

HAULIKKORADAN RISKINARVIOINTI



Tilaaja	litin Riistanhoitoyhdistys
Projekti	1176
Versio	1
Päivämäärä	5.7.2018
Kohde	Tillolan ampumarata, litti
Kiinteistö	Tupala 142-411-4-317 ja 142-411-4-315

TILAAJA

litin Riistanhoitoyhdistys

Halmekarinkuja 2

47400 KAUSALA

iitti@rhy.riista.fi

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	3
2	KOHTEEN TIEDOT	3
2.1	Sijainti ja kiinteistötiedot	3
2.2	Rajaukset	3
2.3	Toimintahistoria	3
2.4	Maaperä	3
2.5	Pohja- ja pintavesiolosuhteet	3
2.6	Kaavoitus ja suunniteltu maankäyttö	3
3	TUTKIMUKSET, ANALYYSIT JA TULOKSET	3
4	RISKINARVIO	4
4.1	Ohjearvovertailu	4
4.2	Haitta-aineiden lähteet	4
4.3	Taustapitoisuudet	5
4.4	Arvio pilaantuneen aineksen ja haitta-aineiden määrästä	5
4.5	Ohjearvojen soveltuvuus arviointiin	6
4.6	Viitearvovertailu ja kriittiset haitta-aineet	7
4.7	Arvioinnin raja	9
4.8	Kulkeutumisriski	9
4.8.1	Kulkeutuminen pohjaveteen	10
4.8.2	Kulkeutuminen pintavesien mukana	11
4.9	Terveystieteelliset riskit	12
4.10	Ekologiset riskit	12
4.11	Epävarmuustarkastelu	13
5	RISKINARVIOINNIN JOHTOPÄÄTÖKSET	13
6	JATKOTOIMENPITEET	13

LIITTEET

1	Sijaintikartta	28.2.2018
2	Tutkimuskartta	28.2.2018
3	Tutkimustulokset	28.2.2018
4	Laskennan tulokset	2.7.2018

Kansisivun kuva: Valokuva otettu suunnittelukohteessa 8.8.2017.

1 YLEISTÄ

Tässä esitetään haulikkoratojen maaperän riskinarviointi Tillolan ampumarata-alueelle. Ampumarata sijaitsee litin kunnassa, noin 5 km Kausalan taajaman itäpuolella. Alueella on ammuttu mm. haulikolla sekä kiväärillä. Ampumaradalla ei ole koskaan ollut ympäristölupaa ja ampumatoiminta on perustunut suulliseen sopimukseen. Ampumatoiminta alueella on alkanut 1960-luvulla ja loppunut vuonna 2011. Ampumaradalla tehtiin pilaantuneisuustutkimuksia vuonna 2017. Tutkimukset kohdistettiin kivääriradan alueelle sekä haulikkoratojen alueille. Tutkimuksissa todettiin kivääriradan taustavallin olevan voimakkaasti metalleilla pilaantunut ja se kunnostetaan massanvaihdoilla. Tästä laaditaan erillinen kunnostussuunnitelma.

Kivääriradalle haetaan ympäristölupaa Kouvolan kaupungilta ja ympäristöluvan ehtona on, että kivääriradan taustavalli kunnostetaan. Haulikkoammuntaa alueella ei tulla jatkamaan.

Suunnitelman laati Insinööritoimisto Ekomaa Oy. Työn tilaajana oli litin Riistanhoitoyhdistys.

2 KOHTEEN TIEDOT

2.1 Sijainti ja kiinteistötiedot

Kohde sijaitsee litin kunnassa, valtatie 12:n pohjoispuolella, noin 5 km etäisyydellä litin keskustasta idän suuntaan. Kohdealue sijaitsee kiinteistön Tupala RN:o 142-411-4-317 sekä kiinteistön 142-411-4-315 alueella.

Kohteen sijainti on esitetty yleiskartalla [LIITTEESSÄ 1](#).

2.2 Rajaukset

Tämä riskinarvio kohdistuu ainoastaan skeet- ja trap- haulikkoratojen alueille. Kivääriradan taustavalli esitetään kunnostettavaksi massanvaihdoilla ja tästä laaditaan erillinen kunnostussuunnitelma, mikä toimitetaan Kaakkois-Suomen ELY-keskukselle.

2.3 Toimintahistoria

Tiedot on esitetty raportissa, Ampumarata-alueen perustilaselvitys, Tillolan ampumarata litti, Insinööritoimisto Ekomaa Oy 28.2.2018.

2.4 Maaperä

Tiedot on esitetty raportissa, Ampumarata-alueen perustilaselvitys, Tillolan ampumarata litti, Insinööritoimisto Ekomaa Oy 28.2.2018.

2.5 Pohja- ja pintavesiolosuhteet

Tiedot on esitetty tutkimusraportissa - Ampumarata-alueen perustilaselvitys, Tillolan ampumarata litti, Insinööritoimisto Ekomaa Oy 28.2.2018.

2.6 Kaavoitus ja suunniteltu maankäyttö

Tiedot on esitetty raportissa, Ampumarata-alueen perustilaselvitys, Tillolan ampumarata litti, Insinööritoimisto Ekomaa Oy 28.2.2018.

3 TUTKIMUKSET, ANALYYSIT JA TULOKSET

Tiedot on esitetty raportissa, Ampumarata-alueen perustilaselvitys, Tillolan ampumarata litti, Insinööritoimisto Ekomaa Oy 28.2.2018.

4 RISKINARVIO

4.1 Ohjearvovertailu

Haulikkoradan maaperän pilaantuneisuutta on alustavasti arvioitu perustilaselvitys-raportissa. Kts. Lähde 1. Ohjearvovertailun perusteella alueen maaperää voidaan pitää voimakkaasti lyijyllä, antimonilla ja arseenilla pilaantuneena. Korkeimmat pitoisuudet sijaitsevat haulikkoradan pintamaassa 0-10 cm syvyydellä.

Kohteessa ei ole tarkoitus jatkaa haulikkoammuntaa. Kohde sijaitsee I-luokan pohjavesialueella. Siten pilaantuneisuuden alustavaan arviointiin käytetään alempia ohjearvoja. Kaikkien näytenäytteiden sijainnit ja tutkimustulokset on esitetty LIITTEISSÄ 2 ja 3.

Haulikkoammunnan vaikutusalueelle tehtiin 10 kpl koekuoppia, joista otettiin yhteensä 14 näytettä. Alla taulukossa 1 on esitetty tutkimuksen tulokset ja viitearvot arseenin, kuparin, lyijyn ja antimonin osalta. Laboratorioanalyysien lisäksi kuparista, lyijystä ja antimonista on tehty kenttämittaukset XRF-alkuaineanalyysaattorilla.

Taulukko 1: Haulikkoradalle tehdyt tutkimuspisteet ja tuloksia.

