

Riku Kivistö

JOUTSENON PAPPILANKORVEN
AMPUMARADAN
PERUSTILASELVITYS

Opinnäytetyö
Ympäristötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2016




MAMK

University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

	Opinnäytetyön päivämäärä 26.4.2016
Tekijä(t) Riku Kivistö	Koulutusohjelma ja suuntautuminen Ympäristötekniologia
Nimeke Joutsenon Pappilankorven ampumaradan perustilaselvitys	
Tiivistelmä Työssä aiheena oli laatia perustilaselvitys Lappeenrannan Joutsenosssa sijaitsevalle Pappilankorven ampumaradalle. Alueelta löytyy haulikkorata, joka sisältää skeet ja trap radat sekä luodikkorata, johon kuuluu liikkuvan hirven rata, seisovan hirven rata, 100 metrin luodikkorata sekä 50 metrin pienoishirvirata. Radan ja maa-alueen omistaa Joutsenon riistanhoitoyhdistys ja selvityspyynnön sekä tutkimusvaatimukset esitti Lappeenrannan seudun ympäristötoimi. Kohteessa otettiin maa-, vesi- ja sedimenttinäytteitä kahtena eri päivänä marraskuussa 2015. Maaperänäytteenotto käsitti luodikkoratojen taustavallit sekä ampumapaikkojen etumaaston sekä haulikkoratojen haulien laskeutumisalueen. Selvityksen ensisijaisena kohteena oli ampumaratojen lyijypitoisuudet, sillä lyijy on merkittävin haitta-aine ampumaradoilla. Raskasmetalleista maanäytteiden osalta tutkittiin myös antimoniin, sinkin ja kuparin pitoisuuksia. Mittauksissa käytettiin röntgenfluoresenssispektrometriaa eli XRF-analyysia. Vesi- ja sedimenttinäytteitä otettiin haulien laskeutumisalueen läpi kulkevasta ojasta, niin rata-alueelta kuin myös sen ulkopuolelta. Haulikkoammunnassa käytetyistä savikiekoista ympäristöön päätyvien polysyklisten aromaattisten hiilivetyjen eli PAH-yhdisteiden pitoisuuksia myös tutkittiin tässä työssä. Tuloksissa ilmeni korkeita, ohjearvoja ylittäviä raskasmetallipitoisuuksia maanäytteiden osalta niin haulikkoradalla kuin myös luodikkoradoilla. Haitta-aineet olivat pääasiassa sitoutuneena pintamaahan eivätkä täten liiku rata-alueen ulkopuolelle. Ampumaradan aiheuttama ympäristöriski voidaan siis arvioida olevan paikallinen. Ympäristöriskien ennaltaehkäisemiseksi olisi syytä luodikkoradoilla vaihtaa tai seuloa taustavallien maa-aines sekä seurata haulien laskeutumisalueen läheisen pohjavesialueen tilaa. Tutkimuksella tuotettiin tietoa ampumarata-alueen tilasta Lappeenrannan seudun ympäristötoimelle sekä Joutsenon riistanhoitoyhdistykselle. Saatuja tietoja voidaan hyödyntää ympäristöhaittojen ennaltaehkäisyyn ja jatkotoimenpiteiden suunnitteluun. Työ tarjoaa myös tietoa ampumaratojen ympäristönäytteenottoon liittyen.	
Asiasanat (avainsanat) ampumaradat, ympäristön tila, näytteenotto, lyijy, raskasmetallit, XRF, PAH-yhdisteet	
Sivumäärä 45 + 11	Kieli Suomi
Huomautus (huomautukset liitteistä) 6 liitettä	
Ohjaavan opettajan nimi Arto Sormunen Marjatta Lehesvaara	Opinnäytetyön toimeksiantaja Joutsenon riistanhoitoyhdistys Lappeenrannan seudun ympäristötoimi

DESCRIPTION

	Date of the bachelor's thesis 26.4.2016
Author(s) Riku Kivistö	Degree programme and option Environmental Engineering
Name of the bachelor's thesis The baseline report of the shooting range in Pappilankorpi, Joutseno	
Abstract The purpose of this thesis was to create a baseline report for a shooting range in Pappilankorpi of Joutseno. The shooting range has shotgun range for skeet and trap shooting and a rifle range that consist of 100 meters shooting range, moving target range, standing target range and 50 meters mini rifle range. The shooting range is property of Gamekeeping Association of Joutseno. The research request and the requirements of it were set by Lappeenranta Region's Environmental Office. The research consisted of soil, water and sediment samples which were taken in two separate days in November 2015. Soil samples were taken of the whole shotgun range area and in rifle ranges from back-stops and near firing points. The primary object of this study was lead levels since lead is the most common risk in environment of shooting ranges. Antimony, zinc and copper levels were also examined from the soil samples. Measuring of the levels was done with X-ray fluorescence (XRF) handheld analyzer. Water and sediment samples were taken from a brook which crossed the shotgun range. This study also include investigation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in soil samples. PAHs occur in clay pigeon shooting targets. Results show heavy metals levels that are over the guideline values both in shotgun and rifle ranges. Heavy metals were mainly bond in the topsoil so the risk of substances moving outside the shooting range area is low. To prevent any environmental risks, it is desirable to sieve or change the soil of back-stops in rifle ranges and also monitor groundwater near shotgun range for heavy metal levels. This study provided data of the environmental condition of Pappilankorpi shooting range. The data can be used for prevention of environmental harms and for planning of follow-up. This thesis also provides information considering environmental sampling of shooting ranges.	
Subject headings, (keywords) shooting range, environmental status, sampling, lead, heavy metals, XRF, PAHs	
Pages 45 + 11	Language Finnish
Remarks, notes on appendices 6 appendices	
Tutor Arto Sormunen Marjatta Lehesvaara	Bachelor's thesis assigned by Gamekeeping Association of Joutseno Lappeenranta Region's Environmental Office

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	AMPUMARADAT	2
2.1	Ampumaradat Suomessa	2
2.2	Ampumaratoihin liittyvä ympäristölainsäädäntö.....	3
3	HAITALLISET AINEET AMPUMATOIMINNASSA	6
3.1	Lyijy.....	9
3.2	Antimoni	12
3.3	Sinkki.....	12
3.4	Kupari	13
3.5	Arseeni.....	13
3.6	PAH-yhdisteet.....	14
4	AINEISTO JA MENETELMÄT	15
4.1	Mittausmenetelmät	17
4.1.1	Röntgenfluoresenssitekniikka	17
4.1.2	XRF-analysaattori	18
4.2	Näytteenotto ja analysointi	19
4.2.1	Luodikkorata	20
4.2.2	Haulikkorata.....	21
4.2.3	Maanäytteiden analysointi	23
4.2.4	PAH-näytteet.....	24
4.2.5	Vesinäytteet.....	25
4.2.6	Sedimenttinäytteet.....	26
5	TULOKSET	26
5.1	Luodikkorata.....	26
5.2	Haulikkorata	31
5.3	Sedimenttinäytteet	33
5.4	Vesinäytteet	33
5.5	PAH-yhdisteet.....	34
6	TULOSTEN TULKINTA.....	36
6.1	Luodikkorata.....	36
6.2	Haulikkorata	37

6.3	Sedimenttinäytteet	38
6.4	Vesinäytteet	38
6.5	PAH-yhdisteet.....	38
7	RISKINARVIOINTI JA KUNNOSTUSTOIMENPIDE-EHDOTUKSET	39
8	POHDINTA	42
	LÄHTEET	44

LIITTEET

- 1 Näytepisteiden koordinaattitietoja
- 2 Luodikkoratojen näytteiden märkä- ja kuivapainot
- 3 Haulikkoradan näytteiden märkä- ja kuivapainot
- 4 Luodikkoratojen pitoisuudet
- 5 Haulikkoradan pitoisuudet
- 6 PAH-yhdisteiden pitoisuudet

1 JOHDANTO

Suomessa ammuntaa harrastavia tai työnsä puolesta harjoittavia henkilöitä löytyy kymmeniä tuhansia. Ampumaratoja puolestaan Suomesta löytyy yli 2000, joista aktiivisessa käytössä on 600 – 1000 rataa. Ampumatoiminnassa on erityisen tärkeää yleinen turvallisuus ja toiminnasta aiheutuvien ympäristöön sekä ihmisiin kohdistuvien riskien minimoiminen, sekä aktiivinen ympäristöntilan seuranta. Ampumaratoja tarvitaan, jotta ammuntaa voidaan harjoittaa sekä harrastaa turvallisesti ja keskitetysti. (Kajander & Parri 2014.)

Ampumatoiminnan seurauksena luotien ja haulien sisältämiä haitta-aineita voi päätyä maaperään, vesistöihin sekä niiden sedimentteihin kuin myös pohjaveteen. Näitä ympäristövaikutuksia pyritään ehkäisemään hyvällä suunnittelulla ja kunnostustoimenpiteillä. Ampumaratoja on monenlaisia ja monenlaisissa ympäristöissä. Myös ratojen käyttöaste ja näin ollen myös haitta-aineiden kuormitus vaihtelee. Yleisesti ottaen lyijy on suurin ympäristöriski ampumaradoilla. Haulikkoradoilla lyijyn lisäksi yleinen haitta-aine on antimoni ja luodikkoradoilla kupari sekä sinkki. Ampumaratojen haitta-aineista ei usein aiheudu akuutteja tai lyhyen aikavälin ympäristöriskejä, vaan haitta-aineiden kulkeutumista voi tapahtua kymmenien tai satojen vuosien aikavälillä. Luotien ja haulien päästessä kosketuksiin maan ja veden kanssa ne altistuvat fysikaalisille ja kemiallisille reaktioille. Rata-alueen ympäristöolosuhteilla kuten maaperällä, pH:lla, vedenläpäisevyydellä ja sademäärillä on merkittävä vaikutus luotien ja haulien rapautumiseen ja haitta-aineiden kulkeutumiseen. Erityisesti happamat ja kosteat olosuhteet edistävät rapautumista. Näistä syistä riskinarviointi on aina ratakohtaista. Pääsääntöisesti kohonneita haitta-ainepitoisuuksia todetaan rata-alueiden maa-aineksen pintakerroksessa. (Kajander & Parri 2014.)

Tämän opinnäytetyön aiheena oli laatia persustilaselvitys luoti- ja haulikkoammunnan ympäristövaikutuksista Lappeenrannan Joutsenossa sijaitsevalle Pappilankorven ampumaradalle. Tarkoituksena oli selvittää missä määrin pitoisuuksia ilmenee ja miten haitta-aineet ovat sijoittuneet rata-alueille, sekä arvioida pitoisuuksista aiheutuvat riskit. Ampumaradan pitoisuuksien selvittämiseksi otettiin maa-, vesi- ja sedimenttinäytteitä. Selvityspyynnön sekä tutkimusvaatimukset esitti Lappeenrannan seudun ympäristötoimi.

2 AMPUMARADAT

Ampumaratalaki (763/2015) määrittää ampumaradan sisällä olevaksi tilaksi tai ulkona olevaksi alueeksi, joka on tarkoitettu ampuma-aseella maaliin ampumista varten. Ampumaratakokonaisuuteen kuuluu tyypillisesti useita erillisiä lajiratoja. Ampumalajit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: haulikko-, kivääri- ja pistoolilajeihin. Radat voivat olla yhdelle tai useammalle lajille tarkoitettuja. Kivääri- ja pistoolilajeissa ammutaan kiinteitä tai liikkuvia maalitauluja luotipatruunoilla ja luodit kasaantuvat maalitaulujen takana olevaan taustavalliin. Ampumaradoilla tapahtuva haulikkoammunta perustuu lentävien kiekkojen ampumiseen, jolloin haulikkolajit vaativat luotiammuntaan verrattuna suuremman toimintapinta-alan. Haulipanoksen koostuu yleisesti lyijystä valmistetuista sadoista pienistä kuulista, jotka lähtevät piipusta yhtenä panoksena ja hajaantuvat nopeasti leviten useiden hehtaarien alueelle. Ampumaratoja tarvitaan, jotta ampuminen voi tapahtua valvotusti tarkoituksenmukaisella alueella. (Ympäristöministeriö 2012.)

2.1 Ampumaradat Suomessa

Suomessa arvioidaan olevan 2000 – 2500 ulkoampumarataa, joista 600 – 1000 on toiminnassa edelleen. Suuria eroja arvioissa aiheuttaa ampumaradan tai ampumapaikan luokittelu ampumaradaksi. Joissain selvityksissä hyvin pienet ampumapaikat on saatettu jättää pois laskuista. Etenkin toiminnan lopettaneiden ampumaratojen määrää on vaikea arvioida. Ampumaradat ovat Suomessa osittain hyvin vanhoja, osa jopa ennen itsenäisyytemme aikaa perustettuja. Myös 1960-80-luvuilla ratoja perustettiin aktiivisesti. Tuolloin ratojen perustamista ei arvioitu nykyisen ympäristölainsäädännön lähtökohdista. Huomattava osa ampumaradoista sijaitseekin nykyisin lähellä asutus- tai virkistysalueita sekä tärkeiden pohjavesialueiden tai muuten arvokkaiden luontokohteiden läheisyydessä. Näillä radoilla ympäristö- ja terveyshaittojen, kuten melun tai pohjaveden pilaantumisen, riski kasvaa. Nykyisin toimintaa pyritään sijoittamaan vähemmän herkille alueille sekä samalla keskittää toimintaa, jolloin harrastajille olisi entistä parempia ja laadukkaampia palveluja. (Ympäristöministeriö 2012.)

Lähes kaikissa Suomen kunnissa on vähintään yksi ampumarata. Ampumaratoja hallinnoi pääasiassa ampuma-, metsästys- ja urheiluseurat sekä puolustusvoimat. Ratojen käyttöaste vaihtelee huomattavasti, pienemmillä rata-alueilla ammutaan vain muutama

tuhat laukausta vuodessa, kun taas suurimmilla radoilla laukauksia voi olla jopa miljoona. Puolustusvoimien ampumaradoilla ammutaan suunnilleen 12 miljoonaa laukausta vuodessa. (Ympäristöministeriö 2012.) Aseen hallussapitoluvan haltijoita Suomessa on noin 700 000 ja lupia yhteensä n. 2 miljoonaa. Metsästäjiä maassamme on noin 300 000. Metsästyslain mukaan suurriistan metsästyksessä tulee olla suoritettuna ampumakoe. Myös poliisien tulee suorittaa säädösten mukainen ampumakoe kahdesti vuodessa. Puolustusvoimien lakisääteisiin tehtäviin kuuluu yleiseen asevelvollisuuteen pohjautuva sotilaskoulutus, joka sisältää ampumakoulutuksen. (Kajander & Parri 2014.)

2.2 Ampumaratoihin liittyvä ympäristölainsäädäntö

Ympäristönsuojelulaki (527/2014, YSL) ja -asetus (713/2014, YSA) ovat ympäristön pilaamisen torjunnan perussäädöksiä. Ampumaratatoiminnan kannalta tärkeää on laissa määritelty ympäristöluvan tarve (YSL 27 §, Liite 1. Taulukko 2.14 a) ja toiminnan sallittavuuden ympäristönsuojelulliset rajat. Laki sisältää myös erilaisia velvollisuuksia ja kieltoja.

Ampumaratatoiminnan kannalta keskeisiin säännöksiin kuuluu maaperän pilaamiskiello: ”Maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta taikka eliöitä tai pieneliöitä siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus.” (YSL 16 §) Pilaantuminen on siis kytketty vaikutuksiin, laki ei sisällä nimenomaista pilaantuneen maa-alueen määritelmää. Alueen käyttötarkoitus otetaan huomioon maaperän pilaantuneisuuden arvioinnissa. Esimerkiksi asuinalueiden maaperän pilaantumiskynnykset eroavat teollisuusalueiden maaperän pilaantumiskynnyksistä. Maaperän pilaantumiskiellon kannalta ei ole merkitystä sillä, onko pilaantuminen tapahtunut vahingossa huolimattomuudesta tai tahallaan. Vastuussa on aina pilaantumisen aiheuttaja. (Ympäristöministeriö 2012.)

Myös pohjavedelle on säädetty pilaamiskiello: ”Ainetta, energiaa tai pieneliöitä ei saa panna, päästää tai johtaa sellaiseen paikkaan tai käsitellä siten, että

- 1) tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka pohjaveden laatu voi muutoin olennaisesti huonontua;
- 2) toisen kiinteistöllä olevan pohjaveden laadun muutos voi aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle taikka tehdä pohjaveden kelpaamattomaksi tarkoitukseen, johon sitä voitaisiin käyttää; tai
- 3) toimenpide vaikuttamalla pohjaveden laatuun muutoin saattaa loukata yleistä tai toisen yksityistä etua.” (YSL 17 §)

Pohjaveden pilaamiskielto kattaa ensinnäkin vedenhankintaan soveltuvat pohjavesialueet ja sen kannalta tärkeät pohjavesialueet, eli ns. I- ja II-luokan pohjavesialueet. Oleellista säännöksen soveltamisessa on selvittää, voiko päästöistä aiheutua kiellossa tarkoitettuja vaikutuksia. Vaaran aiheuttamisen kielto merkitsee, että jo haitan mahdollisuus on estettävä eikä toiminnalta edellytetä konkreettista pilaantumisen aiheuttamista. Pohjavedenpilaamiskieltoon liittyy aina tapauskohtainen arviointi. (Ympäristöministeriö 2012.)

Ympäristönsuojelulaki sisältää myös selvilläöovelvollisuuden (YSL 6 §) sekä velvollisuuden ehkäistä ja rajoittaa ympäristön pilaantumista (YSL 7 §). Toiminnanharjoittajan on siis oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Toiminta on järjestettävä niin, että pilaantuminen voidaan ehkäistä ennakolta. Mikäli pilaantumista ei voida kokonaan ehkäistä, se on rajoitettava mahdollisimman vähäiseksi. (Ympäristöministeriö 2012.) Lisäksi laissa määritetään ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate, jossa noudatetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä (YSL 20 §).

Mikäli toiminnasta aiheutuu maaperän tai pohjaveden pilaantumista, on toiminnanharjoittaja velvollinen puhdistamaan pilaantunut alue siihen tilaan, ettei siitä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle (YSL 133 §). Jos on aihetta epäillä maaperän tai pohjaveden pilaantumista, on vastuussa oleva velvollinen selvittämään alueen pilaantuneisuus ja puhdistustarve. Pilaantuneen maaperän ja pohjaveden puhdistamistarpeen arvioinnissa on otettava huomioon pilaantuneen alueen, sen ympäristön ja pohjaveden nykyinen tai tuleva käyttö sekä pilaantumisesta terveydelle tai ympäristölle mahdollisesti aiheutuva vaara tai haitta. (YSL 135 §.)

Ampumaratatoimintaa koskee myös valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuu-
den ja puhdistustarpeen arvioinnista eli nk. PIMA-asetus (214/2007). PIMA-asetuksen
liitteessä on määritelty kynnys- sekä ohjearvot 52:lle maaperän haitallisen aineen tai
aineryhmän pitoisuuksille. (Taulukko 1.)

**TAULUKKO 1. Kynnys- ja ohjearvot työssä käsiteltävien aineiden osalta
(PIMA-asetus 214/2007).**

Aine	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg
Antimoni (Sb)	2	10 (t)	50 (e)
Arseeni (As)	5	50 (e)	100 (e)
Kupari (Cu)	100	150 (e)	200 (e)
Lyijy (Pb)	60	200 (t)	750 (e)
Sinkki (Zn)	200	250 (e)	400 (e)
PAH-yhdisteet			
Antraseeni	1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)ant- raseeni	1	5 (e)	15 (e)
Bentso(a)py- reeni	0,2	2 (t)	15 (e)
Bentso(k)fluo- ranteeni	1	5 (e)	15 (e)
Fenantreeni	1	5 (e)	15 (e)
Fluoranteeni	1	5 (e)	15 (e)
Naftaleeni	1	5 (e)	15 (e)
(e) = ekologisten riskien perusteella			
(t) = terveysriskien perusteella			

Kynnysarvoa voidaan pitää ennaltaehkäisyn vertailuarvona. Mikäli kynnysarvo ylittyy,
maaperän pilaantuneisuus ja puhdistustarve on usein syytä arvioida. Alueilla, joilla ai-
neen taustapitoisuus on kynnysarvoa korkeampi, arviointikynnyksenä pidetään tausta-
pitoisuutta. Ohjearvojen ylittyessä yhdenkin aineen osalta maaperää pidetään pilaantu-
neena ja puhdistamista tarpeellisena. Herkkyydeltään tavanomaisessa maankäytössä
kuten asuin-, puisto- ja virkistysalueilla vertailuarvona käytetään alemmaa ohjearvoa.

