

Karoliina Junnola

**YMPÄRISTÖLUVAN MUKAINEN  
VELVOITETARKKAILU**  
Anttolan ampumarata, Mikkeli

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Ympäristötekniikan koulutus

2021



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	insinööri (AMK)
Tekijä	Karoliina Junnola
Työn nimi	Ympäristöluvan mukainen velvoitetarkkailu: Case Anttolan ampumarata, Mikkeli
Toimeksiantaja	Anttolan riistanhoitoyhdistys
Vuosi	2021
Sivut	35 sivua, liitteitä 5 sivua
Työn ohjaaja	Marjatta Lehesvaara

## TIIVISTELMÄ

Mikkelissä sijaitseva Anttolan ampumarata on perustettu vuonna 1977. Anttolan ampumaradan merkittävin ympäristöriski on ampumaradan lähistöllä sijaitsevan Halmelammen vesialueelle leviävät haulit ja niiden sisältämät metallit. Anttolan ampumaradalle myönnettiin ympäristönsuojelulain (527/2014) mukainen ympäristölupa vuonna 2017. Tässä opinnäytetyössä tehtiin Anttolan ampumaradan ympäristöluvan mukainen velvoitetarkkailu Mikkelin Anttolassa sijaitsevan Halmelammen pintavedestä.

Pintavesinäytteet analysoitiin ALS Finland Oy:n laboratoriossa analyysitulosten perusteella selvitettiin, ovatko Halmelammen pintavedestä analysoitujen metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) pitoisuudet valtioneuvoston asetuksessa (Valtioneuvoston asetus 1022/2006) annettujen ympäristölaatu normien mukaiset. Lisäksi selvitettiin ovatko Halmelammesta analysoitujen metallien (Pb, Sb, As, Cu, Zn) pitoisuudet muuttuneet merkittävästi vuosien 2016–2021 aikana. Selvitys tehtiin vertailemalla vuoden 2021 analyysituloksia Ramboll Finland Oy:n vuonna 2016 tekemään Anttolan ampumaradan ympäristötekniseen tutkimukseen.

Halmelammen pintavedestä havaittiin kaikkia analysoituja metalleja (Pb, Sb, As, Cu, Zn, Ni, Hg, Co, V, Cd, Cr). Lyijyn, nikkelin, elohopean ja kadmiumin pitoisuudet eivät ylittäneet niille asetettuja ympäristölaatu normeja (Valtioneuvoston asetus 1022/2006). Lyijyn, antimonin, arseenin, kuparin ja sinkin pitoisuudet Halmelammen pintavedessä eivät olleet muuttuneet merkittävästi vuosien 2016–2021 aikana. Osa metalleista on kertyviä, joten niiden pitoisuudet tulevat todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa. Tarvitaan siis jatkuvaa ja pitkän aikavälin seurantaa Anttolan ampumaradan vaikutuksista Halmelampeen ja sen pintaveteen.

**Asiasanat:** ampumarata, ympäristölupa, ympäristölaatu normi, pintavesi, metalli

Degree	Bachelor of Engineering
Author	Karoliina Junnola
Thesis title	Monitoring required by the environmental permit – shooting range of Anttola
Commissioned by	Anttola gamekeepers association
Time	November 2021
Pages	35 pages, 5 pages of appendices
Supervisor	Marjatta Lehesvaara

## ABSTRACT

The shooting range of Anttola in Mikkeli was established in 1977. The most significant environmental risk of the shooting range of Anttola is the shots from the shotgun range to the water area of Halmelampi located near the shooting range. The shooting range of Anttola have an environmental permit in accordance with the Environmental Protection Act (527/2014). The shooting range of Anttola was granted an environmental permit in 2017. The objective of the thesis was to monitor of Halmelampi in accordance with the environmental permit.

Surface water samples were analyzed in ALS Finland Oy's laboratory. The analysis results were used to study if the concentrations of the metals under study complied with the environmental quality standards of Regulation (1022/2006). In addition, it was investigated whether the concentrations of metals (Pb, Sb, As, Cu, Zn) analyzed from Halmelampi changed significantly during 2016–2021 by comparing the 2021 analysis results with the environmental technical study carried out by Ramboll Finland Oy in 2016.

All analyzed metals (Pb, Sb, As, Cu, Zn, Ni, Hg, Co, V, Cd, Cr) were observed in the surface water of Halmelampi. Concentrations of lead, nickel, mercury and cadmium did not exceed the environmental quality standards (1022/2006). Concentrations of lead, antimony, arsenic, copper and zinc in the surface water of Halmelampi had not changed significantly during 2016–2021. Some of the metals are cumulative, so their concentrations will increase probably in the future. There is therefore a need for continuous and long-term monitoring of the effects of the shooting range of Anttola on the surface water of Halmelampi.

**Keywords:** shooting range, environmental permit, environmental quality standard, surface water, metal

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TYÖN TAUSTA.....	6
2.1	Anttolan ampumarata .....	6
2.2	Halmelampi.....	8
2.3	Ympäristötekniinen tutkimus, Ramboll Finland Oy .....	9
2.4	Anttolan ampumaradan ympäristölupa .....	11
2.5	Vaarallisten ja haitallisten aineiden ympäristölaatu-normi.....	13
3	AMPUMARATATOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET .....	15
3.1	Luotien ja haulien sisältämät metallit .....	15
3.2	Muut haitalliset metallit pintavedessä ja sedimentissä.....	17
3.3	Metallien kulkeutumiseen vaikuttavat tekijät .....	18
4	AINEISTOT JA MENETELMÄT .....	20
4.1	Näytteenotto Halmelammesta .....	20
4.2	Laboratorioanalyysit ja tulosten käsittely .....	22
5	TULOKSET.....	23
5.1	Velvoitetarkkailun tulokset .....	23
5.2	Muut analyysitulokset .....	26
6	TULOSTEN TARKASTELU .....	29
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	31

