenkin varmistaa se, että jos vettä pääsee rakenteisiin, vesi voidaan ohjata tehokkaasti ulos suotovesikeräilyjärjestelmän avulla. Pintarakenteeseen kuuluvat salaojakerros, suojakerros ja kasvukerros tai jonkin muunlainen pintakerros. (Sarkkila ym. 2004.)

Pohjaeristeiden osalta joudutaan tarkastelemaan erityisrakennemateriaalien kemiallista kestävyyttä ja haitta-aineiden kulkeutumisen esto-ominaisuuksia suhteessa olemassa oleviin haitta-aineisiin. Vaikeasti eristettäviä aineita ovat huonosti veteen liukenevat orgaaniset aineet, joilla on yleensä hyvät kulkeutumisominaisuudet, jopa paremmat kuin vedellä, ja ne kulkeutuvat helposti myös eri faaseissa. Pohjarakenteita suunniteltaessa ja rakennettaessa tulee noudattaa vähintään valtioneuvoston kaatopaikkoja koskevan päätöksen vaatimuksia vaarallisen jätteen kaatopaikoista. (Sarkkila ym. 2004.)

Pystyeristeitä käytetään yleisesti, kun pilaantunutta maa-ainesta ei voida siirtää tai käsitellä muilla tavoilla vaarattomaksi. Pystyeristeitä voidaan käyttää myös pohjavesien ohjaamiseen sekä paineen alentamiseen. Pystyeristeitä suunniteltaessa on tärkeitä ottaa huomioon maaperä, sen maakerrokset ja epäjatkuvuudet, jotta tiivistys voidaan tehdä oikein. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.3 Stabilointi ja kiinteytys

Stabilointi- ja kiinteytysmenetelmän tarkoitus on saada pilaantuneen maan haitalliset aineet sellaiseen muotoon, etteivät ne aiheuta vaaraa ihmiselle tai ympäristölle. Menetelmä on pääasiallisesti sovellettavissa epäorgaanisilla haitta-aineilla pilaantuneen maan kunnostukseen. Menetelmää käytettäessä tulee myös huomioda jätteen loppusijoitusmahdollisuudet, sillä menetelmä ei poista haitta-aineita. Tällöin menetelmän pitkäaikaiskestävyys on otettava erityisesti huomioon. (Sarkkila ym. 2004.)

Stabiloinnilla tarkoitetaan haitta-aineiden sitomista kemiallisesti niin, että niiden kulkeutuvuus, biosaatavuus, toksisuus ja liukoisuus vähenevät ja haitta-aineiden kiinteytyksellä tarkoitetaan aineiden fysikaalista muuttamista siten, että niiden puristuslujuutta, vesitiiveyttä tai sulkeutumista massaan kasvatetaan. Tällöin jätteen loppusijoitus voidaan tehdä hallitusti. Menetelmän haittapuolena voidaan pitää pilaantuneen maa-aineksen mahdollista tilavuuden kasvua. Stabiloitujen massojen uudelleen käsittely on myös erittäin vaikeaa, jos todetaan, ettei toteutettu käsittely tuottanut oikeaa lopputulosta. (Sarkkila ym. 2004.)

Stabiloinnin reseptointi eli käytettävien sideaineiden valinta on tehtävä aina sen mukaan, mitä haitta-aineita maa-aines sisältää. Menetelmässä useimmiten käytetyt sideaineet ovat sementti ja bitumi, ja joitain teollisuuden sivutuotteitakin, kuten lentotuhkaa voidaan käyttää stabilointiin. Näillä sideaineilla voidaan pääasiallisesti kiinteyttää metallit. Stabilointiin heikosti soveltuvia haitta-aineita ovat mm. dioksiinit, PCB, torjunta-aineet, elohopea ym. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.4 Terminen käsittely

Pilaantuneiden maiden käsittelyyn termisesti on monia erilaisia tapoja mukaan lukien poltto sekä korkea- ja matalalämpötiladesorptio. Tässä yhteydessä käsitellään pääasiassa matalalämpötiladesorptiota. (Sarkkila ym. 2004.)

Matalan lämpötilan desorptioalueena pidetään noin 100–300 °C. Tällä lämpötila-alueella voidaan käsitellä klooraamattomat haihtumattomat (VOC) ja puolihaihtuvat (SVOC) orgaaniset yhdisteet. Pääasiassa menetelmää käytetään öljyhiilivetyjen puhdistamiseen maa-aineksesta. Menetelmää käytettäessä on aina tehtävä koekäsittelyitä, joilla varmistetaan, että kaikki haitalliset aineet saadaan irrotettua kiinteästä aineksesta. Menetelmälle parhaiten soveltuvat maalajit ovat hiekka ja sora ja vaikeammin soveltuvia hienoainespitoiset savet ja siltit. Metalleja sisältävät maa-ainekset tulee käsitellä joko eristämällä, stabiloinnilla tai muulla soveltuvalla menetelmällä desorptiovaiheen jälkeen. (Sarkkila ym. 2004.)

Desorptiomenetelmän käyttö edellyttää muodostuvien kaasujen käsittelyä ja puhdistamista sekä partikkelien poistoa. Savukaasujen mukana voi poistua mm. dioksiineja, jotka ovat erittäin haitallisia ympäristölle ilmaan joutuessaan. Kaasujen puhdistusprosessia tulee seurata tarkasti, jotta voidaan varmistua siitä, että se toimii. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.5 Pesu

Pilaantuneen maan pesun tavoitteena on tilavuuden pienentäminen, koska pesemällä maata saadaan osa siitä soveltuvaksi suoraan hyötykäyttöön tai loppusijoitukseen. Pesun avulla, sopivissa olosuhteissa, jopa 85 % maa-aineksesta pystytään palauttamaan takaisin paikalleen. Maa-aines, joka on pilaantunut öljyillä, PAH-yhdisteillä tai raskasmetalleilla, soveltuu pesumenetelmälle parhaiten, kun taas huonoiten soveltuvia ovat haihtuvat hiilivedyt. Parhaimmat pesutulokset saadaan maa-ainekselle, joka on hiekkaa tai sitä karkeampaa. (Sarkkila ym. 2004.)

Pesumenetelmän käyttöehtona on, että syntyvät jätevedet pystytään käsittelemään tai loppusijoittamaan sekä pystytään osoittamaan esimerkiksi laboratoriokokein menetelmän soveltuvuus kyseessä oleville haitta-aineille. (Sarkkila ym. 2004.)

Pilaantuneiden maiden pesulaitokset ja aineet pitävät sisällään yleensä menetelmiä, joita ei kilpailusyistä kerrota. Maa-aineksen pesu tapahtuu vedellä, ja siihen voidaan lisätä apuaineita, joita ovat esimerkiksi pinta-aktiiviset aineet ja lisäliuotti-

met. Joissakin tapauksissa myös pH:n säätö ja lämpötilan nosto ovat olennainen osa pesuprosessia. (Sarkkila ym. 2004.)

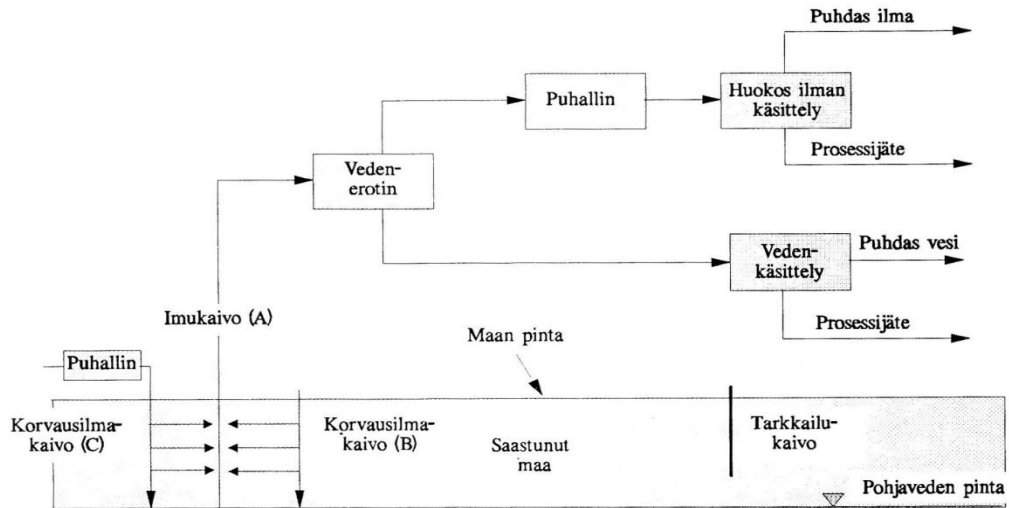
Pesuprosessiin kuuluu yleensä raekokolajittelu ja eri jakeet pestään erikseen. Erotusmenetelmiä ovat pesuseulonta, nestesykloni sekä flotaatio. Pesuprosessissa eroteltavasta jätelietteestä erotetaan pesuneste, joka puhdistetaan ja johdetaan takaisin pesuprosessiin. Jätelietteen hienoaines kuivataan ja sen loppusijoitusmahdollisuudet selvitetään. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.6 Huokoskäsittely ja bioventing

Huokoskäsittelyllä tarkoitetaan maaperän huokostilassa sijaitsevien haitta-aineiden poistoa alipaineen avulla. Aineiden poistamiseen hyödynnetään luonnollisia kulkeutumisoimaisuuksia, kuten advektiota, desorptiota, höyrystymistä ja diffuusiota. (Sarkkila ym. 2004.) Huokosilmatekniikan yleisperiaate on kuvattu kuviossa 10.

Huokoskaasuimu soveltuu klooratuille ja klooraamattomille haihtuville orgaanisille yhdisteille sekä joillekin puolihaihtuville orgaanisille yhdisteille. Huokoskäsittely ja bioventing soveltuvat erityisesti sellaisille pilaantuneille maille, joiden kunnostaminen muilla tavoin, kuten kaivamalla, kohteessa olevien rakennuksien rakenteiden läheisyyden takia, ei onnistu. Maan pinnalle nousevat poistokaasut otetaan talteen jatkokäsittelyä varten (Sarkkila ym. 2004.)

Menetelmää rajoittavia tekijöitä ovat maaperän epähomogeenisuus, korkea hienoainespitoisuus, orgaanisen aineksen määrä, maaperän kosteuspitoisuus, pohjaveden pinnankorkeus ja haitta-aineiden ominaisuudet ja pitoisuudet. Menetelmällä ei voida saavuttaa tilannetta, jolloin maaperä olisi täysin puhdas, joten suunniteltaessa menetelmän käyttöönottoa, on selvitettävä puhdistustarve ja sen saavuttamismahdollisuudet kyseisellä menetelmällä. (Sarkkila ym. 2004.)



KUVIO 10. Huokosilmatekniikan yleisperiaate (Mroueh ym. 1996, 151.)

Bioventing tarkoittaa ilman tai hapen pumppaamista haitta-aineiden täyttämiin maahuokosiin. Pumpattu ilma tai happi tehostaa mikrobien toimintaa maaperässä, jolloin haitta-aineet hajoavat paremmin. Ilmaa pumpataan maaperään vain sen verran, mitä mikrobit pystyvät käyttämään, eikä ilma saa kiertää takaisin ilmakehään. Bioventing-menetelmää käytettäessä tulee ensin tutkia maaperän mikrobien kasvua rajoittavia tekijöitä, joita ovat pH, kosteuspitoisuus, perusravinteiden määrä (typpi ja fosfori) sekä maaperän lämpötila. Haitta-aineiden pitoisuudet voivat myös olla niin korkeita, että ne voivat tappaa mikrobikasvuston maaperässä. (Sarkkila ym. 2004.)

Air sparging puolestaan tarkoittaa ilman pumppaamista maaperään siten, että ilma kuljettaa mukanaan haitallisia aineita. Ilman mukana kulkeutuneet haitta-aineet kerätään maanpinnalla talteen jatkokäsittelyä varten. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.7 Kompostointi

Kompostoinnilla tarkoitetaan pilaantuneen maan orgaanisten aineiden hajottamista mikrobitoiminnan avulla. Kompostoinnissa on kolme päämenetelmää: staattinen ilmastettu kasa, mekaanisesti sekoitettava kompostori sekä aumakompostointi.

Kompostointilaitoksissa voidaan käyttää myös näiden menetelmien yhdistelmiä. (Sarkkila ym. 2004.)

Mikrobit kasvavat tietyillä lämpötila-alueilla sen mukaan minkälaisia mikrobeja käytetään. Lämpötila-alueita on kolme: psykrofiiliset (alle 25 °C), mesofiiliset (noin 20–45 °C) ja termofiiliset (noin 45–65 °C). Jokaisella mikro-organismilla on oma minimilämpötila, jonka alapuolella ne eivät enää kasva, mutta voivat pysyä hengissä ja pystyä jonkinlaiseen hajoitustoimintaan. Kompostoinnin tärkeimmät tekijät ovat pH, kosteus, lämpötila, hiili-typpisuhde ja happipitoisuus. (Sarkkila ym. 2004.)

Kompostointi sopii orgaanisten haitta-aineiden, kuten öljyhiilivetyjen, PAH-yhdisteiden ja torjunta-aineiden saastuttaman maan puhdistukseen. Menetelmä soveltuu huonoiten raskaille pitkäketjuisille hiilivedyille sekä raskasmetalleilla pahoin pilaantuneille maille. Yli 2500 ppm:n pitoisuudet raskasmetallien osalta ovat myrkyllisiä mikrobeille, jolloin kompostointiprosessi häiriintyy. (Sarkkila ym. 2004.)

7.6.8 Hyötykäyttö ja loppusijoittaminen

Pilaantuneet maat voidaan ohjata loppusijoitukseen sellaiseen paikkaan, missä niitä ei tarvitse enää koskaan siirtää pois ajoittaisten kunnostustoimenpiteiden tai uudelleen rakentamisen vuoksi. Jo lievästi pilaantuneet maat ovat kierrätyskelvottomia. Pilaantuneen maan ohjearvo (tavoitearvo/kynnysarvo) kertoo haitta-aineen suurimman pitoisuuden, jota pidetään ympäristölle ja ihmiselle vaarattomana. Ohjearvon alittuessa alueen maankäytölle tai maamassojen sijoittamiselle ei ole rajoituksia. Raja-arvo ilmaisee haitta-aineen pitoisuuden, jonka ylittäminen aiheuttaa toimenpiteitä. (Sarkkila ym. 2004.)

Loppusijoituspaikkoja ovat yleisesti kaatopaikat, joita valvotaan ja joista mahdolliset suotovedet kerätään talteen ja jatkokäsittelyyn. Pilaantunutta maa-ainesta voidaan käyttää esimerkiksi kaatopaikkarakenteen välipeittokerroksina ja pinnan muotoiluun, jotka peitetään pintakerroksen avulla. (Sarkkila ym. 2004.)

Loppusijoitettavien maa-ainesten haitta-ainepitoisuudet on tunnettava ja on pystyttävä osoittamaan, että ne ovat stabiilissa muodossa. Alkuaineiden osalta on pystyttävä osoittamaan, että ne pysyvät sidottuina maa-aineksiin kaikissa olosuhteissa. Orgaanisten aineiden kohdalla on pystyttävä todistamaan, että liikkeelle lähtiessään aineet hajoavat luonnollisesti. (Sarkkila ym. 2004.)

7.7 Jälkitarkkailu

Jälkitarkkailun avulla pystytään varmistamaan kunnostustöiden riittävyys sekä varmistamaan, ettei kunnostetun alueen myöhemmän käytön myötä aiheudu riskiä ympäristölle tai terveydelle. Jälkitarkkailun laajuus, tarkkailumenetelmät sekä tarkkailuun käytettävä aika riippuvat kunnostusmenetelmän, sijoituskohteen ja käsittelyssä saavutettujen lopputulosten perusteella. Jälkiseurannan suunnitteluvaiheessa tulee aina ottaa huomioon kunnostustyön riskistaso, jota voidaan arvioida mm. haitallisten aineiden pitoisuuksien, toksisuustason sekä pohjaveden tason mukaan. (Mroueh ym 1996, 119.)

Jälkitarkkailuohjelmassa määritetään muun muassa tarkkailtavat parametrit, näyttekohdat sekä -ajankohdat, näytteenottomenetelmät, näytteestä tutkittavat aineet, tulosten raportointi sekä jakelu. Jälkitarkkailua suoritetaan yleensä 2–5 vuotta, mutta joissakin tapauksissa pidempikin tarkkailujakso on tarpeen. (Mroueh ym 1996, 119.)

8 KUNNOSTUSALUEEN KUVAUS

Vattajantien kaatopaikka (kiinteistörekisteritunnus: 272–432–14–39) sijaitsee Kokkolan kaupungissa Lohtajalla. Kaatopaikalta on noin 2,5 km:n matka Lohtajan keskusta, ja kiinteistön omistaa Kokkolan kaupunki. Vattajantien kaatopaikka on toiminut vuosina 1964–1975 yhdyskuntajätteen kaatopaikkana. Toiminnan loputtua kaatopaikka on peitetty maalla. Kaatopaikan kokonaispinta-ala on noin 2000 m². (Aspholm 2005, 2.) Kuviossa 11 näkyy kaatopaikka ennen kunnostustöiden alkamista.



KUVIO 11. Lohtajan vanha kaatopaikka ennen kunnostusta

8.1 Alueen maaperä- ja hydrogeologia

Kaatopaikka-alueen maaperä koostuu pääasiassa hiekasta ja siltistä. Maaperän pinnassa on noin metrin hiekkakerros, jonka alla on silttihiekkaa vähintään 6,0 m:n syvyyteen. Silttihiekkakerroksen alla on hiekkasorakerros. (Aspholm 2005, 2.)

Vattajantien kaatopaikka sijaitsee Karhinkankaan I luokan pohjavesialueella, lähellä harjun ydintä (LIITE 2). Pohjaveden virtaussuunnassa noin 2,6 km:n etäisyydellä luoteeseen sijaitsee Puolustusvoimien harjoitusleirialueen vedenottamo. Lohtajan päävedenottamo sijaitsee noin 3 km kaatopaikalta. Lähin asutus sijaitsee noin 700 m:n päässä kaatopaikalta, joka sisältää mm. käytöstä poistettuja turkistarhoja. (Aspholm 2005, 2.)

Karhinkankaan pohjavesimuodostuma on osa luode–kaakkosuuntaista harjujaksoa. Harjumuodostuma kulkee Halsualta Ullavan kautta Lohtajalle. Harju jatkuu Pohjanlahteen luoteessa. Pohjaveden virtaussuunta on kaakosta luoteeseen. Harju on muodoltaan laakeaksi tasoittunut, ja sitä ympäröivät laajalle levinneet hiekkakerrostumat. Pohjavesi purkautuu lähteistä sekä Vattajanniemen Kylmäperän ojiin muodostuman länsi- ja lounaispuolella. (Aspholm 2005, 2.)

8.2 Alueella tehdyt pohjavesitutkimukset

Kaatopaikka-alueen pohjavesien laatua on seurattu Länsi-Suomen ympäristökeskuksen toimesta vuosina 1999–2004 yhteensä neljästä pohjavesiputkesta (LIITE 3). Vuosina 1999 ja 2000 pohjavesiputkista (P1, P2) otettujen näytteiden perusteella havaittiin mm. happipitoisuuden laskua sekä merkittävää happamoitumista. Ammoniumtyypen pitoisuus sekä kemiallinen hapenkulutus pohjavedessä oli kasvanut. Kokonaistypen ja -fosforin osalta pitoisuudet vaihtelivat. (Aspholm 2005, 3.)

Vuonna 2004 alueelle lisättiin kaksi pohjavesiputkeä, jotta pohjaveden tilasta saataisiin parempi kuva. Loppukesällä 2004 suoritettujen tutkimusten mukaan pohjaveden tila oli edelleen heikentynyt pohjavesiputkissa 1 ja 2. Tällöin pohjavesi oli lähes täysin hapetonta, kokonaistypen ja kokonaisfosforin pitoisuudet olivat ko-

honneet moninkertaisiksi sekä kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) oli kasvanut. Ammoniumtyypen pitoisuus, pH sekä sähkönjohtavuus olivat pysyneet ennallaan. (Aspholm 2005, 3.)

Vuonna 2004 tehtyjen tutkimusten yhteydessä määritettiin myös alkuaineiden pitoisuudet. Niiden pitoisuudet eivät varsinaisesti olleet korkeita, mutta kaatopaikan vaikutukset olivat kuitenkin huomattavissa. Metallien osalta kromin, sinkin, vanaadiinin sekä lyijyn pitoisuudet pohjavedessä olivat korkeimmat kaatopaikan läheisyydessä. Huomattavaa oli, että raskasmetallien pitoisuudet pohjavesissä olivat korkeimmat pohjavesiputkessa 1, vaikka se sijaitsee kauempana kaatopaikasta. (Aspholm 2005, 3.)

Johtopäätöksenä alueen pohjavesistä voidaan sanoa, että kaatopaikalta liukeni pohjaveteen pääasiassa ravinteita, joiden pitoisuudet ovat melko korkeita. On kuitenkin otettava huomioon, että osa ravinteista voi olla peräisin lähellä sijaitsevilta pelloilta ja käytöstä poistetulta turkistarhalla. On myös mahdollista, että ravinteet ovat lähteneet liikkeelle kesän 2004 poikkeuksellisen runsaiden sateiden ja pohjaveden korkean pinnan vaikutuksesta. (Aspholm 2005, 4.)

Raskasmetallien vaikutus pohjaveteen on tutkimusten mukaan vähäistä, mutta kuitenkin havaittavissa. Helpoimmin liukenevien aineiden osalta kuparin ja kromin vaikutukset pohjaveteen näkyvät putkessa P4 asti, mutta erityisesti putkessa P1. Pohjaveden virtaussuunta on kaatopaikalta putkien P1 ja P4 suuntaan. P2-putkessa, joka sijaitsee kaatopaikkaa lähinnä, metallipitoisuudet ovat alhaisemmat. Tästä voidaan päätellä, että raskasmetallit ovat jo suurelta osaltaan lienneet ja kulkeutuneet eteenpäin hyvin vettä johtavassa maaperässä. Täten ”raskasmetalli-impulssin” voidaan olettaa olevan matkalla länteen–luoteeseen. Tätä johtopäätöstä tukee myös kaatopaikan varhainen käyttöajankohta (1964–1975). (Aspholm 2005, 4.)