Ylempää ohjearvoa puolestaan sovelletaan mm. teollisuus-, varasto-, ja liikennealueilla. Ohjearvot on määritelty joko ekologisten (e) tai terveystarkkailu- (t) perusteella. (PIMA-asetus 214/2007.)

Kaikilta ulkona sijaitsevilta ampumaradoilta edellytetään ympäristölupaa. Myönne-tyissä luvissa yleisesti edellytetään käytettäväksi toiminnan päästöjen hallinnassa ympäristönsuojelulain mukaisesti parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT, Best Available Technique). Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ampumaradoille ei kuitenkaan ole erikseen määritelty. Ympäristöluvuissa on edellytetty käytettäväksi vaihtelevasti erilaisia menetelmiä ja tekniikoita haitta-ainepäästöjen hallitsemiseksi. Toimenpiteiden tarpeellisuudesta ja kustannustehokkuudesta on erilaisia näkemyksiä sekä viranomaisilla että toiminnanharjoittajilla. Ylimoitettut toimenpidevaatimukset aiheuttavat toiminnanharjoittajalle turhia investointeja, toisaalta riittämättömät tai väärin kohdistetut toimenpiteet voivat johtaa ympäristön laadun heikkenemiseen tai pilaantumiseen. Alimitoitettu ympäristönsuojelun taso voi myös nostaa toiminnan lopettamiskustannuksia syntyneiden vastuiden vuoksi. (Kajander & Parri 2014.)

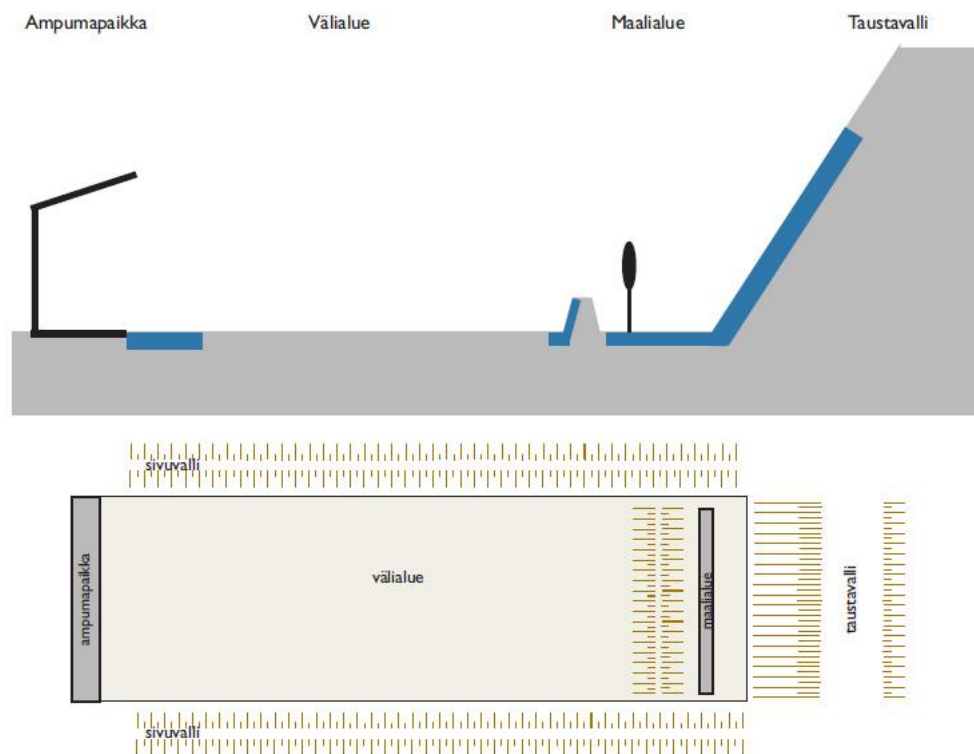
3 HAITALLISET AINEET AMPUMATOIMINNASSA

Ampumaratatoiminta kuormittaa ympäristöä lähinnä ympäristölle haitallisten metallien kautta, joita luodeissa ja hauleissa on. Suomessa käytetyissä luodeissa merkittävimmät haitta-aineet ovat lyijy, kupari, antimoni ja sinkki. Hauleissa merkittävimmät haitta-aineet ovat lyijy sekä antimoni. Haulikkoammunnassa myös maaleina käytettävät kiekot tulee huomioida ympäristön roskaantumisen kannalta sekä kiekkoista mahdollisesti vapautuvien ympäristölle haitallisten aineiden, kuten PAH-yhdisteiden kannalta. (Naumanen ym. 2002.) Geologian tutkimuskeskus (GTK) ylläpitää Tapir-taustapitoisuusrekisteriä. Tapir-tietokannasta taustapitoisuudet olivat lyijylle 3 mg/kg, antimonille 0,01 mg/kg, sinkille 19 mg/kg ja kuparille 10 mg/kg. Taustapitoisuudet eivät ole Pappilankorven ampumaradan välittömästä läheisyydestä, vaan lähimmältä saatavilla olevalta pisteeltä. (Geologian tutkimuskeskus 2016.)

Kivääri- ja pistooliammunnassa patruunat koostuvat hylsystä, luodista, nallista ja ruodista. Hylsyt ovat useimmiten ns. hylsymessinkisiä, jossa on 72 % kuparia ja 28 % sink-

kiä. Luodit voidaan jakaa lyijyluoteihin, kokovaippaluoteihin, lyijykärki- eli puolivaippaluoteihin sekä erikoisluoteihin. Lyijyluoteja käytetään esimerkiksi pienoiskivääriammunnassa, jossa luodin nopeus on alhainen. Kokovaippaluodeissa käytetty luotivaippa osittain suojaa lyijyn päätymistä maaperään. Luotivaippa on nykyisin valmistettu kuparin (90 – 95 %) ja sinkin seoksesta (5 – 10 %). Aiemmin on käytetty myös luoteja joiden vaippa on valmistettu nikkelistä, mutta niiden käyttö lopetettiin 50-luvulla. Luotidin koostuu pääosin lyijystä (97 – 99 %) ja seassa on myös pieniä määriä antimonia (1 – 3 %). Luodin kokonaismassasta lyijyä on noin 89 %, kuparia noin 9 % sekä antimonia ja sinkkiä noin 1 %. Luotien painot vaihtelevat 2,9 g ja 18,5 g välillä lajista riippuen. (Naumanen ym. 2002.)

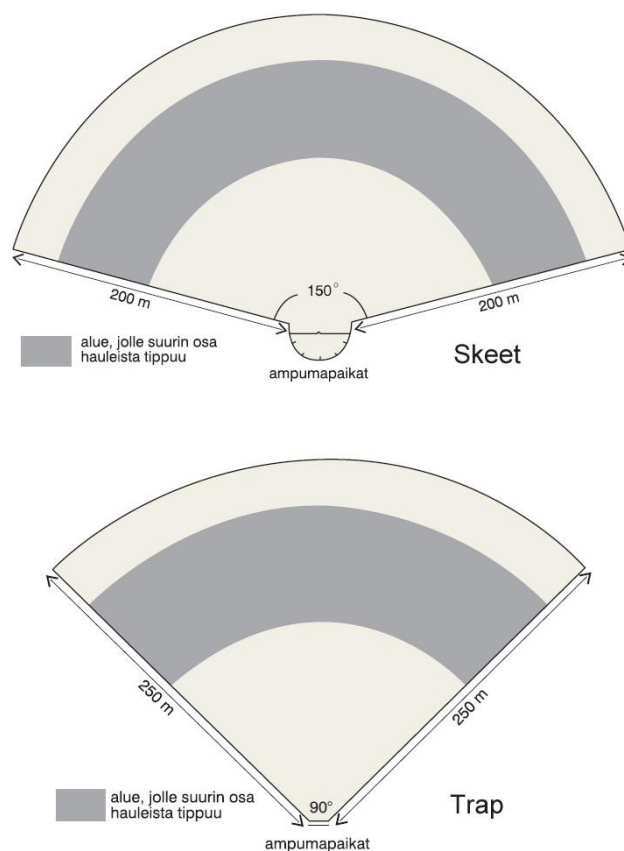
Luodikkoradoilla haitta-aineita kertyy pääosin taustavalleihin sekä myös ampumapaikkojen etumaastoon. Ampumapaikoilla pitoisuudet ovat seurausta ampumatoiminnasta syntyvästä hienojakoisesta luotipölystä. Myös maalialueiden sekä mahdollisten väliavalien maa-aineksessa on usein kohonneita pitoisuuksia (Kuva 1.) (Kajander & Parri 2014.)



KUVA 1. Sininen väri kuvastaa yksinkertaistetusti luodikkoratojen haitta-aineiden kertymistä (Kajander & Parri 2014).

Haulikon patruuna koostuu useista hauleista. Hauleissa lyijyä on yleensä noin 97 %, antimonia noin 1 – 3 % ja arseenia 0,1 – 0,5 %. Hauleissa voi lisäksi olla pieniä määriä sinkkiä, kuparia ja nikkeliä. Useimmissa haulikkolajeissa suurin sallittu lataus on 24 grammaa. Haulikkoammunnassa yleisimmin käytetyt savikiekot koostuvat kalsiitista (n. 70 %) ja kivihiilitervasta (20 – 40 %). Kivihiiliterva sisältää polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä eli PAH-yhdisteitä. Kiekot painavat 100 - 110 g ja niiden halkaisija on 110 mm. (Naumanen ym. 2002.)

Haulikkoradoilla haulit levittyvät huomattavasti laajemmalle alueelle, kuin luodit luodikkoradoilla. Haulit lentävät karkeasti arvioiden yhtä monta sataa metriä, kuin niiden halkaisija on millimetreissä. Skeet-ammunnassa käytetyt halkaisijaltaan useimmiten 2,0 mm haulit leviävät ampumasektorissa noin 200 metrin etäisyydelle ja trap-radoilla 2,5 mm haulit 250 metrin etäisyydelle. Suurin osa hauleista putoaa skeet-radalla 100–150 metrin alueelle ja trap radalla 100–200 metriin (Kuva 2). Myös ampumasektori on skeet- ja trap-radoilla hieman erilainen, skeet-radan sektorin ollessa laajempi. (Kajander & Parri 2014.)



KUVA 2. Skeet- ja trapratojen haulien pääasiallinen leviämialue (Kajander & Parri 2014).

Ampumaradoilla ei usein aiheudu välittömiä tai lyhyen aikavälin ympäristövaikutuksia, sillä ampumatoiminnassa syntyvien haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön on usein hidasta. Kun ratarakenteisiin ja ympäristöön jääneet luodit ja haulit pääsevät riittävän pitkäksi aikaa kosketuksiin ilman, veden tai maan kanssa, ne altistuvat fysikaalisille ja kemiallisille reaktioille. Ajan myötä metalleja voi liueta sade- ja sulamisvesiin, saostua maaperän eri olosuhteissa mineraaleina ja sitoutua maaperän pienhiukkasiin. Sadevesi voi kuljettaa metalleja pintavesiin tai maahan imeytyvän vajoveden mukana syvemmälle maaperään tai pohjaveteen saakka. (Kajander & Parri 2014.)

Luotien ja haulien rapautumiseen ja sen seurauksena vapautuvien haitta-aineiden kulkeutumiseen vaikuttaa merkittävästi ympäristöolosuhteet, kuten pH, maalaji, maaperän vedenläpäisevyys ja sademäärä. Esimerkiksi happamuudeltaan neutraalissa ja kuivassa ympäristössä, kuten hiekkamaassa, rapautuminen on usein hyvin hidasta. Toisaalta hiekka- ja soramaat läpäisevät vettä hyvin, jolloin rapautumisen seurauksena liukenevien metallien kulkeutuminen voi olla nopeaa ja pidättäytyminen heikkoa. Luotien ja haulien pintaan muodostuu ajan myötä metallien oksideista ja hydroksideista koostuva sekundäärimineraalikerros, joka osaltaan vähentää rapautumista ja täten myös metallien liukenemistä. Kosteissa ja happamissa olosuhteissa rapautuminen on nopeampaa ja muodostuvat sekundäärimineraalit liukenevat helposti. Myös maaperässä olevat kasvit sekä humus ja mikro-organismit nopeuttavat rapautumista, mutta toisaalta ne myös pysyvät sitomaan maaperään liuenneita metalleja. (Kajander & Parri 2014.) Lisäksi taustavalleissa olevat kivet ja aiemmin ammutut luodit pysäyttävät ja hajottavat uusia luoteja tehokkaasti pienempiin osiin. Tämä lisää luotien ominaispinta-alaa, jolloin raskasmetallien liukeneminen lisääntyy. (Naumanen ym. 2002.)

3.1 Lyijy

Lyijy (Pb) on yksi maailman yleisimmin käytetyistä metalleista. Se on pehmeä, sinterävän harmaa raskasmetalli, jonka tiheys on $11,33 \text{ g/cm}^3$. Luonnossa lyijyä esiintyy hapetusluvulla 0, +2 ja +4. Ympäristön kannalta tärkein on lyijy-ioni Pb^{2+} . Lyijy on niukkaliukoinen ja erittäin heikosti haihtuva. (Naumanen ym. 2002.) Lyijy on merkittävin haitta-aine ampumaradoilla joten sitä käsitellään muita aineita laajemmin.

Lyijy on melko yleinen maaperän metalli, mutta sen jakautuminen on epätasaista. Lyijyn taustapitoisuus suomalaisessa maaperässä on keskimäärin 17 mg/kg. Lyijyn kulkeutumiseen vaikuttaa mm. maaperän rakeisuus, vedenläpäisykyky, mineraalikoostumus, ominaispinta-ala, happamuus sekä orgaanisen aineksen ja saveksen määrä. Myös kasvien juuret sitovat lyijyä adsorboimalla sitä solukkoihinsa. Yleensä lyijy kertyy maan pintaosiin korkeintaan muutamien senttimetrien syvyyteen johtuen pintamaan orgaanisen aineksen sitovuudesta ja lyijyn heikosta liukenevuudesta. Maaperässä metallinen lyijy voi käyttäytyä monin eri tavoin. Se voi hapettua liukoiseksi kahdenarvoiseksi lyijyksi, mikä on yleistä etenkin happamassa maaperässä (pH<6,5), jossa humushapot kiihdyttävät prosessia. (Naumanen ym. 2002.) Lyijyn osalta myös vahvasti emäksiset olosuhteet aiheuttavat liukoisuuden lisääntymistä. Neutraaleissa olosuhteissa liukoisuus on siis vähäisintä. (Kajander & Parri 2014.) Metallinen lyijy voi maaperässä myös saostua niukkaliukoisina lyijy-yhdisteinä kuten karbonaateina, sulfaatteina tai fosfaatteina. Se voi myös pidättäytyä maapartikkeleihin kuten saveen ja orgaaniseen ainekseen, rautaoksideihin tai kalsiumkarbonaateihin. (Naumanen ym. 2002.) Luodeissa ja hauleissa käytetty lyijy ei ole puhdasta vaan usein lyijyakuista sulatettua, jolloin se voi sisältää monia epäpuhtauksia. Lyijyyn tarkoituksella lisätyt muut aineet kuten antimoni lisäävät lyijyn liukenevuutta. Yleisesti ottaen lyijyn liikkuvuus ja liukoisuus on maaperässä hyvin vähäistä ja muihin raskasmetalleihin verrattuna lyijy on todettu olevan vähiten mobiili. (Kajander & Parri 2014.)

Haulien ja luotien hajoamisnopeus vaihtelee maaperän tyyppin mukaan. Maan pH, orgaanisen aineksen määrä sekä maan suotautumisnopeus vaikuttavat osaltaan hajoamisnopeuteen. Myös kosteus, happi, humushapot, hiilidioksidi ja helppoliukoiset suolat nopeuttavat metallisen lyijyn muuntumista. Haulien ja luotien pinnalla oleva metallinen lyijy voi hapettua ja muuttua sekundäärimineraaleiksi. Haulien ja luotien hajoamisnopeus riippuukin enemmän sekundäärimineraalien kuin alkuperäisen metallisen lyijyn liukenemisominaisuuksista. Tutkimuksissa on havaittu, että humuspitoisessa maaperässä keskimäärin 15,6 % haulien metallisesta lyijystä muuttui 20–25 vuodessa sekundäärisiksi mineraaleiksi. Mineraalipitoisessa maassa puolestaan vain 4,8 % metallisesta lyijystä muuttui samassa ajassa. Humuspitoisessa maassa liuennut lyijy kuitenkin sitoutuu paremmin eikä kulkeudu alempiin maakerroksiin. Maaperässä puolet hauleista muuttuu lyijy-yhdisteiksi 40–70 vuodessa, ja kokonaan haulit hajoavat 100–300 vuodessa. Mikäli maanpintaa muokataan, nopeutuu myös hajoamisaika, sillä haulit altistuvat kemiallisen rapautumisen lisäksi mekaaniselle rapautumiselle ja hajoamisaika on

vain 30–90 vuotta. Maan muokkaus myös siirtää hauleja kontaktiin ilmakehän hapen ja toisaalta myös hiilihappoa ja orgaanisia kompleksinmuodostajia sisältävän maaveden kanssa. (Naumanen ym. 2002.)

Pintavesissä lyijy painuu pohjasedimenttiin melko nopeasti. Happamoituneissa vesistöissä lyijyn haitallisuus on suurempi kuin neutraaleissa vesissä. Happamoituneissa vesissä on vähemmän orgaanista ainesta johon sitoutua, jolloin lyijy voi jäädä liuenneeseen muotoon. Veden pH:n ollessa korkea lyijyn saostuminen on merkittävää. Sedimenteissä lyijy sitoutuu orgaaniseen ainekseen. Sedimenttejä voidaan pitää lyijyn nieluina, sillä sen vapautuminen sedimenteistä on vähäistä. Soiden läheisyydessä olevat ampu-
maradat voivat lisätä pintavesien ja siten myös sedimenttien saastumisen riskiä, sillä soiden mahdollisesti alhainen pH lisää lyijyn mobilisoitumista. Haulien ja luotien käyttäytymisestä sekä mahdollisista vaikutuksista vesiympäristöön on kuitenkin melko vähän tutkimustietoa. (Naumanen ym. 2002.)

Lyijyn esiintymiseen pohjavesissä vaikuttaa monet tekijät, kuten kuinka hyvin lyijy pidättäytyy pohjavesikerroksen yläpuolisiin maakerroksiin. Liukoisessa muodossa oleva lyijy voi kulkeutua pohjaveteen ja myös liikkua sen mukana. (Naumanen ym. 2002.) Myös pohjavedenpinnan ja maanpinnan välinen lyhyt etäisyys sekä kostea maaperä edistää lyijyn päätymistä pohjaveteen. Haulikkoradat ovat pohjaveden pilaantumisen kannalta luodikkoratoja haitallisempia, sillä latauskohtainen kuormitus on suurempi sekä kuormitusalue laajempi. (Kajander & Parri 2014.)