## LIITTEET

Liite 1. Halmelampi, näytteenottopisteet 2021

Liite 2. Ramboll Finland Oy, ympäristötekniisen tutkimuksen tulokset 2016

Liite 3. Anttolan ampumarata, haulikkoradan leviämismalli

Liite 4. Metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) ympäristölaatu-normit sisämaan pintave-sissä

Liite 5. Metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) luontaiset taustapitoisuudet sisämaan pinta-vesissä

## 1 JOHDANTO

Suomessa on arviolta 800 toiminnassa olevaa ulkona sijaitsevaa ampumarataa, joita ylläpitävät pääasiassa metsästys-, harrastus- ja urheiluseurat. Suurin osa ampumaradoista on perustettu 1960–1980-luvuilla, jolloin tieto ampumaratatoiminnan ympäristövaikutuksista oli vähäistä eikä ratarakenteita suunniteltu ympäristönäkökulmia huomioiden. Kaavoituksen ja uudistuneen ympäristölainsäädännön myötä merkittävä osa vanhoista ampumaradoista sijaitsee tänä päivänä lähellä asutusta tai arvokkaita luontokohteita, joten vanhoista ampumaradoista voi aiheutua merkittäviä ympäristöhaittoja. Ampumaradoilla käytettävät luodit ja haulit sisältävät metalleja, kuten lyijyä (Pb), kuparia (Cu) ja kadmiumia (Cd), jotka ovat ympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita. Metallit eivät aiheuta välitöntä ympäristöriskiä, mutta ne voivat kulkeutua vuosikymmenten aikana esimerkiksi sadeveden mukana pinta- tai pohjavesistöihin, jolloin ympäristöriskit voivat olla merkittäviä. Ampumaratojen ympäristöriskejä on alettu ehkäistä uudistuneen ympäristölainsäädännön avulla. Ympäristöriskien ennaltaehkäisyllä pyritään estämään uusien ympäristöriskien syntyminen ja mahdollistamaan ampumaratatoiminnan jatkuminen ympäristölle ja ihmisille kestäväällä tavalla. (Ympäristöministeriö 2012, 10.)

Tässä opinnäytetyössä tehtiin Mikkelissä sijaitsevan Anttolan ampumaradan ympäristöluvan mukainen velvoitetarkkailu ampumaradan lähistöllä sijaitsevasta Halmelammesta. Velvoitetarkkailu tehtiin Anttolan ampumaradan ympäristöluvan lupaehtojen mukaisesti Halmelammen pintavedestä vuonna 2021 toukokuussa ja elokuussa. Pintavesinäytteet analysoitiin ALS Finland Oy:n ulkopuolisessa laboratorioissa. Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä oli kvantitatiivisessa eli määrällinen, joten velvoitetarkkailun vaatimien pintavesinäytteiden lisäksi Halmelammen pintavedestä ja pohjasedimentistä otettiin ylimääräisiä näytteitä laajemman aineiston keräämiseksi. Ylimääräiset pintavesi- ja pohjasedimenttinäytteet analysoitiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksella.

Halmelammen pintavesinäytteiden analyysituloksia verrattiin valtioneuvoston asetuksen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (Valtioneuvoston asetus 1022/2006) mukaisiin ympäristölaatunormeihin. Lisäksi pinta- ja pohjavesinäytteiden analyysituloksia verrattiin vuonna 2016 Ramboll Finland

Oy:n laatimaan Anttolan ampumaradan ympäristötekni- sen selvityksen tulok- siin. Vertailun perusteella selvitetiin, ylittävätkö Halmelammen pintavedestä analysoitujen lyijyn (Pb), nikkelin (Ni), elohopean (Hg), tai kadmiumin (Cd) pi- toisuudet niille asetetut ympäristölaatu- normit (Valtioneuvoston asetus 1022/2006). Lisäksi selvitetiin, ovatko Halmelammesta edellä mainittujen me- tallien (Pb, Ni, Hg, Cd), antimonin (Sb), arseeni (As), kuparin, Cu), sinkin (Zn), koboltin (Co), vanadiinin (V) tai kromin (Cr) pitoisuudet muuttuneet merkittä- västi vuosien 2016–2021 aikana. Lopuksi tehtiin arvio Anttolan ampumaradan vaikutuksesta Halmelammen pintaveden ja pohjasedimentin tilaan. Laborato- rioanalyysien tulokset ja valmis opinnäytetyö luovutetaan Anttolan riistanhoi- toyhdistyksen käyttöön, joka on tämän opinnäytetyön tilaaja.

## 2 TYÖN TAUSTA

Ampumaratoja tarvitaan, jotta metsästys-, harrastus- ja urheiluseurat sekä vi- ranomaiset voivat harjoitella ja kehittää ampumataitojaan valvotusti sille tarkoi- tetulla ja suunnitellulla alueella (Ympäristöministeriö 2012, 8). Ampumaratalain (763/2015) 3. §:n 1 momentin mukaan ”ampumaradalla tarkoitetaan sisällä olevaa tilaa tai ulkona olevaa aluetta, joka on ampuma-aseella maaliin ampu- mista varten”. Ampumaradat luokitellaan vähäisiin ampumaratoihin (alle 10 000 laukausta vuodessa), ampumaratoihin (10 000–300 000 laukausta vuodessa) ja ampumaurheilukeskuksiin (yli 300 000 laukausta vuodessa) (Ampumaratalaki 763/2015, 3 §). Uudistuneen ympäristönsuojelulain (527/2014) 27. §:n 1 momentin mukaan ulkona sijaitseva ampumarata, jossa ammutaan yli 10 000 laukausta vuodessa, on ympäristön pilaantumisen vaa- raa aiheuttavaa toimintaa, jolta vaaditaan ympäristölupa (Ympäristönsuojelu- laki 27.6.2014/527, 27. §).