Vattajantien kaatopaikka on luonteeltaan hyvin samanlainen kuin muut Suomen vanhat kaatopaikat. Poikkeuksena ovat kuitenkin alhaiset raskasmetallipitoisuudet tutkimusalueella. Suomalaisten kaatopaikkojen ominaisuuksia on kuvattu taulukossa 10. (Aspholm 2005, 5.)

TAULUKKO 10. Suomalaisen kaatopaikan yleiset ominaisuudet. (Aspholm 2005, 5.)

Ominaisuus	Nuori kaatop. ¹⁾ keskiarvo	Nuori kaatop. ²⁾ min – max	Vanha kaatop. ³⁾ min – max	Vanha kaatop. ⁴⁾ min – max	Vanha kaatop. ⁵⁾ min – max
T (°C)	2-16	-	0,3-20	-	-
pH (-)	6,4	6,7-7,5	2,8-8,6	6,6-7,9	7,1
Johtokyky (mS/m)	370	450-680	4,6-820	170-720	214
SS (mg/l)	150	60-190	11-130	40-130	80
Cl (mg/l)	-	380-650	4,8-1800	200-360	170
NH ₄ -N (mg/l)	140	150-290	0,001-340	39-130	88
P-tot (mg/l)	3,4	0,4-1,9	-	0,4-1,3	-
COD _{Cr} (mg/l)	6200	2100-3600	40-2200	280-1700	600
TOC (mg/l)	-	970-3000	0,04-590	-	379
BOD ₇ (mg/l)	3900	1000-2000	1,0-97	40-400	270
VFA (mg/l)	2100	-	-	-	-
Natrium (mg/l)	-	-	4,0-750	140-1900	820
Kalium (mg/l)	-	-	1,4-310	93-230	170
Kalsium (mg/l)	-	340 - 510	-	67-290	-
Mangaani (mg/l)	-	1,1-3,1	0,05-8,8	0,45-5,8	1,9
Rauta (mg/l)	-	37-84	0,25-150	5,8-330	7,7
Kadmium (µg/l)	-	<1	<0,01-70	<3	0,6
Koboltti (µg/l)	-	2-7	<6-100	-	-
Kromi (µg/l)	-	28-95	0,5-80	12-79	9
Kupari (µg/l)	-	3-32	0,7-110	6-120	4
Nikkeli (µg/l)	-	30-71	3,3-59	22-46	98
Lyijy (µg/l)	-	<1-5	<0,1-40	10-73	14
Sinkki (µg/l)	-	160-740	10-110000	20-540	190
Fekaaliset streptokokit (kpl/ml)	-	-	0-65800	-	4-7700 ⁶⁾
Fekaaliset kolibakteerit (kpl/ml)	-	600-100000	0-720000	-	1-650 ⁶⁾

8.3 Kaatopaikkakelpoisuustutkimukset

Kaatopaikkakelpoisuustutkimuksen (LIITE 4) laboratorioanalyysit suoritettiin Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratorio. Näytteenoton kaatopaikalla suoritettiin Länsi-Suomen ympäristökeskus. (Tutkimusseloste 2009.)

Lohtajan kaatopaikalta otettiin yhteensä 7 kappaletta maanäytteitä. Näistä seitsemästä osanäytteestä tehtiin kokoomanäyte, josta määritettiin seuraavien analyttien kokonaispitoisuudet: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Mo, Se, Sb, Zn, V ja kokonaisorgaaninen hiili (TOC) sekä mineraaliöljy (C₁₀–C₄₀) ja PAH-määritykset. Kokoomanäytteestä tehtiin myös liukoisuuskoe, josta määritettiin seuraavat analyytit: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Mo, Se, Sb, Zn, V ja kloridi-, fluoridi-, ja sulfaatti

ionit sekä liukoinen orgaaninen hiili (DOC). Mineraaliöljyt ja PAH-yhdisteet määritettiin NabLabs Oy:n laboratoriossa. (Tutkimusseloste 2009.)

Kaatopaikkakelpoisuusmääryksien raskasmetallipitoisuudet olivat pääasiassa melko pieniä, ja orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus oli vain 27 mg/kg. Korkeimmat pitoisuudet maanäytteissä olivat lyijyllä, sinkillä, arseenilla ja kadmiumilla. (Tutkimusseloste 2009.)

Mineraaliöljyjen osalta pitoisuudet olivat pieniä 490 mg/kg. Määrä alittaa selvästi VNA 202/2006:n mukaisen raja-arvon jätteen sijoituksessa pysyvän jätteen kaatopaikalle (500 mg/kg). Öljyjakeiden pitoisuus ylitti kuitenkin VNA 214/2007:ssä annetun kynnyksiarvon 300 mg/kg, ja se voidaan siten luokitella luokkaan ”kohonnut öljypitoisuus” (luokka B). (Tutkimusseloste 2009.)

PAH-yhdisteiden pitoisuus kokoomanäytteessä oli 0,86 mg/kg. Pitoisuus täyttää täten selvästi kaatopaikkakelpoisuuskriteerin sekä alittaa pilaantuneen maan kynnysarvot. (Tutkimusseloste 2009.)

Liukoisuustestin mukaan maaperän liukoisuussuodoksella oli melko emäksistä, pH 8,2. Liukoisuussuodoksesta määritettävien analyttien pitoisuudet jäivät alle määritysrajan. Myös kloridit, fluoridit, sulfaatit sekä liukoinen orgaaninen hiili täyttivät Valtioneuvoston asetuksen 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen arvot. (Tutkimusseloste 2009.)

Tutkimustulosten perusteella kaatopaikan maa-aines voidaan luokitella tavanomaiseksi jätteeksi luokitusnumerolla 17 05 04 ja se kuuluu jätenimikeryhmään 17 05, ”Maa-ainekset (pilaantuneilta alueilta kaivetut maa-ainekset mukaan luettuina), kiviainekset ja ruoppausmassat”. Täten kokoomanäytettä vastaavat maamassat voidaan toimittaa loppusijoitukseen VNA 202/2006:n mukaisille tavanomaisen epäorgaanisen jätteen tai tavanomaisen sekajätteen kaatopaikoille. (Tutkimusseloste 2009.)

8.4 Kunnostussuunnitelma ja tavoitteet

Lohtajan kaatopaikka-alueen kunnostuksen tavoitteena oli turvata pohjaveden laatu alueen läheisillä vedenottamoilla. Kaatopaikka sijaitsee I luokan pohjavesialueella, joten alueen puhdistustavoitteeksi asetettiin valtioneuvoston asetuksessa annetut maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin mukaiset kynnyksarvot. Pohjavedelle ei esitetty kunnostusvaatimuksia.

Kunnostussuunnitelmassa kunnostusmenetelmäksi ehdotettiin massanvaihtoa. Suunnitelmassa esitettiin, että jätetäyttö ja sen alapuolinen mahdollisesti pilaantunut maa-aines poistettaisiin ja korvattaisiin puhtaalla maa-aineksella. Alueen kunnostuksen tavoitetaso varmistettaisiin kenttä- ja laboratorioanalysein. Suunnitelmassa ehdotettiin myös, että kunnostuksen ajaksi rakennettaisiin murskepeti maansiirtokoneiden renkaiden puhdistusta varten. Kunnostustöiden jälkeen murskepeti poistettaisiin ja kuljetettaisiin asianmukaiseen vastaanottopaikkaan.

9 KUNNOSTUSTYÖT

Lohtajan vanha kaatopaikka kunnostettiin vuoden 2009 marras–joulukuun välisenä aikana. Kunnostus suoritettiin massanvaihtotekniikalla ja kunnostusalueen jäte- täyttö kuljetettiin Kälviän kaatopaikalle, jossa se hyödynnettiin kaatopaikan esipeit- tokerroksena. Kunnostus suoritettiin ilmoitusmenettelyä noudattaen. Kaatopaikan kunnostamisesta tehtiin ilmoitus Länsi-Suomen ympäristökeskukselle 14.9.2009 (LIITE 5) ja kunnostuksesta saatiin päätös 28.9.2009 (LIITE 6). Päätöksen tultua voimaan kunnostuksesta kuulutettiin asianmukaisesti Länsi-Suomen ympäristö- keskuksen ja Kokkolan kaupungin ilmoitustauluilla.

9.1 Massanvaihto

Pienehköt, pohjavesialueella sijaitsevat riskikaatopaikat voidaan kunnostaa jäte- täytön siirrolla. Kaatopaikka voidaan siirtää nykyiselle tai uudelle valvotulle kaato- paikalle tai vanhan kaatopaikan lähetyville rakennetulle tiiviille pohjarakenteelle. (Kaatopaikkojen lopettamisopas 2001, 32.)

Kunnostustyöt aloitettiin 16.11.2009, jolloin alueen puusto raivattiin ja maansiirto- koneille tehtiin murskeesta lastausalusta. Kaivutöiden alkaessa alue rajattiin ja pystytettiin asianmukaiset kyltit (KUVIO 12) varoittamaan työmaa-alueesta. Kun- nostustöitä jatkettiin, kunnes kelirikko keskeytti työt 19.11.2009. Jätetäytön siirtoa (KUVIO 13) jatkettiin pakkassäiden myötä 7.12.2009 ja työ saatiin vietyä loppuun 14.12.2009. Työn urakoinnista vastasi Kokkolan Autoilijat ja työmaajohtamisesta ja –valvonnasta vastasi Länsi-Suomen ympäristökeskus. Ympäristöteknisestä val- vonnasta vastasi Pohjanmaan vesiensuojelu yhdistys ja Kokkolan kaupungin ym- päristöpalvelut.



KUVIO 12. Varoituskyltti pilaantuneen maan kunnostuksesta



KUVIO 13. Jätetäytön siirto

Jätetäyttöä ja maamassoja kuljetettiin Kälviän kaatopaikalle (KUVIO 14) yhteensä 3940 m³. Kälviällä massat hyödynnettiin kaatopaikan esipeittokerrosmateriaalina. Jokaisesta jätetäyttökuormasta tehtiin kuormakohtaiset siirtokirjat, jotka ovat arkis-

toituina Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukseen, Kokkolan toimipaikkaan.



KUVIO 14. Kälviän kaatopaikka

Jätetäytön korkeus kaatopaikalla vaihteli välillä 0,5–2,5 m ja sisälsi pääasiassa yhdyskuntajätettä (KUVIO 15 & 16), kuten kankaan palasia, metalleja, muovia, lasia ja renkaita. Alueelta löytyi myös muutama auton romu. Suurimmat metalliromut kuljetettiin Ekoroskin Storkohmon jäteasemalle. Metallirohua oli yhteensä 24 m³.



KUVIO 15. Jätetäytössä oli paljon muovia, metallia ja kangasta



KUVIO 16. Jätetäytöstä eroteltua metalliromua

Jätetäytön kuljetus Kälviälle suoritettiin siten, että jätteiden leviäminen ympäristöön kunnostustyön aikana estettiin. Kulkureittinä kaatopaikalle käytettiin Vattajantietä. Jätetäyttö kaivettiin alueelta pois kaivinkoneella ja lastattiin suoraan kuorma-autojen lavoille. Lastatut maamassat peitettiin aina muovipeitteellä ennen liikkeellelähtöä, jotta voitiin estää mahdollisten haitta-aineiden leviäminen ympäristöön pölyn mukana. Kuorma-autojen renkaiden puhdistamisesta huolehdittiin murskepedin avulla ja samalla kiinnitettiin huomiota, ettei haitta-aineita päässyt ympäristöön kuljetuskaluston mukana.

Kunnostus tuli suorittaa siten, että jätetäytön alapuoliset, pilaantuneiksi epäiltyjen massojen haitta-ainepitoisuudet alittavat VNa 214/2007:ssa annetut kynnysarvot. Annetut arvot näkyvät taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Kunnostuksessa käytetyt kynnysarvot (VNA 214/2007.)

Haitta-aine	Kynnysarvo mg/kg
Öljyhiilivedyt C ₁₀ -C ₄₀	300
Arseeni	5
Kadmium	1
Kromi	100
Kupari	100
Nikkeli	50
Sinkki	60
Lyijy	200
Vanadiini	100

Kunnostustavoitteeseen pääsy varmistettiin kenttämittauksin. Kun kaikkien jätetäytön alapuolisten maiden haitta-ainepitoisuudet alittuivat, voitiin kunnostusalueelle tuoda täyttömaata. Täyttömaa tuotiin Lohtajalta Houraatista. Tuotu täyttömaa oli hiekkaa, joka oli raekooltaan melko samanlaista kuin kaatopaikan alainen hiekka. Täyttömaata tuotiin alueelle noin 1285 m³, ja se levitettiin alueelle siten, että maan pinta oli samassa tasossa kuin ympäristössäkin. Täyttömaan päälle levitettiin vielä noin 141 m³ kuoriketta, jotta kasvillisuus saisi hyvän alustan kasvaakseen.

9.2 Näytteenotto ja kenttämittaukset

Näytteenoton ja kenttämittaukset suorittivat Tiia Sillanpää Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry:stä sekä Sonja Kesti Kokkolan kaupungin ympäristöpalveluista. Kaatopaikka-alue jaettiin erillisiksi näyte-alueiksi, mikä on kuvattu liitteessä 7. Jokaisesta alueesta otettiin kokoomanäytteet. Näyte kerättiin pienellä muovisella lapiolla. Alkuainemäärytyksiin näyte kerättiin minigrip-pusseihin kuopan reunoilta sen jälkeen, kun kuopan pohjalle valuneet maa-ainekset oli poistettu kuopasta (KUVIO 17). Öljyhiilivetyjen analysointiin näyte kerättiin öljyhiilivetynäytteille tarkoitettuihin pusseihin ja suljettiin tiiviisti nippusiteellä. Näytteille tehtiin alkuainemäärytykset käyttäen Innov-X-kenttäanalysaattoria sekä öljyhiilivety määritykset PetroFLAG-analysaattorin avulla. Näytteitä otettiin kunnostusalueelta yhteensä 39 kappaletta, joista 10 lähetettiin Eurofins Scientific Finland Oy:n laboratorioon Tampereelle, jossa näytteiden haitta-ainepitoisuudet varmistettiin. Näytteiden analyysitulokset on esitetty liitteessä 8. Yhdestä näytteestä (E3–E4) määritettiin laajempi analyysivalikoima (TerrAttesT). Eurofins Scientific Finland Oy on akkreditoinut teetetyt metalli- ja öljyhiilivetyanalyysit ja on Mittatekniikan keskuksen hyväksymä laboratorio.



KUVIO 17. Näytteenotto

Kunnostuksessa käytettiin kahta eri Innov-X- analysaattoria. Ensimmäisessä vaiheessa käytössä oli Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen analysaattori, ja toisen vaiheen aikana laite oli GWM-Engineeriltä Kuopiosta.

9.2.1 Innov-X-kenttäanalyysointilaite

Innov-X on röntgenfluoresenssi spektrometri, jota käytetään tunnistamaan aineessa esiintyviä komponentteja sekä niiden pitoisuuksia. Elementti pystytään tunnistamaan sen ominaisuuksista päästä läpi röntgensäteiden aallonpituuksia (λ) tai energiaa (E). Elementin määrä varmistetaan mittaamalla sen tiheys.

Menetelmän avulla näytteen analysointi on helppoa ja nopeaa, sillä näytettä ei tarvitse juurikaan valmistella ja itse analysointi kestää vain pari minuuttia. Kenttäanalyysointilaite (KUVIO 18) on kämmentietokone, johon on syötetty kunkin alkuaineen tiedot nk. kirjastoksi, johon laite vertaa näytteen tuloksia ja pystyy siten

identifioimaan aineen sekä määrittämään sen pitoisuuden. (Innov-X Systems 2003.)



KUVIO 18. Innov-X-kenttäanalysaattori (Innov-X Systems 2003.)

Kuten kaikki analyttiset menetelmät, myös Innov-X vaatii homogeenisen näytteen, jotta tulos olisi luotettava. Kenttäanalysaattoria voidaan käyttää kolmella eri tavalla määrittäessä metalleja maaperästä:

- In-situ- maaperätestaus, jossa kenttäanalysaattori voidaan asettaa suoraan analysoitavaan kohteeseen (KUVIO 19)
- pussitettu maaperänäyte, jolloin maaperänäyte on kerätty pussiin, jonka läpi analysointi tehdään. Tosin kromin, vanadiinin ja bariumin testaus ohuen muovin läpi ei onnistu luotettavasti, sillä tulokset voivat olla noin 20–30 % alhaisemmat.
- valmisteltu maaperänäyte, joka vaatii tietynlaisen menettelyn näytteelle. Tämä menetelmä antaa mahdollisimman tarkat tulokset. (Innov-X Systems 2003.)



KUVIO 19. Näytteen analysointi in-situ (Innov-X Systems 2003.)

Lohtajan kaatopaikan kunnostusnäytteet analysoitiin pussitetusta maaperänäytteestä käyttäen vähintään kolmea rinnakkaismittausta. Innov-X- analysaattorin määrittämissarajat (TAULUKKO 12) vaihtelivat eri haitta-aineiden kohdalla. Joissain tapauksissa, kuten esimerkiksi arseenin ja kadmiumin kohdalla, määrittämissaraja jäi jopa alle VNA:n 214/2007 asettamien kynnysarvojen, jolloin näytteen puhtaus tuli määrittää laboratoriossa.

TAULUKKO 12. Valtioneuvoston (214/2007) asettamat kynnysarvot ja Innov-X-kenttäanalysointilaitteen määrittämissarajat. (Innov-X-systems 2009.)

Haitta-aine	Kynnysarvo (mg/kg)	Määrittämissaraja (mg/kg)
Lyijy	60	10
Kupari	100	10
Sinkki	200	10
Arseeni	5	10
Kadmium	1	50
Nikkeli	50	10
Kromi	100	10
Vanadiini	100	10

9.2.2 PertoFLAG-testausmenetelmä

PetroFLAG on uuteliuotinjärjestelmä öljyhiilivetyjen pitoisuuden määrittämiseen maaperästä. Menetelmällä voidaan tunnistaa dieselöljyt, raakaöljyt, polttoöljyt, kerosiinit, moottoriöljyt, rasvat, muuntajaöljyt sekä muut öljyhiilivedyt. Usean komponentin tunnistaminen on tehty mahdolliseksi vastekertoimen avulla, jonka käyttäjä voi valita sen mukaan, minkälaista pilaantumista maaperässä epäillään. (Dexil 1997.)

Analysointi koostuu kolmesta vaiheesta: uutto, suodatus ja analyysi. Uutossa maaperänäyte uutetaan uuttoliuoksen avulla, jonka jälkeen näyte suodatetaan ja lisätään kehiteliuos, jolloin näyte reagoi. Näytteen öljyhiilivetypitoisuus voidaan mitata pienellä optisella analysaattorilla. Analysaattorin mittausalue on 10–100 mg/kg. (GWM-Engineering Oy 2010.)

Näytteen valmistelua varten punnittiin 10 g ($\pm 0,1$) näytemaata uuttoputkeen, johon lisättiin uuttoliuos, jonka jälkeen putkea ravisteltiin 10 sekuntia. Uuttoputkea sekoitettiin tasaisin väliajoin noin 4 minuuttia, jonka jälkeen maa-aineksen annettiin laskeutua noin minuutin. Tämän jälkeen uuttoliuos suodatettiin ruiskun avulla määritysampulliin. Ensimmäiset tipat suodoksesta valutettiin jäteastiaan. Määritysampulliin lisättiin suodosta, kunnes se oli täynnä, jonka jälkeen käynnistettiin ajastin (10 minuuttia) ja sekoitettiin ampullia 10 sekuntia.

Mittaus suoritettiin kalibroidulla PetroFLAG-mittarilla (KUVIO 20), johon oli asetettu myös oikea vastekerroin eli vastekerroin 5. Kalibrointi tehtiin nollanäytteen avulla, joka valmistettiin samoin kuin varsinaiset näytteet. Ennen mittausta ampullit pyyhittiin hyvin liasta ja sormenjäljistä, jotta ne eivät häiritse mittarin optista lukulaitetta.



KUVIO 20. Öljyhilivety-analyysi PetroFLAG-laitteella

10 TULOKSET

Kenttä- ja laboratoriomäärittysten tulokset ovat taulukoissa 13 ja 14. Taulukoissa on myös esitetty maaperän pilaantuneisuuden ja pudistustarpeen arvioinnin aseptuksessa annetut kynnsarvot pilaantuneelle maaperälle.