Lyijy on myrkyllistä niin ihmisille, eläimille kuin kasveillekin. Lyijyn terveysvaikutukset kohdistuvat ääreis- ja keskushermostoon, maksaan sekä munuaisiin. Lyijyn aiheuttamille haitoille herkimpiä ovat lapset, sikiöt ja raskaana olevat naiset. Veren lyijypitoisuuden ylittäessä 10 µg/dl on lapsilla todettu olevan hermostollisia vaikutuksia, jotka kohdistuvat oppimiskykyyn ja älykkyyteen. Maaperän organismeille lyijyn on todettu olevan haitallinen jo 50–100 mg/kg pitoisuuksissa. Kasveille lyijy voi aiheuttaa näkyviä muutoksia 500–1000 mg/kg pitoisuuksissa. Vaikka maaperässä olisi korkeat lyijypitoisuudet ne eivät välttämättä kuitenkaan siirry kasvien lehtiin tai marjoihin. Joissain tapauksissa on kuitenkin havaittu mm. sienien ja puolukoiden lyijypitoisuuksien olleen niin korkeita, etteivät ne ole enää olleet ravinnoksi kelpaavia. Myös eläimille lyijy aiheuttaa mm. lisääntymishaittaa ja hidastaa kasvua. Etenkin linnuilla ja piennisäkkäillä

on todettu lyijymyrkytyksiä. (Järvinen 2005.) Ihminen voi altistua lyijylle myös käyttäessään saastunutta pohjavettä juomavetenä tai hengittäessään lyijypölyä. Akuutti lyijymyrkytys aiheuttaa kovaa päänsärkyä ja ärtyneisyyttä. (Naumanen ym. 2002.)

3.2 Antimoni

Antimoni (Sb) on melko harvinainen metalli, jonka taustapitoisuus maaperässä on keskimäärin 0,5 mg/kg ja joki- ja järvisedessä alle 0,1 µg/l. Antimonin rapautumisreaktiot ovat vielä huonosti tunnettuja. Se on kuitenkin esimerkiksi lyijyä liikkuvampi metalli ja täten ongelmallinen pohjavesialueilla. Toisaalta maaperän humus, alumiini ja rauta-hydroksidit sekä fosfaatit sitovat antimonia ja säätelevät sen kulkeutuvuutta. Kosteus ja korkeampi pH sekä maaperän savipitoisuus lisäävät antimoinin liukoisuutta. (Naumanen ym. 2002.)

Antimonin toksisuus ihmisille ja eläimille riippuu sen kemiallisesta olomuodosta ja hapetusasteesta. Hapetusasteella kolmenarvoiset antimoniyhdisteet ovat viidenarvoisia haitallisempia. Toksisilta ominaisuuksiltaan antimoni on lähimpänä arseenia. Antimoni ärsyttää silmiä, ihoa sekä limakalvoja, ja akuutti altistuminen voi aiheuttaa vatsakramppeja, pahoinvointia ja ripulia. Antimoni voi myös muodostaa vedyn ja voimakkaan pelkistimen, kuten metallisen sinkin kanssa erittäin myrkyllistä kaasumaista stibiiniä (SbH₃). Stibiinille altistuminen voi johtaa kuolemaan. Antimoni on lyijyä huomattavasti haitallisempi maalla kasvaville kasveille, nisäkkäille ja vesielioille. Vesikasveille antimoinin ja lyijyin toksisuus on puolestaan samaa luokkaa. (Naumanen ym. 2002.)

3.3 Sinkki

Sinkki on maailman neljänneksi käytetyin metalli. Suomen maaperässä sen taustapitoisuus on keskimäärin 70 mg/kg ja joki- ja järvisedessä 15 µg/l. Muihin raskasmetalleihin verrattuna sinkki on melko helposti liukeneva. Sinkin liukoisuus on alhainen emäksisessä maaperässä tai kun orgaanisen aineksen osuus on suuri sekä pelkistävässä olosuhteissa. Pintavesissä sinkki kulkeutuu suspendoituneeseen orgaaniseen ja mineraaliseen aineksen sitoutuneena. (Naumanen ym. 2002.)

Sinkki on eliöille ja kasveille tarpeellinen hivenaine, mutta liiallisissa määrissä se on kuitenkin haitallista. Sinkin toksisuus on kuitenkin alhainen ja sinkin turvalliseksi arvioidut päivittäisannokset (RfD) ovat esimerkiksi lyijyyn verrattuna selvästi suurempia. Akuutissa altistumisessa ruoansulatuksen kautta ovat pahoinvointi, ripuli, kova kipu ja shokki. Lisäksi akuutti altistuminen ihon tai hengityselimistön kautta voi aiheuttaa mm. ärsytystä sekä anemiaa. Sinkin toksisuus kasveille riippuu kasvilajista, maaperän olosuhteista sekä sinkin biosaataavuudesta. Vesieliöille sinkin toksisuus on samaa luokkaa lyijyn kanssa. (Naumanen ym. 2002.)

3.4 Kupari

Kuparia on Suomen maaperässä keskimäärin 25 mg/kg ja joki- ja järivedessä 3 µg/l. Kuparilla on voimakas taipumus sitoutua rikkiin sulfideiksi, joista kuparikiisu (CuFeS) on yleisin. Maaperässä kupari esiintyy lähinnä adsorboituneena tai sitoutuneena orgaaniseen ainekseen tai savipartikkeleihin, saostuneena muiden mineraalien kanssa tai liuenneena vapaana ionina maavedessä. Hapan maaperä sekä kuparia sitovien ainesten vähyys lisäävät sen kulkeutuvuutta. Jakautuminen eri esiintymismuotojen välillä riippuu pH:sta, kationinvaihtokapasiteetista ja orgaanisen aineksen, saveksen sekä oksidien määrästä. (Naumanen ym. 2002.)

Kupari on kasveille ja eläimille tarpeellinen hivenaine. Kasveille kuparin toksisuus on erittäin harvinaista, mutta eliöille ja mikro-organismeille se on liiallisissa pitoisuuksissa haitallista. Hiirelle on kuparin LD₅₀-arvoksi ilmoitettu 3,5 mg/kg. Vesieliöille kupari on erittäin myrkyllistä ja lieroille lievästi myrkyllistä. Kupari on lyijyä haitallisempaa lieroille ja vesieliöille. Kupari voi kertyä eliöihin, mutta sen rikastumisesta ravintoketjussa on vähän tietoa. Ihmiselle akuutti altistuminen kuparin suoloille suun kautta voi aiheuttaa päänsärkyä, pahoinvointia, kipuja, hemolyysiä, verenvuotoa suolistossa, anemiaa, kouristuksia, maksa- ja munuaisvaurioita, koomaa, shokin ja kuoleman. (Naumanen ym. 2002.)

3.5 Arseni

Arsenin taustapitoisuus maaperässä on 5 mg/kg ja joki- ja järivedessä 4 µg/l. Talousvesissä arsenin pitoisuus on yleensä alle 10 µg/l, mutta alueellisesti on porakaivove-

sissä todettu jopa 1000 µg/l pitoisuuksia. Arseeni on ympäristössä melko liikkuva. Maaperässä sen liikkumista rajoittaa voimakas sitoutuminen savimineraaleihin, ferrihydroksideihin ja orgaaniseen ainekseen. Karkearakeisessa maaperässä arseeni voi olla helposti liikkuvaa ja kulkeutua pohjaveteen. Pitkäaikainen altistuminen arseenille juomaveden kautta voi aiheuttaa ihosyöpää ja syöpää sisäelimille. Arseenia voi päätyä elimistöön myös epäsuorasti bioakkumulaation välityksellä, mikäli arseenilla saastunutta vettä käytetään viljelyssä. (Naumanen ym. 2002.)

3.6 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteitä eli polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä päätyy haulikkoradoilla maaperään haulikkoammunnassa maaleina käytettyjen savikiekkujen mukana. Polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä on lukuisia erilaisia, mutta niistä on tunnistettu vain 40 kappaletta. PAH-yhdisteiden käyttäytyminen ympäristössä vaihtelee rakenteen mukaan. Useimmat PAH-yhdisteet eivät ole vesiliukoisia ja maaperässä sekä sedimentissä ne sitoutuvat kiintoaineeseen, jolloin niiden liikkuvuus on vähäistä. Savikiekoissa on pääasiassa suurimolekyylisiä PAH-yhdisteitä, jotka ovat erittäin niukkaliukoisia ja heikosti haihtuvia. PAH-yhdisteiden liukeneminen savikiekoista on siis vähäistä. Puoliintumisaikat ympäristössä maaperässä vaihtelevat viikoista vuosiin, joten PAH-yhdisteet voivat olla erittäin pysyviä. Sedimenttiin päätyneiden PAH-yhdisteiden siirtyminen veteen on vähäistä. (Naumanen ym. 2002.)

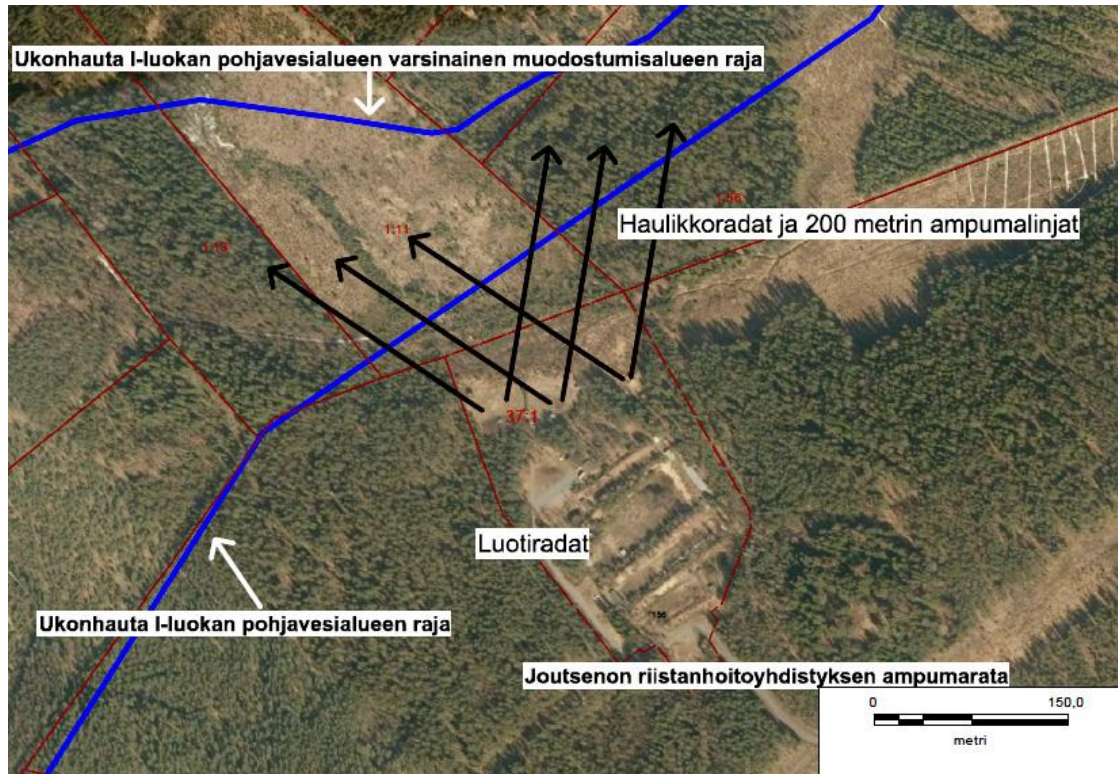
Monet PAH-yhdisteet ovat karsinogeenia eli syöpää aiheuttavia tai mutageeneja eli perimän muutoksia aiheuttavia. Syöpää eivät varsinaisesti aiheuta PAH-yhdisteet vaan niiden aineenvaihduntatuotteet. Elimistö pyrkii usein muuttamaan PAH-yhdisteen vesiliukoisemmaksi, jolloin se poistuisi helpommin. Esimerkiksi yleinen karsinogeeni bentso[a]pyreeni hapettuu entsyymien avulla dioliepoksidiksi. Dioliepoksidi voi reagoida DNA:n kanssa, mikä aiheuttaa mutaatioita ja solu ei lopulta pysty enää jakautumaan normaalisti. (Ositum, 2016)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Pappilankorven ampumarata on perustettu vuonna 1995 ja radan käyttö on ollut aktiivisimmillaan 2000-luvun alussa, jonka jälkeen ampumamäärät ovat vähentyneet huomattavasti. Radan ja maa-alueen omistaa Joutsenon riistanhoitoyhdistys. Alueella on haulikkorata, johon kuuluu kaksi skeet-rataa ja yksi trap-rata, 100 metrin seisovan hirven rata, 100 metrin liikkuvan hirven rata, 100 metrin luodikkorata kuudella ampumapaikalla sekä 50 metrin pienoishirvirata. Kaikkien luotiratojen arvioitu vuosikohtainen yhteislaukaisumäärä koko toiminnan aikana on 5000 laukausta/vuosi. Haulikkoradoilla ammutaan nykyään noin 40 000 laukausta vuodessa, pienoishirvi- ja luodikkoradalla noin 1000 laukausta vuodessa ja hirviradalla noin 2200 laukausta vuodessa. Kivääri- ja haulikkoradoilla ampuu kummallakin noin 100 henkilöä vuodessa. Laukaisumäärien mukaan laskettuna luodikkoratojen taustavalleihin on kertynyt lyijyä koko toiminta-aikana noin 330 kg, pienoiskivääriradan valliin 47 kg ja haulikkoratojen haulien laskeutumisalueelle noin 14 000 kiloa. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

Ampumapenkat on tehty hiekasta ja päällystetty useilla viirakerroksilla, pienoishirviradalla ja seisovan hirven radalla ei ole viiraa taustapenkassa. Viira on paperikoneissa käytettävä polyesterista kudottu luja kangas. Viiran tehtävänä on vähentää luotien päätymistä taustavalleihin, vähentää sade- ja sulamisvesien vaikutusta sekä helpottaa luotitromun keräämistä. Penkkojen massoja ei ole vaihdettu radan toiminnan aikana, mutta luoteja on seulottu n. 160 kg hirviradan penkkamaasta vuonna 2006. Ratojen suojarakenteet sekä toiminta-ajat ovat perustamispäätöksen mukaiset. Haulikkoradalla on luvan edellyttämät väliaidat, mutta taustapenkkoja ei ole. Haulikkoradan haulit sekä kiekot lentävät taimikkoon ja metsikköön. Osa haulista tippuu naapurikiinteistöjen puolelle. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

Haulikkoradan ampumapaikoilta ammuttasuuntaan on noin 60 metriä I-luokan pohjavesialueen suojavyöhykkeelle ja noin 180 metriä itse pohjavesialueelle. (Kuva 3.) Haulveja löytyi Lappeenrannan seudun ympäristötoimen suorittamalla tarkastuksella suojalueelta ja haitta-aineiden voidaan olettaa kulkeutuvan pohjaveden muodostumisalueelle. Haulveja on todennäköisesti voinut levitä jopa viiden naapurikiinteistön alueelle, suurin osa kiinteistöjen 405-538-1-11 ja 405-538-1-56 alueelle. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)



KUVA 3. Pohjavesialueen sijoittuminen ampumarata-alueella.

Lähimmät avo-ojat ovat haulikkoradoilta 30 ja 50 metrin etäisyydellä. Ojat sijoittuvat ampumaradalta pohjavesialueen suuntaan, mutta pohjavesialueen sijaan ne laskevat alueelta pois päin noin 1,2 km etäisyydellä olevaan Katralampeen. Ojien läheinen alue on osin kosteikkoa. Ampumarata-alueen vedet kerätään ja ohjataan ratojen vieritse Nevalaisensuolle laskevaan ojaan. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

Ampumaradalla ei ole viemärointiä eikä talousvesikaivoa. Tyhjät hylsytyt toimitetaan Etelä-Karjalan jätehuolto Oy:lle ja ammusrasioiden ja taulujen pahvit viedään kierrätykseen. Radalla on myös sekajäteastiat, joita tyhjennetään tarpeen mukaan. Haulikkoradalla tulppia tai kiekkoja ei kerätä pois maastosta. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

Lähin ympärivuotinen asunto sijaitsee noin kahden kilometrin päässä ampumaradasta. Lähimmät toiminnot ovat moottorirata noin yhden kilometrin ja laskettelukeskus noin 1,5 kilometrin etäisyydellä ampumaradasta. Ampumaradalle vievällä tiellä on puomi alueen reunassa. Koko alue on aidattu piikkilanka-aidalla. Ampumaradan välittömässä läheisyydessä ei ole kaivoa. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

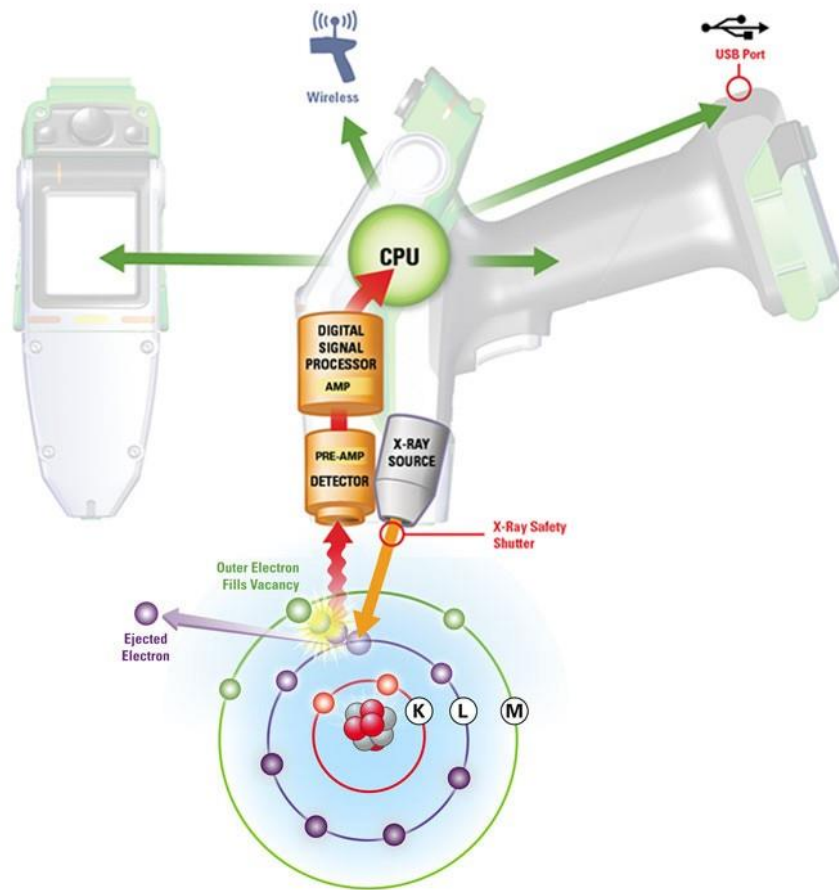
Perustamisluvan mukaan haulikkoradoilla täytyy tarkkailla maaperän lyijypitoisuutta vähintään viiden vuoden välein ja toimittaa saadut tulokset ympäristölupaviranomaiselle. Edellinen tutkimus on tehty toimijan mukaan vuonna 2001. Ampumaradan laukaussuunnitelmasta löytyy kirjanpito koko radan toiminnan ajalta. (Lappeenrannan seudun ympäristötoimi 2015.)

4.1 Mittausmenetelmät

Mittausmenetelmien valinnassa pyrittiin hyödyntämään Mikkelin ammattikorkeakoululla olevia välineitä sekä laitteita, ja saamaan mahdollisimman kattava ja luotettava kuva ampumarata-alueen ympäristön tilasta. Ennen varsinaista näytteenottoa laadittiin näytteenottosuunnitelma, joka hyväksyttiin Lappeenrannan seudun ympäristötoimella. In situ mittauksia ei suoritettu, vaan näytteet analysoitiin laboratoriossa. Vesinäytteitä lukuun ottamatta analyysit suoritettiin Mamkin ympäristölaboratoriossa. Maanäytteiden analysointimenetelmäksi valittiin XRF-kenttämittari.

4.1.1 Röntgenfluoresenssitekniikka

XRF- (X-ray fluorescence) eli röntgenfluoresenssimenetelmässä näytteitä säteilytetään röntgensäteilyn aallonpituudella toimivilla säteilylähteillä, jotka usein ovat röntgenputkia. Röntgensäteilyn energia irrottaa elektroneja atomin sisemmiltä kuorilta ja vapautuneet elektronit pyritään korvaamaan ylemmän orbitaalikuoren elektronilla. Osa siirtyvän elektronin energiasta vapautuu ja XRF-analysointilaitteen detektorilla vastaanotetaan tämän fluoresenssisäteilyn. (Kuva 4.) (Thermo Scientific 2015.)