### 2.1 Anttolan ampumarata

Anttolan ampumarata sijaitsee Mikkelin Anttolassa (kuva 1) ja se on ollut toi- minnassa vuodesta 1977. Anttolan ampumaradan omistaa ja sen toiminnasta sekä ylläpidosta vastaa Anttolan Riistanhoitoyhdistys ry. (Mikkelin seudun ym- päristölautakunta 2017, 1.) Anttolan riistanhoitoyhdistys on pieni pääasiassa pienriistan- ja hirvenmetsästystä harjoittava seura (Etelä-Anttolan Erä Ry, s.a.). Ampumaradan etäisyys Anttolan keskustajamaan on noin kaksi kilo- metriä. Lähimmät asuin- ja vapaa-ajankiinteistöt sijaitsevat noin 560 metrin

päässä ampumaradasta. Anttolan ampumarata ei sijaitse pohjavesialueella, ja lähin pohjavesialue on yli kymmenen kilometrin etäisyydellä ampumaradasta. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 1–2.) Anttolan ampumarata ei sijaitse virkistysalueella (Etelä-Savon maakuntaliitto 2016, 16).



Kuva 1. Anttolan ampumarata sijaitsee noin 30 kilometrin päässä Mikkelin keskustasta (Google My Maps 2021a)

Anttolan ampumaradan pinta-ala on 1,4 ha ja ampumaradalla on yksi haulikkorata (skeet-rata) sekä yksi luotirata (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 1;3). Haulikkorata on puoliympyrän muotoinen rata, jossa ammutaan haulikolla heittimestä lentäviä savikiekkoja (Ympäristöministeriö 2012, 11). Anttolan ampumaradan luotiradalla on kaksi suoraa hirvikiväärirataa, joiden taustalla on noin 40 metriä korkea luonnonrinne taustavallina. Anttolan ampumaradan luotiradalla ei ole käytössä luotien talteenottojärjestelmää. Anttolan ampumaradalla ammutaan yhteensä 17 000 laukausta vuodessa. Laukausten määrä on 8 500 sekä haulikko- että luotiradalla. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 3.)

Anttolan ampumaradan perustamisaikana tietoisuus ampumaratatoiminnan ympäristövaikutuksista oli vähäistä, eikä ympäristölainsäädäntö vastannut nykyvaatimuksia (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 12). Vuonna 2016 Etelä-Savon maakuntaliitto laati ampumaratalain (763/2015) 12. §:n mukaisen ampumaratojen kehittämissuunnitelman, jonka mukaan kaikille toiminnassa oleville ampumaradoille tuli hakea ympäristönsuojelulain (527/2014) 27. §:n mukainen ympäristölupa (Etelä-Savon maakuntaliitto 2016, 18). Anttolan riis-tanhoitoyhdistys haki keväällä 2016 Anttolan ampumaradalle ensimmäistä

ympäristölupaa ja se myönnettiin vuonna 2017 (luku 2.4) (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 2;7).

## 2.2 Halmelampi

Halmelampi on pieni järvi, joka on osa Vuoksi -päävesistöä. Halmelammen pinta-ala on noin 4,01 ha ja lammen syvyys on 13 metriä. (Suomen ympäristökeskus, s.a.; Suomen ympäristökeskus 2011.) Halmelampi sijaitsee noin 160 metrin etäisyydellä Anttolan ampumaradasta (kuva 2). Anttolan ampumaradalla muodostuvien pinta- ja pohjavedet valuvat kohti Halmelampea. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 2.)



Kuva 2. Anttolan ampumarata sijaitsee noin 150 metrin etäisyydellä Halmelammesta. (Google MyMaps 2021b; Maanmittauslaitos s.a.)

Halmelammesta on tehty vuonna 1991 yksi pintavesinäytteenotto, jonka tiedot on tallennettu Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) hallinnoimaan ympäristötiedon hallintajärjestelmä Herttaan (Suomen ympäristökeskus s.a.). Kooste Hertta-tietokantaan tallennetuista analyysituloksista on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kooste Hertta-tietokantaan tallennetun pintavesinäytteenoton (3.1.1991) analyysituloksista (Suomen ympäristökeskus s.a.)

Suure	1 m	5 m	10 m	12 m	ka.
Sähkönjohtavuus (mS/m)	3,3	3,1	3,9	5,4	3,93
pH	5,8	5,8	5,9	6,3	5,95
Väiriluku (mg Pt/l)	60	70	160	200	123
Kemiallinen hapenkulutus COD <sub>Mn</sub> (mg/l)	8,4	8,5	14	21	13

Vuonna 1991 Halmelammen pintavesi oli hapanta ja se oli väriltään tummaa. Sisämaan pintavedet luokitellaan väriluvun perusteella vähähumuksisiin järviin ( $\text{mg Pt/l} \leq 30$ ), humusjärviin ( $\text{mg Pt/l} 30\text{--}90$ ) ja runsashumuksisiin järviin ( $\text{mg Pt/l} \geq 90$ ) (Valtioneuvoston asetus 1308/2015, liite 1 kohta C). Vuoden 1991 väriluvun keskiarvon perusteella Halmelampi luokitellaan runsashumuksiseksi järveksi. Humus on osittain hajonnutta orgaanista, eli eloperäistä aineista, jota kulkeutuu valumaveden mukana maalta vesistöihin. Humusta muodostuu myös vesikasvillisuuden hajoamisesta. (Luonnontila 2013.) Vedessä olevan orgaanisen aineksen määrää kuvaa väriluvun lisäksi veden kemiallinen hapenkulutus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ), eli eloperäisen kemiallisesti hapettuvan aineksen määrä. Aiemmin kemiallista hapenkulutusta kuvasi permanganaattiluku ( $\text{KMnO}_4$ -luku). Halmelammen kemiallinen hapenkulutus oli vuonna 1991 humusjärville tyypillisellä tasolla (10–20 mg/l). Humuspitoisuus lisää kuitenkin veden happamuutta ja tumman värin takia vesi läpäisee vähän valoa, mikä vaikuttavat yhteyttävän eli happea tuottavan kerroksen paksuuteen sekä vedessä olevien planktonien ja lajien määrään. (Luonnontila 2013; Oravainen 1991, 12.) Maaperässä olevaan humukseen voi myös sitoutua haitta-aineita ja niiden päätyminen humuksen mukana vesistöön voi aiheuttaa ympäristöriskin (luku 3.1). Halmelammen sähkönjohtavuus (mS/m) oli vuonna 1991 alhainen, eli se sisälsi vain vähän suoloja kuten natriumia (Na) tai kalsiumia (Ca) (Oravainen 1999, 10;15).