TAULUKKO 13. Kenttämittaustulokset

Pvm	Näyte	Syvyys (m)	Pitoisuudet (mg/kg)						Öljyt (C10-C40)
			Cr	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
Kynnsarvo (mg/kg)			100	50	100	200	5	60	300
9.12.2009	A	0,5-1,5							43
19.11.2009	A1, A2	0,5	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	11,40	
19.11.2009	A1, A2	0-0,5							29
19.11.2009	A1, A2 pohj. seinä	0-0,5	< 10	< 10	< 10	14,1	< 10	11,4	
9.12.2009	A3	0,5-0,8	33	< 10	< 10	19,5	< 10	12,3	
19.11.2009	A4	1,5	< 10	16,2	< 10	10,8	< 10	< 10	
9.12.2009	B	0,5-2,0							29
19.11.2009	B1, B2	0,3	< 10	< 10	< 10	21,8	< 10	12,4	
9.12.2009	B3, B4	2,0	< 10	< 10	< 10	60	< 10	< 10	
9.12.2009	B4 kuoppa	2,5	15	< 10	< 10	17,3	< 10	< 10	
9.12.2009	C	0,5-1,5							48
19.11.2009	C1	0,2	< 10	< 10	< 10	10,8	< 10	< 10	
9.12.2009	C2	0-1,5	< 10	< 10	< 10	19,5	< 10	12,3	
9.12.2009	C3, C4	1,0-1,5	15,3	< 10	< 10	41	< 10	10,7	
9.12.2009	D1, D2, D3, D4	0,5-1,0	< 10	< 10	< 10	34,7	< 10	10	
9.12.2009	D2, D3, D4	0,5-0,8							115
9.12.2009	D2 kuoppa	2,5	16	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
11.12.2009	E	1,0-1,5							0
10.12.2009	E1, E2	1,0-2,0	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	
11.12.2009	E3, E4	1-1,5	< 10	< 10	< 10	11	< 10	10	

TAULUKKO 14. Laboratoriotulokset

Pvm	Näyte	Syvyys (m)	Pitoisuudet (mg/kg)								Öljyt C ₁₀ -C ₄₀
			Cr	Ni	Cu	Zn	As	Pb	Cd	V	
Kynnysarvo (mg/kg)			100	50	100	200	5	60	1	100	300
19.11.2009	A4	1,5	3,3	1,5	1,6	16	< 2	1,1	< 0,1	3,6	
19.11.2009	B1, B2	0,3	5,9	2,2	1,5	15	< 2	3,1	< 0,1	7,1	
9.12.2009	B3, B4	2,0	4,6	2,4	2	59	< 2	1,4	< 0,1	4,9	
9.12.2009	C3, C4	1,0-1,5	4	1,7	1,1	39	< 2	1,2	< 0,1	4,3	
10.12.2009	E1, E2	1,0-2,0	4,4	1,8	1,1	6,4	< 2	1,1	< 0,1	4,6	
11.12.2009	E3, E4	1,0-1,5	3,6	< 2	< 3	< 10	< 3	< 3	< 0,3	5,4	< 38
9.12.2009	F	1,0									< 50
11.12.2009	G3, G4 kuoppa	1,0	2,8	1,2	1,2	11	< 2	1,1	< 0,1	3,2	
11.12.2009	H1, H2	1,0-2,0									< 50
10.12.2009	I1, I3	0,5-1,0	3	1,6	2	35	< 2	1,2	< 0,1	3,7	

Alkuaineiden ja öljyhiilivetyjen pitoisuudet maaperässä olivat kaikki pieniä ja alittivat valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) määritetyt kynnysarvot. Tästä syystä jätetäytön alla oleva maa-aines hyödynnettiin kunnostusalueella.

11 TULOSTEN TARKASTELU

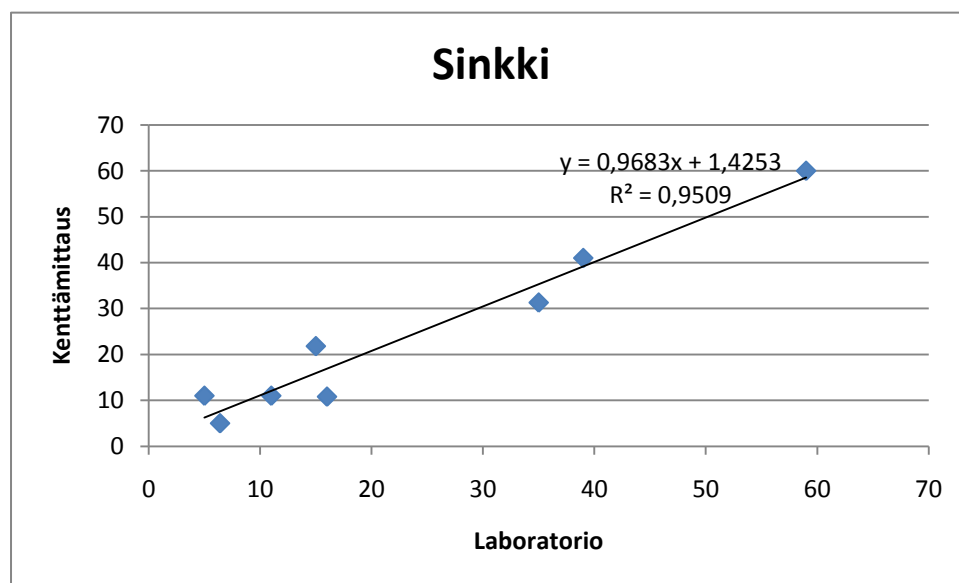
Analysoitujen maamassojen haitta-ainepitoisuudet jäivät kaikki alle valtioneuvoston asetuksen (214/2007), joten voidaan todeta, että kunnostustavoite saavutettiin. Laboratorioanalyysien avulla pystyttiin myös toteamaan, että vanadiinin ja kromin pitoisuudet alittivat annetut kynnsarvot. Jätetäytön alaisia maamassoja ei tarvinnut poistaa alhaisten pitoisuuksien vuoksi, joten maa-aines voitiin käyttää hyväksi kunnostusalueella.

Virheitä kenttämittauksissa saattoivat aiheuttaa näytteenotto, analysointi ja analyysaattorin mittausepävarmuus. Näytteenotossa näytteeseen on voinut epähuomiossa joutua kuopan reunoilta valunutta maa-ainesta tai roskaa, kuten risuja sekä muuta orgaanista ainesta, mikä on saattanut aiheuttaa virhettä tuloksissa. Analysoinnissa tapahtuneet virheet, jotka ovat voineet vaikuttaa tuloksiin, ovat näytteen heterogeenisuus sekä huono sekoittaminen ennen mittausta. Innov-X-analyysaattorin mittauksiin liittyy epävarmuutta, jonka laite ilmoitti aina mitattaessa. PetroFLAG-laitteiston mittausepävarmuutena voidaan käyttää $\pm 10\%$. Mittausepävarmuudet riippuvat myös paljon maalajista, mutta tässä tapauksessa maalaji oli hiekkaa, joka soveltuu parhaiten molemmille laitteille.

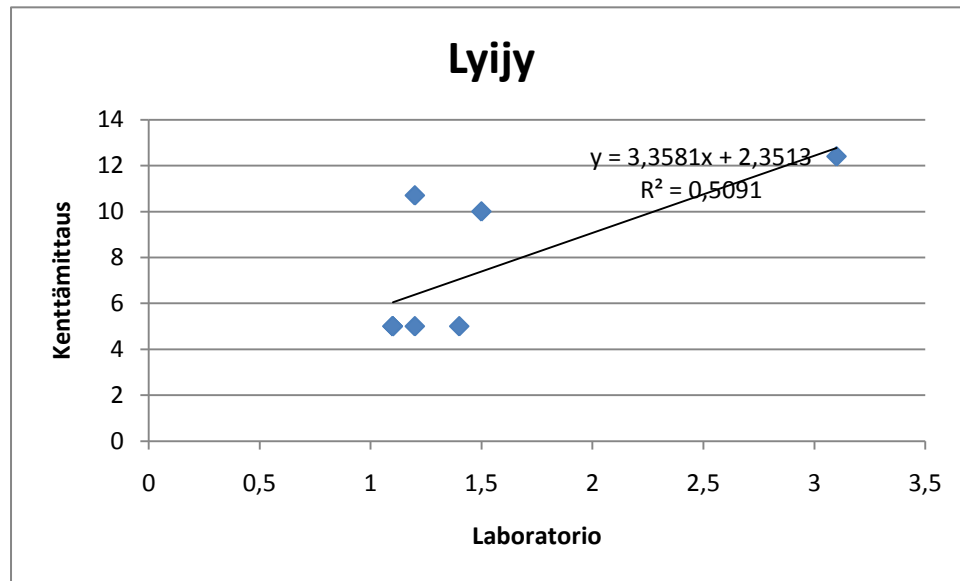
Suurimmat pitoisuudet alkuaineiden osalta olivat sinkin ja lyijyn pitoisuudet (TAULUKKO 15). Nämä ovat tyypillisesti tavattuja metalleja vanhoilla kaatopaikoilla. Kuvioissa 21 ja 22 on esitetty kenttämittausten ja laboratoriomittausten välinen hajonta sinkille ja lyijylle. Mittausten ja laboratorioanalyysien korrelaatiokertoimet olivat sinkin osalta noin 0,95 ja lyijyn osalta noin 0,51. Korrelaatioista voidaan todeta, että sinkin kenttäanalyysaattorin tulokset olivat samaa tasoa kuin laboratorion tulokset. Lyijyn osalta mittaustuloksissa oli enemmän hajontaa, mikä vaikuttaa analyysaattorin luotettavuuteen.

TAULUKKO 15. Laboratorio ja kenttämittaustuloksien vertailu sinkin ja lyijyn osalta.

Näyte	Laboratorio		Kenttämittaus	
	Zn	Pb	Zn	Pb
A4	16	1,1	10,8	5
B1, B2	15	3,1	21,8	12,4
B3, B4	59	1,4	60	5
C3, C4	39	1,2	41	10,7
E1, E2	6,4	1,1	5	5
E3, E4	5	1,5	11	10
G3, G4 kuoppa	11	1,1	11	5
I1, I3	35	1,2	31,3	5



KUVIO 21. Kenttämittausten sinkkipitoisuudet laboratoriotulosten funktiona sekä lisätty trendiviiva



KUVIO 22. Kenttämittausten lyijypitoisuudet laboratoriotulosten funktiona sekä lisätty trendiviiva

Kuviosta 21 voidaan nähdä, että tulokset sinkin osalta ovat lähellä toisiaan. Voidaan siis todeta, että analysaattorin luotettavuus oli sinkin kohdalla hyvä. Lyijyn tapauksessa taulukosta 15 voidaan nähdä, että niissä tapauksissa, joissa analysaattori on todennut lyijyn pitoisuuden ylittävän määrittämissä rajan 10 mg/kg, todellinen tulos laboratorion mukaan on kuitenkin paljon pienempi. Täten myös hajonta tuloksissa on suurempaa kuin sinkillä. Keskimääräinen ero lyijyn osalta laboratorio- ja kenttäanalysointituloksissa on 6 mg/kg, mikä heikentää laitteen luotettavuutta.

12 POHJAVESIALUEEN RISKINARVIONTI

Karhinkankaan pohjavesialueella, jolla vanha kaatopaikka sijaitsee, on vuonna 2009 alettu selvittää pohjaveden antoisuutta sekä mahdollisuutta raakavesijohdon rakentamiselle Lohtajalta Kokkolaan. (Suomen ympäristökeskus 2009c.) Lohtajan vanha kaatopaikka ei enää tällä hetkellä aiheuta vaaraa ympäristölle tai terveydelle kunnostamisen myötä, mutta vuosia maaperässä olleiden jätteiden haitta-aineet ovat voineet jo kulkeutua alueen pohjavesiin. Kaatopaikka-alueella tehdyistä pohjavesitutkimuksista voidaan havaita kaatopaikan vaikuttaneen pohjaveden laatuun. Nämä haitta-aineet voivat aiheuttaa terveysriskin, varsinkin niissä tapauksissa, joissa haitta-aine on elimistöön kerääntyvää.

Kaatopaikka-alueen pohjavesistä on 25.8.2004 tehty laaja tutkimus metallien pitoisuuksista (LIITE 9). Määritettyjä metalleja olivat mm. alumiini, arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, nikkeli, lyijy, sinkki, rauta sekä mangaani. Taulukkoon 16 on koottu pohjavesitulokset näiden metallien osalta.

TAULUKKO 16. Pohjavesitulokset kaatopaikka-alueelta

Näyte	Pitoisuus µg/l											
	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Fe	Mn	Mg
Kaato 1	530	1,34	0,18	0,55	12,4	3,33	2,44	10,6	52,4	19200	0,16	1700
Kaato 2	-	0,88	0,05	0,38	1,56	0,83	2,56	0,41	44,3	12000	0,4	2730
Kaato 3	400	1,25	0,17	0,23	1,35	0,93	1,17	0,22	6,33	270	0,14	5170
Kaato 4	480	2,39	0,08	3,49	7,62	2,4	6,36	0,84	12,1	4260	0,22	2100

Verrattaessa vuonna 2004 kerättyjä pohjavesituloksia Sosiaali- ja terveysministeriön antamiin talousveden laatuvaatimuksiin ja -suosituksiin sekä WHO:n Guidelines for drinking-water quality -teoksen juomaveden haitta-ainepitoisuuksien ohjearvoihin voidaan todeta, että joissakin tapauksissa raja- ja ohjearvot ylittyvät. Taulukkoon 17 on kerätty sellaiset haitta-ainepitoisuudet, jotka ylittävät raja- tai ohjearvot.

TAULUKKO 17. Raja- ja ohjearvot ylittävät haitta-ainepitoisuudet kaatopaikka-alueen pohjavesissä.

Näyte	Pitoisuus µg/l				
	Al	Pb	Fe	Mn	Mg
Kaato 1	530	10,6	19200	160	1700
Kaato 2			12000	400	2730
Kaato 3	400		270	140	5170
Kaato 4	480		4260	220	2100
STM:n laatuvaatimus/-suositus	200	10	200	50	-
WHO:n ohjearvo	-	10	-	400	400

Haitta-aineet kulkeutuvat maaperässä mm. advektion avulla. Advektio tapahtuu väliaineessa, joka tässä tapauksessa on vesi (Heikkinen 2000, 12). Seuraavassa lasketaan Darcyn lakia (KAAVA 1) apuna käyttäen, kuinka nopeasti haitta-aineet kulkeutuvat kaatopaikalta Puolustusvoimien vedenottamolle noin 2,6 km:n päähän kaatopaikalta. Pohjaveden pinnankorkeus on noin 3 m alempana Puolustusvoimien vedenottamalla. Pohjaveden voidaan arvioida virtaavan karkean sorasuonen sisällä. Tällöin taulukosta 3 voidaan todeta K:n arvoksi (vedenläpäisevyys) 10^{-3} .

$$q_w = - \cdot \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

$$q_w = - (10^{-3} \text{ m/s}) \cdot \left(\frac{-3 \text{ m}}{2600 \text{ m}} \right) = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Todellinen pohjaveden virtausnopeus lasketaan kaavasta 2 olettaen, että tässä tapauksessa maaperän vesipitoisuus $\theta = 40 \%$.

$$v_w = \frac{q_w}{\theta}$$

$$v_w = \frac{1,15 \cdot 10^{-6}}{0,4} = 2,88 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

Aika, joka veden kulkeutumiseen vedenottamolle kuluu, saadaan kaavasta 3:

$$t = \frac{s}{v}$$

$$t = \frac{2600 \text{ m}}{2,88 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}} = 902,78 \cdot 10^6 \text{ s} = 10448,8 \text{ d} = 28,6 \text{ a}$$

Haitta-aineiden kulkeutumiseen kuuluu siis noin 29 vuotta, jolloin ne saavuttaisivat vedenottamon. Kaatopaikka on aloittanut toimintansa vuonna 1964 eli 46 vuotta sitten, mikä merkitsisi sitä, että haitta-aineet olisivat jo kulkeutuneet vedenottamolle. Laskutoimitus ei kuitenkaan ole tarkka, sillä kohteen maaperän maalajit vaihtelevat, jolloin vedenläpäisevyys sekä vesipitoisuus maassa vaihtelevat, lisäksi laskentakaava on yksinkertaistettu malli virtauksen mallintamisesta. Jos hiekka- ja hiekka-sorakerrokset otetaan mukaan tarkasteluun, tulisi laskutoimituksesta paljon monimutkaisempi ja kulkeutumisnopeus muuttuisi huomattavasti. Myös sääolot vaikuttavat kulkeutumiseen, sillä jos sadanta on runsasta, maan vesipitoisuuskin nousee. Kulkeutumisnopeus on nyt laskettu soramaan vedenjohtavuuden arvolla. Jos lasku laskettaisiin esimerkiksi vedenjohtavuuden arvolla 10^{-4} , jolloin maalaji olisi hiekkaa tai karkeaa hietaa, tulisi kulkeutumisnopeudeksi noin 286 vuotta. Vedenjohtavuuden arvolla on siis suuri merkitys kulkeutumisnopeuteen.

Lohtajan vanhan kaatopaikan alueelta 25.8.2004 otettujen näytteiden analyysitulosten mukaan joidenkin haitta-aineiden pitoisuudet pohjavesissä olivat korkeat. Seuraavassa lasketaan altistumisesta aiheutuva päivittäisannos (KAAVA 4), kun 80 kg:n painoinen ihminen altistuu talousveden kautta haitta-aineille vuoden ajan. Keskimääräiseksi talousveden kulutukseksi arvioidaan 5 l/d 365 päivänä vuodessa. Valitaan altistumisaineeksi Kaato1-näytteen lyijy, jonka pitoisuus näytteessä oli 10,6 µg/l.

$$AAD_i = \frac{10,6 \cdot 10^{-6} \frac{mg}{l} \cdot 5 \frac{l}{d} \cdot 365 \frac{d}{a} \cdot 1a}{80 kg \cdot 365 d} = 0,000530 \frac{mg}{kgd} = 0,66 \mu g/d$$

Lyijy on elimistöön kertyvä metalli, jolle WHO on antanut päivittäisen saannin ylärajaksi 3,5 µg/kg päivässä. Raja-arvo kuitenkin alittuu tässä tapauksessa, mutta on otettava huomioon, kuinka nopeasti tuo raja-arvo ylittyy jos altistumisreittejä on muitakin. Lyijyä ei pystytä poistamaan pohjavedestä. (WHO 2006.)

Mangaanin pitoisuus oli korkeimmillaan Kaato 4 pohjavesiputkessa 0,22 mg/l. Päivittäiseksi saanniksi muodostuu siten 13,75 µg/l, kun vertailukohtena on sama

henkilö. Mangaanin terveysperusteinen enimmäispäiväsaanti on 60 µg/kg (WHO 2006.), joka alittuu selvästi. Mangaani voidaan poistaa tehokkaasti vedestä, kun sen pitoisuus on alle 0,05 mg/l. Tässä tapauksessa pohjavesi sisälsi kuitenkin yli nelinkertaisen määrän mangaania, mikä vaikeuttaa pohjaveden puhdistamista.

Kaatopaikka-alueella tehtyjen tutkimusten perusteella on voitu todeta, että pohjavesissä on kaatopaikalta peräisin olevia haitta-aineita. Nykyaikainen raakaveden puhdistaminen on erittäin tehokasta ja kehittynyttä, minkä ansioista suurin osa haitta-aineista saadaan puhdistettua raakavedestä. Pohjavesinäytteiden perusteella näyttää siltä että kaatopaikan haitta-aineet ovat edenneet jo melko kauas kaatopaikka-alueelta, sillä kaatopaikkaa lähinnä olevista pohjavesiputkista otettujen näytteiden haitta-ainepitoisuudet olivat yleisesti alhaisemmat kuin kauempana sijaitsevien. Kaatopaikan läheisyyteen asennettujen pohjavesiputkien sijainnit näkyvät liitteessä 3. Kaato 1 -näytteistä analysoidut haitta-ainepitoisuudet olivat usein korkeammat kuin muualla ympäristössä. Tätä ei selitä pelkästään kaatopaikan sijainti alueella, sillä pohjaveden virtaussuunta on luoteeseen, jolloin pohjavesiputki jää virtaussuunnassa kaatopaikan yläpuolelle. Haitta-aineet kulkeutuvat yleisesti pohjaveden virtaussuunnassa, joten kulkeutuminen vastakkaiseen suuntaan on siten vähäisempää. Täten on myös otettava huomioon toiminta läheisillä kiinteistöillä. Noin 700 m:n päässä kaatopaikalta sijaitsee käytöstä poistettuja turkistarhoja, joilla saattaa olla osuutta pohjavesiputkessa löytyneisiin haitta-aineisiin. Myös läheisiltä pelloilta saattaa liueta haitta-aineita pintavesiin ja kulkeutua siten pohjavesiin.

Suurimmat riskit alueen pohjavesille aiheuttavat lyijy sekä mangaani. Lyijyn poistaminen pohjavedestä on mahdotonta, jolloin pitoisuudet jäävät talousveteen. Mangaanin poistaminen on melko helppoa, mutta suurissa pitoisuuksissa mangaanin poistaminen kokonaan vedestä on melko mahdotonta. Lyijy on ihmiselle ja ympäristölle erittäin myrkyllistä, ja se kerääntyy elimistöön, joka saattaa aiheuttaa pitkällä aikavälillä altistuttaessa lyijymyrkytyksen. Johtopäätöksenä pohjavesien tilasta voidaan todeta, että ainakin lyijyn pitoisuuksia talousvedessä tulisi tarkkailla. Myös mangaanin pitoisuudet voivat rajoittaa talousveden käyttöä, sillä kohonneina pitoisuuksina se värjää veden sekä aiheuttaa makuhaittoja.

Pohjavesien analyysitulokset ovat noin 6 vuotta vanhoja eivätkä anna kuvaa pohjaveden tämänhetkisestä tilasta. Haitta-aineiden liukeneminen maaperästä on tuossa ajassa voinut nostaa pitoisuuksia pohjavesissä. On kuitenkin otettava huomioon, että lukuun ottamatta viime kesää edelliset kesät ovat olleet melko sateisia ja sade on osaltaan nopeuttanut haitta-aineiden kulkeutumista pohjaveteen sekä myös saattanut laimentaa pitoisuuksia, kun sadevedet ovat lisänneet pohjaveden määrää imeytyessään maakerrosten läpi aina pohjavedeksi saakka. Myös nämä seikat lisäävät tarvetta alueen pohjavesien tarkkailulle lyijy- ja mangaanipitoisuuksien lisäksi.

13 YHTEENVETO

Lohtajan vanhan kaatopaikan kunnostus suoritettiin siten, ettei siitä enää aiheudu varaa alueen pohjavesille tai muulle ympäristölle eikä myöskään ihmisen terveydelle. Kunnostus suoritettiin Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen laatiman suunnitelman mukaan, jossa kunnostustavoitteeksi oli asetettu valtioneuvoston asetuksen 214/2007 mukaiset kynnyksarvot. Poistettu jätetäyttö hyödynnettiin Kälviän kaatopaikan esipeitekerroksena. Kunnostus sujui ongelmitta, eikä sen aikana ilmennyt poikkeuksellisia tilanteita, jotka olisivat vaatineet ilmoittamista Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukselle tai Kokkolan kaupungin ympäristöpalveluille.