Näyte/piste	Kerros [m]	Maalaji	As [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Cu (XRF) [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Pb (XRF) [mg/kg]	Sb [mg/kg]	Sb (XRF) [mg/kg]
Luontainen pitoisuus			1	22	22	5	5	0,02	0,02
Kynnysarvo			5	100	100	60	60	2	2
Alempi ohjearvo			50	150	150	200	200	10	10
Ylempi ohjearvo			100	200	200	750	750	50	50
Vaarallisen jätteen raja			1000	2500	2500	2500	2500	2500	2500
6.2	0,1-0,2	Hk			<		68		15
7.1	0-0,1	Hm, Hk	170,0	6	<	21000	3034	460	17
7.2	0,1-0,2	Hk	2,4	<5	<	54	43	2	18
8.1	0-0,1	Hm, Hk			<		140		<
8.2	0-0,1	Hm, Hk			<		393		<
8.3	0,1-0,2	Hk			<		26,0		16
9	0-0,1	Hm, Hk			<		40		<
10	0-0,1	Hm			<		44		<
11	0-0,1	Hm	4,6	12	<	2800	314	7	<
12	0-0,1	Hm(Hk)			<		3271		<
13.1	0-0,1	Hm			<		1906		<
13.2	0,1-0,2	Hk/Mr			<		36		<
14	0-0,1	Hm			<		87		<
15	0-0,1	Hm, Hk			<		1021		<

Ohjearvovertailun perusteella voidaan todeta, että alueen maaperän pintakerroksissa haulikkoammunnan vaikutusalueella on ampumaratatoiminnan seurauksena selvästi kohonneita metallipitoisuuksia.

4.2 Haitta-aineiden lähteet

Haitta-aineet ovat peräisin hauleista. Haulit sisältävät lyijyä yleensä noin 97 %, antimonina noin 1–3 % ja arseenia 0,1–0,5 %. Lisäksi hauleissa voi olla pieniä määriä kuparia, sinkkiä ja nikkeliä.

Haulikkoammunnassa käytettävät savikiekot painavat 110 g, ja ovat halkaisijaltaan 110 mm. Kiekot on yleensä maalattu oranssiksi, jotta ne näkyvät hyvin. Yleisimmin käytössä olevat savikiekot koostuvat kalsiitista (noin 70 %) ja kivihiilitervasta (20–40 %).

4.3 Taustapitoisuudet

Alueelta ei ole tutkimusten yhteydessä otettu varsinaisia taustapitoisuusnäytteitä.

4.4 Arvio pilaantuneen aineksen ja haitta-aineiden määrästä

Haulikkoammunnan vaikutusalueen pinta-ala, missä kohonneita haitta-ainepitoisuuksia on todettu, on noin 3,5 hehtaaria. Alue on kokonaisuudessaan pohjavesialueella, mutta yksi hehtaari on muodostumisalueen ulkopuolella (näytepiste EKO 11 alue)

Aines, jossa maaperän pitoisuus on alemman ja ylemmän ohjearvon välissä:

Alue (tutkimuspisteet)	Laatu	Ala/kerros m x m	Ominais- paino t/m ³	Määräarvio tonnia
EKO 8	Humus/ hiekkä	10000 x 0,1 = 1000 m ³ (rajattu alue)	1	1000
Yhteensä:				1000

Aines, jossa maaperän pitoisuus ylittää ylemmän ohjearvon:

Alue (tutkimuspisteet)	Laatu	Ala/kerros m x m	Ominais- paino t/m ³	Määräarvio tonnia
EKO 6, 13, 15	Humus / hiekkä	7500 * 0,1 = 750 m ³	1	750
Yhteensä:				750

Aines, jossa maaperän pitoisuus ylittää vaarallisen jätteen raja-arvon:

Alue (tutkimuspisteet)	Laatu	Ala/kerros m x m	Ominais- paino t/m ³	Määräarvio tonnia
EKO 7, 11, 12	Humus / hiekkä	17500 * 0,1 = 1750 m ³	1	1750
Yhteensä:				1750

Alueen maaperässä on pitoisuus- ja määrääarvioiden perusteella laskennallisesti seuraavat määrät arseenia (keskiarvopitoisuus 59 mg/kg), antimonია (keskiarvopitoisuus 230 mg/kg) ja lyijyä (keskiarvopitoisuus 10360 mg/kg).

Alue (tutkimuspisteet)	Määrä tn	Arseeni kg	Antimoni kg	Lyijy kg
Haulien putoamisalue (pv-muodostumisalueella) 25000 m ²	2500	147	575	25000
Haulienputoamisalue (pv-muodostumisalueen ulkopuolella, suoalueella) 10000 m ²	1000	59	230	10000

Kun lasketaan alueen haulimäärä oletuksilla, että Skeet-haulipanos sisältää 24 g hauleja. Ammuntaa on tehty 47 vuotta ja 10000 laukausta vuodessa, niin haulien kokonaismääräksi saadaan seuraavaa:

Hauleja maastossa $0,024 \cdot 10000 \cdot 47 = 12690$ kg, josta

lyijyä: 12309 kg

antimonia: 317 kg

arseenia: 63

4.5 Ohjearvojen soveltuvuus arviointiin

Ohjearvot soveltuvat yksistään pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin, jos alueella ei harjoiteta seuraavia toimintoja:

Ehdot:	Toteutuu nykyisessä maankäytössä	Toteutuu suunnitellussa maankäytössä
• kohde sijaitsee tärkeällä tai vedenhankintaan soveltuvalla pohjavesialueella tai kohteen tai sen lähialueen pohjavettä käytetään talousvetenä	kyllä	kyllä
• kohteessa harjoitetaan ravintokasvien laajamittaista viljelyä tai muuta elintarviketuotantoa	ei	ei
• kohteessa sijaitsee päiväkotia tai leikkipuisto	ei	ei
• kohteella tai sen lähiympäristöllä on erityinen suojeluarvo (esim. luonnonsuojelualue tai alue jolla on uhanalaisia kasveja tai eläimiä)	ei	ei
• kohteessa on asuinrakennuksia ja maaperässä esiintyy merkittäviä määriä haihtuvia yhdisteitä	ei	ei
• kohteessa esiintyy haitta-aineita, joille ei ole esitetty kynnys- ja ohjearvoja	ei	ei
• kohteen ympäristöolosuhteista, haitta-aineiden kokonaismäärästä tai ominaisuuksista johtuen aineiden kulkeutuminen alueen ulkopuolelle voi olla merkittävää tai niiden vaikutukset voivat olla huomattavia jo ohjearvoja pienemmissä pitoisuuksissa	ei	ei

Kohteessa on havaittu seuraavia haitta-aineita, jotka on asetuksessa merkitty p-kirjaimella (pohjaveden pilaantumisriski on tavanomaista suurempi alempaa ohjearvoa alhaisemmissa pitoisuuksissa):
--

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Antimoni |
|--|

Kohde sijaitsee luokitellulla pohjavesialueella.

Ohjearvot eivät sovellu yksistään kohteen pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arviointiin. Arviointi on tehtävä tarkennetusti.

4.6 Viitearvovertailu ja kriittiset haitta-aineet

Kohteen maaperässä on merkittäviä määriä lyijyä (ja antimonia). Yhdessä näytteessä oli koholla oleva arseenipitoisuus. Samassa näytteessä oli myös korkea antimoni- ja lyijypitoisuus. Kuparin pitoisuudet eivät ylittäneet ohjearvoja.

Seuraavassa on esitetty havaittujen haitta-aineiden ominaisuuksia.

Antimoni

Antimoni esiintyy luonnossa yleisimmin hapetusmuodossa +3 ja satunnaisesti hapetusmuodossa +5 ja -3. Antimoni on puolimetalli ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan arseenin kaltainen. Luonnonkivissä antimoni esiintyy pääasiassa sulfidimineraaleissa, antimonihosteena (Sb₂S₃) tai seosmetallina erilaisissa arseeni-, lyijy-, kupari-, vismutti-, palladium-, ja kulta-hopeasulfideissa ja harvemmin oksidimineraalina (Sb₂O₃), joka on useimmiten antimonihosteen muuttumistuote.