### **2.3 Ympäristötekniinen tutkimus, Ramboll Finland Oy**

Vuonna 2016 Anttolan riistanhoitoyhdistys haki Anttolan ampumaradalle ensimmäistä ympäristönsuojelulain (527/2014) 27. §:n mukaista ympäristölupaa Mikkelin seudun ympäristölautakunnalta (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 1). Ympäristölupahakemusta varten Mikkelin seudun ympäristölautakunta edellytti Anttolan riistanhoitoyhdistykseltä ympäristötekniistä tutkimusta Anttolan ampumaradan maaperän ja Halmelammen pintaveden sekä pohjasedimentin tilasta. Anttolan riistanhoitoyhdistyksen toimeksiannosta Ramboll Finland Oy teki ympäristötekniiseen tutkimukseen liittyvät näytteenotot 28.9.2016 Halmelammen pintavedestä ja pohjasedimentistä sekä ampumaradan luoti- ja haulikkoratojen maaperästä. Pintavesinäytteet otettiin Halmelampeen tulevasta ja lähtevästä ojasta ja näytteistä analysoitiin lyijyn (Pb), antimoinin (Sb), arseenin (As), kuparin (Cu) ja sinkin (Zn) kokonaispitoisuudet

sekä liukoiset pitoisuudet. Pohjasedimenttinäytteet otettiin 14 näytepisteestä Halmelammen vesialueelta, jotka yhdistettiin kokoomanäytteeksi. Pohjasedimentistä analysoitiin lyijyn (Pb), antimonin (Sb), arseenin (As), kuparin (Cu) ja sinkin (Zn) kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet. (Ramboll Finland Oy 2016, 3–4.) Ramboll Finland Oy:n ympäristötekni­sen tutkimuksen pintavesi- ja pohjasedimenttinäytteiden analyysitulokset on esitetty liitteessä 2.

Ramboll Finland Oy:n laatima ympäristötekni­nen tutkimus sisälsi Anttolan ampumaradan haulikkoradan leviämismallin (liite 3), joka kuvaa radalla ammuttujen haulien aiheuttamaa maaperän metallikuormitusta silloin kun haulien lentorataa ei ole rajoitettu. Leviämismallin mukaan haulikkoradalta leviää hauleja noin 150° sektorissa noin 200 metrin etäisyydelle ampumapaikasta. Ramboll Finland Oy:n arvion mukaan Anttolan ampumaradan haulikkoradalla on lyijyllä voimakkaasti pilaantunutta pintamaata noin 100–150 metrin etäisyydellä ampumapaikasta noin 1,6 hehtaarin alueella. Haulien leviämisalueen kokonaispinta-ala on n. 5,2 ha, josta n. 0,1 ha on Halmelammen vesistöalueella. Haulikkoradan ympäristön maanpinta laskee noin 35 metriä 150 metrin matkalla kohti Halmelampea, joten Ramboll Finland Oy arvioi haulien todellisen leviämisalueen olevan leviämismallia laajempi. Haulien putoamisalueella kasvavan puuston arvioidaan kuitenkin rajoittavan haulien päätymistä Halmelampeen. Haulikkoradalla muodostuvat pintavedet imeytyvät maaperään, joten haulien sisältämät metallit voivat kulkeutua pitkällä aikavälillä vajoveden välityksellä kohti Halmelampea. Vuonna 2016 Halmelammen pintavesinäytteistä ei havaittu Anttolan ampumaradan vaikutusta, vaikka osa hauleista saattaa pudota Halmelammen vesialueelle. (Ramboll Finland Oy 2016, 7;9.)

Vuonna 2016 Halmelammen pohjasedimentin kokoomanäytteessä todettiin kohonneita pitoisuuksia tutkittuja metalleja (Ramboll Finland Oy 2016, 9). Ramboll Finland Oy on verrannut sedimenttinäytteenoton tuloksia valtioneuvoston asetuksen maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (Valtioneuvoston asetus 214/2007) mukaisiin kynnysarvoihin, mutta ns. PIMA asetuksen (214/2007) 1. §:n mukaan ”asetusta ei sovelleta vesistön pohjakerrostumien pilaantuneisuuden arviointiin”. Halmelampeen tulevasta ojasta otettujen näytteiden lyijyn, arseenin ja sinkin laboratorioanalyysien määrittämisrajat ylittyivät, mutta Ramboll Finland Oy:n arvion mukaan ylitykset eivät johdu ampumaratatoiminnasta, sillä Halmelampeen tuleva oja on Anttolan

ampumaradan haulikko- ja luotiradan leviämisalueen ulkopuolella. Luotiradan taustavallin pintamaasta todettiin voimakkaasti lyijyllä pilaantunutta pinta- maata, mutta Ramboll Finland Oy arvioi lyijyn kulkeutumisen olevan vähäistä. (Ramboll Finland Oy 2016, 9.)

## **2.4 Anttolan ampumaradan ympäristölupa**

Vuonna 2017 Mikkelin seudun ympäristölautakunta myönsi Anttolan ampumaradalle ympäristönsuojelulain (527/2014) 27. §:n mukaisen ympäristöluvan. Toistaiseksi voimassa oleva ympäristölupa edellyttää ympäristöluvassa asetettujen lupamääräysten noudattamista, joita on mm. pintaveden velvoitetarkkailu. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 9.) Pintavedellä tarkoitetaan tässä yhteydessä vesilain (587/2011) 1. luvun 3 §:n 1. momentin 3. kohdan mukaista vesistöä, johon kuuluu mm. järvet, lammet, joet, purot ja muut luonnolliset vesialueet (Vesilaki 27.5.2011/587, 3 §). Pintaveden velvoitetarkkailu perustuu ympäristönsuojelulakiin (527/2006) sekä valtioneuvoston asetukseen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (Valtioneuvoston asetus 1022/2006). Pintaveden velvoitetarkkailulla halutaan ehkäistä ampumaratatoiminnan haittoja pintavesille ja maaperälle sekä valvoa, ettei ampumaratatoiminnasta aiheudu tulevaisuudessa vesistön pilaantumista. Anttolan ampumarata ei sijaitse pohjavesialueella ja haitta-aineiden kulkeutuminen pohjaveteen on arvioitu epätodennäköiseksi, joten ympäristöluvassa ei asetettu velvoitetarkkailua pohjavedelle. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 14.)