Kunnostustavoitteeseen pääsy todennettiin haitta-ainepitoisuuksien kenttämittauksilla sekä laboratorioanalyysien. Näin voidaan olla varmoja, ettei alueesta pitkään ajan kuluessa voi aiheutua vaaraa ympäristölle tai terveydelle. Koska kunnostustavoite saavutettiin, ei alueelle ole tarpeellista tehdä erillistä riskinarviointia.

Kaatopaikka on ollut poissa käytöstä vuodesta 1975, ja siitä liuenneista haitta-aineista osa on voinut jo kulkeutua haitta-ainepulssina alueen pohjavesiin ja on todennäköisesti matkalla pohjaveden virtaussuunnan mukaisesti luoteeseen, jossa sijaitsee Suomen puolustusvoimien harjoitusalueen vedenottamo. Vuonna 2004 tehtyjen pohjaveden laatumäärittysten perusteella voidaan todeta, että osa haitta-aineista on todellakin liuennut maaperästä pohjavesiin. Pohjavesianalyytitulosten perusteella pohjaveden laatu on heikentynyt oleellisesti ainakin lyijyn ja mangaanin osalta. Näistä alkuaineista molemmat aiheuttavat vaaraa ihmisen terveydelle suurina pitoisuuksina, ja lisäksi lyijy on elimistöön kertyvä raskasmetalli, jonka pitkäaikaisen altistumisen seurauksena ovat vakavat myrkytysoireet ja jopa kuolema. Vaikka vesien puhdistustekniikat ovat vuosien aikana kehittyneet merkittävästi, lyijyä ei kuitenkaan voida puhdistaa vedestä. Tämä lisää riskiä altistua lyijymyrkykselle talousveden käytön kautta. Tässä tapauksessa vettä tulisi juoda kuitenkin erittäin suuria määriä. Mangaani voidaan puhdistaa vedestä tehokkaasti, kun pitoisuudet alittavat 0,05 mg/l. Tätä suurempia pitoisuuksia on vaikea poistaa pohjavedestä. Mangaani aiheuttaa myös aistinvaraisesti huomattavaa laadun heikkene-

mistä värjäämällä veden ja aiheuttaen makuhaittoja. Tämä osaltaan pienentää mahdollisuutta altistua mangaanimyrkytykselle, sillä ihmiset ovat Suomessa tottuneet käyttämään puhdasta, kirkasta, hajutonta sekä mautonta talousvettä ja osavat myös vaatia laatua siltä.

Vaikka lyijyn ja mangaanin pitoisuudet olivat korkeimmat pohjavedessä, eivät ne kuitenkaan vuonna 2004 analysoitujen pitoisuuksien perustella aiheuta päivittäisaansaantisuosituksen ylittymistä, jotka on koottu World's Health Organisationin tekemään teokseen Guidelines for drinking-water quality. Pohjavesien analyysitulokset ovat kuitenkin melkein 6 vuotta vanhoja, ja haitta-aineita on ehtinyt siinä ajassa liueta lisää pohjaveteen, jonka vuoksi pitoisuudet pohjavesissä ovat voineet jopa nousta. Ajantasaista tietoa pohjaveden laadusta alueella saadaan ainoastaan uusilla pohjavesinäytteillä. Kunnostussuunnitelmassa ei kuitenkaan vaadittu toimia pohjaveden suhteen, joten pohjavesitutkimukset ovat tämän takia jääneet tutkimuksen ulkopuolelle.

LÄHTEET

Airaksinen, J. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. Oulu: Kaleva Oy.

Airas, L. & Attila, M. & Elonen, E. & Koulu, M. & Tuomisto, J. 2007. Farmakologia ja toksikologia. 7. painos. Kuopio: Kustannusosakeyhtiö Medica Oy.

Aspholm, J. 2005. Lohtajan vanha kaatopaikka: tutkimusraportti ja alustava kunnostussuunnitelma. Länsi-Suomen Ympäristökeskus.

Britschgi R. & Antikainen M. & Ekholm-Peltonen M. & Hyvärinen V. & Nylander E. & Siiro P. & Suomela T. 2009. Pohjavesialueiden kartoitus ja luokitus. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus.

Dexil. 1997. PetroFlag hydrocarbon analyzer: User's manual. Hamden: Dexil.

EDU. 2010. Oppimismateriaali: Ympäristömyrkyt maaperässä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/ymparistokemia/maamyrkky.html>. Luettu 8.3.2010.

Energiateollisuus. 2010. Turve. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/sahkontuotanto/turve>. Luettu 2.1.2010.

Ekoasiaa 2010. Alueellinen ympäristöhallinto uuteen järjestykseen. 2010, 13. Ekoasia-lehti 1/2010. Koonnut: Hovi, A.

Geologian tutkimuskeskus. 2005. Maaperäkartan käyttöopas. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gtk.fi/aineistot/mp-opas/index.htm>. Luettu 2.1.2010.

GWM-Engineering Oy. 2010. Maaperäanalytiikka in-situ mittaukset: Petroflag. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gwm-engineering.fi/petroflag2.html>. Luettu 20.3.2010.

Innov-X Systems. 2003. Innov-X-järjestelmä röntgen-fluoresenssi-spektrometrit. Woburn: Innov-X Systems.

Innov-X-systems 2009. Detection limits. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.innovx.com/products/detect>. Luettu: 21.3.2010.

Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.gsf.fi/info/publications/tr150/TR150s1_41.pdf. Luettu 7.3.2010.

Kaatopaikkojen lopettamisopas. 2001. Suomen Ympäristökeskuksen ohjeita. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparistokeskus.fi/default.asp?contentid=65180&lan=fi>. Luettu 5.1.2010.

Kanala, H. 2003. Metallit maaperässä. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammatti-korkeakoulu. Prosessitekniikan koulutusohjelma. Kokkola.

Koivuhuhta, A. & Nikkarinen, M. 2006. Kirjallisuuskooste kromin ympäristögeokemiallisesta luonteesta ja tutkimusmenetelmistä – painoalueena Suomi. Www-dokumentti. Saatavissa: arkisto.gtk.fi/index.php?dir=s49/&file=S_49_0000_2006_1.pdf. Luettu 9.3.2010.

Krämer, T. 2008. Välttämätön vesi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Lahermo, P. & Tarvainen, T. & Hatakka, T. & Backman, B. & Juntunen, R. & Kortelainen, N. & Lakomaa, T. & Nikkarinen, M. & Vesterbacka, P. & Väisänen, U. & Suomela, P. 2002. Tuhat kaivoa – Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Www-dokumentti. Saatavissa: www.gsf.fi/info/publications/tr155/16372TutRap155.pdf. Luettu 9.3.2010.

Luntinen, M. 2002. Kunta ja pilaantunut maaperä. Helsinki: Suomen kuntaliitto.

Mroueh, U. & Järvinen, H. & Lehto, O. 1996. Saastuneiden maiden tutkiminen ja kunnostus. Helsinki: Teknologian kehittämiskeskus.

Mälkki, E. 1999. Pohjavesi ja pohjaveden ympäristö. Tampere: Tammer-Paino.

Männynsalu, M. 2009. Öljyhiilivedyillä pilaantuneen maa-aineksen kompostoinnin tehostaminen. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitos, bio- ja ympäristötieteen pro gradu -tutkielma. Www-dokumentti. Saatavissa: https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/21789. Luettu 13.3.2010.

Naumanen, P. & Sorvari, J. & Pyy, O. & Rajala, P. & Penttinen, R. & Tiainen, J. & Lindroos, S. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä: tutkimukset ja riskienhallinta. Joensuu: Pohjois-Karjalan ympäristökeskus.

Oulun kaupungin ympäristövirasto. 2004. Raportti 4/2004 kaupan pidettävien kalojen raskasmetallipitoisuudet. Www-dokumentti. Saatavissa: www.ouka.fi/ymparisto/pdf/Raportti%200404.pdf. Luettu 8.3.2010.

Salonen, V. & Eronen, M. & Saarnisto, M. 2002. Käytännön maaperägeologia. Turku: Kirja-Aurora.

Sarkkila, J. & Mroueh, U. & Leino-Forsman, H. 2004. Pilaantuneen maan kunnostaminen ja laadunvarmistus. Suomen Ympäristökeskus. Helsinki. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.ymparistokeskus.fi/default.asp?contentid=69193&lan=FI. Luettu 6.1.2009.

Sillanpää, J. 2010. Patamäen maankaatopaikan ympäristöselvitys. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Vaasa.

Sillanpää, P. 2007. Öljyhiilivedyillä saastuneen maan puhdistaminen puiden avulla. Tampere: Pirkanmaan ympäristökeskus.

Sillanpää, T. 2010. Pilaantuneen maaperän kunnostus: Lohtajan kaatopaikka. Loppuraportti. Pietarsaari: Pohjanmaan vesiensuojeluyhdistys ry.

STM 2000. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 19.5.2000/461.

Suomen ympäristökeskus. 2006. Kromi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=193448&lan=FI>. Luettu 8.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2007. Miksi vesi on ruskeaa. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparistokeskus.fi/default.asp?contentid=11949&lan=fi>. Luettu 24.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009a. Kallio- ja maaperä. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=323164&lan=FI>. Luettu 2.1.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009b. Pohjaveden muodostuminen. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=6359&lan=fi>. Luettu 2.1.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2009c. Ympäristökeskukselta rahoitusta Karhinkankaan pohjavesiselvityksiin. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.environment.fi/default.asp?contentid=319027&lan=sv&clan=fi>. Luettu 24.3.2010.

Suomen ympäristökeskus. 2010. Pohjavesi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=6054>. Luettu 2.1.2010.

Tutkimusseloste 2009. Lohtajan vanhalta kaatopaikalta peräisin olevan maanäytekokooman kaatopaikkakelpoisuustutkimus. Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratorio. Tampere.

U.S. Geological Survey. 2010. Water Science for Schools. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://ga.water.usgs.gov/edu/index.html>. Luettu 24.3.2010.

Uusimäki, T. 2010. Kokkolan kaupunki. Ympäristöpalvelut. Haastattelu 19.3.2010.

Vakkilainen, P. 2008. Vesitekniikan perusteet. Maavedet-luentomateriaali. Aalto-yliopiston teknillinen korkeakoulu. Espoo. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.water.tkk.fi/wr/kurssit/Yhd-12.1020>. Luettu 24.3.2010

VNA 202/2006. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta 23.3.2006/202.

VNA 214/2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi 1.3.2007/214.

VNP 861/1997. Valtioneuvoston päätös kaatopaikoista 4.9.1997/861.

WHO. 2006. Guidelines for drinking-water quality. World Health Organization. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/. Luettu 20.3.2010.

Wood, P. 1997. Remediation methods for contaminated sites. Teoksessa Hester, R. (toim.) & Harrison, R. (toim.). Contaminated land and its reclamation. Lontoo: Royal Society of Chemistry.

Ympäristöministeriö. 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja kunnostustarpeen arviointi. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=302022>. Luettu 6.1.2010.

YSL 86/2000. Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86.

Annettu Helsingissä 1 päivänä maaliskuuta 2007

Valtioneuvoston asetus

maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty ympäristöministeriön esittelystä, säädetään 4 päivänä helmikuuta 2000 annetun ympäristönsuojelulain (86/2000) 14 §:n 1 momentin nojalla:

1 §

Soveltamisala

Tässä asetuksessa säädetään maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista.

Asetusta ei sovelleta vesistön pohjakerrostumien pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin.

2 §

Pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnin on perustuttava arvioon maaperässä olevien haitallisten aineiden aiheuttamasta vaarasta tai haitasta terveydelle ja ympäristölle. Arvioinnissa on otettava huomioon:

- 1) haitallisten aineiden pitoisuudet, kokonaismäärät, ominaisuudet, sijainti ja taustapitoisuudet maaperässä; *taustapitoisuudella* tarkoitetaan haitallisten aineiden luontaisesti tavanomaisia pitoisuuksia maaperässä tai sellaisia kohonneita pitoisuuksia, jotka esiintyvät pintamaassa laajalla alueella pilaantuneeksi epäillyn alueen ympäristössä;
- 2) pilaantuneeksi epäillyn alueen maaperä- ja pohjavesiolosuhteet sekä tekijät, jotka vaikuttavat haitallisten aineiden kulkeutumiseen ja leviämiseen alueella ja sen ulkopuolella;
- 3) pilaantuneeksi epäillyn alueen ja sen ympäristön tai pohjaveden nykyinen ja suunniteltu käyttötarkoitus;
- 4) mahdollisuus haitallisille aineille altistumiseen lyhyen ja pitkän ajan kuluessa;
- 5) altistumisen seurauksena terveydelle ja ympäristölle aiheutuvan haitan vakavuus ja todennäköisyys sekä haitallisten aineiden mahdolliset yhteisvaikutukset,
- 6) käytettävien tutkimustietojen ja muiden lähtötietojen sekä arviointimenetelmien epävarmuustekijät.

Olosuhteiden muuttuessa maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on tarvittaessa arvioitava uudestaan.

3 §

Kynnysarvojen soveltaminen

Maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on arvioitava, jos yhden tai useamman haitallisen aineen pitoisuus maaperässä ylittää tämän asetuksen liitteessä säädetyn kynnysarvon. Alueilla, joilla taustapitoisuus on kynnysarvoa korkeampi, arviointikynnyksenä pidetään taustapitoisuutta.

4 §

Ohjearvojen soveltaminen

Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa on käytettävä apuna tämän asetuksen liitteessä säädettyjä maaperän haitallisten aineiden ohjearvoja.

Maaperää pidetään yleensä pilaantuneena, jollei 2 §:ssä tarkoitettusta arvioinnista muuta johdu:

- 1) alueella, jota käytetään teollisuus-, varasto- tai liikennealueena taikka muuna vastaavana alueena, jos yhden tai useamman aineen pitoisuus ylittää säädetyn ylemmän ohjearvon;
- 2) muulla kuin 1 kohdassa tarkoitettulla alueella, jos yhden tai useamman aineen pitoisuus ylittää säädetyn alemman ohjearvon.

5 §

Pilaantuneisuuden ja taustapitoisuuden selvittäminen

Maaperän pilaantuneisuuden ja taustapitoisuuksien selvittämiseksi on otettava näytteitä, jotka edustavat hyvin tutkittavaa aluetta, sen maaperää ja pohjavettä.

Haitallisten aineiden tutkimusten tulee perustua standardoituihin tai niitä luotettavuudeltaan vastaaviin menetelmiin.

6 §

Voimaantulo

Tämä asetus tulee voimaan 1 päivänä kesäkuuta 2007.

Lupa- ja ilmoitusasiaan, joka on tullut vireille ennen asetuksen voimaantuloa, sovelletaan asetuksen voimaan tullessa voimassa olleita säännöksiä.

Helsingissä 1 päivänä maaliskuuta 2007

Ympäristöministeri
Stefan Wallin

Ympäristöneuvos
Olli Pahkala

N:o 214 743

*Liite***MAAPERÄN HAITALLISTEN AINEIDEN PITOISUUKSIEN KYNNYS- JA OHJEARVOT**

Tässä liitteessä esitetään eräiden yleisesti esiintyvien maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien

kynnys- ja ohjearvot maaperässä kokonaispitoisuutena kuiva-ainetta kohti. Epäorgaanisten aineiden kynnys- ja ohjearvoja verrataan alle 2 mm raekoosta mitattuun tulokseen. Jos on syytä epäillä muiden kuin tässä liitteessä esitettyjen haitallisten aineiden esiintymistä

maaperässä

taikka epäorgaanisten aineiden esiintymistä yli 2 mm raekoossa tai tavanomaista haitallisemmassa

muodossa, myös nämä on otettava huomioon maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnissa.

Ohjearvot on määritelty joko ekologisten riskien (e) tai terveystarpeiden (t) perusteella. Jos pohjaveden

pilaantumisriski on tavanomaista suurempi alemmaa ohjearvoa alhaisemmissa pitoisuuksissa, aineet on merkitty p-kirjaimella.

Maaperän haitallisten aineiden pitoisuuksien vertailua kynnys- ja ohjearvoihin voidaan tehdä yksittäisten mitattujen pitoisuuksien lisäksi alueen erilaisia pitoisuusjakaumia kuvaavien tilastollisten

tunnuslukujen avulla, jos käytössä on tilastolliseen käsittelyyn riittävä määrä mittaustuloksia ja tämä on arvioinnin kannalta muuten perusteltua.

Aine (symboli)	Luontainen pitoisuus ¹ mg/kg	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Metallit ja puolimetallit²</i>				
Antimoni (Sb) (p)	0,02 (0,01-0,2)	2	10 (t)	50 (e)
Arseni (As) (p)	1 (0,1-25)	5	50 (e)	100 (e)
Elohopea (Hg)	0,005 (< 0,005-0,05)	0,5	2 (e)	5 (e)
Kadmium (Cd)	0,03 (0,01-0,15)	1	10 (e)	20 (e)
Koboltti (Co) (p)	8 (1-30)	20	100 (e)	250 (e)
Kromi (Cr)	31 (6-170)	100	200 (e)	300 (e)
Kupari (Cu)	22 (5-110)	100	150 (e)	200 (e)
Lyijy (Pb)	5 (0,1-5)	60	200 (t)	750 (e)
Nikkeli (Ni)	17 (3-100)	50	100 (e)	150 (e)
Sinkki (Zn)	31 (8-110)	200	250 (e)	400 (e)
Vanadiini (V)	38 (10-115)	100	150 (e)	250 (e)
<i>Muut epäorgaaniset</i>				
Syanidi (CN)		1	10	50
<i>Aromaattiset hiilivedyt</i>				
Bentseeni (p)		0,02	0,2 (t)	1 (t)
Tolueneeni (p)			5 (t)	25 (t)
Etyylibentseeni (p)			10 (t)	50 (t)
Ksyleeni ³ (p)			10 (t)	50 (t)
TEX ⁴		1		
<i>Polyaromaattiset hiilivedyt</i>				
Antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)antraseeni		1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)pyreeni		0,2	2 (t)	15 (e)
Bentso(k)fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Fenantreeni		1	5 (e)	15 (e)
Fluoranteeni		1	5 (e)	15 (e)
Naftaleeni		1	5 (e)	15 (e)
PAH ⁵		15	30 (e)	100 (e)
<i>Polyklooratut bifenyylit (PCB) sekä polyklooratut dibentso-p-dioksiimit ja furaanit (PCDD/F)</i>				
PCB ⁶		0,1	0,5 (t)	5 (e)
PCDD-PCDF-PCB ⁷		0,00001	0,0001 (t)	0,0015 (e)

Aine (symboli)	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
<i>Klooratut alifaattiset hiilivedyt</i>			
Dikloorimetaani (p)	0,01	1 (t)	5 (t,e)
Vinyylikloridi (p)	0,01	0,01 (t)	0,01 (t)
Dikloorieteeni ³ (p)	0,01	0,05 (t)	0,2 (t)
Trikloorieteeni (p)	0,01	1 (e,t)	5 (e)
Tetrakloorieteeni (p)	0,01	0,5 (t)	2 (t)
<i>Klooribentseenit</i>			
Triklooribentseeni ³	0,1	5 (t)	20 (e)
Tetraklooribentseeni ³	0,1	1 (t)	5 (e)
Pentaklooribentseeni	0,1	1 (t)	5 (e)
Heksaklooribentseeni	0,01	0,05 (t)	2 (e)
<i>Kloorifenolit</i>			
Monokloorifenoli ³ (p)	0,5	5 (e,t)	10 (e)
Dikloorifenoli ³ (p)	0,5	5 (t)	40 (e)
Trikloorifenoli ² (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Tetrakloorifenoli ⁴ (p)	0,5	10 (e,t)	40 (e)
Pentakloorifenoli (p)	0,5	10 (e,t)	20 (e)
<i>Torjunta-aineet ja biosidit</i>			
Atrasiini (p)	0,05	1 (e)	2 (e)
DDT-DDD-DDE ⁸	0,1	1 (e)	2 (e)
Dieldriini	0,05	1 (e)	2 (e)
Endosulfaani ⁹ (p)	0,1	1 (e)	2 (e)
Heptakloori	0,01	0,2 (t)	1 (e)
Lindaani (p)	0,01	0,2 (t)	2 (e)
TBT-TPT ¹⁰	0,1	1 (e)	2 (e)
<i>Öljyhiilivedyt ja oksygenaattit</i>			
MTBE-TAME ¹¹	0,1	5 (t)	50 (t)
Bensiinijakeet (C5-C10 ¹²)		100	500
Keskitisleet (>C10-C21 ¹²)		300	1000
Raskaat öljyjakeet (>C21-C40 ¹²)		600	2000
Öljyjakeet (>C10-C40 ¹²)	300		

¹ Moreenin hienoaineksen luontaisen pitoisuuden mediaani ja vaihteluväli kuningasvesiuutolla määritettynä, paitsi elohopea pyrolyytisesti määritettynä. Kohdekohtaisissa tarkasteluissa tulee ottaa huomioon, että erityisesti savissa luontaiset pitoisuudet voivat olla selvästi suurempia kuin moreenista mitatut pitoisuudet.

² Ekologisin perustein määritellyt metallien ja puolimetallien ohje arvot on johdettu lisäämällä aineen hyväksyttävää ekologista riskiä kuvaavaan laskeennalliseen pitoisuuteen mineraalimaan keskimääräinen luontainen pitoisuus. Vastaavasti voidaan kohdekohtaisissa tarkasteluissa ottaa huomioon alueen maaperän luontainen pitoisuus, jos tämä on luotettavasti selvitetty.

³ Summapitoisuus sisältäen aineen rakenneisomeerit.