Suomen kallio- ja maaperässä antimonია esiintyy hyvin vähän ja sen alueellinen jakautuminen seuraa arseenin esiintymistä. Antimonisulfidit hajoavat hyvin happamissa ja hapettavissa oloissa sulfidimineraalien rapautuessa. Maaperän humus, alumiini- ja rautahydroksioksidit sekä fosfaatit sitovat herkästi antimonია ja säätelevät siten sen kulkeutuvuutta. Antimoni voi olla maaperässä hyvin kulkeutuvaa ja päätyä pohjaveteen.

Antimonin yhdisteistä terveys- että ympäristövaaran perusteella on luokiteltu mm. antimonitri- ja pentakloridi (C; R34;N; R51-53) sekä syöpävaaralliseksi arvioitu antimonitrioksidi (Carc. Cat. 3;R40). Tietyt antimoniyhdisteet luokitellaan erittäin myrkyllisiksi vesiliöille.

Antimonია käytetään mm. erilaisissa metalliseoksissa, kuten lyijyluodeissa. Siten antimonია löydetään usein maaperässä ampumaradoilla.

Lyijy

Lyijy esiintyy luonnossa hapetusluvuilla +2 ja +4. Suomen kallio- ja maaperässä lyijy esiintyy niukkaliukoisina karbonaatti- ja sulfidimineraaleina ja vähäisinä määrinä sitoutuneena silikaattimineraaleihin. Lyijy esiintyy tavallisesti kertyneenä maaperän orgaaniseen pintakerrokseen.

Lyijyn kulkeutuvuus maaperässä on yleensä heikkoa. Hapettavat ja happamat olosuhteet sekä kompleksoituminen liukosiin yhdisteisiin lisäävät lyijyn liukoisuutta ja kulkeutuvuutta. Lyijy yhdisteeseen (joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta) on luokiteltu terveys- ja ympäristövaaran perusteella seuraavasti: Repr. Cat. 1; R61; Repr. Cat.3; R62;Xn; R20/22;R33;N; R50-53. Lyijy kertyy ihmiseen ravintoketjussa ja on erittäin myrkyllistä vesiliöille. Lyijyn on todettu olevan erityisen haitallista kehityksessä oleville lapsille, mikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa maaperässä olevan lyijyn mahdollisesti aiheuttamaa terveysriskiä.

Lyijyä on käytetty runsaasti mm. elektroniikkateollisuudessa. Suomessa paikallista maaperän lyijykuormitusta ovat aiheuttaneet mm. ampumaratojen haulit ja luodit, kuparisulattojen kuonat sekä autojen akut.

Arseeni

Arseeni on luonnossa yleinen, tavallisimmin sulfidimineraalien kanssa esiintyvä puolimetalli.

Maaperässä se esiintyy tavallisesti hapetusasteilla 0, +3 ja +5. Hapettavissa oloissa As⁵⁺ muodostaa maavedessä liukoisia arsenaattianioneja (H₂AsO₄⁻, HAsO₄²⁻ ja AsO₄³⁻). Jos hapettuminen tapahtuu raudan hapettumisen yhteydessä, arsenaatti sitoutuu niukkaliukoisena rautasaostumiin.

Arseeni yhdisteineen on luokiteltu sekä terveys- että ympäristövaaran perusteella seuraavasti: T; R23/25; N; R50-53. Arseenihappo ja sen suolat sekä CCA-kyllästeen sisältämä arseenipentoksidi ovat lisäksi syöpävaarallisia (Carc. Cat. 1; R45; T; R23/25; N; R50-53). Arseeni on erittäin myrkyllistä vesieliöille.

Arseeni sitoutuu tavallisesti maaperän oksideihin, orgaaniseen ainekseen ja savimineraaleihin.

Karkearakeisissa maalajeissa arseeni voi olla helposti liikkuvaa ja kulkeutua pohjaveteen. Pohjaveden luontaisesti korkeat arseenipitoisuudet ovat tavallisia alueilla, joissa arseenia esiintyy runsaasti kallioperässä. Arseenia käytetään mm. elektroniikkateollisuudessa. Suomessa paikallista maaperän arseenikuormitusta on aiheuttanut lähinnä arseenin käyttö puunsuojaukseen CCA-kyllästeinä.

Lähde: Maaperän kynns- ja ohjearvojen määrittämisperusteet, Suomen ympäristö 23/2007.

Haitta-aineiden viitearvoja ja sallittuja altistustasoja on koottu seuraaviin taulukkoihin.

Alkuaine	Suurin maaperässä havaittu pitoisuus haulikkoradalla	SHP _{eko} suurin hyväksyttävä pitoisuus ekologisin perustein	SHPT _{eko} suurin hyväksyttävä pitoisuus ekologisin perustein teollisuusalueella	SHPT _{ter} suurin hyväksyttävä pitoisuus terveydellisin perustein teollisuusalueella (aikuiset)	SVP _{pv} suurin vaikutukseton pitoisuus pohjaveden suhteen
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Antimoni	460	26	52	1171	4
Lyijy	21000	490/520 pros/lajit	750	5260	100
Arseeni	170	160/56 pros/lajit	250	2920	10

Alkuaine	Kd	WHO Sallittu pitkäaikainen altistus suun kautta	RfC _{pv} Pitoisuus, joka ei päivittäisessä altistuksessa aiheuta merkittävää riskiä (perustana STM2000)
	L/kg	µg/kg/vrk	µg/l
Antimoni	85	0,4 (U.S.EPA)	5
Lyijy	1000 (2380)	3,6	10
Arseeni	100	1	10

Lähde: Maaperän kynns- ja ohjearvojen määrittämisperusteet, Suomen ympäristö 23/2007 / Ympäristöhallinnon ohjeita PIMA – kestävä riskinhallinta 2014

Taulukossa on punertavalla pohjalla ne viitearvot, jotka kohteen maaperässä on ylitetty.

- Suurin asuinkäyttöön verrannollisen alueen hyväksyttävä pitoisuus ekologisin perustein (SHP_{eko}–viitearvo) ylittyy kaikkien taulukon aineiden osalta. => **Tarkastellaan ekologisia riskejä**
- Suurin hyväksyttävä pitoisuus terveydellisin perustein teollisuusaluetta vastaavassa maankäytössä (SHPT_{ter}–viitearvo) ylittyy lyijyn, arseenin ja antimonin osalta. Viitearvoksi valittiin asuinalueen viitearvon SHP_{ter} sijasta teollisuusalueelle laskettu viitearvo, koska alueella ei ole asuinalueen altistusreittejä: ravintokasvien syöminen,

vesijohtoveden juominen, kosketusta vesijohtoveden haitta-aineisiin tai niiden haihtuvien osien hengitystä (suihkussa) eikä alueella oleskele lapsia. Myös aikuisten oleskeluaika alueella on hyvin lyhytaikaista, vähäisempää kuin työpaikka-alueella oleskelu. SHPT_{ter}–viitearvon määrittäysperusteissa altistuminen tapahtuu valtaosin maansyönnin kautta, joka myös ampumaradalla on vallitsevin altistumistapa (pölyä suuhun). => **Tarkastellaan terveydellisiä riskejä**

- Suurin vaikutuksen pitoisuus pohjaveden pilaantumisen kannalta (SVP_{pV}–viitearvo) ylittyy kaikkien kolmen yhdisteen osalta. => **Tarkastellaan pohjaveden pilaantumisen riskiä**