KUVA 4. XRF-laitteen perusteoria (Thermo Scientific, 2015).

Kullakin alkuaineella on omanlainen elektronikonfiguraatio ja täten myös sille ominainen röntgensäteilyn energiaspektri. XRF-laitteella voidaan analysoida useita eri alkuaineita ja niiden pitoisuudet määritetään fluoresenssisäteilyn intensiteetin perusteella. Kannettavat XRF-analysaattorit hyödyntävät energianhajotus eli EDXRF-tekniikkaa. EDXFR laitteet rakentuvat kolmesta pääkomponentista: säteilylähteestä, detektorista ja prosessointiyksiköstä. (Thermo Scientific 2015.)

4.1.2 XRF-analysaattori

Tässä työssä käytettiin näytteiden analysointiin Thermo Scientific Niton XL3t GOLDD+ -analysaattoria. Kyseessä on siis kannettava EDXRF-tekniikkaa hyödyntävä, myös kentällä In-situ mittauksiin soveltuva mittalaite. Laitteella voi mitata pitoisuuksia 30 eri alkuaineelle magnesiumista uraaniin. Ennen näytteiden analysointia laitteella tulee suorittaa mittaus vertailunäytteelle, jonka pitoisuudet ovat entuudestaan tiedossa.

Valmisnäyte sekä sen pitoisuuksien sallittu vaihteluväli ovat laitteen valmistajan toimittamia. Analysaattorissa on erilaisia mittausten menetelmiä erityyppisten näytteiden ja kohteiden mittaamiseen.

Analysaattori määrittää eri alkuaineiden pitoisuudet käyttämällä erilaisia säteilyprofii-leja. Main Range suodatin on optimaalinen alkuaineille mangaanista (25) vismuttiin (83), Low Range suodatinta käytetään titaanista (22) kromiin (24) ja High Range suodatin sopii parhaiten alkuaineille hopeasta (47) bariumiin (56). Laitteella on mahdollista myös käyttää Light Range suodatinta, jota hyödynnetään kevyiden alkuaineiden ($Z < 17$) pitoisuuksien määrittämiseen. Oikealla suodattimen valinnalla saadaan tarkimmat tulokset tutkittavalle yhdisteelle ja joissain tapauksissa laite ei esitä tuloksia lainkaan yhdisteille, jotka eivät kuulu kyseisen suodattimen säteilyprofiiliin. (TTT Environmental 2010.)

4.2 Näytteenotto ja analysointi

Näytteenottoon sisältyi maa-, vesi- ja sedimenttinäytteenottoa. Maaperänäytteitä otettiin sekä haulikko- että luodikkoradoilta. Vesinäytteitä kerättiin haulikkoradan läpi kulkevista ojista niin haulien laskeutumisalueelta kuin myös sen ulkopuolelta ojien ylä- ja alajuoksulta. Sedimenttinäytteitä kerättiin samoista ojista.

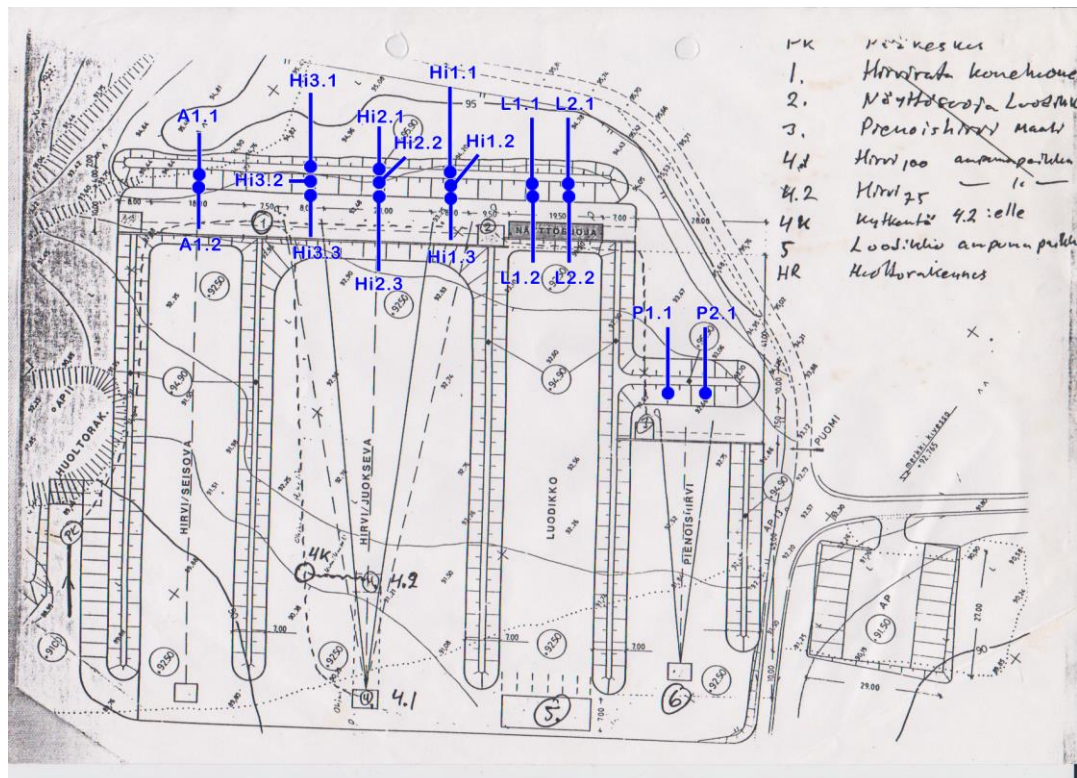
Maaperänäytteenotossa toteutus oli hieman erilainen luodikko- ja haulikkoradoilla, mutta perusteet olivat samat. Näytteet otettiin lapiolla kaivetuista koekuopista ja ne kerättiin niiden säilyttämiseen soveltuviin pusseihin. Maa-ainesta kerättiin kustakin näytteenottopisteestä 50 ml tilavuusmitta. Näytteet otettiin koekuopista ruostumattomasta teräksestä valmistetulla lusikalla 50 ml muoviasiaan.

Näytteitä kerättiin kahtena päivänä 3. ja 17. päivänä marraskuuta. Ensimmäisellä näytteenottokerralla kerättiin suurin osa haulikkoradan näytteistä sekä haulikkorata-alueen ojien vesinäytteet sekä PAH-näytteet. Toiselle näytteenottokerralle jäi luodikkoratojen näytteet sekä loput haulikkoradan näytteistä sekä ylä- ja alajuoksun vesi- ja sedimenttinäytteet. Näytteenottopäivinä oli pilvistä tai puolipilvistä, vesisadetta ei ilmennyt. Ensimmäisenä päivänä lämpötila oli n. 10 °C ja toisena päivänä n 3 °C ja näytteenottoa edeltävänä yönä oli ollut hieman pakkasta.

4.2.1 Luodikkorata

Luodikkoradoilla näytteenotto keskittyi pääosin taustavallien sekä myös ampumapaikkojen pitoisuuksien selvittämiseen. Näytteitä otettiin kolmelta eri syvyydeltä; pintamaasta, n. 25 cm ja n. 50 cm syvyydeltä. Näytteet koostuivat kolmesta 50 ml osanäytteestä, jotka otettiin samasta kuopasta.

Näytteenottopisteitä oli eri määrä maalialueen koosta riippuen. Liikkuvan hirven radalla (tunnus Hi) näytteitä otettiin penkasta kolmelta eri linjalta ja jokaisesta linjasta näytteitä kerättiin kolmelta eri korkeudelta. Alimmista ja keskimmaisista pisteistä kerättiin näytteet kaikilta syvyyksiltä, mutta ylimmistä pisteistä näytteet otettiin vain pintamaasta, sillä penkan jyrkkyys sekä hieno maa-aines tekivät koekuopan kaivamisen liian haasteelliseksi. Sadan metrin luodikkoradalta (tunnus L) näytteitä otettiin kahdelta eri linjalta iskemäkohtien läheisyydestä sekä noin metri iskemäkohtien alapuolelta, jokaisesta pisteestä kaikilta kolmelta syvyydeltä. Seisovan hirven radalla (tunnus A) kapean maalialueen vuoksi näytteet otettiin vain yhdeltä linjalta kahdelta eri korkeudelta penkkaa. Pienoishirviradalla (tunnus P) näytteitä otettiin kahdesta eri kohdasta vain yhdeltä korkeudelta. Sekä pienoishirvi- että liikkuvan hirven radalta näytteet otettiin kaikilta syvyyksiltä. (Kuva 5.)



KUVA 5. Havainnollistava kuva luodikkoratojen näytteenottopisteistä.

Myös ampumapaikkojen läheisyydestä otettiin näytteitä jokaisen radan osalta. Näytteet otettiin vain pintamaasta ampumapaikkojen etumaastosta, johon haitta-aineita voi vapautua luodeista ammunnan aikana. Hirviradalla otettiin näytteet molemmilta, sekä 100 m että 75 m ampumapaikoilta.

4.2.2 Haulikkorata

Pappilankorvessa trap- ja skeet-radat ovat sijoitettu vierekkäin ja niillä on yhteinen ampumasuunta, jolloin myös haulit putoavat samalle alueelle. (Kuva 6.) Näytteenotto haulikkoradalla toteutettiin ruudukkomenetelmällä siten, että haulien laskeutumisalue jaettiin useaan samakokoiseen ruutuun. Kustakin ruudusta otettiin kolme näytettä, yksi pintamaasta karikekerroksen alta, toinen 0–10 cm syvyydeltä ja kolmas 10–30 cm syvyydeltä. Näytteet koottiin kolmesta osanäytteestä, jotka otettiin satunnaisista pisteistä ruudun sisältä. Kaikkien kolmen eri syvyyden osanäytteet otettiin samoista koekuopista. Jokaisen ruudun keskipisteen koordinaatit oli määritetty, ja pisteelle löydettiin GPS-laitteen avulla. (Liite 1.).



KUVA 6. Ilmakuvan perusteella laaditut teoreettiset haulien leviämisalueet. (Kivistö 2015)

Ruutuja oli tutkimussuunnitelmassa yhteensä 40 kpl. Jokainen ruutu oli kooltaan 50 m x 50 m, ja koko näytteenottoalueen pinta-ala on 10 ha. Ensimmäisellä näytteenottokerralla jätettiin keräämättä näytteet taimmasta rivistä eli ruuduista H1 – H8. Lisäksi myös H33 ja H34 ruuduista jätettiin näytteet keräämättä. Perusteluina ruutujen jättämiseen näytteenoton ulkopuolelle oli maastossa tehtyt arvioinnit haulien levinneisyydestä ja lentoradoista perustuen maaston korkeuseroihin sekä puustoon. H33 ja H34 ruutujen osalta myös läntisen skeet-radan vähäinen käyttö vaikutti kyseisten ruutujen pois jättämisen. Ennen toista ampumaratavierailua oli näytteiden analysoinnissa käynyt ilmi, että lyijy- ja antimonipitoisuudet olivat kohonneita myös taaimmissa näytteissä, joita ensimmäisellä näytteenottokerralla otettiin. Saatujen tulosten perusteella näytteet kerättiin toisella näytteenottokerralla myös ruuduista H4, H5 ja H6. (Kuva 7.)



KUVA 7. Näytteenottoruudukko. Siniset ruudut ovat näytteenoton ulkopuolelle jätettyjä alueita (Kivistö 2015).

Haulikkoradan maaperä oli hyvin vaihtelevaa näytteenottoalueella. Alueelta löytyi niin kuivaa hiekkamaata kuin myös kostea suomaata. Ampuma-alueen etumaastossa oli lehtipuu taimikkoa ja maaperä oli melko kostea mullasmaata. Alueen itälaidalla oli kuusimetsää ja näytteenottoruudukon keskivaiheilla oli suomaata, sekametsää sekä havupuu taimikkoa. Hiekkamaata esiintyi aukeammalla alueella ruutujen H19 - H21 sekä

H26 - H28 alueella. H12 ja H13 ruuduissa oli kosteaa turvemaata, kuten myös näytteenottoalueen takaosassa ruuduissa H4 ja H5. Alueen länsilaidalla oli pääosin mäntymetsää.

4.2.3 Maanäytteiden analysointi

Näytteet kuljetettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristölaboratorioon, jossa analysoitiin maanäytteiden pitoisuudet. Maanäytteiden märkäpaino punnittiin, jonka jälkeen näytteitä kuivattiin noin vuorokauden ajan 100 °C lämpötilassa, jolloin voitiin punnita näytteiden kuivapainot (Liite 2 ja 3). Näytteet kuivattiin, jotta kosteus ei vaikuttaisi mittausten tuloksiin. XRF-analysointilaite mitattiin jokainen näyte kolmeen kertaan ja mittauksista laskettiin keskiarvo. Näytteet pidettiin näytepusseissa analyysin aikana ja maa-aines levitettiin noin 0,5 - 2 cm paksuudelle. (Kuva 8.)



KUVA 8. XRF-mittaus maanäytteestä. (Kivistö 2015)

Kaikki kolme mittausta otettiin eri kohdista näytepusseista. Mittausmenetelmänä käytettiin Test All Geo -asetusta, joka hyödyntää sekä maaperä- että kaivostoiminta mittausmenetelmien ominaisuuksia. Mittauksissa käytettiin aluksi kaikkia neljää eri suodatinta, mutta myöhemmin siirryttiin käyttämään vain Main Rangea ja High Rangea, sillä ne olivat soveltuvimpia tutkittaville alkuaineille. Kaikille suodattimille mittausajaksi oli asetettu 20 sekuntia, joka oli riittävä pitoisuuksien stabiloitumiseen. Ennen analysointia

näytteistä poimittiin luodit pois. Myös havaitut haulit poimittiin, mutta kaikkia mahdollisia haulien kappaleita ei todennäköisesti huomattu.

Lisäksi testattiin toista XRF-analysaattoria näytteiden pitoisuuksien määrittämiseen, ja verrattiin sen antamia tuloksia pääsääntöisesti käytössä olleen analysaattorin tuloksiin. Toinen analysaattori oli Innov-X Systems Alpha Series, joka oli samankaltainen kannettava kenttäanalysaattori. Saadut tulokset eivät eronneet merkittävästi analysaattorien välillä.

4.2.4 PAH-näytteet

PAH-yhdisteiden osalta tutkitut maanäytteet olivat erillisiä näytteitä, jotka oli otettu haulikkoradalta näytteenottoruutu H38 sisältä, jossa oli suuria määriä ammunnessa käytettyjä maaliekkoja (Kuva 9.). Näytteitä kerättiin pintamaasta, 20 - 30 cm syvyyksiltä sekä ojan sedimentistä.



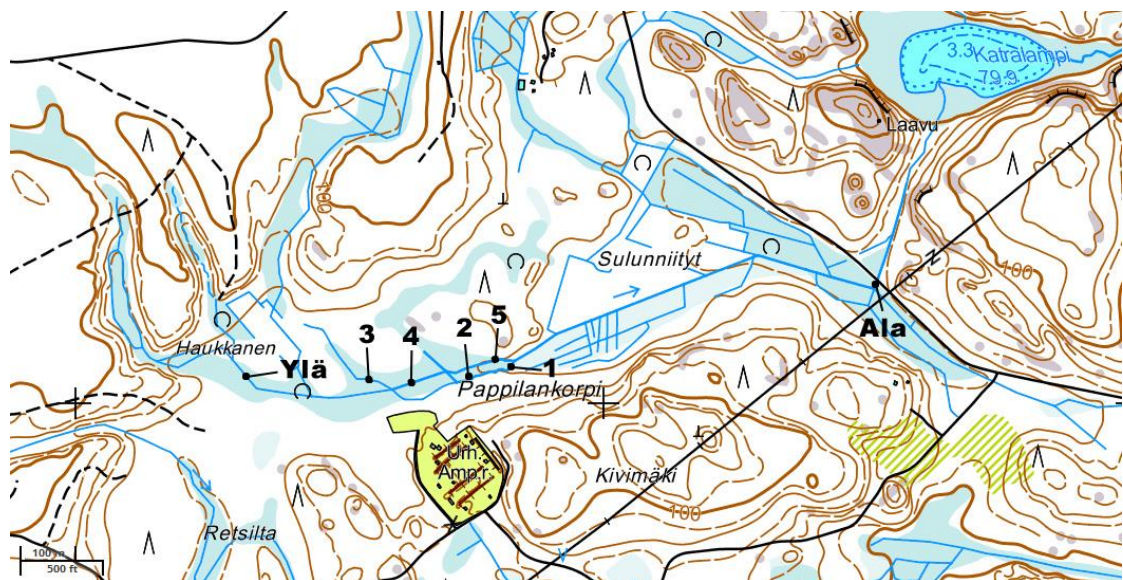
KUVA 9. PAH-yhdisteiden tutkimisessa käytettyjä näytteitä.

PAH-yhdisteiden pitoisuudet määritettiin Mamkin ympäristötekniikan opiskelijoiden toimesta osana heidän laboratorio-opintoja. PAH-yhdisteiden määrittämisessä noudatettiin ISO 18287 -standardin menetelmää, joka perustuu yhdisteiden uutamiseen maape-

ränäytteestä asetonin ja petrolietterin seokseen, josta huuhdellaan vesiliukoiset yhdisteet pois. Näytteet kuivataan, jonka jälkeen näyte konsentroidaan ja analysoidaan kaasukromatografi-massaspektrometri-yhdistelmällä, eli GC/MS laitteella.

4.2.5 Vesinäytteet

Vesinäytteitä otettiin haulikkoradalta haulien laskeutumisalueella sijaitsevista ojista. Kyseisistä ojista otettiin vesinäytteet myös haulien laskeutumisalueen ulkopuolelta niin ylä- kuin alajuoksultakin. Rata-alueen vesinäytteet otettiin ensimmäisellä näytteenotokerralla (3.11.2015) ja ylä- sekä alajuoksun näytteet toisella kerralla (17.11.2015). Rata-alueelta näytteitä otettiin yhteensä viidestä eri pisteestä, ylä- sekä alajuoksulla oli molemmissa yksi näytepiste. (Kuva 10.)



KUVA 10. Vesinäytteiden näytteenottopisteet.

Haulien laskeutumisalueen näytepisteiden (1-5) tarkkoja koordinaattitietoja ei otettu ylös, joten pisteiden sijainnit ovat suuntaa antavia. Ylä- ja alajuoksun näytteiden koordinaattitiedot puolestaan tallennettiin (Liite 1.). Haulikkoradan näytteenottoruutuihin suhteutettuna vesinäyte 1 otettiin ruudusta H40, näyte 2 ruudusta H39, näyte 3 ruudusta H27, näyte 4 ruudusta H37 ja näyte 5 ruudusta H32. Vesinäytteet otettiin ojista suoraan muovipulloihin, välttämällä pohjan sekoittamista tai veden pinnalla olevien roskien joutumista näytteeseen.

Rata-alueen vesinäytteet analysoitiin osittain Mamkin ympäristölaboratoriossa ja osittain LUT:n Mikkelissä sijaitsevan vihreän kemian laboratorioon analysoitavaksi. Ylä- ja alajuoksun näytteet puolestaan lähetettiin ALS Finland Oy:lle, joka on akkreditoitu laboratorio. Ylä- ja alajuoksun näytteille tehtiin ennen ALS Finland Oy:lle lähettämistä pH:n sekä sähkönjohtokyvyn määrittäminen Mamkin ympäristölaboratoriossa.