⁴ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tolueni, etyylibentseeni ja ksyleeni.

⁵ PAH- yhdisteiden summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: antraseeni, asenafteni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleneeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-c,d)pyreeni, kryseeni, naftaleeni ja pyreeni.

⁶ Summapitoisuus sisältäen PCB-kongeenit 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180.

⁷ Summapitoisuus WHO:n toksisuusekvivalenttina ilmoitettuna sisältäen PCDD/F- yhdisteet sekä dioksiinien kaltaiset PCB- yhdisteet.

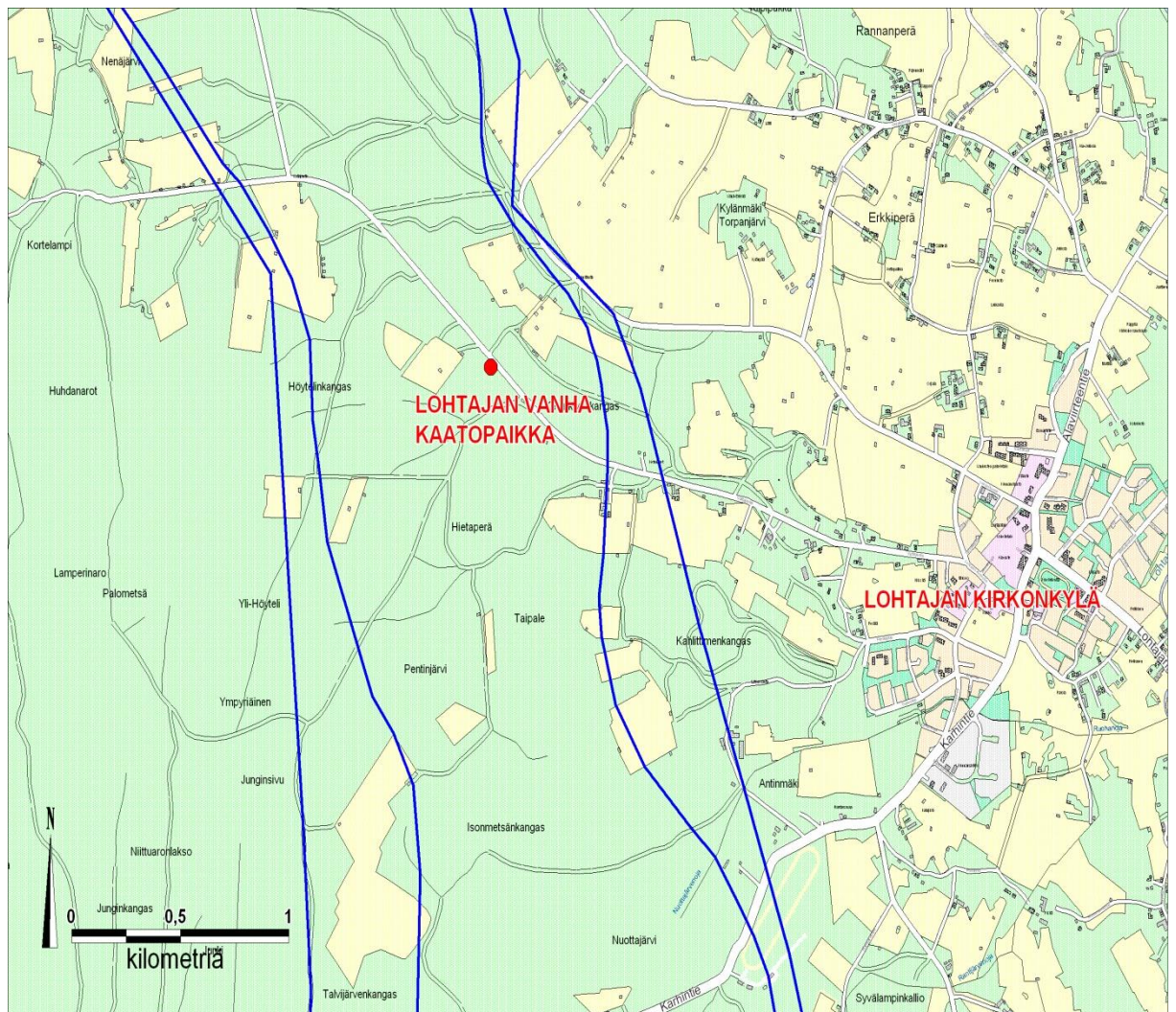
⁸ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: diklooridifenyyli trikloorietaani (DDT), diklooridifenyyli dikloorietaani (DDD) ja diklooridifenyyli dikloorietyleeni (DDE).

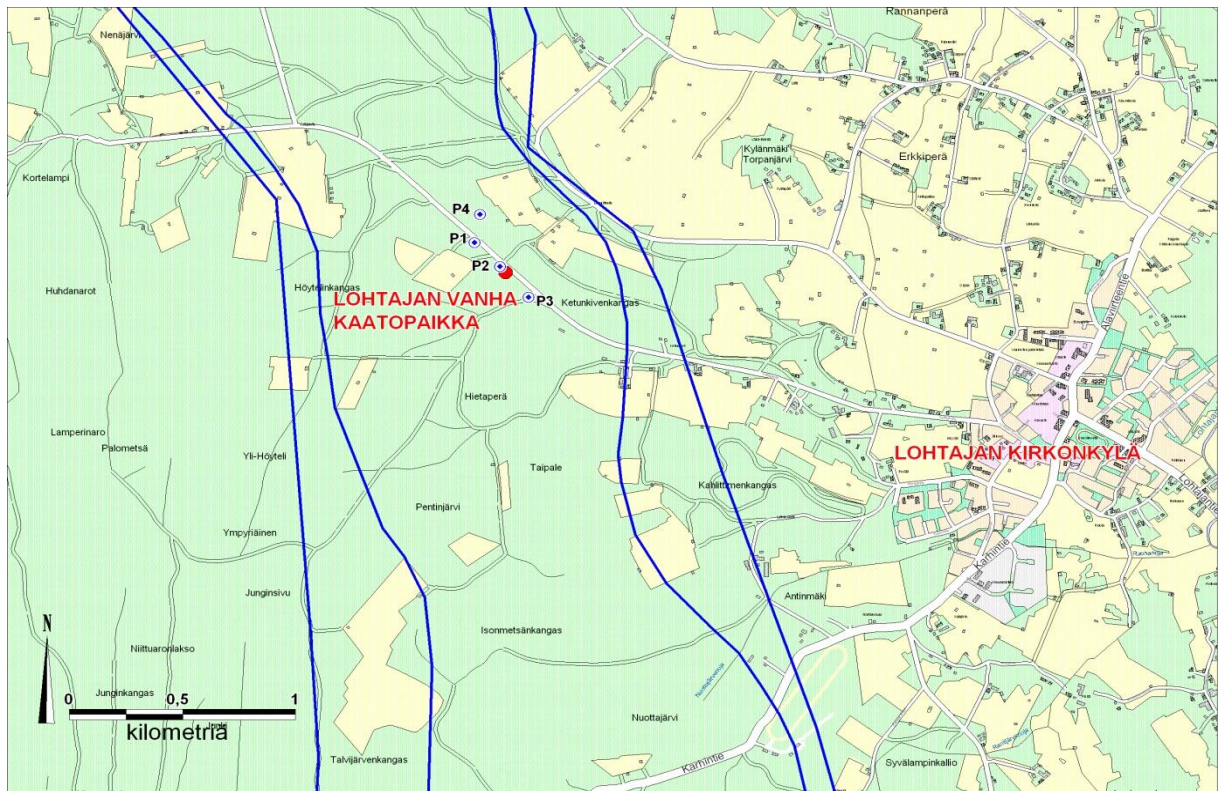
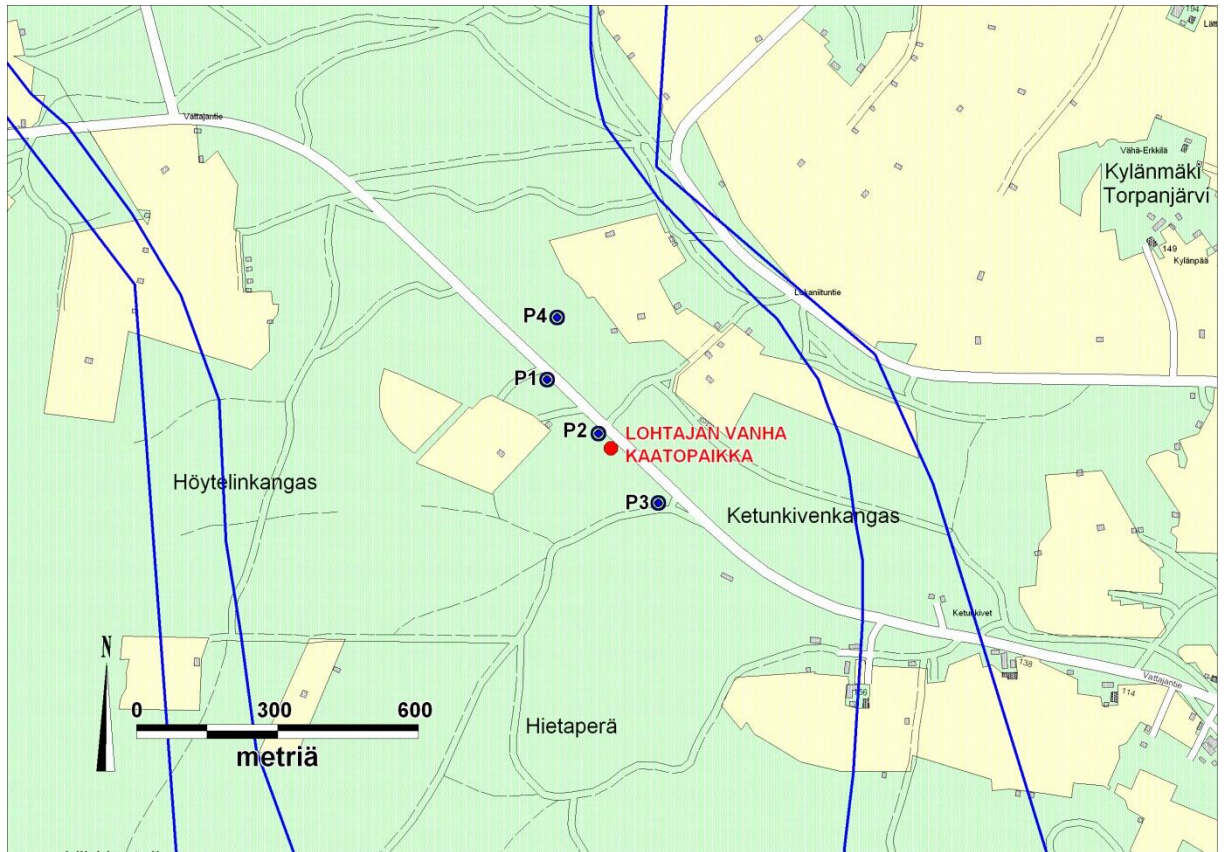
⁹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: alfa-endosulfaani ja beta-endosulfaani.

¹⁰ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: tributyyliini (TBT) ja trifenyyliini (TPT).

¹¹ Summapitoisuus sisältäen seuraavat yhdisteet: metyyli-*tert*-butyylieteeri (MTBE) ja *tert*-amyylieteeri (TAME).

¹² n-parafiinisarja kaasukromatografisessa analyysissä.







PIRKANMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS
Laboratorio

Päiväys
Datum

Nro
Nr

18.8.2009

1122-09

LÄNSI-SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS
ILKKA NÄRHI
TORIKATU 40, PL 77,
67101 KOKKOLA

Viite / Hänvisning

LOHTAJAN VANHALTA KAATOPAICALTA PERÄISIN OLEVAN
MAANÄYTEKOKOONAN KAATOPAIKKAKELPOISUUSTUTKIMUS

Asia / Ärende

TUTKIMUSSELOSTE

Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratoriossa on tutkittu Länsi-Suomen ympäristökeskuksen toimittamien, Lohtajan vanhalta kaatopaicalta peräisin olevien maanäytteiden (7 kpl) kaatopaikkakelpoisuutta Valtioneuvoston asetuksen 202/2006 pohjalta. Osanäytteistä tehtiin kokooma ja sen kaatopaikkakelpoisuus selvitetiin. Seuraavien analyyttien kokonaispitoisuudet määritettiin kaatopaikkakelpoisuustestien yhteydessä: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Mo, Se, Sb, Zn, V ja kokonaisorgaaninen hiili (TOC) sekä mineraaliöljy (C10-C40)- ja PAH-määritykset. Lisäksi testattiin liukoisuuksia yksivaiheisella ravistelutestillä SFS-EN 12457-2, jonka suodoksesta määritettiin seuraavat analyytit: As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Mo, Se, Sb, Zn, V ja kloridi-, fluoridi- ja sulfaatti-ionit sekä liukoinen orgaaninen hiili (DOC). Testisuunnitelman on laatinut kemisti Marika Kaasalainen yhdessä asiakkaan kanssa. Asiantuntija-arvio maanäytekokoonan kaatopaikkakelpoisuudesta perustuu nyt tehtyihin tutkimuksiin.

NÄYTTEIDEN TAUSTATIEDOT JA ESIKÄSITTELY

Näytteenoton Lohtajan vanhalta kaatopaicalta teki asiakas. Näytteet (yhteensä seitsemän osanäytettä) saapuivat Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratorioon 7.7.2009, jossa ne kirjattiin 14.7.2009 taulukon 1 mukaisin näyttenumeroin.

Osanäytteet oli asiakkaan toimesta koodattu seuraavasti:

U1 0,0-1,5

U2 0,0-2,0

U3 0,0-2,0 ja 2,0-3,0

U4 0,0-2,0 ja 2,0-3,0

U5 0,0-2,9

*Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoidulle näytteelle
Selosteen saa kopioida vain kokonaan*

- Yliopistonkatu 38 · PL 297, 33101 Tampere · www.ymparisto.fi/pir
- ⊕ Yliopistonkatu 38 · PB 297, FI-33101 Tammerfors, Finland · www.miljo.fi/pir
- Laboratorio · Kokkolankatu 4 · 33300 Tampere
- ⊕ Laboratoriet · Kokkolankatu 4 · FI-33300 Tammerfors, Finland

Kaikista seitsemästä osanäytteestä koottiin yksi kokoomanäyte.

Taulukko 1. Näytenumerot kokoomanäytteelle.

	<i>Lohtajan kokoomamaanäyte</i>
<i>Kokonaispitoisuudet</i>	1909-893-1
<i>SFS-EN 12457-2 ravisteluesti (L/S 10)</i>	1909-894-1

Osamaanäytteet olivat keskenään tasalaatuisia. Kiviä ei otettu mukaan testeihin. Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratoriossa kosteuspitoisuus määritettiin erillisistä osanäytteistä gravimetrisesti lämpökaapissa 105 °C:ssa ISO 11465 standardin mukaisesti. Erilliset osanäytteet lähetettiin NabLabs Oy:n laboratorioon PAH-yhdisteiden ja mineraaliöljyjen (C10-C40) kokonaispitoisuusmäärittelyyn.

PIMA-asetuksen (VNa 214/2007) tultua voimaan, poiskaivettu maa-aines luokitellaan eri tavoin kuin aiemmin. Taulukossa 2 on esitetty uusi maa-ainesjätteen luokittelu. Kaivetun maa-ainesjätteen pilaantuneisuuden luokittelussa käytetään seuraavassa esitettyjä SYKE:n raportin 36/2008 (Jaakkonen, 2008) mukaisia maaperäluokkia.

Taulukko 2. Kaivetun maa-ainesjätteen pilaantuneisuusluokittelu

Tunnus	Määritelmä	Taso
A	Pilaantumaton	< kynnysarvo
B	Kohonnut pitoisuus	kynnysarvo–alempi ohjearvo
C	Pilaantunut	alempi ohjearvo–ylempi ohjearvo
D	Pilaantunut	ylempi ohjearvo–ongelmajätearvo
E	Ongelmajäte	> ongelmajätearvo

LIUKOISUUSTESTIN KUVAUS

Liukoisuustestinä tehtiin yksivaiheinen ravistelutesti SFS-EN 12457-2. Menetelmässä alle 4 mm:n hiukkaskokoon jauhettua näytettä ravistellaan veden kanssa liuos/kiinteä aines-suhteessa (L/S) 10 l/kg. Ravistelu tehdään end over end-tyyppisellä ravistelijalla pyörimisnopeudella 10 rpm 24 tunnin ajan. Tämän jälkeen seos suodatetaan (suodattimen huokoskoko 0,45 µm) ja saadusta suodoksesta analysoidaan liuenneet komponentit. Tutkittavien komponenttien liennut määrä (mg/kg) näytteen kuivapainoa kohden lasketaan L/S-suhteelle 10 l/kg. Yksivaiheisen testin tuloksia voi verrata VNa 202/2006 mukaisiin kaatopaikkakelpoisuusraja-arvoihin luotettavasti.

LIUKOISUUSTESTIN JA ANALYYSIEN SUORITUS

Näytteen TOC-pitoisuus määritettiin standardin SFS-EN 13137 menetelmän B (suora menetelmä) mukaisesti LECO CNS-2000 alkuaineanalyysointilaitteella. Näyte poltettiin happivirrassa 1400°C lämpötilassa ja poltossa muodostuneen hiilidioksidin pitoisuus määritettiin IR-detektorilla. Määrittäminen tehtiin Pirkanmaan ympäristökeskuksen

*Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoidulle näytteelle
Selosteen saa kopioida vain kokonaan*

laboratoriossa. Metallien kokonaispitoisuuden määrittystä varten maanäyte uutettiin typpihapon ja vetyperoksidin seokseen mikroaaltouunitekniikalla soveltamalla EPA 3051 menetelmäehdotusta. Happouutteen ja liukoisuustestin suodosten metallimääritykset tehtiin alihankintana ICP-tekniikalla Suomen ympäristökeskuksen laboratoriossa.

Liukoisuustestaus, eli yksivaiheinen ravistelutesti SFS-EN 12457-2 tehtiin 10.-11.3.2009 testausohjeen mukaisesti laboratorion lämpötilassa. Liukoisuustestin suodoksen pH määritettiin SFS 3021 standardin ja sähkönjohtavuus SFS-EN 27888 standardin mukaisesti välittömästi testin päätyttyä. Liukoisuustestisuodoksen liuenneen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuus määritettiin hiilianalysaattorilla SFS-EN 1484 vesistandardin mukaisesti. Kloridi-, sulfaatti- ja fluoridipitoisuudet määritettiin ionikromatografisesti standardien SFS-EN-ISO 10304-1 ja -2 mukaisesti Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratoriossa. Elohopeamääritys liukoisuustestisuodoksesta tehtiin alihankintana Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa standardin SFS-EN 1483 mukaisesti.

Kuvaus käytetyistä menetelmistä, menetelmien akkreditointi ja teettäminen alihankintana on esitetty myös liitteessä 1. Käytetyille menetelmille ilmoitetaan tulosten pitoisuusalueita vastaavat mittausepävarmuudet, mikäli niitä erikseen pyydetään. Mittausepävarmuudet on kuitenkin huomioitu tutkittujen jätteiden tulosten arvioinnissa. Arvio jätteiden kaatopaikkakelpoisuudesta ei kuulu akkreditoituihin menetelmiin.

TESTAUKSEN TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Näytteiden kokonaispitoisuusmääritysten tulokset ja ravistelutestissä SFS-EN 12457-2 liuenneiden aineiden määrät L/S-suhteessa 10 l/kg on esitetty liitteen 2 taulukossa 1. Aineiden pitoisuudet on ilmoitettu kuivaa näytettä kohti laskettuna. Erillisessä liitteessä on esitetty PAH-yhdisteiden mineraalilölyjen (C10-C40) kokonaispitoisuuksien määritystulokset.

Raskasmetallien kokonaispitoisuudet ovat pääasiassa melko pieniä ja orgaanisen hiilen kokonaispitoisuus on ainoastaan 27 g/kg, VNa 202/2006 mukaisen pysyvän jätteen raja-arvon ollessa 30 mg/kg. Raskasmetallien kokonaispitoisuuksista suuri osa jäi VNa 214/2007 mukaisten pilaantuneen maan kynnsarvojen alle. Arseenin, kadmiumin ja lyijyn kokonaispitoisuudet sijoituivat välille kynnsarvo-alempi ohjearvo (VNa 214/2007). Ainoastaan sinkin kokonaispitoisuus 1 700 mg/kg ylitti merkittävästi VNa 214/2007 mukaisen pilaantuneen maan ylempään ohjearvon 400 mg/kg. Tämän perusteella pitää arvioida, onko maa sinkkipitoisuuden vuoksi ongelmajätettä.

Koska sinkin yhdistettä maanäytteessä ei tiedetä, määritellään ongelmajäteraja-arvo STM:n vaarallisten aineiden luettelosta (2005) sinkin haitallisimman yhdisteen vaaraominaisuuksien mukaan. Alin ei-sitova metalliyhdisteiden pitoisuusraja, jolla näytteiden edustamat massat voitaisiin luokitella ongelmajätteeksi, on ympäristövaarallisuuden mukaan 2 500 mg/kg eli 0,25 %. Jos metalliyhdisteiden/ yhdisteen kokonaispitoisuus jää alle tämän raja-arvon, ei näytettä luokitella ongelmajätteeksi, vaan se luokitellaan tavanomaiseksi jätteeksi. Kokoomamaanäytteen saapumistilainen kosteus oli 19,13 %, joten sinkki voi esiintyä sinkkihydroksidina. Sinkkihydroksidia ei kuitenkaan ole esitetty STM:n vaarallisten aineiden luettelossa (2005). Mahdollisesti näytteessä esiintyvän sinkkioksidin vaaraominaisuuksia

*Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoidulle näytteelle
Selosteen saa kopioida vain kokonaan*

tarkasteltaessa se saa juuri vaaraluokituksen ympäristölle vaarallinen (N; R50-53). Jos kaikki näytteen sinkki lasketaan sinkkioksidiksi, on yhdisteen laskennallinen pitoisuus 2 100 mg/kg. Laskennallinen sinkkioksidipitoisuus alittaa täten edellä mainitun sinkkioksidin ongelmajäteraja-arvon 2 500 mg/kg selvästi. Kokoomamaanäytteen sinkkipitoisuus sijoittuu täten mitä luultavimmin välille ylempi ohjearvo-ongelmajäteraja-arvo (VNa 214/2007). Maa voidaan sen kohonneen sinkkipitoisuuden perusteella luokitella pilaantuneeksi. Pilaantuneisuustaso on täten D, pilaantunut. Metallien kokonaispitoisuudet täyttivät täten tavanomaisen jätteen kriteerit (STM, 2005).