4.7 Arvioinnin raja

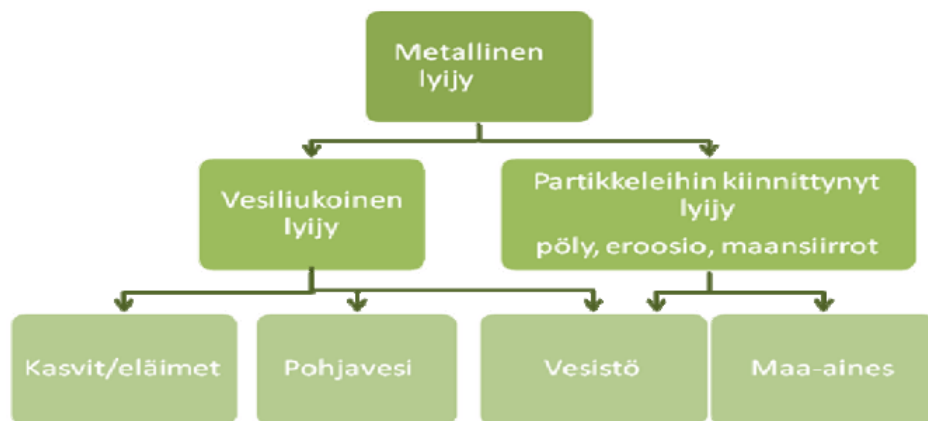
Viitearvovertailussa ei ole huomioitu haitallisten aineiden mahdollista kulkeutumista alueen ulkopuolelle esim. pintavesien mukana tai pölyämisen vaikutuksesta. Nämä tarkastellaan erikseen.

4.8 Kulkeutumisriski

Lyijyhaulien hajotessa osa haitta-aineista liukenee ja kulkeutuu ympäristössä suotoveden tai pintavalunnan mukana ja osa leviää sellaisenaan pölynä tai partikkeleihin kiinnittyneenä (kuva 1). Haulien hajoamisnopeuteen vaikuttavat mm. maan pH, orgaanisen aineksen määrä, veden suotautumisen nopeus sekä maaperän ligandit. Kosteus, happi, humushapot, hiilidioksidi ja helppoliukoiset suolat nopeuttavat metallisen lyijyn muuntumista. Täysin vesikylläisessä maassa rapautuminen voi tosin vähentyä hapenpuutteen vuoksi. Haulien hajoamisen on arvioitu kestävän useista kymmenistä vuosista satoihin vuosiin.

Maaperässä, jossa on korkea pH ja korkea orgaanisen aineksen pitoisuus, muuntumistuotteet ovat vain osin liukenevia ja voivat pysyä haulien pinnassa tai jäädä ylempiin maakerroksiin. Humuspitoisessa maassa huomattava osa liuenneesta lyijystä sitoutuu humukseen. Lyijyn liukoisuus pienenee pH:n kasvaessa. Maan pH:n ollessa korkea voi lyijy saostua joko hydroksidina, fosfaattina tai karbonaattina. Myös orgaanisten lyijykompleksien muodostus lisääntyy. pH:n osalta ongelmallisia alueita ovat happamat suoalueet. Hiekkamaalla pH on lähellä neutraalia. Mikäli maaperä on hyvin vettä läpäisevää (sora ja hiekka), on haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen todennäköisempää kuin esimerkiksi savi- ja moreenimaassa. Kun maaperä on huonosti vettä läpäisevää, vesi virtaa helpommin maan pinnalla ja haitta-aineiden kulkeutuminen pintavesiin on mahdollista. Hiekka- / soramaalla haulit ovat kuivemmassa maaympäristössä, jolloin liukoisten yhdisteiden muodostuminen on todennäköisesti hitaampaa kuin pidempiaikaisesti vedellä kyllästyneillä alueilla, esimerkiksi savisella maalla tai suoalueella. Yleensä hauleista rapautuva lyijy kertyy maan pintakerroksiin. Korkeimmat pitoisuudet löytyvät tavallisesti 10 – 30 cm syvyydeltä.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkki erilaisista lyijyn kulkeutumismekanismeista.



Kuva 1. Esimerkki lyijyn kulkeutumisreiteistä

4.8.1 Kulkeutuminen pohjaveteen

Työn laskennallisessa osuudessa arvioitiin antimonin, arseenin ja lyijyn kulkeutumista kohteen maaperässä ja tästä aiheutuvaa pohjaveden pilaantumiseriskiä. Laskennan perustana käytettiin kohteen maaperässä mitattuja pitoisuuksia ja parametreja sekä kirjallisuudesta otettuja parametriarvoja. Haulien rapautumisesta aiheutuvaa pitoisuuksien mahdollista nousua pitkän ajan kuluessa ei otettu huomioon. Laskenta tehtiin Excel- taulukkolaskentana käyttämällä kirjallisuudessa yleisesti käytettyjä jakautumis- ja kulkeutumisyhtälöitä.

Lähde: Ympäristöhallinnon ohjeita 2/2007 / PIMA – kestävä riskinhallinta 2014, Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta (BAT) Suomen ympäristö 4/2014

Laskennan periaate voidaan jakaa kolmeen osavaiheeseen seuraavasti:

1. vajoveden pitoisuuden määrittäminen haitta-aineita sisältävässä pilaantuneessa pintamaakerroksessa
2. kulkeutumisajan määrittäminen pilaantuneesta pintamaasta pohjaveteen, ja
3. pohjaveden pitoisuuden määrittäminen sekoittumiskerroksessa laimenemisen jälkeen

Haitta-aineen vajo- / huokosveteen liukeneva pitoisuus laskettiin seuraavasti:

$$C_w = C_s / \left[K_{d_pinta} + \frac{\theta_w}{\rho_s} \right]$$

missä

C_w = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L

C_s = Haitta-aineen edustava pitoisuus maaperässä (päästölähde) mg/kg

K_{d_pinta} = Maa – vesi -jakautumiskerroin (päästölähde) L/kg

θ_w = vesipitoisuus vajovesivyöhykkeessä

ρ_s = maaperän tiheys kg / L

Haitta-aineen kulkeutumisaika pilaantuneen pintakerroksen alareunasta pohjaveden pintaan laskettiin hidastumiskertoimen ja vajoveden imeytymisnopeuden (hidastunut kulkeutumisnopeus) sekä kulkeutumismatkan perusteella kaavalla:

$$t_{Rf} = \frac{d}{v_v / R_f}$$

missä

t_{Rf} = Kulkeutumisaika pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan

d = Etäisyys pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan m

v_v = vajoveden virtausnopeus m/a

R = hidastumiskerroin

Pohjaveden haitta-ainepitoisuudet määritettiin kaavalla:

$$C_{gw} = C_{pw} \cdot DF_{gw}$$

missä

C_{gw} = Pitoisuus pohjavedessä mg /l

C_{pw} = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L

DF_{gw} = Laimenemiskerroin

Kaikki laskennassa käytetyt laskentakaavat (ml. hidastumis- ja laimenemiskertoimien laskentakaavat) ja käytetyt parametrit sekä tulokset on esitetty [LIITTEESSÄ 4](#).