4.2.6 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteitä otettiin haulikkoradan läpi kulkevasta ojasta haulien putoamisalueen ulkopuolelta. Näytteet otettiin sekä ylä- että alajuoksulta vesinäytepisteiden läheisyydestä. (Liite 1.) Näytteet koostuivat kolmesta osanäytteestä, jotka otettiin n. 3 metrin matkalta. Näytteenottopisteet pyrittiin valitsemaan kohdista, joihin sedimenttiä oli kertynyt enemmän, ja osanäytteiden kerääminen aloitettiin alajuoksulta ylöspäin. Näytteet otettiin sedimentin pintakerroksista ja osanäytteissä käytettiin samaa 50 ml tilavuusmittaa kuin maanäytteissä sekä samanlaisia näytempusseja. Sedimenttinäytteet myös käsiteltiin sekä analysoitiin laboratoriossa samoin menetelmin kuin maanäytteet.

5 TULOKSET

Sekä haulikko- että luodikkoratojen, kuten myös sedimenttinäytteiden osalta tuloksissa käsitellään kolmen erillisen XRF-analyysin keskiarvolista tulosta. Kukin kolmesta mittauksesta otettiin eri kohdista näytempussia. Maanäytteiden tulokset on esitetty mittausten keskiarvoina ilmoitettuna. Vihreällä värillä merkityt pitoisuudet ylittävät kynnsarvon, keltaisella alemman ohjearvon ja punaisella ylemmän ohjearvon. Taulukoissa on esitettyä myös kaikkien kolmen eri mittauksien keskihajontaluvut. Luodikkoratojen erillisten mittausten pitoisuudet sekä lasketut keskiarvot löytyvät liitteestä 4 ja haulikkoradan sekä sedimenttinäytteiden tulokset liitteestä 5. Vesinäytteiden tulokset on esitetty siinä muodossa kuin ne laboratorioilta on saatu. PAH-yhdisteiden tulokset ovat suoraan niitä tutkineiden opiskelijoiden raporteista ja ne ovat esitetty liitteessä 6.

5.1 Luodikkorata

Luodikkoradoilta näytteitä otettiin yhteensä 51 kappaletta. Lyijyn osalta näytteistä määritetyt keskiarvopitoisuudet vaihtelivat 20 – 24500 mg/kg välillä, tulosten keskiarvon

ollessa n. 5900 mg/kg ja mediaanin 270 mg/kg. Alempi ohjearvo (200 mg/kg) ylittyi 28 näytteen kohdalla, joista 19 ylitti myös ylemmän ohjearvon (750 mg/kg). Korkeimmat pitoisuudet olivat penkkojen pintamaassa otetuissa näytteissä. Hirviradan ylimmän rivin pintanäytteissä olivat alhaisempia. Korkeita pitoisuuksia esiintyi myös syvemmistä, eli 50 senttimetrin syvyydeltä otetuista näytteistä luodikko-, hirvi-, ja pienoishirviradoilla. Puolestaan 25 cm näytteistä vain yksi ylitti alemman ohjearvon. Ampumapaikojen läheisyydeltä pienoishirviradan ja luodikkoradan näyte 1 ylittivät alemman ohjearvon. (Taulukko 2.)

TAULUKKO 2. Luodikkoratojen näytteiden lyijypitoisuudet ja keskihajonnat.

Hi = Liikkuvan hirven rata, L = Sadan metrin luodikkorata, A = Seisovan hirven rata, P = Pienoishirvirata								
Lyijy, Pb	mg/kg	keski- ha- jonta	Lyijy, Pb	mg/kg	keski- ha- jonta	Lyijy, Pb	mg/kg	keski- hajonta
Hi1.1 0	55	29	L1.1 0	12433	208	P1.1 0	1744	644
Hi1.2 0	17400	5556	L1.1 25	33	9	P1.1 25	409	249
Hi1.2 25	197	59	L1.1 50	615	199	P1.1 50	226	95
Hi1.2 50	1343	775	L1.2 0	9350	1862	P2.1 0	3712	299
Hi1.3 0	3942	463	L1.2 25	26	3	P2.1 25	37	6
Hi1.3 25	144	22	L1.2 50	27	5	P2.1 50	572	161
Hi1.3 50	261	98	L2.1 0	24500	1136	P koju	481	253
Hi2.1 0	151	88	L2.1 25	69	2	A1.1 0	19433	2043
Hi2.2 0	21100	2163	L2.1 50	980	940	A1.1 25	23	2
Hi2.2 25	66	43	L2.2 0	9080	1785	A1.1 50	81	24
Hi2.2 50	1353	852	L2.2 25	25	1	A1.2 0	1900	449
Hi2.3 0	11225	2015	L2.2 50	41	5	A1.2 25	28	4
Hi2.3 25	54	33	L koju 1	270	34	A1.2 50	20	2
Hi2.3 50	1110	623	L koju 2	179	53	A koju	31	5
Hi3.1 0	404	89						
Hi3.2 0	16167	289						
Hi3.2 25	48	12						
Hi3.2 50	1639	601						
Hi3.3 0	3195	1133						
Hi3.3 25	178	18						
Hi3.3 50	317	66						
Hi koju 100m	65	3						
Hi koju 75m	57	14						

Antimonin alempi ohjearvo (10 mg/kg) ylittyi 11 näytteen osalta, joista 7 ylitti myös ylemmän ohjearvon (50 mg/kg). Pitoisuudet näytteissä vaihtelivat 0 – 249 mg/kg välillä, keskiarvon ollessa 24 mg/kg ja mediaanin 0. Korkeimmat pitoisuudet olivat samoissa näytteenottopisteissä kuin lyijyn osalta, eli pintamaan näytteissä. Toisin kuin lyijyn kohdalla, antimonia ei esiintynyt 50 senttimetrin syvyydellä. Myöskään 25 cm ja ampumapaikkojen läheisyydeltä otetuissa näytteissä ei löydetty antimonipitoisuuksia. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Luodikkoratojen näytteiden antimonipitoisuudet ja keskihajonnat.

Hi = Liikkuvan hirven rata, L = Sadan metrin luodikkorata, A = Seisovan hirven rata, P = Pienoishirvirata								
Antimoni, Sb	mg/kg	keski- hajonta	Antimoni, Sb	mg/kg	keski- hajonta	Antimoni, Sb	mg/kg	keski- hajonta
Hi1.1 0	0	24	L1.1 0	84	10	P1.1 0	0	0
Hi1.2 0	114	0	L1.1 25	5	9	P1.1 25	0	0
Hi1.2 25	0	0	L1.1 50	0	0	P1.1 50	0	0
Hi1.2 50	0	5	L1.2 0	50	25	P2.1 0	6	10
Hi1.3 0	47	0	L1.2 25	0	0	P2.1 25	0	0
Hi1.3 25	0	0	L1.2 50	0	0	P2.1 50	0	0
Hi1.3 50	0	0	L2.1 0	249	9	P koju	0	0
Hi2.1 0	0	12	L2.1 25	0	0	A1.1 0	146	25
Hi2.2 0	212	0	L2.1 50	0	0	A1.1 25	0	0
Hi2.2 25	0	0	L2.2 0	46	5	A1.1 50	0	0
Hi2.2 50	0	11	L2.2 25	0	0	A1.2 0	0	0
Hi2.3 0	76	0	L2.2 50	0	0	A1.2 25	0	0
Hi2.3 25	0	0	L koju 1	0	0	A1.2 50	0	0
Hi2.3 50	0	0	L koju 2	0	0	A koju	0	0
Hi3.1 0	0	7						
Hi3.2 0	161	0						
Hi3.2 25	0	0						
Hi3.2 50	0	12						
Hi3.3 0	30	0						
Hi3.3 25	0	0						
Hi3.3 50	0	0						
Hi koju 100m	0	0						
Hi koju 75m	0	14						

Sinkin kohdalla ohjearvojen ylityksiä tapahtui vain ampumapaikoilta otetuissa näytteissä. Alempi ohjearvo (250 mg/kg) ylittyi pienoishirviradan ja molempien luodikkoradan ampumapaikalta otettujen näytteiden kohdalla. Ylempi ohjearvo (400 mg/kg) ylittyi luodikkoradan ampumakoju näyte 1 kohdalla. Keskiarvo sinkin osalta oli 87 mg/kg ja mediaani 33 mg/kg. Pitoisuudet vaihtelivat 13 – 1205 mg/kg välillä. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Luodikkoratojen näytteiden sinkkipitoisuudet ja keskihajonnat.

Hi = Liikkuvan hirven rata, L = Sadan metrin luodikkorata, A = Seisovan hirven rata, P = Pienoishirvirata								
Sinkki, Zn	mg/kg	keski- hajonta	Sinkki, Zn	mg/kg	keski- hajonta	Sinkki, Zn	mg/kg	keski- hajonta
Hi1.1 0	30	5	L1.1 0	207	35	P1.1 0	63	37
Hi1.2 0	134	102	L1.1 25	27	0	P1.1 25	24	3
Hi1.2 25	31	5	L1.1 50	35	6	P1.1 50	18	4
Hi1.2 50	35	4	L1.2 0	140	16	P2.1 0	61	46
Hi1.3 0	33	4	L1.2 25	17	0	P2.1 25	25	3
Hi1.3 25	23	2	L1.2 50	18	4	P2.1 50	31	4
Hi1.3 50	22	6	L2.1 0	164	40	P koju	365	118
Hi2.1 0	26	5	L2.1 25	48	8	A1.1 0	126	42
Hi2.2 0	235	83	L2.1 50	34	13	A1.1 25	25	3
Hi2.2 25	24	3	L2.2 0	81	18	A1.1 50	42	5
Hi2.2 50	43	6	L2.2 25	27	9	A1.2 0	28	1
Hi2.3 0	62	11	L2.2 50	13	6	A1.2 25	24	3
Hi2.3 25	27	3	L koju 1	1205	116	A1.2 50	24	2
Hi2.3 50	26	4	L koju 2	331	103	A koju	45	15
Hi3.1 0	26	4						
Hi3.2 0	135	7						
Hi3.2 25	33	4						
Hi3.2 50	34	11						
Hi3.3 0	32	7						
Hi3.3 25	24	8						
Hi3.3 50	20	3						
Hi koju 100m	77	48						
Hi koju 75m	72	14						

Kuparin pitoisuudet olivat 2 -2285 mg/kg välillä, keskiarvon ollessa 266 mg/kg ja mediaanin 26 mg/kg. Alemman ohjearvon (150 mg/kg) näytteistä ylitti 12 kappaletta, joista

11 lisäksi ylitti ylemmän ohjearvon (200 mg/kg). Kuten lyijyn ja antimonin osalla, pitoisuudet olivat korkeimpia pintamaan näytteissä kaikkien ratojen taustavalleissa lukuun ottamatta pienoishirvirataa. Toisaalta pienoishirviradan ampumapaikalla kuparin pitoisuus ylitti ylemmän ohjearvon. Muilla ampumapaikoilla pitoisuudet jäivät alle alemman ohjearvon. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 5. Luodikkoratojen näytteiden kuparipitoisuudet ja keskihajonnat.

Hi = Liikkuvan hirven rata, L = Sadan metrin luodikkorata, A = Seisovan hirven rata, P = Pienoishirvirata								
Kupari, Cu	mg/kg	keski- hajonta	Kupari, Cu	mg/kg	keski- hajonta	Kupari, Cu	mg/kg	keski- hajonta
Hi1.1 0	21	7	L1.1 0	1453	279	P1.1 0	22	16
Hi1.2 0	1026	450	L1.1 25	8	6	P1.1 25	17	5
Hi1.2 25	20	6	L1.1 50	71	18	P1.1 50	8	3
Hi1.2 50	105	53	L1.2 0	1080	325	P2.1 0	38	27
Hi1.3 0	252	34	L1.2 25	6	5	P2.1 25	9	4
Hi1.3 25	18	12	L1.2 50	5	5	P2.1 50	5	5
Hi1.3 50	20	10	L2.1 0	1623	352	P koju	319	189
Hi2.1 0	23	9	L2.1 25	16	9	A1.1 0	1228	352
Hi2.2 0	2285	1375	L2.1 50	82	75	A1.1 25	11	3
Hi2.2 25	10	13	L2.2 0	756	95	A1.1 50	16	4
Hi2.2 50	80	37	L2.2 25	5	2	A1.2 0	141	26
Hi2.3 0	687	99	L2.2 50	2	1	A1.2 25	10	9
Hi2.3 25	13	7	L koju 1	149	19	A1.2 50	12	3
Hi2.3 50	101	38	L koju 2	109	40	A koju	16	6
Hi3.1 0	26	5						
Hi3.2 0	1192	145						
Hi3.2 25	15	7						
Hi3.2 50	132	91						
Hi3.3 0	197	65						
Hi3.3 25	19	10						
Hi3.3 50	29	6						
Hi koju 100m	34	16						
Hi koju 75m	60	36						

Luodikkoratojen maanäytteiden ollessa lähinnä taustavallien hiekkamaata, näytteet sisälsivät vain vähäisissä määrin vettä. Ampumakojujen läheisyydessä oli paikoin humuspitoisempaa maa-ainesta, jolloin myös veden osuus oli korkeampi. Penkkojen näytteissä veden osuus vaihteli noin 1 – 25 % välillä. (Liite 2.)

5.2 Haulikkorata

Haulikkoradalla näytteitä otettiin yhteensä 33 ruudusta, kustakin 3 eri syvyydeltä. Haulikkoradalta kerättiin siis yhteensä 99 näytettä. Lyijyn osalta alemman ohjearvon ylityksiä ilmeni 19 näytteessä 17 eri ruudussa. Näistä 19 näytteestä kahdeksan ylitti myös ylemmän ohjearvon. Lyijyn pitoisuuden vaihtelivat 15 mg/kg lähes 30 000 mg/kg, keskiarvon ollessa 810 mg/kg ja mediaanin 45 mg/kg. Korkeimmat pitoisuudet olivat ruuduissa H21 – H23 ja H29 – H31 sekä ruudussa H39. Ohjearvojen ylitykset ilmenivät pääosin vain pintamaan näytteissä. Poikkeuksina ruutu H30, jossa ylempi ohjearvo ylittyi myös 10 cm ja alempi ohjearvo 30 cm näytteessä, sekä ruudun H40 10 cm syvyydeltä otetun näytteen alemman ohjearvon ylitys. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Haulikkoradan näytteiden lyijypitoisuudet ja keskihajonnat.

Lyijy, Pb	syvyys cm	mg/kg	keski- hajonta	Lyijy, Pb	syvyys cm	mg/kg	keski- hajonta	Lyijy, Pb	syvyys cm	mg/kg	keski- hajonta
H4	0	55	4	H17	0	46	26	H28	0	101	32
	10	37	4		10	23	6		10	24	3
	30	26	5		30	21	2		30	25	6
H5	0	62	10	H18	0	130	12	H29	0	9369	11028
	10	64	10		10	111	124		10	64	11
	30	39	2		30	22	5		30	55	33
H6	0	66	33	H19	0	417	509	H30	0	15964	13198
	10	23	2		10	24	1		10	815	463
	30	24	3		30	23	3		30	562	811
H9	0	43	15	H20	0	697	876	H31	0	3413	588
	10	19	2		10	20	6		10	40	16
	30	18	3		30	26	5		30	94	62
H10	0	35	8	H21	0	4603	2844	H32	0	207	123
	10	24	1		10	23	2		10	25	2
	30	18	2		30	26	7		30	25	3
H11	0	46	9	H22	0	29608	20294	H35	0	311	10
	10	23	5		10	101	85		10	185	121
	30	18	2		30	27	1		30	33	13
H12	0	201	86	H23	0	4074	3827	H36	0	290	52
	10	39	19		10	70	51		10	35	17
	30	20	2		30	21	6		30	16	5
H13	0	74	40	H24	0	604	857	H37	0	123	41
	10	52	2		10	33	9		10	63	16
	30	29	16		30	24	2		30	47	20
H14	0	586	806	H25	0	69	13	H38	0	52	10
	10	27	6		10	27	1		10	72	43
	30	19	1		30	21	4		30	21	0
H15	0	96	51	H26	0	53	10	H39	0	4423	2729
	10	20	3		10	26	3		10	63	34
	30	18	5		30	22	3		30	61	16
H16	0	49	17	H27	0	329	372	H40	0	152	30
	10	22	2		10	45	8		10	202	222
	30	15	1		30	19	2		30	47	9

Antimonin alemman ohjearvon ylityksiä ilmeni 24 näytteen kohdalla. Näistä yksi ylitti myös ylemmän ohjearvon. Pitoisuuksien keskiarvo oli 6 mg/kg ja mediaani 0 mg/kg. Ohjearvojen ylityksiä ilmeni pääosin syvemmältä otetuissa näytteissä, mutta myös satunnaisesti muissa kerroksissa. Pitoisuudet eivät olleet rajautuneet niin selkeästi tietylle alueelle kuten lyijypitoisuudet. Osittain oli havaittavissa kohonneita antimonipitoisuuksia niissä ruuduissa, joissa myös lyijypitoisuudet olivat erityisen korkeita. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. Haulikkoradan näytteiden antimonipitoisuudet ja keskihajonnat.

Anti- moni, Sb	syvyys cm	mg/kg	keski- ha- jonta	Anti- moni, Sb	syvyys cm	mg/kg	keski- ha- jonta	Anti- moni, Sb	syvyys cm	mg/kg	keski- ha- jonta
H4	0	0	0	H17	0	7	10	H28	0	0	0
	10	3	6		10	14	13		10	0	0
	30	0	0		30	22	2		30	0	0
H5	0	10	9	H18	0	4	7	H29	0	0	0
	10	4	8		10	8	8		10	3	5
	30	0	0		30	16	8		30	0	0
H6	0	0	0	H19	0	3	5	H30	0	66	58
	10	0	0		10	0	0		10	0	0
	30	0	0		30	0	0		30	0	0
H9	0	3	5	H20	0	14	13	H31	0	0	0
	10	11	9		10	6	10		10	0	0
	30	17	3		30	0	0		30	0	0
H10	0	0	0	H21	0	0	0	H32	0	8	9
	10	0	0		10	17	1		10	0	0
	30	13	2		30	14	10		30	0	0
H11	0	0	0	H22	0	26	6	H35	0	0	0
	10	16	4		10	0	0		10	0	0
	30	22	4		30	23	2		30	3	5
H12	0	0	0	H23	0	0	0	H36	0	0	0
	10	0	0		10	8	10		10	0	0
	30	0	0		30	15	12		30	5	8
H13	0	0	0	H24	0	0	0	H37	0	0	0
	10	0	0		10	5	4		10	0	0
	30	11	10		30	0	0		30	0	0
H14	0	0	0	H25	0	0	0	H38	0	8	7
	10	0	0		10	0	0		10	0	0
	30	19	11		30	16	5		30	0	0
H15	0	0	0	H26	0	6	11	H39	0	0	0
	10	14	3		10	17	12		10	0	0
	30	22	9		30	0	0		30	4	8
H16	0	0	0	H27	0	0	0	H40	0	0	0
	10	0	0		10	0	0		10	5	9
	30	19	4		30	29	5		30	0	0

Sinkin ja kuparin pitoisuudet olivat matalia jokaisessa ruudussa, kaikkien tulosten jäädessä alle kynnyksiarvon. Sinkin tulosten keskiarvo oli 37 mg/kg ja mediaani 27 mg/kg. Kuparilla puolestaan keskiarvo oli 13 mg/kg ja mediaani 12 mg/kg. Sinkin ja kuparin tulokset olivat pääosin luontaisten taustapitoisuuksien tasolla.

Haulikkoradan näytteiden vesipitoisuus vaihteli noin 8 – 91 %, keskiarvon ollessa noin 50 %. Kosteimmat näytteet jakautuivat eri puolille näytteenottoaluetta. Ampumapaikkoja lähin rivi H35 – H40 oli kokonaisuudessaan melko kosteaa. Myös taaimman rivin ruudut H4 ja H5 olivat erittäin kosteita. Muita kosteita näytteitä ilmeni ruuduissa H12 ja H13 sekä H29 ja H30. Myös muutamassa muussa ruudussa pintamaan näytteiden vesipitoisuus oli korkea, joka todennäköisimmin oli orgaanisen aineksen seurauksena. (Liite 3.)