Anttolan ampumaradan ympäristöluvassa asetetun velvoitetarkkailun mukaan Halmelammen pintavesinäytteistä analysoidaan viiden vuoden välein lyijyn (Pb), antimonin (Sb), arseenin (As), kuparin (Cu), sinkin (Zn) ja nikkelin (Ni) kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet sekä veden pH-arvo ja sähkönjohtavuus. Yksittäisnäytteistä lasketaan jokaisen näytepisteen keskiarvopitoisuus, joita verrataan vesiympäristölle vaarallisille ja haitallisille aineille annettuihin ympäristölaatumormeihin (Valtioneuvoston asetus 1022/2006) (luku 2.5). Ympäristöluvan lupamääräyksissä edellytetään myös Anttolan riistanhoitoyhdistystä seuraamaan parhaan mahdollisen käyttökelpoisen tekniikan (BAT, Best Available Technology) kehittymistä ja hyödyntämistä toiminnassaan siten, että ampumaratatoiminnan päästöt ja ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman

vähäisiä (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 9–10). Ympäristönsuojelulain (527/2014) 8. §:n 1. momenttiin perustuvan lupamääräyksen tavoitteena on toiminnan jatkuminen harrastuspohjalta siten, että toiminnasta aiheutuvaa ympäristöriskiä ennaltaehkäistään helposti saatavilla menetelmillä siten, että loppukäyttäjään kohdistuva kustannus ei nouse merkittävästi. (Ympäristöministeriö 2014, 12). Anttolan ampumaradan ympäristöluvassa todetaan, että ampumaradan pilaantuneen maa-aineksen poisto luotiradan taustavallista ja haulikkoradan haulien putoamisalueelta aiheuttaisi huomattavat kustannukset toiminnalle, jota harjoitetaan ilman taloudellisen voiton tavoittelua. Ympäristölupapäätöksessä on pyritty vähentämään ampumaradan aiheuttamaa ympäristön pilaantumisen vaaraa ympäristövaikutusten seurannalla sekä jatkossa tehtävillä parannustoimilla, joiksi ehdotetaan esimerkiksi lyijyttömien haulien ja kivihiilitervattomien savikiekkojen käyttöä. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 10–13.)

Ympäristöluvan myöntämisen aikana lyijyhaulit on määritetty haulikkolajien lajisäännöissä ensisijaiseksi ammustyypiksi, joten ympäristöluvassa on veloitettu toiminnanharjoittaja seuraamaan lajisääntöjen mahdollisia muutoksia parhaan käyttökelpoisen tekniikan toteuttamiseksi. (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 13.) Voimassa olevien haulikkolajien sääntöjen mukaan haulien tulee olla lyijystä, lyijyseoksesta tai muusta Kansainvälisen ampumaurheiluliiton (International Shooting Sport Federation, ISSF) hyväksymästä aineesta valmistettuja (Suomen ampumaurheiluliitto 2020, 14). Voimassa olevien kiväärisääntöjen mukaan kivääreissä käytettävien patruunoiden on oltava lyijystä tai vastaavasta pehmeästä materiaalista valmistettuja (Suomen ampumaurheiluliitto 2017, 17). Lyijyhaulien käyttöön on kuitenkin tulossa Euroopan unionin laajuisia muutoksia, sillä vuonna 2020 Euroopan komissio asetti lyijyhaulien käyttörajoituksen kosteikoille osana kemikaalien rekisteröintiä, arviointia, rajoituksia ja lupamenettelyjä koskevaa REACH-asetusta (1907/2006) (REACH, Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Kielto astuu voimaan vuonna 2023 kaikissa EU:n jäsenmaissa. Lyijyhaulien käyttörajoitus koskee haulikolla tapahtuvaa metsästystä, haulien hallussapitoa ja urheiluammuntaa kosteikkoalueilla sekä 100 metrin säteellä alueesta. (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006, kohta M18.) REACH-asetuksessa kosteikko määritellään maailmanlaajuisen kosteikkoja suojelevan Ramsar-sopimuksen mukaan. Ramsar-sopimus määrittelee

kosteikoksi ”suo- ja vesialueet, jotka ovat luonnon tai ihmisen tekemiä, pysyviä tai väliaikaisia, seisovaa tai virtaavaa vettä, makeaa, suolaista tai murtovettä ja merialueita, joiden syvyys on laskuveden aikana enintään 6 metriä”. (Ympäristöministeriö 2016, 7.)

## **2.5 Vaarallisten ja haitallisten aineiden ympäristölaatonormi**

Anttolan ampumaradan ympäristöluvan mukaan Halmelammen pintavesinäytteiden analyysituloksia vesiympäristölle vaarallisille ja haitallisille aineille annettuihin ympäristölaatonormeihin (Valtioneuvoston asetus 1022/2006). Valtioneuvoston asetuksessa (1022/2006) säädetään pintavesien laadun parantamisesta ja asetuksen tavoitteena on suojella pintavesiä sekä parantaa niiden laatua lopettamalla kerralla tai vaiheittain vesiympäristölle vaarallisten aineiden päästöt ja huuhtoumat pintavesiin (Ympäristöministeriö 2018, 18). Asetukseen on tehty useita muutoksia sen voimaantulon jälkeen, joista viimeisin vuonna 2015 voimaan tullut valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta (Valtioneuvoston asetus 1308/2015), jossa tiukennettiin vaarallisille ja haitallisille aineille asetettuja ympäristölaatonormeja. Ympäristölaatonormit toimivat ympäristölupapäätösten reunaehtoina lupien päästötasoja määritettäessä (Ympäristöministeriö 2012, 77). Euroopan unionin tai Suomen kansallisella tasolla ei ole asetettu pohjasedimentin pilaantuneisuuden arviointiin ympäristölaatonormeja tai muita tarkkoja ohjearvoja (Ympäristöministeriö 2018, 33).