Laskennan tuloksena saadaan seuraavat arvot:

Aine	Pitoisuus huokosvedessä C_{pw} mg/l	Kulkeutumisaika pohjaveteen Tr_f vuotta	Pitoisuus pohjavedessä C_{gw} mg/l
Lyijy	10	27746	1,4
Antimoni	5	2364	0,8
Arseeni	0,17	2780	0,02

4.8.2 Kulkeutuminen pintavesien mukana

Kulkeutumista voi tapahtua lähinnä metallihiukkasten sitoutuessa hienoainekseen/kiintoainekseen ja näiden suurempien partikkeleiden kulkeutuessa pintaveden mukana. Kulkeutumista voi tapahtua vähäisessä määrin myös liukoissa muodossa.

Pintavedet valuvat Mustanlamminsuolle, joka sijaitsee ampumaradan välittömässä läheisyydessä alueen pohjoispuolella. Mustanlamminsuolta vedet jatkavat suo-ojia pitkin Mustalampeen. Mustalampi sijaitsee koillisen suunnassa noin 700 m etäisyydellä ampumaradasta. Mustalammesta vedet kulkevat noin 3 km matkan suo-ojia sekä Myllyojaa pitkin Urajärveen.

Skeet-radan ampumissuunta on Mustalammelle päin ja osa haulien putoamisalueesta sijaitsee Mustalamminsuolla, missä haulit ovat suuremman ajan kosteissa olosuhteissa. Tämän takia haulien rapautuminen ja siten metallien liukeneminen voi olla nopeampaa kuin ylempänä kuivemmassa kangasmaastossa. Toisaalta turvekerroksen yläosa ojitetulla suolla on usein kuiva.

Pintaveden virtausnopeudet alueen melko tasaisella ja humuspeitteisellä maanpinnalla ovat alhaisia. Siten kiintoaineksen kulkeutuminen pintavesien mukana on vähäistä. Lisäksi suoalueen paljolti seisovassa vedessä hienoaines laskeutuu ja jää alueelle.

Haulien putoamisalueelta noin 500 metriä koillisen suuntaan olevasta ojasta otettiin sedimenttinäyte (NP1 oja 25.11.2017) Näytteessä arseenin (5,6 mg/kg) ja lyijyn (67 mg/kg) pitoisuudet ylittävät niukasti maaperän kynnysarvot. Antimonin pitoisuus oli 1 mg/kg, mikä ylittää luontaisen pitoisuuden selvästi, mutta alittaa kynnysarvon.

Näytteen tulokset viittaavat siihen, että arseenia, lyijyä ja antimonia kulkeutuu humuspartikkeleihin sitoutuneena tai veteen liuenneena ja pidättyy matkalla ojan / ojien humuspitoiseen sedimenttiin.

Mustalampeen on matkaan näytteenottopaikalta noin 200 metriä. On mahdollista, että lampeen sekä lähimpien suo-ojien pohjalle voi laskeutua humusta, jossa on sitoutuneena pieniä pitoisuuksia ampumaradalta peräisin olevaa arseenia, lyijyä ja antimonia. Merkittävä pintavesien tai sedimenttien pilaantuminen ei ole todennäköistä. Mustalampi on noin 500 m pitkä ja 200 leveä ja lähialueella ei ole asutusta. Ojasedimentissä todetuista lievästi kohonneista metallipitoisuuksista ei arvioida olevan riskiä lähialueen pintavesille ja vesien käyttäjille.

4.9 Terveydelliset riskit

Altistumista metalleille voi teoreettisesti tapahtua maansyönnin kautta, joka myös ampumaradalla on vallitsevin altistumistapa (pölyä suuhun). => Tarkastellaan terveydellisiä riskejä pölyämisen kautta.

Alueen maanpinta on haulien laskeutumisalueella kasvillisuuden peittämä, joka ehkäisee pölyämistä. Pölyämistä ei normaalin toiminnan aikana tapahdu eikä haitta-aineiden ilmakulkeutumista siten tapahdu. Näin ollen myöskään terveydellisiä riskejä ei aiheudu.

4.10 Ekologiset riskit

Ekologisia riskejä tarkastellaan antimonin ja lyijyn osalta haulien putoamisalueella.

Haulikkoammunnan pääasiallisen vaikutusalueen pinta-ala on noin 3,5 ha. Alue on ojitettua suoaluetta, missä kasvaa mäntyvaltaista kasvatusmetsää. Kasvit ovat suurelta osin erilaisia kanervia ja sammalia.

Ekologiset viitearvot SHP_{eko} ja SHPT_{eko}

Suurin ekologisesti hyväksyttävä pitoisuus SHP_{eko} vastaa pitoisuutta, joka on testitulosten mukaan haitallinen ja toisaalta turvallinen 50 %-lle maaperän eliöistä tai mikrobiologisista prosesseista. SHPT_{eko} vastaa pitoisuutta, joka testitulosten mukaan aiheuttaa 95 %:n todennäköisyydellä haittaa 50 %-lle maaperän prosesseista. Tutkimuksen tulosten perusteella sekä antimonin että lyijyn osalta molemmat viitearvot ylittyvät selvästi.

Alueen kasvisto ja eliöstö on todennäköisesti osittain sopeutunut noin 20 vuoden aikana pintaosien taustapitoisuutta korkeampaan lyijypitoisuuteen. Kasvikuolemia tai muuta poikkeavaa ei tutkimuksen aikana havaittu, paitsi osassa puista ovat latvat harsuuntuneet haulikkoammunnan seurauksena.

Alueen koko on kohtuullisen pieni eikä sillä ole suurta merkitystä nisäkkäiden ravinnonhankinnassa. On kuitenkin mahdollista, että alueen maaperän pintakerroksessa oleva lyijy ja antimoni saattaa aiheuttaa haitallisia vaikutuksia tarkasteltavan alueen vaikutuspiirissä olevassa eliöstössä.

Metalleja on kulkeutunut myös pintavesien mukana suo-ojissa ja pidättynyt pohjasedimenttiin. Sedimentistä mitatut pitoisuudet eivät ylittäneet viitearvoja ja haitallisia vaikutuksia sedimentin eliöstöön ei arvioida olevan.

4.11 Epävarmuustarkastelu

Pohjavesilaskelmat pyrkivät kuvaamaan maaperässä ja pohjavedessä tapahtuvia fysikaalisia ja kemiallisia prosesseja ja tulokset riippuvat suuresti annetuista tai mitatuista parametrialarvoista ja pitoisuusmittauksista. Laskennat antavat yleisesti ottaen kuitenkin karkean ja suuntaa antavan käsityksen, missä ajassa ja pitoisuuksissa haitta-aineet voivat kulkeutua pohjavesiin.

Metallien liikkuminen pintavesien mukana on monitahoinen arvioitavaksi. Haulien ja maaperän sisältämän metallin liukoisuus, muuntuminen ja toisaalta taas sitoutuminen erilaisissa ympäristöissä sisältää paljon muuttujia.

5 RISKINARVIOINNIN JOHTOPÄÄTÖKSET

Riskinarvioinnin tuloksena voidaan todeta, että haitta-aineet eivät aiheuta terveysriskiä nykyisessä maankäytössä, jossa alueella ei oleskele lapsia ja aikuisten oleskelu alueella on lyhytaikaista. Alueen maankäyttö ei ole muuttumassa, joten johtopäätökset koskevat myös tulevaa maankäyttöä.