5.3 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteissä ei ilmennyt ohje- eikä kynnysarvojen ylityksiä yhdenkään tutkitun aineen osalta (Liite 5.). Ylä- ja alajuoksun näytteissä ei ollut havaittavissa merkittäviä pitoisuuseroja toistensa kesken. Sedimentti oli erittäin hienojakoista hiekkaa. Molemmat näytteet sisälsivät noin 30 % vettä ennen kuivausta. (Liite 3.)

5.4 Vesinäytteet

Rata-alueen näytteistä analysoitiin pH, sähkönjohtokyky, kemiallinen hapenkulutus (COD) sekä lyijyn ja antimoniin pitoisuudet. Vesinäytteiden pH oli luonnonvesille normaalilla tasolla näytepisteissä 1, 4 ja 5 ja lievästi happamia näytepisteillä 2 ja 3. Sähkönjohtavuus oli korkeampi niissä näytteissä, jotka olivat happamampia. Lukemat olivat kuitenkin kaikkien näytteiden osalta sisävesille normaalilla tasolla. Kemiallinen hapenkulutus mitattiin rata-alueen näytteille kahdesti. Kemiallinen hapenkulutus kuvaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. Korkeampi lukema tarkoittaa sitä, että raskasmetalleille on enemmän ainesta johon sitoutua. Humuspitoisten vesien tyypillinen COD_{Mn}-arvo noin 10 – 20 mg/l ja kirkkaiden vesien 4 – 10 mg/l. Rata-alueen vesinäytteiden pitoisuudet olivat 7 – 11 mg/l eli normaalilla tasolla. Sähkönjohtavuus puolestaan kuvaa veteen liuenneiden suolojen määrää. Sähkönjohtokykyä käytetään veden yleislaadun mittarina, sillä normaalissa makeassa vedessä suoloja on vähän. Sähkönjohtavuus on järvivesissä yleensä alle 100 µS/cm ja jokivesissä alle 200 µS/cm. Rata-alueen vesinäytteiden lyijy sekä antimoni pitoisuudet olivat hyvin alhaiset, käytännössä lähes nollassa. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Haulikkorata-alueen näytepisteiden tulokset.

	pH	χ $\mu\text{S/cm}$	COD (mg/l)	COD (mg/l)	Pb ($\mu\text{g/l}$)	Sb ($\mu\text{g/l}$)
1.	6,2	119,6	10,8	9,76	0,0065	0,0064
2.	5,4	173,2	7,24	7,2	0,0029	0,0055
3.	5,7	153,3	7,4	6,4	<0,0041	0,0066
4.	6,6	48,6	11,4	10,8	0,002	0,0038
5.	6,6	44,2	10,4	8,96	0,0035	0,0008

Ylä- sekä alajuoksun vesinäytteiden pH oli sisävesille tyypillisellä tasolla. Sähkönjohtavuus ja COD-arvo olivat myös normaalitasolla. Ylä- ja alajuoksun näytteistä määritettiin lyijyn sekä antimoinin lisäksi arseenin pitoisuudet. Näiden aineiden pitoisuudet jäivät alle määrittäjärajan. Yläjuoksun ja alajuoksun tuloksissa ei ollut merkittäviä eroja toistensa välillä. (Taulukko 9.)

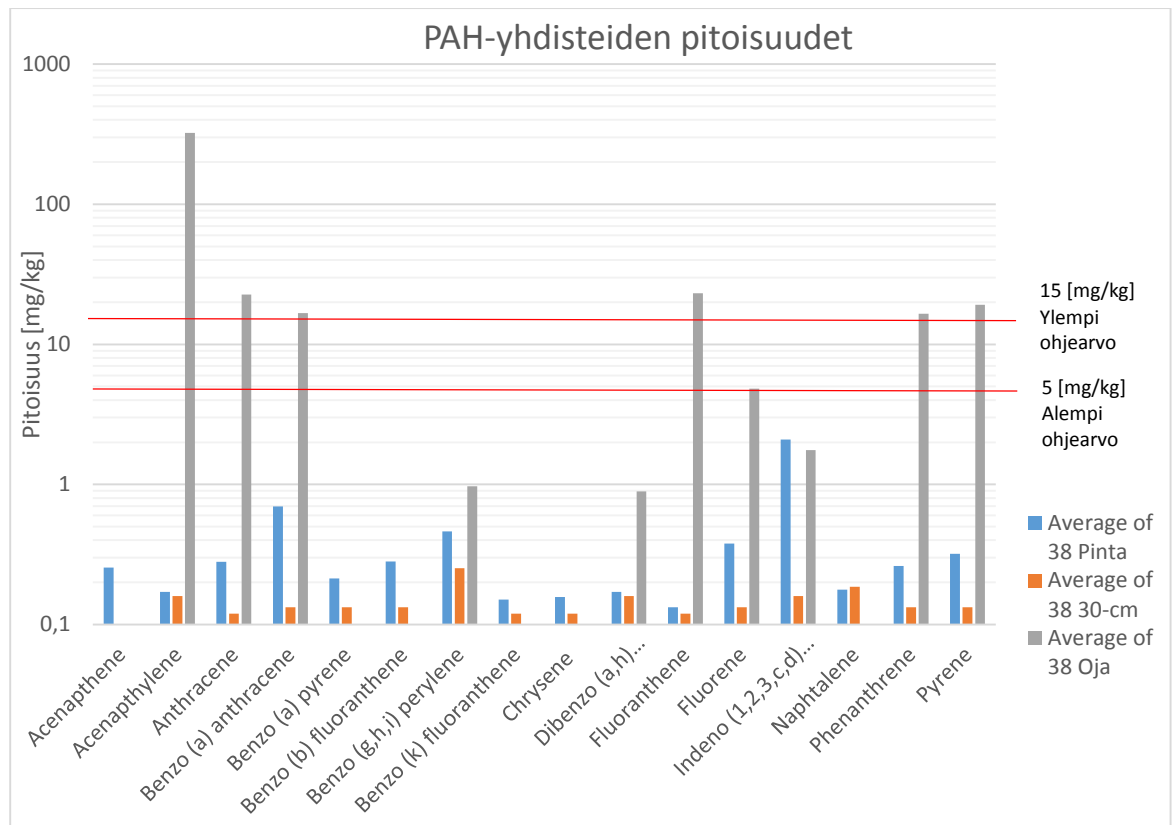
TAULUKKO 9. Ylä- ja alajuoksun näytteiden tulokset.

	pH	χ $\mu\text{S/cm}$	COD (mg/l)	Sb ($\mu\text{g/l}$)	As ($\mu\text{g/l}$)	Pb ($\mu\text{g/l}$)
Alajuoksu	6,5	57,3	13,5	<10	<5	<5
Yläjuoksu	6,5	50,7	15,3	<10	<5	<5

Kaikissa vesinäytteissä kyseessä oli kokonaispitoisuudet. Rata-alueen sekä ylä- ja alajuoksun näytteiden tulokset olivat samaa suuruusluokkaa. Raskasmetallipitoisuudet olivat kaikissa näytteissä hyvin alhaisia.

5.5 PAH-yhdisteet

Mittauksia oli suorittamassa kaksi eri ryhmää, molempien ryhmien tulokset ovat liitteessä 6. Ryhmä A tutki pitoisuuksia pintamaasta, n. 30 cm syvyydeltä sekä ojan sedimentistä otetuista näytteistä. Tuloksista käy ilmi, että vain ojasta otetusta näytteestä pitoisuudet ylittävät usein kynnysarvon ja joidenkin yhdisteiden osalla myös ylempi ohje-arvo ylittyy selkeästi. Ylemmän ohje-arvon ylityksiä tapahtui antraseenin, bentso(a)antraseenin, fenantreenin sekä fluoranteenin osalta. (Kuva 11.) Myös muiden yhdisteiden kohdalla ilmeni yli 15 mg/kg ylityksiä, mutta kyseisille yhdisteille ei ole erikseen määritetty raja-arvoja PIMA-asetuksessa.



KUVA 11. PAH-yhdisteiden pitoisuudet logaritmisella asteikolla. ryhmän A tulokset. (Chaurand ym. 2015)

Ryhmä B:n näytteet olivat pintamaan ja sedimenttinäytteen osalta samoista pisteistä kuin ryhmällä A. Heidän kolmas näyte oli kannon juuresta n. 20 cm syvyydeltä otettu. Näyte oli selkeästi humuspitoisempi verrattuna ryhmän A 30 cm syvyydeltä otettuun näytteeseen verrattuna. Suurimmat pitoisuudet ja eniten ohjearvojen ylityksiä oli 20 cm syvyydeltä otetussa näytteessä. Kyseisen näytteen osalta ylittyi ylempi ohjearvo kaikkien muiden PIMA-asetuksessa listattujen PAH-yhdisteiden osalta paitsi naftaleenin ja fenantreenin osalta, joista jälkimmäisen osalta ylittyi alempi ohjearvo. Suurin pitoisuus oli fluoranteenin kohdalla tuloksen ollessa 54,8 mg/kg. Myös ojan sedimenttinäytteessä oli ylempään ohjearvon ylityksiä bentso(a)antraseenin osalta. Kynnysarvo ylittyi fenantreenin ja bentso(k)fluoranteenin kohdalla. Pintamaan näytteessä kynnysarvo ei ylittynyt PIMA-asetuksessa listattujen yhdisteiden osalta. (Leino ym. 2015.)

6 TULOSTEN TULKINTA

Maanäytteiden tulosten tarkastelussa on syytä keskittyä kokonaisvaltaiseen pitoisuuksien ilmenemiseen. Maa- ja sedimentinäytteiden analysoinnissa XRF-mittauksilla saadut tulokset ovat mittausten luonteen vuoksi suuntaa-antavia. Sama koskee PAH-yhdisteiden määrittämistä. Saatuja tuloksia voidaan kuitenkin verrata ohjearvoihin, mutta lähinnä vain selkeät ja johdonmukaiset ohjearvojen ylitykset viittaavat maaperän saastuneisuuteen. Näytteissä oli mahdollisesti vielä mittaushetkellä haulien tai luotien kappaleita, jolloin XRF-laite saattoi mitata suoraan ampumatarvikkeen pitoisuuksia, eikä niinkään maa-ainekseen vapautuneita pitoisuuksia. Toisaalta luotien ja haulien kappaleet ajan myötä rapautuvat, jolloin raskasmetallit lopulta vapautuvat ympäristöön. Maa- ja sedimentinäytteistä ei myöskään tutkittu maaperäolosuhteita vesipitoisuutta tarkemmin. Esimerkiksi pH vaikuttaa raskasmetallien kulkeutuvuuteen ja keräytymiseen.

6.1 Luodikkorata

Lyijyn osalta tulokset olivat luonnollisesti korkeita penkkojen pintakerroksissa, johon luodit iskeytyvät. Liikkuvan hirven radan ylimmän rivin pintamaan näytteet jäivät muita pintamaan näytteitä matalammiksi sillä ne olivat luotien iskemäkohtien yläpuolella. Tuloksissa kuitenkin kävi ilmi, että 25 cm syvyydellä pitoisuudet olivat pääosin alle ohjearvojen, kun taas 50 cm syvyydeltä otetuista näytteistä ilmeni useita ylemmän ohjearvon ylityksiä luodikko-, pienoishirvi- sekä liikkuvan hirven radalta. Seisovan hirven radalla korkeita lyijypitoisuuksia ilmeni vain pintamaan näytteissä. Lyijy on voinut kulkeutua ja kertyä syvemmälle penkkaan, sillä hiekkapenkat sisälsivät hyvin vähän orgaanista ainesta johon lyijy voisi sitoutua. Mikäli penkkojen maa-aineksen pintakerrosta on vaihdettu tai seulottu rata-alueen toiminta-aikana, voi myös se selittää 25 cm näytteiden alhaisemmat pitoisuudet.

Antimonin ja kuparin ohjearvot ylittyivät suurella osalla pintamaanäytteiden kohdalla. Kyseisillä näytepisteillä myös lyijyn pitoisuudet olivat erityisen korkeita. Antimonia ja kuparia ei esiintynyt merkittävässä määrin 25 cm ja 50 cm näytteissä. Molemmat aineista ovat kuitenkin lyijyä liikkuvampia, jolloin voisi kuvitella pitoisuuksien esiintyvän syvemmältä otetuista näytteistä. Maa-aineksen hienojakoisuuden vuoksi ne ovat voineet liikkua myös syvemmälle kuin 50 cm syvyyteen taustavalliin.

Sinkin osalta ohjearvojen ylityksiä tapahtui vain kolmen eri ampumapaikan näytteen osalta. Sinkin pitoisuudet juuri ampumapaikoilla voi selittyä maahan jääneistä rapautuneista hylsyistä, jotka sisältävät sinkkiä. Ampumapaikkojen edustalle laskeutuu myös ampumatapahtuman seurauksena sinkkiä, joka on peräisin piippua vasten hankautuvasta luodin vaipasta. (Kajander & Parri 2014.)

Näytteiden ollessa lähinnä hiekkamaata, niiden vesipitoisuus oli melko vähäinen. Myös orgaanisen ainesta oli luodikkoratojen näytteissä vähän. Ampumapaikkojen näytteet sisälsivät enemmän vettä sekä orgaanista ainesta, mutta nekin olivat lähinnä hiekkamaata. Hiekkamaiden ollessa melko kuivia sekä oletettavasti myös happamuudeltaan neutraaleja, myös luotien rapautuminen on tällöin hidasta.

6.2 Haulikkorata

Haulikkoradan lyijypitoisuudet ylittyivät selkeästi muutaman ruudun osalta. Suurimmat pitoisuudet vaikuttivat ilmenevän ruuduissa, joissa tiheämpi metsikkö alkoi ampuma-suuntiin nähden (ruudut H21 – H23 ja H29 – H31 sekä ruutu H39). Puiden rungot sekä oksat pysäyttävät ja hidastavat haulien lentoa, jolloin ne kertyvät puuston raja-alueelle ja siitä hieman syvemmälle metsään. Myös teoreettinen alue, jolle haulit pääosin laskeutuvat aukeassa maastossa, oli myös osittain näiden ruutujen alueella. Lyijyä ilmeni lähinnä vain pintamaan näytteissä, johtuen lyijyn ominaisuudesta sitoutua orgaaniseen ainekseen sekä sen niukkaliukoisuudesta. Myös kaikkein hiekkapitoisimmilla alueilla oli kasvillisuutta sekä muuta orgaanista ainesta sitomassa lyijyä.

Antimonin ilmeneminen lähinnä syvemmältä otetuista näytteistä selittyy antimonin liukoisesta ominaisuudesta. Näytteenottoalueelta löytyi melko laajalti alemman ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia ja maaperän tyypillä ei ollut selkeää merkitystä. Ampumapaikoilta nähden aivan etummaisimmissa ruuduissa ei kuitenkaan ilmennyt ohjearvoja ylittäviä antimoni pitoisuuksia. Ylempi ohjearvo ylittyi ruudun H30 pintanäytteessä. Kyseinen näytteenottoruutu oli lyijyn osalta kokonaisvaltaisesti kaikkein saastunein. Sinkin ja kuparin osalta haulikkoradan maaperä ei ollut saastunut. Haulit sisältävätkin vain vähäisissä määrin kyseisiä aineita.

Haulien laskeutumisalue oli paikoin hyvin kosteaa maastoa. Kosteus on raskasmetallien osalta liukenemista edistävä tekijä. Toisaalta runsaasti vettä sisältävien näytteiden ja korkeiden pitoisuuksien välillä ei voitu selkeää yhteyttä havaita. Ruudussa H30, joka oli kokonaisvaltaisesti lyijyn osalta saastunein, ja jossa pintamaan näytteen osalta ylittyi antimonin ylempi ohjearvo, oli myös näytteiden veden osuus yli 80 % jokaiselta syvyydeltä. Näytteenottoalueen maaperä oli myös laajalti humuspitoista. Humusmaa puolestaan vähentää tutkittujen metallien liukenemista. (Kajander & Parri 2014.)

6.3 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteistä ei löytynyt yhdenkään tutkitun aineen osalta ohjearvojen ylityksiä. Alajuoksun sedimenttinäytteen pitoisuudet eivät käytännössä eronneet yläjuoksun sedimenttinäytteiden pitoisuuksista. Saatujen tulosten perusteella voidaan siis olettaa, ettei Katralampeen päädy haitallisia lyijypitoisuuksia. Sedimenttejä ei kuitenkaan tutkittu haulien laskeutumisalueelta muuten kuin PAH-yhdisteiden osalta, jolloin ei tiedetä olivatko pitoisuudet korkeampia rata-alueella. Sedimentit toimivat lyijyn nieluina, eli lyijy ei vapaudu kovin herkästi ja kulkeudu ampuma-alueen ulkopuolelle.

6.4 Vesinäytteet

Vesinäytteissä todettiin hyvin matalia pitoisuuksia raskasmetallien osalta niin rata-alueen näytteiden kuin myös ylä- ja alajuoksun vesinäytteiden osalta. Merkittävää eroa ei ilmennyt ylä- ja alajuoksun pitoisuuksien välillä, eikä myöskään verrattuna rata-alueen näytteisiin. Sähkönjohtavuus oli hieman korkeampi näytteissä, joiden pH oli hieman happaman puolella. Yleisesti voidaan todeta, että ojien vedet eivät olleet saastuneita. Raskasmetallit eivät todennäköisimmin olleet liukoissa muodossa, sillä alajuoksun sedimenttinäytteissä ei havaittu kohonneita pitoisuuksia.

6.5 PAH-yhdisteet

Tuloksista käy ilmi, että PAH-yhdisteitä löytyi haulikkoradan maaperästä ja ylemmän ohjearvon ylityksiä tapahtui useamman yhdisteen osalta. PIMA-asetuksessa ei ollut ohjearvoja kaikille näytteistä löytyneille PAH-yhdisteille. Näidenkin yhdisteiden osalta kuitenkin ilmeni PIMA-asetuksessa oleville yhdisteille yleisesti asetettua 15 mg/kg ylemmän ohjearvon ylityksiä.

PAH-yhdisteiden ollessa pääosin lipofiilisiä ne eivät liukene veteen. PAH-näytteiden maa-aines oli erittäin humuspitoista, jolloin voidaan olettaa PAH-yhdisteiden sitoutuneen orgaaniseen ainekseen. Orgaanisen ja hienoaineksen pinnalle sitoutuneena PAH-yhdisteet voivat kulkeutua veden mukana ja kertyä ojan sedimenttiin. Tämä voi selittää ryhmän A ojanäytteiden korkeat PAH-pitoisuudet. Toisaalta ryhmä B ei saanut yhtä korkeita pitoisuuksia sedimenttinäytteelle.

PAH-yhdisteiden tulokset ovat lähinnä suuntaa-antavia, sillä määritykset oli tehty opiskelijoiden harjoitustyönä. Se kuinka paljon PAH-yhdisteitä saadaan maa-aineksesta irti, riippuu uuton onnistumisesta. Tulosten epävarmuuden pienentämiseksi olisi pitänyt ajaa enemmän rinnakkaisnäytteitä. Tuloksista ei myöskään saatu selville kuin kyseisen, ruudun H38 sisällä olleen alueen maaperän tila. Näytteitä olisi tullut ottaa laajemmalta alueelta kokonaisvaltaisemman kuvan saamiseksi rata-alueen PAH-yhdisteiden pitoisuuksista. Toisaalta ruudun H38 sisällä oli suuria määriä savikiekkvoja, jolloin voidaan olettaa suurimpien pitoisuuksien esiintyvän juuri tällä alueella. Vaikka PAH-yhdisteiden osalta näytteenotto ei ollut niin laaja ja määrittäminen ei ollut täysin luotettava, voidaan tuloksien perusteella todeta maaperässä esiintyvän korkeita, ylemmän ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia.

PAH-yhdisteiden heikon liukoisuuden ja kulkeutuvuuden vuoksi kiekkomurskalla ei ole merkittäviä vaikutuksia ympäristöön, ympäristön roskaantumista lukuun ottamatta. Sirpaleiden poistamiselle ampumaradan toiminta-aikana haitallisten aineiden vuoksi ei siten ole tarvetta.