Maanäytekokoomaan PAH-yhdisteiden laskennallinen kokonaispitoisuus oli 0,86 mg/kg. Se täyttää täten selvästi VNa 202/2006 mukaisen pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuus-kriteerin. PAH-yhdisteet eivät ylitä VNa 214/2007:ssä mainittuja pilaantuneen maan kynnsarvoja.

Mineraaliöljyjen kokonaispitoisuus (C10-C40) kokoomamaanäytteessä oli 490 mg/kg. Tämä pitoisuus alittaa selvästi VNa 202/2006 mukaisen raja-arvon jätteen sijoituksessa pysyvän jätteen kaatopaikalle (500 mg/kg). Raskaiden öljyjakeiden pitoisuuden (C21-C40) perusteella maata ei voida asetuksen VNa 214/2007 mukaisesti luokitella pilaantuneeksi. Kuitenkin öljyjakeille C10-C40 on annettu kynnsarvo 300 mg/kg. Tämä raja-arvo ylittyy ja maakokoomanäyte voidaankin mineraaliöljypitoisuuden perusteella luokitella siten, että se kuuluu luokkaan "kohonnut öljypitoisuus" (luokka B).

Ravistelutestin SFS-EN 12457-2 liukoisuussuodoksella oli melko emäksistä, pH oli 8,2. Maan happoneutralointikykyä on tällaisen pH:n perusteella kuitenkin vaikea arvioida. Liukoisuussuodoksessa suuri osa testatuista aineista jäi alle määritysrajan. Liukoisuussuodoksen haitta-aineiden pitoisuudet, mukaan lukien kloridi, fluoridi, sulfaatti ja liukoinen orgaaninen hiili (DOC), täyttivät Valtioneuvoston asetuksen 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen raja-arvot.

ARVIO LOHTAJAN KAATOPAIKKAMAAKOKOOMAN KAATOPAIKKAKELPOISUUDESTA

Näytteen 1909-893-1 edustama kaatopaikkatoiminnasta peräisin oleva maa-aines voidaan luokitella tavanomaiseksi jätteeksi luokitusnumerolla 17 05 04 "*muut kuin nimikkeessä 17 05 03 mainitut maa- ja kiviainekset*" (YMa 1129/2001; Dahlbo 2002). Maa kuuluu jätenimikeryhmään 17 05, "Maa-ainekset (pilaantuneilta alueilta kaivetut maa-ainekset mukaan luettuina), kiviainekset ja ruoppausmassat". Raskasmetallien kokonaispitoisuudet olivat pääasiassa alhaisia. Maata voidaan sen sinkin kokonaispitoisuuden perusteella kuitenkin pitää pilaantuneena (VNa 214/2007). **Maamassat kuuluvat sinkkipitoisuuden perusteella luokkaan D, pilaantunut (Jaakkola, 2008)** ja sinkin pitoisuustaso on välillä ylempi ohjearvo-ongelmajäte. Mineraaliöljypitoisuus on myös kohonnut. Mineraaliöljyjen ja PAH-yhdisteiden kokonaispitoisuudet täyttävät VNa 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen raja-arvot.

Ravistelutestissä SFS-EN 12457-2 liuenneiden raskasmetallien ja muiden aineiden pitoisuudet ovat hyvin alhaisia ja pääosa jää alle määritysrajan. Haitta-aineiden pitoisuudet liukoisuustestissä täyttävät nekin VNa 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen kriteerit.

5/6

Kokonaisorgaanisen hiilen pitoisuus (TOC) sekä liukoisen orgaanisen hiilen (DOC) pitoisuus täyttävät molemmat VNA 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuuskriteerit. Maanäytteen orgaaninen aines ei täten muodosta estettä kaatopaikkasijoitukselle.

Testattua Lohtajan kaatopaikalta koottua kokomaamaanäytettä vastaavat maamassat voidaan toimittaa loppusijoitukseen VNa 202/2006 mukaisille tavanomaisen epäorgaanisen jätteen tai tavanomaisen sekajätteen kaatopaikoille. Haitta-aineiden liukoisuudet täyttivät VNa 202/2006:ssa esitetyt pysyvän jätteen raja-arvot, samoin määritetyt kokonaispitoisuudet (PAH, mineraaliöljyt, TOC). Maamassojen mahdollista hyötykäyttöä kannattaa tällä perusteella selvittää (Huttunen, J., 2009). Pilaantuneille maa-ainesjätteille on lisäksi olemassa omia erityiskaatopaikkoja tai niille voidaan varata erillisiä kaatopaikan osia. Haitta-ainepitoisuukseltaan alemman ohjearvon ylittävien maa-ainesten hyödyntämisen tai käsittelyn on tapahduttava kohteessa, jonka ympäristöluvassa tämä on sallittu (YM, 2007).

Maa-ainesten sijoittamisesta päättää tarvittaessa ympäristöviranomainen tämän lausunnon perusteella. Tarkempia tietoja nyt tehdyistä määrittämisistä ja menetelmistä antaa kemisti Marika Kaasalainen puhelimitse 040 714 6319 tai sähköpostilla marika.kaasalainen@ymparisto.fi.

Kemisti



Marika Kaasalainen

Viitteet:

- Dahlbo, H. 2002. Jätteen luokittelu ongelmajätteeksi – arvioinnin perusteet ja menetelmät. Ympäristöopas 98. Suomen ympäristökeskus. Vammalan kirjapaino Oy, Vammala.
- EU 2003. Neuvoston päätös (2003/33/EU) liitteen II mukaisista perusteista ja menettelyistä jätteen hyväksymiseksi kaatopaikoille. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti L11, 16.1.2003. s. 27-49.
- Huttunen, Janne, 2009. Kaatopaikkojen pintarakenteiden toteuttamisen vaihtoehtoja. Luento. Jätehuollon neuvottelupäivät, Oulu, 25.3.2009.
- Jaakkonen, Satu, 2008. Kaivettujen pilaantuneiden maa-ainesten käsittely Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 36/2008.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 509/2005 vaarallisten aineiden luettelosta (voimaan 31.10.2005).
- Valtioneuvoston asetus 1128/2001 jäteasetuksen liitteen 4 muuttamisesta: Ominaisuudet, joiden perusteella jätteet luokitellaan ongelmajätteeksi, ja ominaisuuksien tulkinnassa sovellettavat raja-arvot (voimaan 1.1.2002).
- Valtioneuvoston asetus 202/2006 kaatopaikoista annetun valtioneuvoston päätöksen muuttamisesta (voimaan 1.9.2006).
- Valtioneuvoston asetus 214/2007 maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (voimaan 1.6.2007).
- Wahlström et al. 2006. Jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden toteaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2006. Ympäristöministeriö, 82 s.

*Analyytitulokset pätevät ainoastaan analysoidulle näytteelle
Selosteen saa kopioida vain kokonaan*

Ympäristöministeriön asetus 1129/2001 yleisempien jätteiden sekä ongelmajätteiden luettelosta (voimaan 1.1.2002).

Ympäristöministeriö, Tilastokeskus ja SYKE, 2005. Jäteluokitusopas 2005. Käsikirjoja 37. Valopaino Oy, Helsinki. 231 s.

Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, 2007. Maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointi. Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007. Edita Prima Oy, Helsinki. 118

Puheluiden hinnat:

Asiakaspalvelunumeroon soittaessaan asiakas maksaa vain paikallisverkkomaksun hinnan. Soitettaessa suoraan luettelon mukaisiin matkapuhelinnumeroihin määräytyy hinta soittajan operaattorin hinnoittelun mukaisesti.

Soitto ympäristöhallinnon 020 490 -alkuisiin suoravalintanumeroihin maksaa lankaliittymistä 8,21 senttiä/puhelu + 2,0 senttiä/minuutti. Hinta on kaikkialta Suomesta sama. Matkapuhelimista hinta on 8,21 senttiä/puhelu + 14,9 senttiä/minuutti (kaikki operaattorit). Puhelumaksut perii puhelinoperaattori.



Pirkanmaan
ympäristökeskus
LABORATORIO

18.8.2009

Testauseloste 1122-09, liite 1

Sivu 1(2)

FINAS
Finnish Accreditation Service
T186 (EN ISO/IEC 17025)

Asiakas	LSU
Yhteyshenkilö	Ilkka Närhi
Osoite	Torikatu 40, Pt 77, 67101 Kokkola
Asiakkaan viite	Lohtajan vanhan kaatopaikan maanäytteiden kaatopaikkakelpoisuustestaus.
Näytetyyppi, näyttenumerot	Kaatopaikkamaat. Seitsemän osanäytettä (asiakkaan tunnuksat U2: 0-2, U3: 0-2 ja 2-3, U4: 0-2 ja 2-3, U5: 0-2 ja U1: 0-1,5), joista tehtiin laboratoriossa asiakkaan pyynnön mukaan yksi kokooma. Kokonaispitoisuudet, näyttenumero 1909-893-1 ja liukoisuustestin SFS-EN 12457-2 suodot, näyttenumero 1909-894-1.
Näytteenotto	Asiakas. Viisi näytepistettä (U1-U5), joista osanäytteitä.
Näytteiden saapumispäivämäärä	7.7.2009
Testauksen tavoite	Kaatopaikkamaiden kaatopaikkakelpoisuustestaus.
Liukoisuustestin suorituspäivämäärä	Yksivaiheinen ravistelutesti SFS-EN 12457-2: 16.-17.7.2009.
Näytteiden esikäsittely	Tulosten ilmoittamiseksi kuivaa näytettä kohden erillisestä osanäytteestä tehtiin kosteusmääritys gravimetrisesti (105 C) standardin ISO 11465 mukaisesti. Erilliset osanäytteet lähetettiin NabLabs Oy:n laboratorioon PAH-yhdisteiden ja mineraaliöljyjen kokonaispitoisuusmäärityksiin.
Analysointiaika	14.7.2009-4.8.2009.
Liukoisuustestin SFS-EN 12457-2 kuvaus	Liukoisuuskoetta tehtiin näytteestä yksivaiheisella ravistelutestillä SFS-EN 12457-2. Menetelmässä alle 4 mm:n hiukkaskokoon jauhettua näytettä ravistellaan veden kanssa liuos/kiinteä aines-suhteessa (L/S) 10 l/kg. Ravistelu tehdään end over end -tyyppisellä laitteella pyörimisnopeudella 10 rpm 24 tunnin ajan. Tämän jälkeen seos suodatetaan (huokoskoko 0,45 µm) ja saadusta suodoksesta analysoidaan liuenneet komponentit. Tutkittavien komponenttien liuenneen määrä (mg/kg) näytteen kuivapainoa kohden lasketaan sekä L/S-suhteelle 10 l/kg.

Esikäsittely	Standardi	Laboratorio	Akkreditointi
Yksivaiheinen ravistelutesti L/S 10	SFS-EN 12457-2	19	K
HNO3-H2O2 mikroaaltouunihajotus	EPA 3051	19	K

Määritykset kiinteästä materiaalista	Standardi	Laboratorio	Akkreditointi
TOC, määrittäminen CNS-2000	SFS-EN 13137	19	K
Barium, hajotus HNO3-H2O2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Sinkki, hajotus HNO3-H2O2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Kupari, hajotus HNO3-H2O2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Kromi, hajotus HNO3-H2O2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Elohopea, AAS-poltto, amalgamointi	KVYV menetelmä LA82	25	AK
Arseni, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Kadmium, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Molybdeeni, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Nikkeli, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Lyijy, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Antimoni, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Seleen, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Vanadiini, hajotus HNO3-H2O2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE

Analysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Selosteen saa kopioida vain kokonaan.

Yhteystiedot: Pirkanmaan ympäristökeskus, laboratorio
Kokkolankatu 4, 35300 Tampere

Määritykset liukuosustestiutteesta	Standardi	Laboratorio	Akkreditointi
Sähkönjohtavuus, uutto, konduktometrinen	SFS-EN 27888:1994	19	K
pH, uutto elektrometrinen	SFS 3021	19	K
Barium, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Sinkki, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Kloridi, uutto SFS-EN 12457-2, ionikromatografi	SFS-EN ISO 10304-1 ja 10304-2	19	K
Fluoridi, uutto SFS-EN 12457-2, ionikromatografi	SFS-EN ISO 10304-1 ja 10304-2	19	K
Sulfaatti, uutto SFS-EN 12457-2, ionikromatografi	SFS-EN ISO 10304-1 ja 10304-2	19	K
Kupari, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
DOC, uutto SFS-EN 12457-2, IR-spektrometria	SFS-EN 1484	19	K
Kromi, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/OES	ISO 11885	14	AE
Nikkeili, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Lyijy, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Arseeni, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Kadmium, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Elohopea, uutto SFS-EN 12457-2, AAS-kylmähöyry	SFS-EN 1483	25	AK
Molybdeeni, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Antimoni, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Seleni, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE
Vanadiini, uutto SFS-EN 12457-2, ICP/MS	ISO 17294-1 ja 2	14	AE

Testauslaboratorio 19, Pirkanmaan ympäristökeskuksen laboratorio, Finas akkreditoitu T186
 Testauslaboratorio 25, Kokemäenjoen vesistön vesiensuojelulaboratorio, Finas akkreditoitu T064
 Testauslaboratorio 14, Suomen ympäristökeskuksen laboratorio, Finas akkreditoitu T003
 Tulokset pätevät vain testatuille näytteille. Tulosten tulkinta ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

E = ei akkreditoitu, K = akkreditoitu, A = alihankinta

Analysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
 Selosteen saa kopioida vain kokonaan.

Yhteystiedot: Pirkanmaan ympäristökeskus, laboratorio
 Kokkolankatu 4, 33300 Tampere



Pirkkanmaan ympäristökeskus
LABORATORIO

18.8.2009

Testausseoste 1122-09, liite 2
Sivu 1 (1)



Taulukko 1. Lohtajan vanhalta kaatopaikalta kootun kokoomaanäytteen haitta-aineiden kokonaispitoisuudet (laboratorion näytenumero 1909-893-1), ravistelu- ja SFS-EN 12457-2 liuenneet pitoisuudet (näyte 1909-894-1, L/S 10) sekä kaatopaikkakelpoisuus kriteerit (VNa 202/2006).

Komponentti	Kaatopaikkakelpoisuus kriteerit				Näytteen tulokset	
	Yksikkö	Prävyä jäte L/S 10	Tavanomaisen jätteen järe L/S 10	VNa 202/2006 Ongelma järe L/S 10	Näytenumero 1909-0893-001 Kokonaispitoisuus	Näytenumero 1909-0894-001 L/S 10
Antimoni	mg/kg	0.06	0.7	5	0.89	<0.05
Arseni	mg/kg	0.5	2	25	7.1	<0.05
Barium	mg/kg	20	100	300	180	3.4
Kadmium	mg/kg	0.04	1	5	2.6	<0.01
Kromi	mg/kg	0.5	10	70	28	0.06
Kupari	mg/kg	2	50	100	75	0.29
Nikkeli	mg/kg	0.4	10	40	12	0.05
Lyijy	mg/kg	0.5	10	50	130	0.08
Molybdeeni	mg/kg	0.5	10	30	1.0	<0.05
Seleni	mg/kg	0.1	0.5	7	0.28	<0.05
Vanadiini	mg/kg	-	-	-	13	<0.05
Sinkki	mg/kg	4	50	200	1700	0.92
Elohopea	mg/kg	0.01	0.2	2	27	<0.01
TOC	g/kg	30	50	60	-	-
Sulfaatti	mg/kg	1000	20 000	50 000	-	97
Kloridi	mg/kg	800	15 000	25 000	-	35
Fluoridi	mg/kg	10	150	500	-	<5
DOC	mg/kg	500	800	1000	-	120
pH	-	-	>6 (ong.jäte)	-	-	8.2
sähköjoht	mS/m	-	-	-	-	16

Lisätietoja antaa tarvittaessa kemisti Marika Kaasalainen puhelimitse 040 714 6319 tai sähköpostilla marika.kaasalainen@ymparisto.fi

Marika Kaasalainen

Kemisti Marika Kaasalainen

Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Seiosteen saa kopioida vain kokonaan.

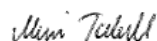
Yhteystiedot: Pirkkanmaan ympäristökeskus, laboratorio
Koskolankatu 4, 33300 Tampere

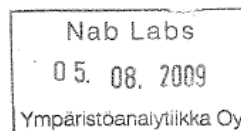
Pirkanmaan ympäristökeskus
Raija Ivalo

 Kokkolankatu 4
 33300 Tampere
Näytetiedot

Näyte otettu		Näytteen ottaja	Asiakas
Saapunut	16.07.2009	Näytteenoton syy	Tutkimus
Tutkimus alkoi	16.07.2009		
Tutkimus valmis	04.08.2009		
Viite			

Analyysi	Menetelmä	Yksikkö	6423-2 Maa 893-1
Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH)	Sisäinen menetelmä		Liite
Öljyhiilivedyt C10-C40	O-Y-021	mg/kg	490
Öljyhiilivedyt C11-C21	O-Y-021	mg/kg	< 50
Öljyhiilivedyt C21-C40	O-Y-021	mg/kg	490



 Mervi Tabell
 Asiakaspalvelukemisti
 Puh. 040-4855688


Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.

Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Nab Labs Oy – Y-tunnus/VAT no.FI 02831262 – Laskutusosoite PL 280 00101 Helsinki
 Betonimiehenkuja 1A 02150 Espoo – Tikkalantie 2 26100 Rauma – Nevantie 21 86710 Kärämäki
 Nuottasaarentie 17 90400 Oulu – Harjutie 14 69600 Kaustinen – Vuoksenkantie 32 55800 Imatra

Lab. näyttenumero:	6423	Tilaja:	Pirkanmaan ympäristökeskus / Rajja Ivalo
Näytteet saapuivat:	16.07.2009	Näytteet valmistettiin:	23-28.07.2009

Menetelmä: O-Y-096, PAH (polyaromaattiset hiilivedyt) maaperänäytteestä GC/MS-tekniikalla.
 Laboratorion sisäinen menetelmä.

Lab. näyttenumero:	6423-2	Maanäyte		Mittausepävarmuudet %:								
		883-1		(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)		
Yhdiste:	Pitoisuus:	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)	(µg/kg)
nafthaaleeni	< 100							37	36	31	30	
asenaftyleeni	< 100							33	38	30	31	
asenafteni	< 100							31	35	30	30	
fluoreeni	< 100							32	38	33	35	
fenantreeni	< 100							52	45	35	31	
antraseeni	< 100							33	35	31	33	
fluoranteeni	240							32	35	30	32	
pyreeni	200							32	35	30	32	
benzo(a)antraseeni	130							41	35	31	31	
kryseeni	140							38	36	30	30	
benzo(b)fluoranteeni	150							85	53	33	34	
benzo(k)fluoranteeni	< 100							67	35	34	35	
benzo(a)pyreeni	< 100							44	41	36	36	
indeno(1,2,3-cd)pyreeni	< 250							36	32	32	30	
dibenzo(a,h)antraseeni	< 250							30	34	31	30	
benzo(g,h,i)peryleneeni	< 250							34	31	32	30	
PAH yhteensä:	860											

Yksittäisten yhdisteiden määritysraja 100-250 µg/kg kuivaa ainetta.
 PAH yhteensä: määritysrajan ylittävien yhdisteiden summa.
 Tutkimusolosuhteet saa kopioida vain kokonaan.
 Tuokset pätevät vain testatuille näytteille.
 * Soxhlet uutettu toluenilla.