Lyijy, antimoni ja arseeni voivat kulkeutumislaskelmien perusteella aiheuttaa pitkällä aikavälillä paikallista pohjaveden pilaantumisen riskiä. Kulkeutumis aika pilaantuneesta pintamaasta huokosveden mukana pohjaveteen on laskujen mukaan kuitenkin hyvin pitkä, lyijyllä noin 27000 vuotta ja antimonilla ja arseenilla noin 2000 – 3000 vuotta. Metallipitoisuudet eivät näyttäisi muodostavan ainakaan lyhyellä aikavälillä uhkaa pohjaveden laadulle, koska haitta-aineiden kulkeutuminen on hidasta.

Tutkimuksen yhteydessä pohjavedessä havaitut pitoisuudet ovat lyijyn, antimonin ja arseenin kohdalla alle laboratorion määritysrajojen sekä pohjaveden ympäristölaatu normin.

Lyijy voi aiheuttaa haulien laskeutumisalueella vähäistä haittaa maaperän ekologisille prosesseille. Kuitenkin alueen suoluonteesta ja ampumaratakäytöstä johtuen haittoja voidaan pitää hyväksyttävänä. Kulkeutuminen alueen ulkopuolelle tapahtuu lähinnä pintavesien mukana vähäisessä määrässä. Tämäkin laskeutuu pääosin suoalueen ojiin.

Haulien pääasiallisella laskeutumisalueella ei ole tiedossa maankäytön muuttumista ja ei ole todennäköistä, että alueella rakennetaan lähitulevaisuudessa. Alue voidaan jättää toistaiseksi kunnostamatta. Haulien putoamisalueella ei tulisi tehdä raskaita metsätaloudellisia toimenpiteitä, kuten hakkuita ja maanmuokkausta maan pintakerroksen häiriintymisen ja sen aiheuttaman metallien mahdollisen kulkeutuminen lisäävän vaikutuksen takia. Mikäli hakkuita tehdään, niin ne olisi hyvä ajoittaa aikaan, jolloin alueella on vahva routakerros.

6 JATKOTOIMENPITEET

Alue ei tutkimusten mukaan aiheuta merkittävää välitöntä ympäristö- tai terveyshaittaa. Kulkeutumislaskelmien perusteella pohjaveden pilaantumista voi aiheutua hyvin pitkällä aikavälillä. Haulien putoamisalueella ei ole välitöntä kunnostustarvetta. Tulevaisuudessa ampumaratojen kunnostusmenetelmien sekä haitta-aineiden riskinarviointimenetelmien kehittyttyä, voi alueen kunnostamisen tai tarkempi riskitarkastelu olla aiheellista.

Maaperää ei tule kaivaa tai muokata kohonneita haitta-ainepitoisuuksia sisältävillä alueilla (haulien pääasiallinen laskeutumisalue) ellei alueelle ole tehty kunnostussuunnitelmaa ja saatu työlle Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen lupaa.

Alueelle jää ampumaratatoimintaa kivääriradan muodossa. Kivääriradan ympäristötarkkailuksi esitetään pohjavesiseurannan lisäksi myös pintavesien seurantaa. Tarkempi kuvaus tarkkailusta on esitetty kivääriradalle laadittavassa ympäristölupahakemuksessa.

Orimattilassa 5.7.2018

Insinööritoimisto Ekomaa Oy



Ari Blom

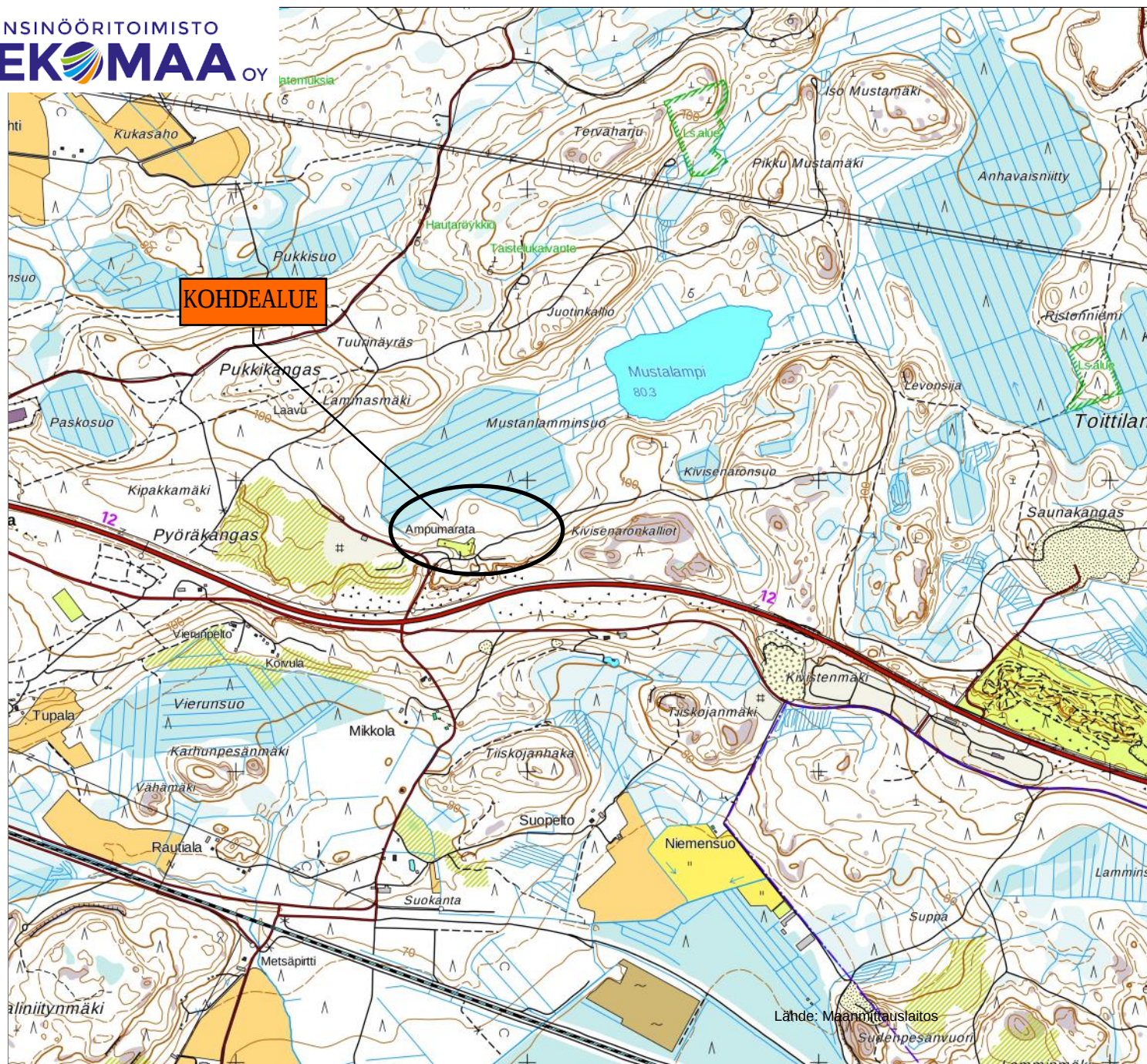
Yrittäjä, Ins. AMK ympäristötekniikka



Antti Heinonen

Ins. AMK ympäristötekniikka





1: 20 000

1,0 0 0,50 1,0 km

ETRS-TM35FIN



TUTKIMUSPISTEET EKO...		syvyydet
1	Hirviradan ampumapaikan edusta	0-0,1m
2	Hirviradan etuvalli	0-0,1m
3	Hirviradan taustavalli	0-0,5m useampia
4	Skeet ampumapaikan edusta	0-0,1m
5	Haulien putoamisalueen sivustaa?	0-0,1m
6	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m
7	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m/0,1-0,2m
8	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m/0,1-0,2m
9	Haulien putoamisalueen taustaa?	0-0,1m
10	Haulien putoamisalueen taustaa?	0-0,1m
11	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m
12	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m
13	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m/0,1-0,2m
14	Haulien putoamisalueen taustaa?	0-0,1m
15	Haulien putoamisaluetta	0-0,1m
16	TAUSTANÄYTEPISTE (maa)	0-0,1m