7 RISKINARVIOINTI JA KUNNOSTUSTOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että haitta-aineet ovat sitoutuneina pääasiassa pintamaahan eivätkä ne täten kulkeudu rata-alueen ulkopuolelle. Ampumaradan aiheuttama ympäristöriski on siis paikallinen. Vesinäytteiden perusteella raskasmetalleja ei ole haitallisissa määrin rata-alueen ojien vesissä, eikä myöskään alajuoksulla. Voidaan siis todeta, että ampumaratatoiminnasta ei aiheudu merkittävää uhkaa pintatai pohjavesille. Myöskään alajuoksun sedimenttinäytteestä ei löytynyt haitallisia pitoi-

suuksia tutkituille aineille. Sedimenttinäytteenottoa ei tehty haulien laskeutumisaluelta. Todennäköistä kuitenkin on, että etenkin lyijyä on sitoutuneena rata-alueen sedimentteihin, mutta pitoisuudet eivät liiku kauemmas alajuoksulle tai Katralampeen saakka.

Pohjavesien laatua ei tässä työssä tutkittu. Haulien laskeutumisalue on kuitenkin I-luokan pohjavesialueen suojavyöhykkeellä ja lähellä varsinaista pohjavesialuetta. Haitta-aineita voi mahdollisesti kulkeutua sopivissa olosuhteissa vajoveden eli maahan imeytyvän sadeveden mukana pohjaveteen. Pohjaveden kannalta ongelmallisimpia ovat lyijy ja antimoni. Lyijyn kulkeutuminen on kuitenkin suhteellisen heikkoa, mutta mm. happamat ja kosteat olosuhteet sekä lyhyt etäisyys pohjavedenpinnan ja maanpinnan välillä voi edistää sen kulkeutumista pohjaveteen. Haulien leviämisalueen maasto sisälsi paljon orgaanista ainetta, joka sitoo lyijyä itseensä. Toisaalta maaperän humus, mikro-organismit ja kasvit nopeuttavat lyijyn hajoamista. Myös kosteissa olosuhteissa rapautuminen tapahtuu nopeammin ja sekundäärimineraalit liukenevat helpommin. Haulien laskeutumisalueella oli paikoin hyvin kosteaa maastoa. Kohonneita lyijypitoisuuksia esiintyi haulikkoradalla vain pintamaan näytteissä yhtä näytteenottoruutua lukuun ottamatta, jolloin lyijy ei saatujen tulosten perusteella ole merkittävä riski pohjavesille. Antimoni on liukoisempaa ja sen kulkeutuminen on lyijyä suurempaa, mutta sen pitoisuudet ja kokonaismäärät olivat lyijyä pienempiä. Pohjavesinäytteenoton avulla voitaisiin varmistaa, ettei antimoniamia tai mahdollisesti myös lyijyä ole päässyt pilaamaan pohjavettä. Pohjavesien pilaantumisriskin sekä haitta-aineiden leviämisalueen pienentämiseksi haulikkoradoilla voidaan hyödyntää erilaisia rakenteita.

Haulikkoratojen haulien leviämisaluetta voidaan mahdollisesti pienentää maaston muotoilulla tai rakenteilla, kuten verhoilla, verkoilla tai seinämillä. Maaston muotoilulla tarkoitetaan korkeaa valliä, joka rajoittaa haulien lentorataa, tai ampumapaikan maanpinnan tason laskua alemmas, jolloin haulit lentävät ylämäkeen ja näinollen myös lyhyemmän matkan. Verkot ja seinämät voivat olla itsenäisiä rakenteita tai vallin päälle rakennettavia korotusseinämiä tai -verkoja. Oleellista rakenteiden kannalta on, että ne ovat mahdollisimman lähellä ampumapaikkoja ja niiden korkeus on riittävä. (Kajander & Parri 2014.) Leviämisaluetta rajoittavat rakenteet voivat kuitenkin olla kustannuksiltaan korkeita tai haasteellisia toteuttaa. Haulien laskeutumisalueen haitta-aineiden liukoisuutta voidaan myös pyrkiä vähentämään. Lyijyn hajoamista maaperässä voidaan hi-

dastaa neutraloimalla maa esimerkiksi kalsiumkarbonaatilla. Myös fosfori hidastaa lyijyn hajoamista ja kulkeutumista maassa, sillä lyijy muodostaa fosforin kanssa sopivissa olosuhteissa liukenemattomia fosfaatteja. Myös orgaanisen aineksen muodostamat suolat sitovat lyijyä. Esimerkiksi haulikkoradalle orgaanista ainesta voi lisätä levittämällä kompostoitunutta materiaalia alueelle, jossa lyijypitoisuudet ovat korkeampia. On kuitenkin otettava huomioon, että esimerkiksi antimonin liikkuvuus ja pintavesien rehevöityminen voi lisääntyä kyseisten toimien seurauksena. (Naumanen ym. 2002.)

Pappilankorven ampumaradalla taustavallien maa-aineksen seulominen tai vaihtaminen on suositeltavaa saatujen tulosten perusteella. Liikkuvan hirven radalla sekä luodikko- ja pienoishirviradalla pitoisuuksien esiintyessä kaikilla näytteenottosyvyyksillä, olisi taustavallien maa-aines syytä käsitellä kokonaisvaltaisesti. Seisovan hirven radalla riittää pintamaan seulonta tai vaihto. Ampumapaikkojen osalta tulisi tehdä tarkempia tutkimuksia toimenpiteiden tarpeellisuuden määrittämiseksi.

Luodikkoradoilla haitta-aineiden hallinta on helpompaa kuin haulikkoradoilla, sillä luodikkoradoilla haitta-ainepitoisuuksia ilmenee lähinnä vain taustavalleissa. Taustavalleissa olevien haitta-aineiden leviämistä ympäristöön voidaan ehkäistä poistamalla luodit säännöllisesti. Luotien poistamisella vaikutetaan rapautuvan luotiromun määrään sekä luotien murskaantumisen aiheuttamaan reaktiopinta-alan kasvuun. Luotien poistaminen voidaan tehdä seulomalla penkkojen maa-aines tai vaihtamalla se kokonaan uuteen. Haitta-aineiden riskejä voidaan vähentää myös erilaisten rakenteiden avulla. Taustavallit voidaan kattaa, jolloin sadevedet eivät pääse huuhtomaan taustavallin maaperään. Myös erilaisia luotiloukkuja voidaan käyttää luotiromun keräämiseksi ja näin ollen myös haitta-aineiden leviämisen vähentämiseksi. (Kajander & Parri 2014.) Pappilankorvella 100 m luodikkoradan ampumapaikkojen edusta sekä taustavalli, kuten myös liikkuvan hirven radan taustavalli oli päällystetty viiramatoilla. Viiramatot edistävät luotien ja hylsyjen keräämistä sekä myös osaltaan vähentää haitta-aineiden pääsyä maaperään.

Saaduissa tuloksissa ilmeni ylemmän ohjearvon ylityksiä useiden PAH-yhdisteiden osalta. Yhdisteiden heikon vesiliukoisuuden sekä maapartikkeleihin sitoutumisen vuoksi ne eivät juurikaan leviä rata-alueen ulkopuolelle, eivätkä pohjaveteen. Niiden hitaan hajoamisen vuoksi kiekkomurskalla ei ole merkittävää vaikutusta ympäristöön

roskaantumista lukuun ottamatta. Savikiekkojen kappaleiden poistamiselle ampumaradan toiminta-aikana ei haitallisten aineiden vuoksi siten ole tarvetta. PAH-yhdisteiden vähentämiseksi on olemassa ns. ekokiekkoja, jotka eivät sisällä kivihiilipikeä, josta PAH-yhdisteet kulkeutuvat maahan. Ekokiekot eivät ole vielä yleisessä käytössä niiden kalliimman hinnan sekä heikomman saatavuuden vuoksi, mutta ne ovat yleistymässä, ja joissain Euroopan maissa PAH-pitoisuuksia sisältävien kiekkojen käyttö on jo kielletty. (Kajander & Parri 2014.)

8 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää näytteenoton keinoin Pappilankorven ampumaradan ympäristön haitta-ainepitoisuudet sekä arvioida toiminnasta aiheutuvia ympäristöriskejä. Saaduista tuloksista ilmeni haitta-aineiden ohjearvojen ylityksiä niin luodikkoradoilla kuin myös haulikkoradan maanäytteissä. Ampumaratatoiminnalle on tyypillistä, että rata-alueen ympäristöstä löytyy raskasmetalleja. Toiminnanharjoittajan kannalta on kuitenkin epäedullista suorittaa kunnostustoimenpiteitä, mikäli toiminnasta ei aiheudu vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisille. Myös alueen käyttötarkoitus tulee ottaa huomioon riskinarvioinnissa. Ampumaratatoiminnasta ei aiheudukaan välittömiä tai lyhyen aikavälin ympäristövaikutuksia, vaan haitta-aineiden kulkeutuminen ympäristöön on melko hidasta. Ympäristön kannalta ongelmallisimpia ovat kohteet, joissa haulit tai luodit pääsevät suoraan ja jatkuvaan kosketukseen veden kanssa. (Kajander & Parri 2014.) Pappilankorven haulikkoradan maaperä oli paikoin hyvin kosteaa ja laskeutumisalueen läpi kulki ojia. Ojien vesinäytteissä raskasmetallipitoisuudet olivat kuitenkin erittäin alhaiset.

Luodikkoradoilla ilmeni korkeita lyijy-, antimoni- ja kuparipitoisuuksia taustavalleissa. Korkeiden pitoisuuksien vuoksi taustavallien maa-aineksen vaihto tai seulonta on ajankohtaista ennaltaehkäisevänä toimintana ympäristöriskien minimoimiseksi. Haulikkoradalla puolestaan lyijy- ja antimonipitoisuudet voivat olla riski läheisen Ukonhaudan I-luokan pohjavesialueelle. Tässä työssä ei päästy tutkimaan pohjaveden laatua, mutta sen seuranta olisi suotavaa saatujen tulosten perusteella. Haulikkoradan lyijypitoisuudet vaikuttivat olleen sitoutuneena maan pintakerrokseen, mutta tietyissä olosuhteissa lyijyä voi kulkeutua myös syvemmälle maaperään. Myös liikkuvampaa antimonia ilmeni

haulikkoradan maanäytteissä erityisesti syvemmältä otetuista näytteistä. Pappilankorven ampumarata-alueella on suotavaa tehdä myös tulevaisuudessa vastaavia selvityksiä haitta-aineiden pitoisuuksien seurannan kannalta sekä myös selvilläolovelvollisuuden toteuttamiseksi.

Tämän opinnäytetyön myötä saatiin paljon tietoa Pappilankorven ampumaradan ympäristön tilasta. Saadut tulokset auttavat Joutsenon riistanhoitoyhdistystä sekä Lappeenrannan seudun ympäristötoimea yhdessä suunnittelemaan mahdollisia jatkotoimenpiteitä, joilla voidaan edistää ampumaradan toimintaa sekä sen ympäristön hyvinvointia.

LÄHTEET

Ampumaratalaki 763/2015. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150763>. Päivitetty 12.6.2015. Luettu 5.1.2016.

Chaurand, Giovanni, Kamunen, Merike, Lampinen, Esa-Matti & Saarinen, Mika 2015. PAH-yhdisteiden tutkiminen maaperänäytteestä. Kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen analyysi. Ryhmä A. Laboratorio raportti. Word-dokumentti. Päivitetty 6.1.2016. Luettu 16.1.2016.

Geologian tutkimuskeskus 2016. Valtakunnallinen taustapitoisuusrekisteri Tapir. Karttapalvelu. Ei päivitystietoja. Luettu 29.2.2016.

Järvinen, Kimmo 2005. Raskasmetallien ympäristövaikutukset puolustusvoimien pistooli- ja kivääriampumaradoilla – yhteenvetoraportti. Puolustushallinnon rakennuslaitos. PDF-dokumentti. <https://www.avi.fi/documents/10191/1630796/LIITE+15B+Raskasmetallien+ymp%C3%A4rist%C3%B6vaikutukset.pdf/bbb6d1f2-51fa-4198-b4c5-90be29e7fc35>. Päivitetty 10.2.2005. Luettu 14.12.2015.

Kajander, Sara & Parri, Asko 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). PDF-dokumentti. http://ampumaurheiluliitto.fi-bin.directo.fi/@Bin/d464ba827b694df5c624d2d0b398e49c/1445777955/application/pdf/11258804/SY_4_2014.pdf. Päivitetty elokuu 2014. Luettu 10.12.2015.

Lappeenrannan seudun ympäristötoimi, 2015. Ympäristöluvanvaraisen laitoksen suunnitelmallinen tarkastus. Joutsenon riistanhoitoyhdistyksen ampumarata. Muistio. Laadittu 7.8.2015. Luettu 19.10.2015.

Leino, Kaisa, Tuure, Minttu & Vuorinen, Pilvi 2015. PAH-yhdisteiden määrittäminen ampumarata. Ryhmä B. Laboratorio raportti. Word-dokumentti. Päivitetty 7.1.2016. Luettu 16.1.2016.

Naumanen, Petri, Sorvari, Jaana, Pyy, Outi, Rajala, Päivi, Penttinen, Riina, Tiainen, Jari & Lindroos, Sirpa 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä. Tutkimukset ja riskienhallinta. Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. PDF-dokumentti. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY_543.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 10.12.2015.

Ositum, 2016. Polysykliset aromaattiset hiilivedyt (PAH). WWW-dokumentti. <http://www.ositum.fi/index.php?p=PAH>. Ei päivitystietoja. Luettu 16.1.2016.

PIMA-asetus 214/2007. Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2007/20070214>. Päivitetty 1.3.2007. Luettu 4.1.2016.

Thermo Scientific 2015. XRF Technology. WWW-dokumentti. <https://www.thermoscientific.com/content/tfs/en/about-us/general-landing-page/xrf-technology.html>. Ei päivitystietoja. Luettu 7.11.2015.

TTT Environmental 2010. XL3 Analyzer User's Guide Version 7.0.1. Thermo Fisher Scientific Niton Analyzers. <http://www.tttenviro.com/wp-content/uploads/Manual-XL3-Series-v7.0.11.pdf>. PDF-dokumentti. Päivitetty marraskuu 2010. Luettu 8.12.2015.

Ympäristöministeriö 2012. Ampumaratojen ympäristölupa. Opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. AMPY-työryhmä. PDF-dokumentti. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38779/SY23_2012_Ampumaradan_ymparistolupa_web.pdf?sequence=1. Ei päivitystietoja. Luettu 21.12.2015.

Ympäristönsuojeluasetus 713/2014. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140713>. Päivitetty 4.9.2015. Luettu 15.12.2015.

Ympäristönsuojelulaki 527/2014. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527#Lidp4766640>. Päivitetty 27.6.2015. Luettu 15.12.2015.

Näytepisteiden koordinaattitietoja

Haulikkoradan näytteenottoruudukkojen keskipisteet (WGS84-koordinaattijärjestelmä)

H1	61.12896, 28.60464	H21	61.12811, 28.60847
H2	61.12896, 28.60557	H22	61.12814, 28.60943
H3	61.12897, 28.60651	H23	61.12815, 28.61036
H4	61.12899, 28.60744	H24	61.12817, 28.61127
H5	61.12899, 28.6084	H25	61.1276, 28.60482
H6	61.129, 28.60933	H26	61.12763, 28.60576
H7	61.12901, 28.61027	H27	61.12765, 28.60668
H8	61.12903, 28.61117	H28	61.12766, 28.60761
H9	61.12851, 28.60471	H29	61.12767, 28.60854
H10	61.12852, 28.60564	H30	61.12768, 28.60948
H11	61.12854, 28.60655	H31	61.12769, 28.6104
H12	61.12855, 28.6075	H32	61.12771, 28.61135
H13	61.12856, 28.60845	H33	61.12718, 28.6049
H14	61.12858, 28.60938	H34	61.12719, 28.60582
H15	61.12859, 28.6103	H35	61.1272, 28.60674
H16	61.1286, 28.61122	H36	61.12721, 28.60766
H17	61.12806, 28.60476	H37	61.12724, 28.60859
H18	61.12808, 28.60568	H38	61.12723, 28.60955
H19	61.12809, 28.60663	H39	61.12726, 28.6105
H20	61.1281, 28.60756	H40	61.12727, 28.61142

Vesi- ja sedimenttinäytepisteet (WGS84-koordinaattijärjestelmä)

Alajuoksu	61.12888, 28.62486
Yläjuoksu	61.12735, 28.60300

Luodikkoratojen näytteiden märkä- ja kuivapainot

<i>grammaa</i>	märkápaino	kuivapaino	veden %
L1.1 0	137,4	114,9	16,4
L1.1 25	171,1	160,5	6,2
L1.1 50	195,2	179,4	8,1
L1.2 0	116	95,1	18,0
L1.2 25	188,6	164	13,0
L1.2 50	151,6	120,1	20,8
L2.1 0	183,6	166,7	9,2
L2.1 25	73,5	57,2	22,2
L2.1 50	143,2	128,6	10,2
L2.2 0	189,6	169,4	10,7
L2.2 25	173,6	149,8	13,7
L2.2 50	174,3	155,9	10,6
L3.1 0	218,6	214,8	1,7
L koju 1	56	26,1	53,4
L koju 2	111,1	93,8	15,6
P1.1 0	105,2	91	13,5
P1.1 25	108,1	81,7	24,4
P1.1 50	133,2	104,7	21,4
P2.1 0	150,7	132,3	12,2
P2.1 25	153,8	136,7	11,1
P2.1 50	154,7	137,1	11,4
P koju	167,4	153,7	8,2
Hi1.1 0	259	255,7	1,3
Hi1.2 0	222,3	210,1	5,5
Hi1.2 25	198,8	188,4	5,2
Hi1.2 50	134,5	123,2	8,4
Hi1.3 0	172,1	157,4	8,5
Hi1.3 25	200,1	190,3	4,9
Hi1.3 50	202,8	188,9	6,9
Hi2.1 0	208,5	204,6	1,9
Hi2.2 0	142,4	126,6	11,1
Hi2.2 25	192,2	164,7	14,3
Hi2.2 50	190,1	160,8	15,4
Hi2.3 0	121,2	106,5	12,1
Hi2.3 25	155	138,8	10,5
Hi2.3 50	166,7	145,5	12,7
Hi3.2 0	127,6	120	6,0
Hi3.2 25	154	144,7	6,0
Hi3.2 50	157	146,8	6,5
Hi3.3 0	167,6	156,8	6,4
Hi3.3 25	202,6	197,7	2,4
Hi3.3 50	221,6	201,1	9,3

Luodikkoratojen näytteiden märkä- ja kuivapainot

<i>grammaa</i>	märkäpaino	kuivapaino	veden %
Hi koju 100m	123,2	109,2	11,4
Hi koju 75m	115	88,9	22,7
A1.1 0	199,9	162,2	18,9
A1.1 25	188,2	174,4	7,3
A1.1 50	176	158	10,2
A1.2 0	204,9	191,2	6,7
A1.2 25	196,1	180,5	8,0
A1.2 50	216,6	203,8	5,9
A koju	114,8	81,7	28,8

L = 100m luodikkorata

P = Pienoishirvirata

Hi = Liikkuvan hirven rata

A = Seisovan hirven rata

LIITE 3.