Päivä Meri Toivall
Raporttoija: Erik Sandell, erikoisasiatuntija
Pvm: 4.8.2009

Nab Labs Oy • www.nablabs.fi • Y-tunnus / VAT no. FI 02831262 • Laskutusosoite PL 260 00101 Helsinki
 Betonimiehentienkuja 1 A 02150 Espoo • Tikkalantie 2 26100 Rauma • Nevalie 21 86710 Kärsämäki
 Nuottasaarentie 17 90400 Oulu • Harjutie 14 69600 Kaustinen • Tankkamonkijä 3 56500 Iinmätra
 Puh. maa-analytiikka 02074 79102, vesianalytiikka 02074 79105, prosessianalytiikka 02074 79111, mikrobiologia 02074 79116, ilmapäästämittaukset 02074 79115

Nab Labs
 05.08.2009
 Ympäristöanalytiikka Oy

**ILMOITUS PILAANTUNEEN MAAPERÄN
PUHDISTAMISESTA**

(Ympäristönsuojelulaki 78 §, Ympäristönsuojeluasetus 24–25 §)

(Viranomaisen täyttää) Diaarimerkintä	Viranomaisen yhteystiedot
Ilmoitus on tullut vireille	

1. ILMOITUKSEN TEKIJÄN YHTEYSTIEDOT

Ilmoituksen tekijän nimi tai toiminimi Kokkolan kaupunki	Liike- ja yhteisötunnus 01 79377-8
Lähiosoite PL 43, Kauppatori	Postinumero ja postitoimipaikka 67101 Kokkola
Yhteyshenkilön nimi ja yhteystiedot (puhelin, faksi, sähköposti) Heikki Penttilä, 06-8289 332, heikki.penttila@kokkola.fi	

2. PILAANTUNUTTA ALUETTA KOSKEVAT TIEDOT

Kunta Kokkola	Kaupunginosa / kylä 432 (Lohtaja)
Korttelin RN:o / tilan nimi 0014	Tontin / tilan RN:o 0039
Kiinteistörekisteritunnus 14-39	
Kiinteistön omistajan / haltijan nimi Kokkolan kaupunki, Vesa Turtola	Puhelin 06-828 9352
Katuosoite Kauppatori	
Osoite PL 43	Sähköposti vesa.turtola@kokkola.fi

3. PILAANTUMISTA KOSKEVAT TIEDOT

Selvitys pilaantumista aiheuttaneista tapahtumista ja ajankohdista	<input checked="" type="checkbox"/> Tiedot esitetty liitteessä nro 5
Kyseininen Vattajantien kaatopaikka on toiminut yhdyskuntajätteen kaatopaikkana vuosina 1964-1975. Jätetäyttö on peitetty maalla toiminnan lopettamisen jälkeen.	
Selvitys pilaantumisen aiheuttaneesta aineesta (ominaisuudet, pitoisuudet, määrät). Pilaantuneen maan määrä (m ³) ja pilaantuneen alueen pinta-ala 6902 / 02.2003	<input checked="" type="checkbox"/> Tiedot esitetty liitteessä nro 4

Kaatopaikan kokonaispinta-ala on n. 2000 m². Jätetäytön kokonaisuutena arvioidaan 3260m³ ktr. Lisäksi maaperä voi olla pilaantunut jätetäytön alapuolelta. Kaatopaikalta otetusta kokoomanäytteestä tehtiin kaatopaikkakelpoisuustutkimus 2009. Kokoomanäyte muodostui seitsemästä alueelta otetusta maanäytteestä. Raskasmetallien kokonaispitoisuuksista suurin osa jäi VNa 214/2007 mukaisen pilaantuneen maan kynnyksarvojen alle. Arseenin, kadmiumin ja lyijyn kokonaispitoisuudet ylittävät kynnyksarvon, mutta alittivat alemman ohjearvon. Ainoastaan sinkin kokonaispitoisuus (1700 mg/kg) ylitti merkittävästi ylempään ohjearvoon (400 mg/kg). Laskennallinen sinkkioksidipitoisuus (2100 mg/kg) kuitenkin alittaa ongelmajäteraja-arvon (2500 mg/kg).

PAH-yhdisteiden laskennallinen kokonaispitoisuus oli 0,86 mg/kg, joka ei ylitä pilaantuneen maan kynnyksarvoja ja täyttää selvästi VNa 202/2006 mukaisen pysyvän jätteen kaatopaikkakelpoisuusstandardin.

Mineraaliöljyjen (C10-C40) kokonaispitoisuus näytteessä oli 490 mg/kg, joka ylittää pilaantuneen maan kynnyksarvon (300 mg/kg), mutta alittaa pysyvän jätteen kaatopaikalle sijoittamisen raja-arvon (500 mg/kg).

Liukoisuustestien perusteella haitta-aineiden pitoisuudet, mukaan lukien kloridi, fluoridi, sulfaatti ja liukoinen orgaaninen hiili (DOC), täyttivät VNa:n 202/2006 mukaiset pysyvän jätteen raja-arvot.

Tutkimusten perusteella maa-ainesta voidaan luokitella tavanomaiseksi jätteeksi luokitusnumerolla 17 05 04 "muut kuin nimikkeessä 17 05 03 mainitut maa- ja kiviainekset". Maata voidaan sinkin kokonaispitoisuuden perusteella kuitenkin pitää pilaantuneena. Maamassat kuuluvat sinkkipitoisuuden perusteella luokkaan D, pilaantunut.

Kokoomanäytettä vastaavat maamassat voidaan toimittaa loppusijoitukseen VNa 202/2006 mukaisille tavanomaisen epäorgaanisen jätteen tai tavanomaisen sekajätteen kaatopaikalle.

Maaperätiedot

 Tiedot esitetty liitteessä nro 5

Kaatopaikka-alueen maaperässä hiekka ja hiekka-silttikerrokset vaihtelevat. Pinnassa on noin metrin hiikkakerros, jonka alla on siltihiikkaa vähintään 6,0 metrin syvyyteen. Siltihiikkakerroksen alta alkaa hiekka-sora -kerros.

Pinta- ja pohjavesitiedot (sijainti, laatu, käyttö)

 Tiedot esitetty liitteessä nro 5

Vattajantien kaatopaikka sijaitsee Karhinkankaan I-luokan pohjavesialueella, lähellä harjun ydintä. Lähin vedenottamo on Puolustusvoimien leirialueen vedenottamo noin 2,6 km kaatopaikalta luoteeseen, pohjaveden virtaussuunnassa. Lohtajan päävedenottamo sijaitsee kaatopaikasta n. 3 km kaakkoon.

Karhinkankaan pohjavesimuodostuma on osa luode-kaakko suuntaista harjujaksoa, joka kulkee Halsualta Ullavan kautta Lohtajalle. Luoteessa harju jatkuu Pohjanlahteen. Harjumuodostuma on laakeaksi tasoittunut ja laajalle levinneet hiikkakerrostumat ympäröivät sitä. Pohjaveden päävirtaussuunta on kaakosta luoteeseen. Pohjavesi purkautuu muodostuman länsi- ja lounaispuolella sijaitsevista lähteistä sekä Vattajantien Kylmäperän ojiin.

Kaatopaikka-alueen pohjavesiä on seurattu Länsi-Suomen ympäristökeskuksen toimesta vuosina 1999-2004 kaikkiaan neljästä pohjavesiputkesta. Vuosina 1999 ja 2000 pohjavedessä havaittiin happipitoisuuden laskua ja merkittävää happamoitumista. Loppukesällä 2004 pohjavesi oli lähes hapetonta. Kokonaistypen ja -fosforin pitoisuudet olivat kohonneet moninkertaisiksi. Kemiallinen hapenkulutus (CODMn) oli kohonnut. Myös kromin, kuparin, lyijyn, sinkin ja vanadiinin pitoisuudet olivat kaatopaikan läheisyydestä otetuissa näytteissä korkeammat kuin kauempana olevista pohjavesiputkista otetuissa näytteissä.

Tutkimuksen perusteella voidaan arvioida, että suurin osa raskasmetalleista on jo liuennut kaatopaikalta ja siirtynyt pohjaveden mukana kauemmaksi hyvin vettä johtavassa maaperässä. "Raskasmetallipulssi" on todennäköisesti siirtymässä pohjaveden mukana länteen-luoteeseen.

4. PUHDISTAMISTA KOSKEVAT ASIAT

Selvitys puhdistustavoitteesta

 Tiedot esitetty liitteessä nro

Nykyinen jätetäyttö poistetaan kokonaisuudessaan ja kuljetetaan luvavaraiseen vastaanottoaikaan. Kunnostustavoitteeksi esitetään VNa 214/2007 mukaisesti maaperän osalta kynnysarvon alittavia pitoisuuksia, koska alue sijaitsee tärkeällä pohjaviesialueella:

- sinkki 200 mg/kg
- arseeni 5 mg/kg
- kadmium 1 mg/kg
- kromi 100 mg/kg
- kupari 100 mg/kg
- nikkeli 50 mg/kg
- lyijy 60 mg/kg
- vanadiini 100 mg/kg
- Öljyjakeet (>C10-C40) 300 mg/kg

Pohjavedelle ei esitetä kunnostustavoitetta.

Selvitys käytettävästä puhdistusmenetelmästä ja jätteiden käsittelystä

Tiedot esitetty liitteessä nro

Kunnostushanke suoritetaan massanvaiholla. Massanvaihtoala on n. 2000 m². Kunnostusalueelta poistetaan yhteensä n. 3260m³ jätetäyttöä. Jätetäytön alapuolisia maamassoja poistetaan siltä osin, että kunnostustavoite saavutetaan. Jätetäyttö ja pilaantunut maa-aines kuljetetaan luvanvaraiseen vastaanottoaikaan.

Alueen tavoitetaso varmistetaan sekä kenttäanalyysointien ja laboratorionäytteiden avulla.

Ympäristöviranomaisen (Länsi-Suomen ympäristökeskus) hyväksytyä maaperän puhdistuksen riittävyyden alue täytetään puhtaalla täyttömaalla tarvittavaan tasoon ja alue maisemoidaan.

Selvitys puhdistustyön suorittamisesta, työn valvonnasta (ml. laadunvalvonta) ja aikataulusta

Tiedot esitetty liitteessä nro

Puhdistushankkeen työvaiheet sekä valvonta:

- Jätetäytön ja pilaantuneiden maiden poistaminen. Jätetäyttö ja pilaantuneet maat kuljetetaan luvanvaraiseen vastaanottoaikaan.
- Alueen tavoitetaso varmistetaan sekä kenttäanalyysointien ja laboratorionäytteiden avulla. Noin 10 % kenttätesteistä varmistetaan laboratorionäyttein.
- Ympäristöviranomaisen (Länsi-Suomen ympäristökeskus) hyväksytyä maaperän puhdistuksen riittävyyden kaivualueet täytetään puhtaalla täyttömaalla tarvittavaan tasoon ja maisemoidaan.
- Ympäristötekninen valvoja (Kokkolan kaupunki) valvoo ja ohjaa jätetäytön ja pilaantuneen maan poistoa. Valvonnassa käytetään apuna kenttäanalyysointia ja laboratorionäytteitä. Valvoja osoittaa myös massojen ja tarvittaessa muun materiaalin vastaanottoaikat ja pitää kirjaa massoista ja muusta alueelta lähtevästä materiaalista.
- Työmaavalvoja pitää työmaapäiväkirjaa, johon kirjataan kaikki mittautulokset, mittausajankohdat, mittauspisteiden sijainnit, mittauksen suorittaja ja mahdolliset muut havainnot ja poikkeukselliset tilanteet. Myös erityyppiset kaivettujen massojen määrät ja kaivuajankohdat kirjataan.
- Työn valmistuttua kunnostuksesta laaditaan loppuraportti, joka toimitetaan ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Aikataulu

- Alueen kunnostus käynnistetään välittömästi (lokakuu 2009). Kunnostuksen kestoksi arvioidaan noin kaksi viikkoa.

Selvitys puhdistamisen ympäristövaikutuksista ja ympäristöhaittojen ehkäisystä

Tiedot esitetty liitteessä nro

- Jätettyä ja pilaantunutta maata poistettaessa ja kuljettaessa ei haitta-aineita saa levitä ympäristöön. Suuria alueita pilaantuneesta maasta ei paljasteta etukäteen. Huolehditaan ettei ajoneuvojen mukana kulkeudu haitta-aineita epähuomiossa muualle.

- Työmaa-aikainen pölyäminen.

Maata kastellaan tarpeen mukaan pölyämisen estämiseksi. Kuljetukset suojataan tarvittaessa peitteillä.

5. ALLEKIRJOITUKSET

Paikka	Päivämäärä
Kokkola	14.9.2009
Allekirjoitus	
Nimen selvennys	
Antti Isotalus	
kaupunginjohtaja	

6. HAKEMUKSEEN ON LISÄKSI LIITETTÄVÄ

1. Kartta ja asemapiirros, joihin on merkitty puhdistettavien kiinteistöjen sijainti ja asian käsittelyn kannalta merkitykselliset kohteet
2. Kartat alueen nykyisestä ja suunnitellusta käyttötarkoituksesta (kaavakartat)
3. Puhdistettavien kiinteistöjen rajanaapuriyhteystiedot
4. Yksityiskohtaiset tutkimustulokset maaperän ja pohjaveden pilaantuneisuuden selvittämisestä

7. TARVITTAESSA HAKEMUKSEEN LIITETÄÄN

5. Puhdistuksen yleissuunnitelma
6. Puhdistustyön aikainen tai sen jälkeen tehtävä ympäristön tarkkailusuunnitelma
7. Työsuojelusuunnitelma
8. Toimintaa koskevat luvat sekä viranomaisen antamat lausunnot

179/60/370/09



LÄNSI-SUOMEN
YMPÄRISTÖKESKUS
VÄSTRA FINLANDS
MILJÖCENTRAL

Paikka
Plats

Kokkola/Karleby

Päiväys
Datum
28.9.2009

Diiri
Dnr
LSU-2009-Y-674 (114)

Ympäristölupayksikkö - Miljötilståndsenheten

Kokkolan kaupunki
Ympäristötoimisto
PL 43
67101 KOKKOLA

Vite / Hänvisning

Asia / Ärende

Päätös nähtävillä pidettäväksi ja tiedoksenne

Länsi-Suomen ympäristökeskus on 28.9.2009 antanut päätöksen ympäristönsuojelulain 78 §:n mukaisessa ilmoitusasiassa.

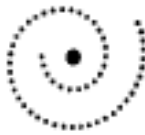
Länsi-Suomen ympäristökeskus ilmoittaa tehdystä päätöksestä 29.9. – 28.10.2009 Kokkolan kaupungin ja Länsi-Suomen ympäristökeskuksen Kokkolan toimipaikan virallisilla ilmoitustauluilla.

Päätös tulee pitää yleisön nähtävillä 28.10.2009 saakka.

Apulaistarkastaja


Anne Tuorila

LIITTEET Päätös
Tiedonanto



LÄNSI-SUOMEN
YMPÄRISTÖKESKUS
VÄSTRA FINLANDS
MILJÖCENTRAL

Ympäristölupayksikkö - Miljötilståndsenheten

PÄÄTÖS

Annettu julkisanon jälkeen

Paikka/Plats
Kokkola/Karleby

Päiväys/Datum Dnr/Dnr
28.9.2009 LSU-2009-Y-674 (114)

ASIA

Ympäristönsuojelulain 78 §:n mukainen maaperän puhdistaminen

ILMOITUKSEN TEKIJÄ

Kokkolan kaupunki
Heikki Penttilä
PL 43
67101 Kokkola

KIINTEISTÖN OMISTAJA/HALTIJÄ

Kokkolan kaupunki
Vesa Turtola
PL 43
67101 Kokkola

TOIMINNAN SIJAINTI

Kokkola, Lohtaja
Kiinteistörekisteritunnus: 272-432-14-39

TOIMINNAN KUVAUS

Kokkolan kaupunki on jättänyt 16.9.2009 Länsi-Suomen ympäristökeskukselle ympäristönsuojelulain 78 §:n mukaisen ilmoituksen maaperän puhdistamisesta Kokkolan kaupungissa Lohtajalla Vattajantiellä. Alueella on toiminut vanha yhdyskuntajätteen kaatopaikka vuosina 1964-1975. Jätetäyttö on peitetty maalla toiminnan lopettamisen jälkeen.

Kaatopaikan kokonaispinta-ala on noin 2000 m². Jätetäytön kokonaismääräksi on arvioitu 3260 m³ ktr. Lisäksi maaperä voi olla pilaantunut jätetäytön alapuolelta.

Kaatopaikka-alueen maaperässä hiekka ja hiekka-silttikerrokset vaihtelevat. Pinnassa on noin metrin hiekkakerros, jonka alla on siltihiekkaa vähintään 6,0 metrin syvyyteen. Siltihiekkakerroksen alta alkaa hiekka-sorakerros.

Vattajantien kaatopaikka sijaitsee Karhinkankaan I-luokan pohjavesialueella, lähellä harjun ydintä. Lähin vedenottamo on Puolustusvoimien leirialueen vedenottamo noin 2,6 km kaatopaikalta luoteeseen. Lohtajan päävedenottamo sijaitsee kaatopaikalta noin 3 km kaakkoon.

ARVIO TOIMINNAN VAIKUTUKSESTA YMPÄRISTÖÖN JA SELVITYKSET YMPÄRISTÖHAITOISTA

Raskasmetallien kokonaispitoisuuksista suurin osa jäi VNa 214/2007 mukaisten pilaantuneen maan kynnysarvojen alle. Arseenin, kadmiumin ja lyijyn kokonaispitoisuudet ylittivät kynnysarvon, mutta alittivat alemman ohjearvon. Ainoastaan sinkin kokonaispitoisuus ylitti (1700 mg/kg) ylempään ohjearvon. Mineraaliöljyjen kokonaispitoisuus oli 490 mg/kg, joko ylittää pilaantuneen maan kynnysarvon.

Kaatopaikka-alueen pohjavesistä on havaittu happipitoisuuden laskua ja happamoitumista. Kokonaistypen ja – fosforin pitoisuudet ovat kohonneet. Kemiallinen hapenkulutus on myös kohonnut. Myös kromin, kuparin, lyijyn, sinkin ja vanadiinin pitoisuudet olivat kaatopaikan läheisyydestä otetuista näytteistä korkeammat kuin kauempana olevista pohjavesiputkista otetuista näytteistä.

Kaatopaikkakelpoisuustestien perusteella maamassat voidaan toimittaa loppusijoitukseen Vna 202/2006 mukaisille tavanomaisen epäorgaanisen jätteen tai tavanomaisen sekajätteen kaatopaikalle.

ILMOITETUT YMPÄRISTÖNSUOJELUTOIMENPITEET

Alueen puhdistus, valvonta ja tarkkailu

Maaperän kunnostuksen tavoitetasoksi esitetään käytettäväksi valtioneuvoston asetuksen (214/2007) mukaisia kynnysarvoja seuraaville kohteessa todetuilla haitta-aineille:

	Kynnysarvot mg/kg
Öljyhiilivedyt C ₁₀ -C ₄₀	300
Arseeni	5
Kadmium	1
Kromi	100
Kupari	100
Nikkeli	50
Lyijy	60
Sinkki	200
Vanadiini	100

Pohjavedelle ei esitetä kunnostustavoitteita.

Kunnostushanke toteutetaan massanvaihdolla. Massan vaihtoala on noin 2000 m². Kunnostasalueelta poistetaan jätettyä ja jätettyön alapuolisia maamassoja siltä osin, että

kunnostustavoite saavutetaan. Jätetty ja pilaantunut maa-aines kuljetetaan luvanvaraiseen vastaanottoaikaan.

Alueen tavoitetaso varmistetaan kenttäanalyysointien ja laboratorionäytteiden avulla. Ympäristöviranomaisen hyväksytyä maaperän puhdistuksen riittävyyden alue täytetään puhtaalla täyttömaalla tarvittavaan tasoon ja alue maisemoidaan. Työn valmistuttua kunnostuksesta laaditaan loppuraportti, joka toimitetaan ympäristönsuojeluviranomaiselle.

Alueen kunnostus käynnistetään välittömästi. Kunnostuksen kestoksi arvioidaan kaksi viikkoa.

YMPÄRISTÖKESKUKSEN RATKAISU

Länsi-Suomen ympäristökeskus on tarkastanut Kokkolan kaupungissa sijaitsevan pilaantuneen maa-alueen puhdistamista koskevan ilmoituksen tutkimustuloksia ja kunnostusta koskevine liitteineen. Ympäristökeskus toteaa, että kunnostustyö voidaan suorittaa esitetyllä massanvaihtotekniikalla ilman toiminnalle haettavaa ympäristölupaa, elleivät kaivutyön kuluessa tehtävät havainnot pilaantumisen laajuudesta tai ympäristö- ja terveysriskeistä poikke olennaisesti esitetystä arvioista. Kunnostuksessa on otettava seuraavat määräykset (1-9) huomioon:

1. Kiinteistön maaperä tulee puhdistaa siten, että seuraavat Valtioneuvoston asetukseen (214/2007) perustuvat tavoitetasot saavutetaan:

	Kynnysarvot mg/kg
Öljyhilivedyt C ₁₀ -C ₄₀	300
Arseni	5
Kadmium	1
Kromi	100
Kupari	100
Nikkeli	50
Lyijy	60
Sinkki	200
Vanadiini	100

Mikäli maaperän kunnostustavoitteita ei saavuteta, ilmoituksen tekijän on esitettävä Länsi-Suomen ympäristökeskuksen hyväksyttäväksi riskinarviointi tavoitearvon ylittävän jäännöspitoisuuden mahdollisista vaikutuksista ympäristölle ja terveydelle. Ympäristökeskus voi tällöin hyväksyä poikkeamisen edellä asetetusta kunnostustavoitteesta, mikäli riskinarvioinnin perusteella voidaan luotettavasti osoittaa, että alueesta ei pitkänkään ajan kuluessa aiheudu vaaraa tai haittaa ympäristölle tai terveydelle.

2. Pilaantuneet maa-ainekset tulee toimittaa käsiteltäväksi laitokseen, jonka ympäristöluvassa kyseisten jätteiden vastaanotto on hyväksytty. Kuljetettavasta maasta on otettava riittävä määrä maanäytteitä laboratorioissa tehtäviä kontrollimäärityksiä varten. Maanäytteistä on analysoitava öljyhilivedyt ja raskasmetallit (As, Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Sb, V).

3. Kunnostuksen edistymistä voidaan tarkkailla kenttätestimenetelmillä. Kunnostusalueet katsotaan rajatuksi, kun laboratorioanalyysien varmistetut tarkkailutulokset alittavat kaivantojen reunoilla ja pohjalla määräyksessä 1 asetetut tavoitearvot.

4. Massanvaihtotyö on toteutettava siten, että likaantuneen maan leviäminen ympäristöön kaivutyön ja kuljetuksen aikana estetään. Ongelmajätteiksi luokiteltujen pilaantuneiden maiden siirrosta on laadittava siirtoasiakirja.
5. Kaivantoihin työn aikana mahdollisesti kertyvä likaantunut vesi tulee tutkia ja tarvittaessa toimittaa käsiteltäväksi luvan omaavaan laitokseen.
6. Kunnostustyö tulee aloittaa vuoden kuluessa ilmoituspäätöksen voimaantulosta ja saattaa päätökseen viipymättä. Kunnostustyön aloittamisesta ja päättymisestä tulee ilmoittaa Länsi-Suomen ympäristökeskukselle ja Kokkolan kaupungin ympäristönsuojeluviranomaiselle.
7. Kunnostustyön aikana ilmenevistä poikkeuksellisista tilanteista tai suunnitelmasta poikkeamisesta tulee ilmoittaa Länsi-Suomen ympäristökeskukselle ja Kokkolan kaupungin ympäristönsuojeluviranomaiselle.
8. Pilaantuneiden maiden ja vesien sijoituskohteista ja niihin kuljetettavien massojen määrästä, laadusta ja toimitusajankohdista on pidettävä kirjaa.
9. Työn päätyttyä ilmoituksen tekijän tulee toimittaa Länsi-Suomen ympäristökeskukselle ja Kokkolan kaupungin ympäristönsuojeluviranomaiselle loppuraportti puhdistustyöstä kolmen kuukauden kuluessa hankkeen päättymisestä. Loppuraportista tulee toimittaa valvontaviranomaiselle tiivistelmä julkishallinnon sähköisistä lomakepalvelua käyttäen (www.suomi.fi, Pilaantuneen maaperän puhdistamisen loppuraporttitiivistelmä YM027).