Ympäristölaatonormi, eli EQS-arvo (Environmental Quality Standard) tarkoitetaan sellaista vesiympäristölle vaarallisen tai haitallisen aineen pitoisuutta pintavedessä, sedimentissä tai eliössä, jota ei saa ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ylittää. Haitallisella aineella tarkoitetaan valtioneuvoston asetuksessa (1308/2015) lueteltuja aineita, jota ei ole vahvistettu vaaralliseksi aineeksi ja joka voi aiheuttaa vesiympäristön pilaantumista. Vaarallinen aine on myrkyllinen, hitaasti hajoava ja eliöihin kertyvä aine, joka on yksilöity ja vahvistettu vaaralliseksi EU-tasolla. Ympäristölaatonormi annetaan yleensä vuoden keskiarvopitoisuutena (AA-EQS, Annual Average-EQS), jolloin jokaisesta näytteenottopisteestä mitatuista tuloksista lasketaan aritmeettinen keskiarvo, jota verrataan ympäristölaatonormiin. Ympäristölaatonormi

voidaan antaa myös aineen hetkellisenä suurimpana sallittuna enimmäispitoisuutena (MAC-EQS, Maximum Allowable Concentration-EQS), jos aineen pitoisuudet vaihtelevat esimerkiksi pulssimaisten päästöjen tai häiriötilanteiden takia. (Ympäristöministeriö 2018, 28–33.)

Ympäristölaatu­normi on annettu erikseen sisämaan pintavesille, merivesille ja muille pintavesille. Lyijylle, nikkelille, elohopealle ja kadmiumille asetetut ympäristölaatu­normit sisämaan pintavesissä on esitetty liitteessä 4. Lyijyn, nikkelin ja kadmiumin ympäristölaatu­normi määritetään vedestä ( $\mu\text{g/l}$ ). Eloho­pean ympäristölaatu­normi on määritetty ahvenelle ( $\text{mg/kg}$ ). Kadmiumin ja elohopean ympäristölaatu­normi on määritetty metallien liukoisille pitoisuuksille. Lyijyn ja nikkelin ympäristölaatu­normit on määritetty metallien biosaata­ville pitoisuuksille. Liukoiset ja biosaatavat pitoisuudet määritetään  $0,45 \mu\text{m}$ :n suodattimella tai muun vastaavan esikäsitteilyn avulla suodatetusta vesinäyt­teestä. (Valtioneuvoston asetus 1308/2015, liite 1 kohta C.) Liukoisia pitoi­suuksia käytetään ympäristölaatu­normien vertailuarvoina. Biosaatavaa ympäristölaatu­normia voidaan verrata metallin liukoiseen tai kokonaispitoisuu­teen, koska biosaatava pitoisuus on aina korkeintaan yhtä suuri kuin liukoinen tai kokonaispitoisuus. (Ympäristöministeriö 2018, 33–34.) Kokonaispitoisuus tarkoittaa aineen pitoisuutta suodattamattomassa näytteessä. Kokonaispitoi­suus kuvaa metallien kulkeutumistapaa kohteessa ja tuloksia voidaan käyttää sedimenttiin kohdistuvan kuormituksen arvioinnissa. Sedimenttinäytteistä saa­daan vaikutusalueen laajuus selville ja se kuvastaa kuinka laajalle alueelle haitta-aineet kulkeutuvat kiintoaineksen mukana. (Ympäristöministeriö 2014, 260–261.)

Ympäristölaatu­normien käytössä voidaan huomioida metallien luontainen taustapitoisuus lisäämällä taustapitoisuuden arvo ympäristölaatu­normin ar­voon. Metallien luontainen taustapitoisuus tarkoittaa metallin pitoisuutta maa­perässä, pinta- tai pohjavedessä, joka on suurentunut vain vähäisessä määrin ihmistoiminnan vaikutuksesta. (Ympäristöministeriö 2018, 34.) Suomen ympä­ristökeskuksen raportissa ”Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä – ehdotus laatu­normidirektiivin toimeenpa­nosta” (2010) selvitettiin pohjoismaisen järvikartoituksen tulosten perusteella kadmiumin, nikkelin ja lyijyn taustapitoisuuksia pintavesissä. Suomen järvissä ei todettu edellä mainittujen metallien taustapitoisuuksien ylittävän niille

asetettuja ympäristölaatu normeja. Elohopea ei sisällynyt järvikartoituksen seurantoihin, mutta elohopeapitoisuuksien todettiin olevan humusjärvissä korkeampia kuin vähähumuksisissa järvissä. Siitä huolimatta elohopean ympäristölaatu normin ylityksen todettiin olevan epätodennäköistä. (Suomen ympäristökeskus 2010, 9–16.) Metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) luontaiset taustapitoisuudet on esitetty liitteessä 5.

### **3 AMPUMARATATOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET**

Ampumaratatoiminnan keskeisimmät ympäristövaikutukset liittyvät melun lisäksi maaperän, pohja- ja pintaveden laadun heikkenemiseen. Ampumaradoilla käytettävät luodit ja haulit sisältävät ympäristölle haitallisia metalleja, jotka altistuvat maaperässä kemiallisille reaktioille. Ampumaradan maaperään kertyneistä metalleista ei yleensä aiheudu akuutteja tai lyhyen aikavälin ympäristöriskejä, mutta metallien kulkeutuminen esimerkiksi pintavalunnan mukana vesistöihin voi aiheuttaa laaja-alaisen ympäristöriskin jopa vuosikymmenten jälkeen. (Ympäristöministeriö 2012, 20; 22–23; 25.)