Haulikkoradan näytteiden märkä- ja kuivapainot

grammaa	0			10			30		
	märkä-paino	kuiva-paino	veden %	märkä-paino	kuiva-paino	veden %	märkä-paino	kuiva-paino	veden %
H4	57,4	9,7	83,1	97,6	23,8	75,6	109,6	24,5	77,6
H5	167,7	14,9	91,1	176,2	15,6	91,1	177	19,4	89,0
H6	95,8	43,4	54,7	134,4	87,5	34,9	176,9	125,6	29,0
H9	108,6	54,6	49,7	160,6	107,5	33,1	208,4	156,1	25,1
H10	79,7	39,3	50,7	136,5	101,1	25,9	166,1	130	21,7
H11	83,7	48,5	42,1	141	108,9	22,8	177,6	145,6	18,0
H12	85,3	15,9	81,4	103,8	35	66,3	142,9	53	62,9
H13	75,3	17,7	76,5	136	58,4	57,1	151	85	43,7
H14	79,1	34,6	56,3	137,2	92,6	32,5	172,4	123,1	28,6
H15	72	20,7	71,3	147,8	113	23,5	205	167,1	18,5
H16	97,6	37,5	61,6	138,8	94,5	31,9	209,5	167,7	20,0
H17	110,8	56,4	49,1	145,4	103,1	29,1	174,2	136,2	21,8
H18	69,8	18,9	72,9	147,3	84,5	42,6	192	127,4	33,6
H19	92	55,6	39,6	149,2	127,2	14,7	178,4	160,9	9,8
H20	78,5	49,2	37,3	167,3	147,8	11,7	169,2	154,2	8,9
H21	79,5	54,6	31,3	146,3	122,4	16,3	172,9	147,5	14,7
H22	71	21,1	70,3	114,9	65,1	43,3	194,6	152,9	21,4
H23	53,9	11,2	79,2	117,5	67	43,0	185,7	136,2	26,7
H24	75	35,8	52,3	137,1	106,2	22,5	174	143,8	17,4
H25	70	32,9	53,0	137,5	101,5	26,2	155	121,2	21,8
H26	119,4	95,6	19,9	160,2	140,3	12,4	169,3	146,6	13,4
H27	95,6	69,2	27,6	139,1	119,2	14,3	162,6	145,9	10,3
H28	122,5	100,1	18,3	133,5	118,6	11,2	173,9	156,2	10,2
H29	61,7	16,2	73,7	120	57,9	51,8	112,2	45,8	59,2
H30	82,4	12	85,4	116,2	17,5	84,9	103,2	19,2	81,4
H31	59,7	24,6	58,8	95	44,1	53,6	113,8	63,7	44,0
H32	92,6	72,8	21,4	138,2	115,5	16,4	122,2	92	24,7
H35	119,9	36,1	69,9	135,8	42,4	68,8	116	19,6	83,1
H36	94,5	22,9	75,8	120,9	30,2	75,0	121,5	37,1	69,5
H37	78,7	23,4	70,3	89,5	29,5	67,0	100,4	25	75,1
H38	83,1	21,3	74,4	98,4	23,8	75,8	136,3	70,2	48,5
H39	68	15,3	77,5	87	19,6	77,5	96,4	21	78,2
H40	84,6	30,6	63,8	98,8	33,9	65,7	78,5	21,9	72,1

Sedimenttinäytteet

grammaa	märkäpaino	kuivapaino	veden %
S ylä	306,7	207,4	32,4
S ala	326,3	224,5	31,2

Luodikkoratojen pitoisuudet

mg/kg	Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb				ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
L1.1 0	12500	12600	12200	12433	92	87	73	84	225	167	229	207	1766	1230	1363	1453	
L1.1 25	27	28	43	33	16	0	0	5	27	27	27	27	13	1	11	8	
L1.1 50	498	845	501	615	0	0	0	0	39	38	28	35	57	91	66	71	
L1.2 0	10800	10000	7250	9350	41	78	31	50	149	150	122	140	1400	1090	750	1080	
L1.2 25	27	28	22	26	0	0	0	0	17	17	17	17	8	9	0	6	
L1.2 50	31	28	22	27	0	0	0	0	14	18	21	18	4	1	11	5	
L2.1 0	25800	24000	23700	24500	253	238	255	249	208	132	151	164	1996	1297	1577	1623	
L2.1 25	70	67	71	69	0	0	0	0	57	43	43	48	5	21	21	16	
L2.1 50	469	2065	407	980	0	0	0	0	41	43	19	34	43	169	35	82	
L2.2 0	7472	8768	11000	9080	40	50	48	46	84	62	97	81	690	713	865	756	
L2.2 25	24	26	25	25	0	0	0	0	24	20	37	27	3	6	6	5	
L2.2 50	45	36	42	41	0	0	0	0	10	9	19	13	3	1	3	2	
L koju 1	232	297	280	270	0	0	0	0	1302	1077	1237	1205	144	170	132	149	
L koju 2	153	144	240	179	0	0	0	0	342	223	429	331	105	72	151	109	
P1.1 0	1907	2290	1034	1744	0	0	0	0	104	51	33	63	41	13	12	22	
P1.1 25	274	696	256	409	0	0	0	0	22	24	27	24	12	21	17	17	
P1.1 50	322	133	223	226	0	0	0	0	21	14	18	18	5	10	8	8	
P2.1 0	3856	3368	3911	3712	0	0	18	6	35	114	33	61	24	69	21	38	
P2.1 25	30	42	40	37	0	0	0	0	25	28	23	25	6	13	8	9	
P2.1 50	534	433	749	572	0	0	0	0	32	27	35	31	9	0	7	5	
P koju	771	307	366	481	0	0	0	0	498	271	326	365	537	203	216	319	
Hi1.1 0	38	89	39	55	0	0	0	0	34	32	24	30	16	29	19	21	
Hi1.2 0	17700	11700	22800	17400	114	90	138	114	95	57	250	134	946	621	1510	1026	
Hi1.2 25	134	207	250	197	0	0	0	0	35	26	33	31	19	15	27	20	
Hi1.2 50	471	1601	1956	1343	0	0	0	0	30	37	37	35	47	120	149	105	
Hi1.3 0	4476	3651	3700	3942	50	50	42	47	35	28	36	33	259	281	215	252	
Hi1.3 25	158	155	118	144	0	0	0	0	23	22	25	23	30	19	6	18	
Hi1.3 50	374	211	199	261	0	0	0	0	27	16	22	22	30	11	19	20	
Hi2.1 0	54	224	176	151	0	0	0	0	21	27	30	26	17	33	18	23	
Hi2.2 0	23500	19300	20500	21100	223	200	213	212	286	139	281	235	3806	1129	1920	2285	
Hi2.2 25	26	112	61	66	0	0	0	0	24	26	21	24	2	25	4	10	
Hi2.2 50	715	2321	1023	1353	0	0	0	0	39	50	40	43	46	120	74	80	
Hi2.3 0	13300	11100	9276	11225	82	82	63	76	72	50	65	62	801	629	630	687	
Hi2.3 25	92	38	31	54	0	0	0	0	26	30	25	27	14	19	6	13	
Hi2.3 50	756	745	1829	1110	0	0	0	0	30	23	24	26	74	85	144	101	
Hi3.1 0	302	451	460	404	0	0	0	0	22	30	27	26	20	28	30	26	
Hi3.2 0	16500	16000	16000	16167	161	155	168	161	127	139	140	135	1040	1328	1207	1192	
Hi3.2 25	52	35	57	48	0	0	0	0	36	29	33	33	15	8	22	15	
Hi3.2 50	1511	1112	2293	1639	0	0	0	0	31	25	47	34	96	65	236	132	
Hi3.3 0	4484	2744	2358	3195	43	20	28	30	40	27	28	32	272	156	163	197	
Hi3.3 25	193	158	184	178	0	0	0	0	18	33	20	24	19	9	29	19	
Hi3.3 50	250	381	320	317	0	0	0	0	18	20	23	20	25	26	36	29	

LIITE 4(2).

Luodikkoratojen pitoisuudet

mg/kg	Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb			ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
Hi koju 100m	66	67	61	65	0	0	0	0	125	29	76	77	51	29	21	34
Hi koju 75m	49	73	49	57	0	0	0	0	65	88	64	72	37	101	42	60
A1.1 0	20900	20300	17100	19433	168	151	118	146	175	104	100	126	1634	1010	1039	1228
A1.1 25	21	23	24	23	0	0	0	0	28	22	26	25	13	7	12	11
A1.1 50	109	66	68	81	0	0	0	0	48	40	39	42	20	15	13	16
A1.2 0	1451	2349	1899	1900	0	0	0	0	29	28	27	28	130	171	123	141
A1.2 25	25	32	26	28	0	0	0	0	26	20	25	24	13	18	0	10
A1.2 50	22	21	18	20	0	0	0	0	23	24	26	24	15	9	13	12
A koju	36	30	27	31	0	0	0	0	62	34	39	45	22	14	11	16

L = 100m luodikkorata

P = Pienoishirvirata

Hi = Liikkuvan hirven rata

A = Seisovan hirven rata

LIITE 5(1).

Haulikkoradan pitoisuudet

mg/kg		Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb			ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
H4	0	52	54	59	55	0	0	0	0	98	94	97	96	15	19	14	16
	10	40	33	38	37	0	10	0	3	19	9	16	15	8	0	10	6
	30	21	30	28	26	0	0	0	0	0	5	12	6	2	1	4	2
H5	0	52	72	61	62	14	17	0	10	30	60	65	52	6	20	23	16
	10	52	69	71	64	13	0	0	4	16	48	47	37	9	22	31	21
	30	40	39	37	39	0	0	0	0	21	49	14	28	12	9	6	9
H6	0	47	104	47	66	0	0	0	0	32	89	48	56	0	14	9	8
	10	21	24	24	23	0	0	0	0	16	19	27	21	7	11	0	6
	30	24	21	27	24	0	0	0	0	16	24	24	21	3	11	10	8
H9	0	26	49	53	43	9	0	0	3	24	50	76	50	14	19	17	17
	10	21	19	18	19	8	5	21	11	16	20	14	17	7	16	15	13
	30	17	16	22	18	18	14	20	17	28	25	29	27	8	42	6	19
H10	0	38	42	26	35	0	0	0	0	59	43	21	41	31	22	16	23
	10	24	25	23	24	0	0	0	0	26	31	27	28	14	10	9	11
	30	20	16	18	18	15	11	13	13	31	31	30	31	16	9	13	13
H11	0	35	53	49	46	0	0	0	0	35	43	46	41	23	30	21	25
	10	22	28	18	23	17	12	19	16	27	21	19	22	16	13	14	14
	30	20	16	18	18	25	24	18	22	27	25	30	27	10	12	20	14
H12	0	156	300	147	201	0	0	0	0	65	71	66	67	10	32	32	25
	10	26	60	30	39	0	0	0	0	13	18	24	18	13	12	9	11
	30	21	22	18	20	0	0	0	0	8	6	3	6	6	12	0	6
H13	0	120	53	50	74	0	0	0	0	63	79	80	74	13	18	14	15
	10	54	51	52	52	0	0	0	0	41	23	29	31	12	19	15	15
	30	47	24	17	29	0	15	18	11	31	25	23	26	24	11	14	16
H14	0	154	89	1516	586	0	0	0	0	163	70	77	103	24	15	26	22
	10	27	21	33	27	0	0	0	0	26	15	27	23	7	10	5	7
	30	18	18	20	19	31	9	18	19	12	18	18	16	4	15	17	12
H15	0	69	64	155	96	0	0	0	0	86	90	96	91	19	15	2	12
	10	17	22	22	20	18	12	12	14	19	29	25	24	22	20	7	16
	30	22	13	18	18	13	22	31	22	44	24	13	27	25	17	17	20
H16	0	31	50	65	49	0	0	0	0	67	154	374	198	19	28	20	22
	10	24	20	21	22	0	0	0	0	32	41	36	36	19	10	16	15
	30	16	15	15	15	24	16	18	19	36	39	29	35	29	9	9	16
H17	0	24	40	74	46	19	2	0	7	12	39	109	53	23	17	29	23
	10	30	19	19	23	19	0	24	14	17	27	20	21	13	0	24	12
	30	23	19	20	21	20	24	22	22	22	19	22	21	8	9	13	10
H18	0	122	143	124	130	0	0	12	4	106	130	130	122	4	18	8	10
	10	253	51	28	111	0	8	15	8	26	17	12	18	14	13	10	12
	30	19	28	19	22	25	9	14	16	13	21	15	16	17	19	17	18

LIITE 5(2).

Haulikkoradan pitoisuudet

mg/kg		Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb			ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
H19	0	1004	147	99	417	0	0	9	3	63	57	45	55	6	18	27	17
	10	24	23	25	24	0	0	0	0	23	20	16	20	8	6	0	5
	30	25	24	20	23	0	0	0	0	18	17	14	16	15	7	4	9
H20	0	163	221	1708	697	0	26	15	14	85	36	55	59	5	15	35	18
	10	15	20	26	20	17	0	0	6	26	37	30	31	9	13	0	7
	30	26	30	21	26	0	0	0	0	28	35	39	34	0	18	13	10
H21	0	4112	2036	7661	4603	0	0	0	0	128	28	40	65	16	14	18	16
	10	26	22	22	23	16	18	16	17	26	15	12	18	21	14	10	15
	30	25	33	20	26	18	3	22	14	8	11	16	12	2	9	14	8
H22	0	32000	48600	8224	29608	24	21	33	26	108	11	91	70	15	30	13	19
	10	27	82	193	101	0	0	0	0	19	16	36	24	15	8	29	17
	30	27	27	28	27	23	21	25	23	16	15	14	15	13	15	8	12
H23	0	3926	323	7972	4074	0	0	0	0	94	160	55	103	9	13	19	14
	10	27	126	57	70	1	4	20	8	26	15	25	22	12	20	17	16
	30	15	27	21	21	23	22	1	15	31	36	29	32	17	11	22	17
H24	0	158	1592	62	604	0	0	0	0	66	90	35	64	0	15	8	8
	10	35	24	41	33	1	5	9	5	37	30	18	28	19	15	15	16
	30	26	22	24	24	0	0	0	0	29	29	23	27	12	4	6	7
H25	0	56	69	81	69	0	0	0	0	52	67	100	73	5	11	40	19
	10	27	26	27	27	0	0	0	0	13	17	14	15	10	2	7	6
	30	25	18	19	21	21	16	12	16	12	23	21	19	13	14	14	14
H26	0	44	63	51	53	0	19	0	6	52	21	52	42	2	14	4	7
	10	27	28	23	26	4	18	28	17	26	25	16	22	20	17	18	18
	30	21	25	19	22	0	0	0	0	15	17	12	15	0	3	7	3
H27	0	151	757	79	329	0	0	0	0	33	38	27	33	6	8	0	5
	10	38	45	53	45	0	0	0	0	31	14	17	21	2	0	10	4
	30	20	17	19	19	27	25	34	29	10	11	12	11	8	0	10	6
H28	0	64	116	123	101	0	0	0	0	41	38	54	44	16	2	13	10
	10	21	26	26	24	0	0	0	0	33	25	7	22	11	4	8	8
	30	28	28	18	25	0	0	0	0	15	15	16	15	6	9	14	10
H29	0	3247	22100	2760	9369	0	0	0	0	93	136	89	106	18	32	34	28
	10	60	76	56	64	9	0	0	3	24	15	22	20	11	35	34	27
	30	90	50	24	55	0	0	0	0	7	5	5	6	23	57	57	46
H30	0	31000	10600	6293	15964	87	110	0	66	40	35	62	46	0	0	0	0
	10	1216	308	920	815	0	0	0	0	23	36	32	30	6	7	16	10
	30	1498	88	99	562	0	0	0	0	21	5	13	13	14	14	6	11
H31	0	2735	3786	3719	3413	0	0	0	0	66	78	52	65	1	22	0	8
	10	22	52	46	40	0	0	0	0	5	8	7	7	18	11	13	14
	30	159	36	86	94	0	0	0	0	6	0	5	4	10	1	4	5
H32	0	343	103	174	207	0	8	17	8	64	35	28	42	18	7	6	10
	10	26	23	25	25	0	0	0	0	25	20	15	20	0	1	3	1
	30	28	24	22	25	0	0	0	0	18	18	16	17	9	5	10	8

LIITE 5(3).

Haulikkoradan pitoisuudet

mg/kg		Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb			ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
H35	0	312	301	320	311	0	0	0	0	41	41	35	39	10	8	0	6
	10	49	282	225	185	0	0	0	0	16	20	16	17	25	19	9	18
	30	34	45	19	33	9	0	0	3	20	14	5	13	16	19	2	12
H36	0	233	302	334	290	0	0	0	0	34	23	36	31	6	15	17	13
	10	18	51	36	35	0	0	0	0	5	10	20	12	15	20	7	14
	30	13	13	21	16	14	0	0	5	3	16	11	10	12	4	18	11
H37	0	126	80	162	123	0	0	0	0	28	19	16	21	7	4	6	6
	10	45	69	76	63	0	0	0	0	20	19	16	18	0	4	0	1
	30	47	67	27	47	0	0	0	0	31	33	7	24	25	0	0	8
H38	0	59	56	41	52	0	12	13	8	57	26	20	34	25	12	28	22
	10	51	44	121	72	0	0	0	0	26	41	21	29	13	5	20	13
	30	21	21	21	21	0	0	0	0	20	9	14	14	19	0	17	12
H39	0	2919	7573	2776	4423	0	0	0	0	98	134	168	133	13	22	29	21
	10	83	82	23	63	0	0	0	0	52	72	33	52	26	29	2	19
	30	42	72	68	61	13	0	0	4	25	75	3	34	6	2	0	3
H40	0	186	131	139	152	0	0		0	32	29	31	31	5	11	0	5
	10	86	62	458	202	0	15	0	5	201	18	17	79	0	12	9	7
	30	39	56	45	47	0	0	0	0	9	17	18	15	7	5	2	5

Sedimenttinäytteet

mg/kg	Lyijy, Pb			ka	Antimoni, Sb			ka	Sinkki, Zn			ka	Kupari, Cu			ka
Sylä	22	20	22	21	0	0	0	0	37	32	22	30	7	14	10	10
Sala	31	30	23	28	0	0	0	0	14	20	23	19	55	7	8	23

PAH-yhdisteiden pitoisuudet

Yhdiste	38 Pinta Keskiarvo [mg/kg]	38, 30-cm sy- vyys [mg/kg]	38 Oja [mg/kg]
Naphtalene -D8	0,657	0,664	0,637
Naphtalene	0,178	0,186	0,000
Acenaphthylene	0,171	0,159	322,379
Acenaphthene -D10	0,657	0,664	0,637
Acenaphthene	0,255	0,000	0,000
Fluorene	0,378	0,133	4,831
Phenanthrene -D10	0,657	0,664	0,664
Phenanthrene	0,261	0,133	16,571
Anthracene	0,280	0,120	22,716
Fluoranthene	0,133	0,120	23,187
Pyrene	0,319	0,133	19,197
Benzo (a) anthracene	0,697	0,133	16,699
Chrysene -D12	0,657	0,664	0,000
Chrysene	0,157	0,120	0,000
Benzo (b) fluorant- hene	0,281	0,133	0,000
Benzo (k) fluorant- hene	0,151	0,120	0,000
Benzo (a) pyrene	0,213	0,133	0,000
Perylene -D12	0,657	0,664	0,637
Indeno (1,2,3,c,d) py- rene	2,089	0,159	1,759
Dibenzo (a,h) anthra- cene	0,171	0,159	0,892
Benzo (g,h,i) perylene	0,462	0,252	0,969

Ryhmä A (Chaurand ym. 2015)

PAH-yhdisteiden pitoisuudet

Yhdiste	Pinta [mg/kg]	20 cm [mg/kg]	Oja 10 cm [mg/kg]
Naphtalene	0,2	0,2	0,2
Acenaphthylene	0,2	0,2	0,2
Acenaphthene	0,3	3,4	4,5
Fluorene	0,2	10	0,3
Phenanthrene	0,2	6,3	4
Anthracene	0,2	0,4	0,3
Fluoranthene	0,6	54,8	0,3
Pyrene	0,5	50,5	0
Benzo(a)anthracene	0,7	49,5	14,8
Chrysene	0,2	5,6	1,6
Benzo(b)fluoranthene	0,5	31,7	9,3
Benzo(k)fluoranthene	0,3	32,4	2,2
Benzo(a)pyrene	0	45,3	0
Indeno(1,2,3,c,d)pyrene	4,3	48,1	18,6
Dibenzo(a,h)anthracene	1,8	11,6	7,7
benzo(g,h,i)perylene	3,4	1	14,5

Ryhmä B (Leino ym. 2015)