RATKAISUN PERUSTELUT

Länsi-Suomen ympäristökeskus katsoo, että pilaantuneen alueen laajuus ja pilaantumisen aste on ilmoituksessa riittävästi selvitetty, puhdistamisessa noudatetaan yleisesti käytössä olevia hyväksyttäviiä puhdistusmenetelmiä eikä toiminnasta aiheudu muuta ympäristön pilaantumista. Näin ollen Länsi-Suomen ympäristökeskus katsoo, että maaperän puhdistamiseen voidaan ryhtyä ilman ympäristölupaa. Länsi-Suomen ympäristökeskus on kuitenkin pitänyt tarpeellisena antaa määräyksiä toimenpiteistä mahdollisesti aiheutuvien ympäristöhaittojen ehkäisemiseksi.

Maaperän puhdistuksen tavoitteeksi on asetettu Vna 214/2007 kynnysarvon mukainen tavoitearvotaso. Tavoitetasoja määritettäessä on otettu huomioon kohteen sijainti pohjavesialueella.

Pilaantuneilla maamassoilla tarkoitetaan tässä kaikkia massoja, joiden jokin haitta-ainepitoisuus ylittää määräyksessä 1 asetetut tavoitearvotasot. Nämä massat voidaan toimittaa sellaisiin vastaanottopaikkoihin, joilla on voimassa oleva ympäristölupa vastaanottaa kyseisiä jätteitä. Pilaantuneen maan sijoittamisessa tulee noudattaa vastaanottopaikan ympäristölupaa.

Kunnostuksen aloittamiselle on annettu kohtuullinen määräaika terveys- ja ympäristöhaittojen minimoimiseksi ja sen varmistamiseksi, että kohteesta tehdyt tutkimukset ovat ajantasaisia kunnostukseen ryhdyttäessä.

Valvontaa, tarkkailua ja raportointia koskevat määräykset on annettu puhdistustavoitteiden saavuttamisen varmistamiseksi ja viranomaisvalvonnan helpottamiseksi.

SOVELLETUT SÄÄNNÖKSET

Ympäristönsuojelulaki (YSL 86/2000) 75 – 78 §,
 Ympäristönsuojeluasetus (YSA 169/2000) 25 -27 §
 Valtion maksuperustelaki (150/1992) 8 §
 Ympäristöministeriön asetus N:o 1387 alueellisen ympäristökeskuksen maksullisista suoritteista 27.12.2006
 Valtioneuvoston asetus jäteasetuksen liitteen 4 muuttamisesta (1128/2001)
 Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (214/2007)

KÄSITTELYMAKSU JA SEN MÄÄRÄYTYMINEN

430 euroa

Maksun suuruuden määrittelyssä on sovellettu valtion maksuperustelain 8§:n nojalla annettua ympäristöministeriön asetusta alueellisen ympäristökeskuksen maksullisista suoritteista. Siinä pilaantuneen maaperän puhdistamisesta tehtävän ilmoituksen käsittely on hinnoiteltu 43 €/h. Tässä tapauksessa maksu peritään 10 tunnin mukaan. Tähän sisältyy myös alueelle tehty tarkastuskäynti.

PÄÄTÖKSESTÄ TIEDOTTAMINEN**Päätös**

Ilmoituksen tekijälle

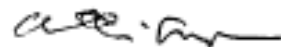
Tiedoksi

Kokkolan kaupungin ympäristöviranomaisena
 LSU, Merja Antikainen
 LSU, Tommi Mäki
 Suomen ympäristökeskus

MUUTOKSENHAKU

Tähän päätökseen tyytymätön saa hakea muutosta valittamalla Vaasan hallinto-oikeuteen. Valitusosoitus on liitteenä.

Vanhempi insinööri



Matti Seppälä

Geologi



Ilkka Närhi

Liitteet

Valitusosoitus
 Yleiskartta
 Kartta pilaantuneisuudesta



0 20 40



metriä

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003082-09	1 (1)
Tilaajanumero	8500320-1599131	
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne	
	Näytteenottopvm.	2009-11-19
	Saapumispvm.	2009-11-30
	Tutk. aloittamispvm.	2009-11-30
	Valmistumispvm.	2009-12-07
Näyte	A4 1,5 m	

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Kuiva-ainepitoisuus	93.5	%	± 22 %	Tre/K46	T
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	3.3	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	1.6	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	1.5	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.1	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	16	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	3.6	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T

Miljamarta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tiedoksi:
Tiia Sillanpää

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näytenumero	FIS003081-09	1 (1)
Tilaaajanumero	8500320-1599131	
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne	
	Näytteenottopvm.	2009-11-19
	Saapumispvm.	2009-11-30
	Tutk. aloittamispvm.	2009-11-30
	Valmistumispvm.	2009-12-07
Näyte	B1-B2 0.3m	

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Kuiva-ainepitoisuus	98.2	%	± 22 %	Tre/K46	T
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	5.9	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	1.5	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	2.2	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	3.1	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	15	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	7.1	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T

Näyte oli hyvin epähomogeeninen kromin, lyijyn ja vanadiinin suhteen. Rinnakkaismittausten tulokset vaihtelivat kromilla välillä 4,8-7,1, lyijyllä 2,7-3,4 ja vanadiinilla 6,1-8,2 mg/kg ka.

Miljamaritta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tiedoksi:
Tiia Sillanpää

Tutkimustodistus
Tampere

 eurofins

Länsi-Suomen ympäristökeskus
Iikka Närhi
PL 77
67100 Kokkola

 **FINAS**
Finnish Accreditation Service
T089 (EN ISO/IEC 17025)

Näytenumero	FIS003238-09			1 (1)
Tilaa numero	8500320-1607607			
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne/Lohtaja			
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Saapumispvm.	2009-12-15	
		Valmistuspvm.	2009-12-21	
Näyte	B3, B4, Syvyys 2.0 m			

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	4.6	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	2.0	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	2.4	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.4	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	59	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	4.9	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Kuiva-ainepitoisuus	93.7	%	± 22 %	Tre/K46	T

Miljamaratta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Iikka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003239-09			1 (1)
Tilaajanumero	8500320-1607607			
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne/Lohtaja			
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Saapumispvm.	2009-12-15	
		Valmistuspvm.	2009-12-21	
Näyte	C3, C4, Syvyys 1-1,5 m			

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	4.0	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	1.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	1.7	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.2	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	39	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	4.3	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Kuiva-ainepitoisuus	93.5	%	± 22 %	Tre/K46	T

Näyte oli hyvin epähomogeeninen kromin ja kuparin suhteen. Rinnakkaismittausten tulokset vaihtelivat kromilla välillä 3,5-4,5 ja kuparilla 0,95-1,3 mg/kg ka.

Miljamartta Yritys
Kemisti, 040 552 0289

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
 Ilkka Närhi
 PL 77
 67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003241-09	1 (1)	
Tilajanumero	8500320-1607607		
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne/Lohtaja		
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Saapumispvm.	2009-12-15
		Valmistuspvm.	2009-12-21
Näyte	E1, E2, Syvyys 1,0-2,0 m		

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	4.4	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	1.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	1.8	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.1	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	6.4	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	4.6	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Kuiva-ainepitoisuus	94.8	%	± 22 %	Tre/K46	T

Näyte oli hyvin epähomogeeninen kromin, lyijyn ja vanadiinin suhteen. Rinnakkaismittausten tulokset vaihtelivat kromilla välillä 3,9-4,9, lyijyllä 1,0-1,3 ja vanadiinilla 4,1-5,2 mg/kg ka.

Miljämarta Yritys
 Kemisti, 040 552 0299

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003244-09			1 (1)
Tilajanumero	8500320-1607607			
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne/Lohtaja			
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Saapumispvm.	2009-12-15	
		Valmistuspvm.	2009-12-21	
Näyte	F, Syvyys 1,0			

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Kuiva-ainepitoisuus	93.7	%	± 22 %	Tre/K46	T
Öljyhilivedyt	.				T
Fraktio >C10-C21	<23	mg/kg ka	± 31 %	Sov. ISO16703:2004	T
Fraktio >C21-C40	<27	mg/kg ka	± 37 %	Sov. ISO16703:2004	T
Summa >C10-C40	<50	mg/kg ka	± 31 %	Sov. ISO16703:2004	T

Miljamaritta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003240-09	1 (1)	
Tilaajanumero	8500320-1607607		
Näytesarjan kuvaus	Tuoriita Anne/Lohtaja		
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Saapumispvm.	2009-12-15
		Valmistumispvm.	2009-12-21
Näyte	G3, G4, Kuoppa syvyys 1,0 m		

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	2.8	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	1.2	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	1.2	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.1	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	11	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	3.2	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Kuiva-ainepitoisuus	95.5	%	± 22 %	Tre/K46	T

Miljamartta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näyttenumero	FIS003243-09			1 (1)
Tilaajanumero	8500320-1607607			
Näytesarjan kuvaus	Tuonila Anne/Lohtaja			
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	Seepumispvm.	2009-12-15	
		Valmistuspvm.	2009-12-21	
Näyte	H1, H2, Syvyys 1,0-2,0 m			

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Kuiva-ainepitoisuus	95.0	%	± 22 %	Tre/K46	T
Öljyhiilivedyt	.				T
Fraktio >C10-C21	<23	mg/kg ka	± 31 %	Sov. ISO16703:2004	T
Fraktio >C21-C40	<27	mg/kg ka	± 37 %	Sov. ISO16703:2004	T
Summa >C10-C40	<50	mg/kg ka	± 31 %	Sov. ISO16703:2004	T

Miljamaritta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Tutkimustodistus

Tampere



Länsi-Suomen ympäristökeskus
Ilkka Närhi
PL 77
67100 Kokkola



Näytenumero	FIS003242-09	1 (1)
Tilaaajanumero	B500320-1607607	
Näytesarjan kuvaus	Tuorila Anne/Lohtaja	
Näytteenottaja	Tiia Sillanpää	
	Saapumispvm.	2009-12-15
	Valmistuspvm.	2009-12-21
Näyte	I1, I3, Syvyys 0,5-1,0 m	

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Arseeni, As	<2	mg/kg ka	± 20 %	Tre/K27	T
Kadmium, Cd	<0.1	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Kromi, Cr	3.0	mg/kg ka	± 25 %	Tre/K27	T
Kupari, Cu	2.0	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Nikkeli, Ni	1.6	mg/kg ka	± 30 %	Tre/K27	T
Lyijy, Pb	1.2	mg/kg ka	± 27 %	Tre/K27	T
Sinkki, Zn	35	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Vanadiini, V	3.7	mg/kg ka	± 32 %	Tre/K27	T
Kuiva-ainepitoisuus	95.4	%	± 22 %	Tre/K46	T

Näyte oli hyvin epähomogeeninen kuparin suhteen. Rinnakkaismittausten tulokset vaihtelivat välillä 0,91-3,1 mg/kg ka.

Miljämarta Yritys
Kemisti, 040 552 0299

Eurofins Scientific Finland Oy
 Vastaanottaja Harri RÄINKÄ
 Hatanpäänkatu 3 A
 33900 Tampere
 FINLAND

Analyyssertifikaatti

Päivämäärä: 12-01-2010

Ohessa lähetämme seuraavien analyysien tulokset.

Sertifikaatin numero	2009198542
Projektin numero	1
Projektin nimi	FIS
Tilauksen numero	FIS
Näytteet vastaanotettu	16-12-2009

Tätä analyysisertifikaattia saa käyttää vain kokonaisuutena.
 Tätä analyysisertifikaattia koskevat lisätiedot löytyvät Analytico-asiakirjasta "Specifications of Methods of Analysis". Kopioita on saatavilla asiakaspalvelustamme.

Maaperänäytteet säilytetään valvotuissa olosuhteissa kuusi viikkoa ja vesinäytteet kaksi viikkoa siitä lähtien, ne ovat saapuneet laboratorioomme. Kun edellä mainittu aika on kulunut, näytteet hävitetään, ellei niiden jatkosäilytystä erikseen pyydetä. Jos haluatte, että Analytico säilyttää näytteenne pidempään, täyttäkää tämä sivu ja palauttakaa se Analytico-laboratorioon vähintään viikkoa ennen säilytysajan umpeutumista. Pidennetystä säilytysajasta koituvat kustannukset on ilmoitettu hinnastossamme.

Säilytysaika: _____
 Päivämäärä: _____ Nimi: _____ Allekirjoitus: _____

Toivomme, että olemme toimittaneet tilauksen odotusten mukaisesti. Mikäli teillä on kysyttävää analyysisertifikaatista, voitte ottaa yhteyden asiakaspalveluumme.

Ystävällisin terveisin,

Eurofins Analytico B.V.



Ins. A. Veldhuizen
 Laboratorion johtaja

Eurofins Analytico B.V.

Gildeweg 44-46 3771 NE Bernevelde P. O. Box 459 3770 RL Bernevelde NL	Tel. +31 (0)34 242 43 00 Fax +31 (0)34 242 43 99 E-mail info@analytico.com Site www.analytico.com	RAN RMRD 54 45 74 456 VRT/BTW No. NL 4042.14.043.301 Kvk No. 0908625	Eurofins Analytico B.V. on ISO 9001-sertifioitu vuonna 2008 Lloyd's RQ:n toimesta ja sen ovat hyväksyneet Ranskan alue (CVRH ja Ose, LNE), Brysselin alue (BCE/BIM), Wallonian alue (DGRH-OVD) ja Ranskan sekä Luxemburgin (NEV) viranomaiset.
--	--	---	--

Analyysisertifikaatti

Projektin numero	1	Sertifikaatin numero	2009198542
Projektin nimi	FIS	Aloituspäivä	16-12-2009
Tilauksen numero	FIS	Raportointipäivä	12-01-2010/17:36
Näytteenottopäivä	15-12-2009	Liite	A, B, C
Näytteen ottaja		Sivu	1/1

Analyysi	Yksikkö	1 1)
Terrättest		
Version number		6.22
Ominaisuuden		
Q Kuiva-aines	% (w/w)	95.3
Q Orgaaninen aine	% dw	0.3
Metallen		
Q Barium (Ba)	mg/kg dm	8.4
Q Kromi (Cr)	mg/kg dm	3.6
Q Vanadiini (V)	mg/kg dm	5.4

Nro Näytteen kuvaus

1 Lohtaaja, E3, E4 1-1.5 m (FIS3245)

Analytico-nr
8130381**Eurofins Analytico B.V.**Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. Box 459
3770 NL Barneveld NLTel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info@analytico.com
Site www.analytico.comIBAN: ANRB 54 65 74 456
VAB/BTW No.
NL 8043.14.803.BD1
XVK no. 09080423Q: Alkaneiden valtuuttavan elimen (RVA) hyväksyntä toisenpide
A: RPO4 akkreditoitu käyttö
S: R33000 akkreditoitu käyttö
Tämän sertifikaatin saa jäljentää vain kokonaisuuksenaEurofins Analytico B.V. on ISO 9001-sertifioitu vuonna 2008 Lloyd's
RQR:n toimesta ja sen ovat hyväksyneet Flaanderin alue (OVRM
ja Dto. INE), Brysselin alue (INGE/BIM), Wallonian alue (DGRRE-
OWD) ja Ranskan sekä Luxemburgin (MEV) viranomaiset.**Allekirjoitus**
Pr. koord.
GS



Liite (A) sisältää osanäytteiden tiedot, jotka liittyvät analyysisertifikaattiin 2009198542

Sivu 1/1

Analytico-n	Näytepistee	Kuvaus	Jostaki	Johonki	Viiakoodi	Näytteen kuvaus
5130381	Lohta				G00010357	Lohtaja, E3,E4 1-1.5 m (FIS3248

Eurofins Analytical B.V.

Gildeweg 44-46
3771 NB Barneveld
P.O. box 459
3770 BL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00
Fax +31 (0)34 242 63 99
E-mail info@analytical.com
Site www.analytical.com

ABN AMRO 54 85 74 456
VRT/BTW No.
NL 6043.14.083.503
KvK No. 09088623

Eurofins Analytical B.V. on ISO 9001--sertifioitu vuonna 2008 Lloyd's
R&B:n toimesta ja sen ovat hyväksyneet Flanderin alue (OVAN
ja Oso. INE), Brysselin alue (IBGE/D110), Wallonian alue (DCONE-
OND) ja Ranskan sekä Luxemburgin (IME) viranomaiset.

Liite (B) sisältää huomautukset, jotka liittyvät analyysisertifikaattiin 2009198542

Sivu 1/1

Yleisiä huomautuksia analyysisertifikaatista

Muita yhdisteitä esiintyy mahdollisesti pitoisuuksissa, jotka ovat raportointirajan alapuolella

Huomautus 1)

Indicatieve waarde(n) voor organische componenten i.v.m. adsorptie van de interne standaard.

Eurofins Analytico B.V.Gildeweg 44-46
3771 NB Borneveld
P.O. Box 489
3770 RL Borneveld NLTel. +31 (0)34 242 43 00
Fax +31 (0)34 242 43 99
E-mail info@analytico.com
Site www.analytico.comIBN 6MR0 54 65 74 456
VBT/STW No.
NL 6043.14.803.001
KvK No. 09048623Eurofins Analytico B.V. on ISO 9001-sertifioitu vuonna 2008 Lloyd's
RQRin toimesta ja sen ovat hyväksyneet Flaanderenin alue (GVRM
ja Oso. IM), Brysselin alue (IBCE/RTM), Wallonian alue (GGRNE-
OWO) ja Ranskan sekä Turenburgin (NEV) viranomaiset.

Liite (c) sisältää analyysisertifikaattiin liittyvät menetelmäreferenssit 2009198542

Sivu 1/1

Analyysi	Menetelmä	Tekniikka	Referenssimenetelmä
TerrAttesT vahvistettu raportti	-	-	TerrAttesT
Kuiva-aines	W6110	Gravimetria	Sisäinen menetelmä
Orgaaninen aine hehkujäännösmenet.	W6517	Gravimetria	NEN 5754:n mukainen
TerrAttesT metallit	W0420	ICP-MS	NEN-EN-ISO 17294-2 / CMA/2/I/B.1:n mukai

Lisätietoja käytetyistä menetelmistä sekä mittaustulosten tarkkuudesta löytyy liitteestä "Specification of methods of analyses", versio heinäkuu 2009.

Eurofins Analytico B.V.

Gildeweg 44-46
3771 MB Borneveld
P.O. Box 45F
3770 BL Borneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 43 00
Fax +31 (0)34 242 43 99
E-mail info@analytico.com
Site www.analytico.com

ABN RMR0 56 85 74 456
VBT/BTW No.
NL 8043.14.883.801
KvK No. 09038623

Eurofins Analytico B.V. on ISO 9001-sertifioitu vuonna 2006 Lloyd's
RQ:n toimisto ja sen ovat hyväksyneet Flaanderen alue (OVAM
ja Ose. IME), Brysselin alue (IBGE/BIW), Wallonian alue (GRME-
OWO) ja Ranskan sekä Lukenburgin (MEV) viranomaiset.



TERRATEST SPECTRUM SHEET 6.22

Table with columns: ACC., TERRATEST 6.22 REPORTING LIMIT, S, W, and various chemical categories including Characteristics, Metals, Aromatic compounds, Halogenated hydrocarbons, and Pesticides. Each entry includes a numerical value and a reporting limit.

Näyte	Ag	Al	Al	As	Ba	Be	Bi	Cd	Co	Cr	Cu	Mb	Ni
	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Kaato1	0,02	-	0,53	1,34	26,3	<0,1	<0,02	0,18	0,55	12,4	3,33	1,67	2,44
Kaato2	0,02	69,1	-	0,88	46,3	<0,1	<0,02	0,05	0,38	1,56	0,83	0,53	2,56
Kaato3	0,01	-	0,4	1,25	25,7	<0,1	<0,02	0,17	0,23	1,35	0,93	52,3	1,17
Kaato4	0,02	-	0,48	2,39	22,2	0,12	<0,02	0,08	3,49	7,62	2,4	28,8	6,36

Näyte	Pb	Rb	Sb	Se	Sr	Th	Tl	U	V	Zn	B	Ca	Fe
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Kaato1	10,6	3,25	1,09	0,63	28,3	0,57	<0,01	0,61	9,3	52,4	0,03	4,77	19,2
Kaato2	0,41	3,83	0,61	0,66	63,2	0,12	<0,01	0,01	0,41	44,3	0,04	5,91	12
Kaato3	0,22	8,75	0,48	<0,5	97,3	0,19	<0,01	0,49	1,84	6,33	0,08	14,4	0,27
Kaato4	0,84	7,83	0,39	<0,5	30	1,25	0,01	0,86	1,71	12,1	0,02	6,38	4,26

Näyte	K	Li	Mg	Mn	Na	P	S	Si
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Kaato1	1,21	<0,005	1,7	0,16	2,74	0,71	4,39	12
Kaato2	2,96	<0,005	2,73	0,4	5,7	<0,05	17,1	12,2
Kaato3	9,92	<0,005	5,17	0,14	27,1	0,07	9,92	10,4
Kaato4	4,29	<0,005	2,1	0,22	10,3	0,05	8,88	8,22