#### **3.1 Luotien ja haulien sisältämät metallit**

Ampumaradoilla käytettävät luodit ja haulit sisältävät ympäristölle haitallisia metalleja, kuten lyijyä, kuparia, antimonia ja sinkkiä. Kiväärilajeissa käytetään luoteja, joiden kokonaismassasta on lyijyä n. 89 %, kuparia n. 9 %, antimonia n. 1 % ja sinkkiä n. 1 %. Luotivaippa on kuparin ja sinkin messinkiseos, mutta ennen 50-lukua luotivaippa sisälsi myös nikkeliä, joten vanhojen ampumaratojen maaperässä voi esiintyä yhä nikkeliä. Haulikkolajeissa ammutaan lentäviä savikiekkoja patruunoilla, jotka koostuvat sadoista hauleista. Haulit sisältävät lyijyä n. 97 %, antimonia n. 1–3 % ja arseenia 0,1–0,5 %. Haulit voivat sisältää myös pieniä määriä kuparia, sinkkiä tai nikkeliä. Savikiekkot sisältävät kalsiittia n. 70 % ja kivihiilitervaa n. 20–40 %. Kalsiitti on yleinen luonnossa esiintyvä mineraali, mutta kivihiiliterva sisältää PAH-yhdisteitä (polysyklisiä aromaattisia hiilivetyjä), kuten bentso(b)fluoranteenia, bentso(a)pyreeniä sekä kryseeniä. Savikiekkojen massasta on n. 0,2 % PAH-yhdisteitä, mutta niiden leviäminen maaperään tai vesistöön on vähäistä sillä ne ovat sitoutuneet savikiekkon kalkkikivipohjaan ja ne heikosti liukenevia. (Ympäristöministeriö 2012, 15;18;24.)

Lyijy on ampumaratojen merkittävin haitta-aine ja ensisijainen indikaattori ampumaratojen haitta-ainepäästöille. Lyijy vaikuttaa jo pieninä pitoisuuksina mm. eliöiden ja kasvien lisääntymiseen tai ihmisten keskushermostoon. Lyijy on ravintoketjussa kertyvää, eli se kerääntyy eliöihin ja samalla sen pitoisuus eliössä kasvaa. Lopulta lyijy siirtyy eliön mukana kohti ravintoketjun huipulla olevia eläimiä ja ihmisiä. Ihmisen elimistöön lyijyä päätyy ravintona etenkin kalojen ja marjojen välityksellä tai pölynä hengitysteiden kautta ampumatilanteissa. (Ympäristöministeriö 2012, 23–24.) Lyijy kulkeutuu muita haulien ja luotien sisältämiä metalleja heikommin maakerrokseen ja sieltä pohjaveteen tai pintavalunnan mukana vesistöihin. Maaperässä rapautumisen seurauksena vapautunut lyijy pyrkii sitoutumaan uudelleen orgaanisen aineksen kanssa, joten lyijy kertyy yleensä maaperän pintakerrokseen muutaman senttimetrin syvyyteen. Pintavedessä lyijy painuu nopeasti pohjasedimenttiin orgaaniseen ainekseen sitoutuneena tai metallisessa muodossa. Orgaanisen aineksen määrän ollessa vähäinen lyijy voi jäädä liukoiseen muotoon. Happamoituneessa tai emäksisessä vedessä lyijy on haitallisempaa kuin neutraalissa, sillä lyijyn liukoisuus kasvaa pH-arvon laskiessa tai noustessa voimakkaasti. Pohjasedimenttiä pidetään hyvänä lyijynieluna, sillä pohjasedimentissä lyijy sitoutuu voimakkaasti orgaaniseen ainekseen ja sen vapautuminen on vähäistä. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2002, 33–35.)

Kupari on lyijyä myrkyllisempää vesieliöille ja lieroille, mutta kasveille ja eliöille se on tärkeä hivenaine. Kuparin pitoisuus Suomen järvivesissä on tyypillisesti 3,0 µg/l. Nikkeli on kasveihin kertyvää ja se on lieroille ja maaperäeliöille lyijyä haitallisempaa. Sinkki on yhtä myrkyllistä vesieliöille kuin lyijy. Myös nikkeli ja sinkki ovat kasveille ja eliöille tärkeitä hivenaineita. Antimonin myrkyllisyys ihmisille ja eläimille riippuu sen kemiallisesta olomuodosta ja hapetusasteesta. Antimoni ja lyijy on arvioitu yhtä haitallisiksi vesikasveille, mutta vesieliöille ja ihmisille antimoni on lyijyä haitallisempaa. Antimoni on harvinainen metalli ja sen tyypillinen pitoisuus Suomen järvivesissä on alle 0,1 µg/l. (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2002, 46–53.) Arseenia päätyy pintavesiin pääasiassa rapautuvista arseenipitoisista mineraaleista, kaivoksista tai teollisuuden päästöistä. Suomen järvivesien tyypillinen arseenipitoisuus on 0,06–1,6 µg/l, eikä alhaiset arseenipitoisuudet aiheuta välitöntä haittaa vesieliöille. (Geologian tutkimuskeskus 2004, 97–98.) Arseni liikkuu kuitenkin helposti ympäristössä, joten se voi kulkeutua pitkiäkin matkoja päästölähteestä ja sen haitallisuus

eliöille riippuu aineen olomuodosta ja altistumistavasta (Pohjois-Karjalan ympäristökeskus 2002, 48).