NP 1 Oja Sedimenttinäyte ojasta 0-0,1 m + vesinäyte

Näytteet otetaan lapiolla. Haulialueilta kootaan näyte noin 10m x 10 m laajuiselta alueelta kolmesta kohdasta ja homogenisoidaan. Näytteet analysoidaan XRF-kenttämittarilla. Kuusi (6) näytettä analysoidaan lisäksi laboratorioissa (ml. taustanäyte), jossa näytteet seulotaan alle 2 mm fraktioon. Näytteistä analysoidaan ns. pima-metallit, pH ja tuhka/humuspitoisuus. Sedimenttinäyte otetaan ojan pohjasta ja analysoidaan laboratorioissa kuten maanäytteet.

VESINÄYTEPISTEET:
Pohjavedestä otetaan kaksi näytettä. Yksi putkesta PVP Tillola (jos mahdollista) ja toinen uudesta asennettavasta putkesta PVP 1176-1.
Pintavesinäyte ojasta, NP 1 Oja

SELITE	
	Ampumapaikka ja -suunta (luotiasheet)
	Haulikkoampumapaikka ja -suunta (Trap)
	Maanäytepiste (koekuoppa)
	Pohjavesiputki
	Arvioitu pohjaveden virtaussuunta
	Alemman ohjearvon ylitys
	Ylemmän ohjearvon ylitys
	Pitoisuudet > vaarallinen jäte

NP 1 Oja
Pohjakartta © Maanmittauslaitos 201-

Koordinaatisto- ja korkeusjärjestelmä: ETRS-TM35FIN / N2000

Z:\1 Projektit\1176 RHV\Itti, Tillolan ampumarata\2 Piirustukset\Tillolan ampumarata_Piirakm_v3.dwg

Tilaaaja: litin Riistanhoitoyhdistys
Kohde: Tillolan ampumarata, litti

Proj.nro: 1176
Pvm: 28.2.2018

Näyte/piste	Alue	Kerros	Maalaji	Kuiva- aine	TOC	pH	As	Ba	B	Cd	Co	Cr	Cu	Cu	Hg	Ni	Pb	Pb	Sb	Sb	V	Zn	Zn	Aistihavainnot
							[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	(XRF) [mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	(XRF) [mg/kg]	[mg/kg]	(XRF) [mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	(XRF) [mg/kg]	
		[m]		[m-%]	[% ka]																			Huomautukset
Luontainen pitoisuus							1			0,03	8	31	22	22	0,005	17	5	5	0,02	0,02	38	31	31	
Kynnysarvo							5	---	---	1	20	100	100	100	0,5	50	60	60	2	2	100	200	200	
Alempi ohjearvo							50	---	---	10	100	200	150	150	2	100	200	200	10	10	150	250	250	
Ylempi ohjearvo							100	---	---	20	250	300	200	200	5	150	750	750	50	50	250	400	400	
Vaarallisen jätteen raja-arvo							1000	---	---	100	1000	1000	2500	2500	1000	1000	2500	2500	2500	2500	10000	2500	2500	
EKO....																								
1	Amp.paikan edusta	0-0,1	Hk											<				62		32			20	Humusta hyvin vähän
2	Etupenkka	0-0,1	Hk											40				569		42			27	Viisi osanäytettä etupenkasta
3	Taustavalli	0-0,1	Hk											204				4646		73			48	
	Taustavalli	0,1-0,2	Hk											80				1995		51			33	
	Taustavalli	0,4-0,5	Hk	90,2	0,8	7,0	4,9			<0,50	1	4	880	645	<0,5	3	25000	14400	280	138	4	97	65	
4		0-0,1	Hk											<				75		24			21	Kiekon kappaleita runsaasti, hylsyjä
5	Entistä sorakuoppaa	0-0,1	Hk	90,6	0,3	6,2	3,3			<0,5	1	4	8	<	<0,5	2	54	34	2	37	5	26	15	Humusta vain vähän, kiekon kappaleita
6.1		0-0,1	Hu, Hk											<				1448		<			21	Kiekon kappaleita harvakeen
6.2		0,1-0,2	Hk											<				68		15			20	
7.1		0-0,1	Hm, Hk	66,3	4,1	4,6	170			0,5	<0,5	3	6	<	<0,5	2	21000	3034	460	17	5	16	25	
7.2		0,1-0,2	Hk	83,8	1,8	5,0	2,4			<0,5	1	4	<5	<	<0,5	2	54	43	2	18	8	27	21	
8.1		0-0,1	Hm, Hk											<				140		<			12	[Otettu putkiottimella, 8 osanäytettä]
8.2		0-0,1	Hm, Hk											<				393		<			<	[Otettu kolmesta kuopasta]
8.3		0,1-0,2	Hk											<				26,0		16			<	
9		0-0,1	Hm, Hk											<				40		<			23	[Otettu putkiottimella, 8 osanäytettä]
10		0-0,1	Hm											<				44		<			<	
11		0-0,1	Hm	24,7	44,0	3,8	4,6			<0,5	1	4	12	<	0,7	5	2800	314	7	<	8	55	11	
12		0-0,1	Hm(Hk)											<				3271		<			16	
13.1		0-0,1	Hm											<				1906		<			23	
13.2		0,1-0,2	Hk/Mr											<				36		<			47	
14		0-0,1	Hm											<				87		<			<	
15		0-0,1	Hm, Hk											<				1021		<			13	
16 Tausta	Piti olla taustapiste!!	0-0,1	Hm(Hk)	52,2	6,3	4,2	2,7			<0,5	1	7	6	<	<0,5	3	340	279	2	<	9	23	12	
NP1 (ojasedimentti)		0-0,1	Lieju	27,4	14,0	5,3	5,6			<0,5	<	13	13	<	<0,5	4	67	22	1	<	10	28	38	Haisee mädänneelle
Keskiarvo																		1415		42			26	Tulos < määritysraja - ei huomoioitu, jolloin
Mediaani							5						10	142		3		210		32			21	tunnusluvut ylisuuria
Korkein arvo							170	0,0	0,0	0,5	1,0	13,0	880	645	0,7	4,5		14400		138	10,0		65,0	

ANTIMONI

Käytettyjä laskukaavoja ja parametriervoja käytetty seuraavista lähteistä: Ympäristöhallinnan ohjeita PIMA kestävä riskinhallinta 2014 sekä Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta (BAT) Suomen ympäristö 4/2014

LIITE 4

Tillola	Käytetty parametri
Cw mg/l 5	Cw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L 460 Cs = Haitta-aineen edustava pitoisuus maaperässä (päästölähde) mg/kg 85 Kd_pinta = Maa – vesi -jakautumiskerroin (päästölähde) L/kg 0,05 Øw = vesipitoisuus vajovesivöhykkeessä (0,02-0,4) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
Cgw mg/l 0,8	Cgw = Pitoisuus pohjavedessä mg /l
DFgw 0,14	Cpw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L DFgw = Laimenemiskerroin 150 Lgw = Pilaantuneen alueen pituus pohjavesivirtauksen suunnassa m 0,4 l = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65)
vvw 0,89	vvw = vajoveden virtausnopeus m/a 0,7 l = sadanta m/a (0,4-0,9) 0,35 fgw = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65) 0,275 nvad = tehollinen huokoisuus vajovesivöhykkeessä (0,02-0,35)
vR_vw 0,00212	vR_vw = vajoveden hidastunut virtausnopeus m/a 0,89 vw = vajoveden virtausnopeus m/a 421 R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle
R 421	R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle 85 Kd_sub = Maa- vesi jakautumiskerroin (päästölähteen alapuolinen maaperä) L/kg (käytettiin samaa arvoa kuin kd_pinta, koska ei tehty kohdekohtaisia määrittelyksiä) 0,35 ns = kokonaishuokoisuus (0,2-0,5) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
tRf 2364	tRf = Kulkeutumisaika pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan a 5 d = Etäisyys pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan m 0,9 vw = vajoveden virtausnopeus m/a 421 R = hidastumiskerroin

$$C_w = C_s \left/ \left[K_{d_pinta} + \frac{\theta_w}{\rho_s} \right] \right.$$

$$DF = \frac{L_{gw} \times I}{365 + L_{gw} \times I}$$

Vajoveden vuotuinen keskimääräinen virtausnopeus:

$$v_{vw} = \frac{I \cdot f_{gw}}{n_{vad}}$$

Hidastunut kulkeutumisnopeus vajovedessä:

$$v_{R_vw} = \frac{v_{vw}}{R}$$

Hidastumiskerroin (hidastunut kulkeutuminen vajo- tai pohjavedessä):

$$R = 1 + \frac{K_{d_sub} \cdot \rho_s}{n_s} \quad (\text{HUOM! } K_{d_sub} \neq K_{d_cs})$$

$$t_{Rf} = \frac{d}{v_v / R_f}$$

Tillola	Käytetty parametri
Cw mg/l 1,70	Cw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L 170 Cs = Haitta-aineen edustava pitoisuus maaperässä (päästölähde) mg/kg 100 Kd_pinta = Maa – vesi -jakautumiskerroin (päästölähde) L/kg 0,05 Θw = vesipitoisuus vajovesivyöhykkeessä (0,02-0,4) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
Cgw mg/l 0,24	Cgw = Pitoisuus pohjavedessä mg /l
DFgw 0,14	Cpw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L DFgw = Laimenemiskerroin 150 Lgw = Pilaantuneen alueen pituus pohjavesivirtauksen suunnassa m 0,4 I = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65)
v _{vw} 0,89	v _{vw} = vajoveden virtausnopeus m/a 0,7 I = sadanta m/a (0,4-0,9) 0,35 f _{gw} = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65) 0,275 n _{vd} = tehollinen huokoisuus vajovesivyöhykkeessä (0,02-0,35)
v _{R_vw} 0,00180	v _{R_vw} = vajoveden hidastunut virtausnopeus m/a 0,89 v _{vw} = vajoveden virtausnopeus m/a 495 R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle
R 495	R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle 100 Kd_sub = Maa- vesi jakautumiskerroin (päästölähteen alapuolinen maaperä) L/kg (käytettiin samaa arvoa kuin kd_pinta, koska ei tehty kohdekohtaisia määrittäyksiä) 0,35 ns = kokonaishuokoisuus (0,2-0,5) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
tr _f 2780	tr _f = Kulkeutumisaika pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan a 5 d = Etäisyys pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan m 0,9 v _v = vajoveden virtausnopeus m/a 495 R = hidastumiskerroin

$$C_w = C_s / \left[K_{d_pinta} + \frac{\theta_w}{\rho_s} \right]$$

$$DF = \frac{L_{gw} \times I}{365 + L_{gw} \times I}$$

Vajoveden vuotuinen keskimääräinen virtausnopeus:

$$v_{vw} = \frac{I \cdot f_{gw}}{n_{vad}}$$

Hidastunut kulkeutumisnopeus vajovedessä:

$$v_{R_vw} = \frac{v_{vw}}{R}$$

Hidastumiskerroin (hidastunut kulkeutuminen vajo- tai pohjavedessä):

$$R = 1 + \frac{K_{d_sub} \cdot \rho_s}{n_s} \quad (\text{HUOM! } K_{d_sub} \neq K_{d_cs})$$

$$t_{Rf} = \frac{d}{v_v / R_f}$$

Tillola	Käytetty parametri
Cw mg/l 10	Cw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L 10000 Cs = Haitta-aineen edustava pitoisuus maaperässä (päästölähde) mg/kg 1000 Kd_pinta = Maa – vesi -jakautumiskerroin (päästölähde) L/kg 0,05 Θw = vesipitoisuus vajovesivöhykkeessä (0,02-0,4) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
Cgw mg/l 1,4	Cgw = Pitoisuus pohjavedessä mg /l
DFgw 0,14	Cpw = Haitta-aineen edustava pitoisuus huokosvedessä (päästölähde) mg/L DFgw = Laimenemiskerroin 150 Lgw = Pilaantuneen alueen pituus pohjavesivirtauksen suunnassa m 0,4 I = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65)
vw 0,89	vw = vajoveden virtausnopeus m/a 0,7 I = sadanta m/a (0,4-0,9) 0,35 fgw = pohjaveteen imeytyvä osuus sadannasta (0-0,65) 0,275 nvad = tehollinen huokoisuus vajovesivöhykkeessä (0,02-0,35)
VR_vw 0,00018	VR_vw = vajoveden hidastunut virtausnopeus m/a 0,89 vw = vajoveden virtausnopeus m/a 4944 R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle
R 4944	R = Hidastumiskerroin puhtaalle pohjamaalle 1000 Kd_sub = Maa- vesi jakautumiskerroin (päästölähteen alapuolinen maaperä) L/kg (käytettiin samaa arvoa kuin kd_pinta, koska ei tehty kohdekohtaisia määrittelyksiä) 0,35 ns = kokonaishuokoisuus (0,2-0,5) 1,73 Ps = maaperän tiheys kg / L
trf 27746	trf = Kulkeutumisaika pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan a 5 d = Etäisyys pilaantuneen kerroksen alareunasta pohjaveden pintaan m 0,9 vv = vajoveden virtausnopeus m/a 4944 R = hidastumiskerroin

$$C_w = C_s / \left[K_{d_pinta} + \frac{\theta_w}{\rho_s} \right]$$

$$C_{gw} = C_{pw} \cdot DF_{gw}$$

$$DF = \frac{L_{gw} \times I}{365 + L_{gw} \times I}$$

Vajoveden vuotuinen keskimääräinen virtausnopeus:

$$v_{vw} = \frac{I \cdot f_{gw}}{n_{vad}}$$

Hidastunut kulkeutumisnopeus vajovedessä:

$$v_{R_vw} = \frac{v_{vw}}{R}$$

Hidastumiskerroin (hidastunut kulkeutuminen vajo- tai pohjavedessä):

$$R = 1 + \frac{K_{d_sub} \cdot \rho_s}{n_s} \quad (\text{HUOM! } K_{d_sub} \neq K_{d_cs})$$

$$t_{Rf} = \frac{d}{v_v / R_f}$$