### 3.2 Muut haitalliset metallit pintavedessä ja sedimentissä

Ympäristöön päätyy elohopeaa mm. teollisuuden päästöistä ja se leviää laajoille alueille ilmakehän välityksellä. Useissa tutkimuksissa on myös todettu, että kalojen elohopeapitoisuus korreloi veden orgaanisen aineksen kanssa, eli orgaanisen aineksen määrän kasvaessa elohopean pitoisuus kasvaa (Munthe ym. 2007, 23). Elohopea sitoutuu voimakkaasti orgaanisen ainekseen ja se on ravintoketjussa kertyvää, joten sitä esiintyy korkeina pitoisuuksina etenkin ruusashumuksisten järvivesien kaloissa. (Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016, 81). Elohopea esiintyy ympäristössä useassa eri muodossa, joista eliöille haitallisina on metyylielohopea (Terveystieteiden tutkimuslaitos 2021). Elohopean tyypillinen taustapitoisuus joki- ja järvivesissä on 0,05 µg/l (Ympäristöministeriö 1994, 159).

Ympäristöön päätyy kadmiumia, vanadiinia, kobolttia sekä kromia lähinnä teollisuuden päästöistä ja fossiilisten polttoaineiden käytöstä, mutta niitä esiintyy ympäristössä myös luonnostaan pieninä pitoisuuksina. Niillä on todettu olevan terveydelle ja ympäristölle haitallisia vaikutuksia, joihin vaikuttaa mm. eliölaji ja altistuksen kesto. Kadmiumia on pintavesissä tyypillisesti alle 1,0 µg/l. Kadmiumin myrkyllisyyteen vaikuttaa mm. veden kovuus ja pH-arvo. Kadmium kertyy helposti vesikasveihin ja se on myös ravintoketjussa kertyvää. Vanadiini on ihmisille pieninä pitoisuuksina tärkeä hivenaine, mutta myrkyllisen pitoisuuden arvioidaan olevan 60–120 mg. (Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1999, liite 4.) Vanadiinin tyypillinen taustapitoisuus joki- ja järvivesissä on 0,9 µg/l. Koboltin tyypillinen taustapitoisuus joki- ja järvivesissä on 0,2 µg/l. Kromin tyypillinen taustapitoisuus joki- ja järvivesissä on 0,7 µg/l. (Ympäristöministeriö 1994, 159.)

Vuonna 2012 Itä-Suomen järvisedimenttien haitta-ainepitoisuuksia selvitettiin paikallisten elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten toimesta. Tutkimuksen perusteella Etelä-Savon järvisedimenttien merkittävimmät haitta-aineet olivat sinkki, nikkeli, arseeni, kadmium, lyijy ja kromi. (Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus 2016, 63.) Itä-Suomen järvisedimenteissä oli

keskimäärin esimerkiksi sinkkiä 273 mg/kg, lyijyä 32 mg/kg ja kuparia 36 mg/kg (Itkonen 2013). Suomen järvien pintasedimentissä on keskimäärin sinkkiä 143 mg/kg, lyijyä 41 mg/kg ja kuparia 25 mg/kg. (Mäkinen & Saarelainen 2019, 21.)

### **3.3 Metallien kulkeutumiseen vaikuttavat tekijät**

Ampumaradan rakenteisiin ja pintamaahan kertyneet luodit ja hauli altistuvat fysikaalisille ja kemiallisille reaktioille, jonka seurauksena luodit ja haulit rapautuvat ja osa niiden sisältämistä metalleista liukenee ympäristöön. Haulikkoradan maaperään kertyy haulijätettä sekä radalla ammuttavien savikiekkojen palasia jopa 10 hehtaarin laajuiselle alueelle, sillä haulikkoradoilla ei yleensä ole hauleja pysäyttäviä taustarakenteita. Haulien aiheuttama kuormitus on suurinta leviämisalueen keskiosassa, mutta savikiekot ja niiden palat jäävät yleensä noin 2 hehtaarin alueelle välittömästi ampumapaikkojen etupuolelle. Savikiekkojen haittavaikutukset ovat kuitenkin vähäisiä, sillä niiden sisältämät haitta-aineet ovat heikosti liukenevia. Luotiradalla luodit kertyvät pääasiassa maalialueen luotiloukkuihin tai taustavallin pintamaakerroksiin muutaman kymmenen metrin levyiselle alueelle. (Ympäristöministeriö 2012, 12;14;22.)

Metallien haittavaikutukset ympäristölle riippuvat mm. altistuvista eliölajeista ja altistuksen määrästä, toistuvuudesta ja kestosta. Ympäristön kannalta haitallisimpia kohteita on ampumaradat, joilta luodit ja haulit pääsevät suoraan ja jatkuvaan kosketukseen veden kanssa (Ympäristöministeriö 2012, 24–25). Metallit voivat kulkeutua pinta- tai pohjavesiin pintavalunnan mukana liukoisessa muodossa tai orgaaniseen ainekseen sitoutuneena. Pintavalunta on maaperän pinnalla kulkeutuvaa vettä ja sen määrään vaikuttaa maaperän kaltevuus, sademäärä, maalaji sekä alueen kasvillisuus. Pintaveden pilaantumisriski on yleensä suurempi haulikkoradoilla kuin luotiradoilla, sillä haulien pienen koon takia niiden rapautuminen on nopeampaa kuin luotien. Pintavedessä metallit voivat saostua liukoisessa muodossa vesistöjen pohjasedimenttiin tai laskeutua vesistön pohjaan hiukkasmuodossa orgaaniseen ainekseen, kuten humukseen, sitoutuneena veden virtausnopeuden hidastuessa (Ympäristöministeriö 2014, 33). Metallien ekologiset haittavaikutukset kohdistuvat yleensä ampumaradan kasvillisuuteen ja maaperäeliöihin (Ympäristöministeriö 2012, 23). Eliöille haitallisimpia ovat vapaat ionisoituneet metallit, jotka ovat eliöille

biosaatavassa eli solukalvon läpäisevässä muodossa. Metallien biosaatavuuteen vaikuttaa mm. pintaveden kovuus ja pH-arvo. (Ympäristöministeriö 2018, 36;76.)

Rapautumiseen ja metallien liukenemiseen vaikuttaa metallien ominaisuudet sekä ampumaradan ympäristöolosuhteet, kuten kosteus, lämpötila, maalaji, maaperän pH-arvo sekä orgaanisen aineksen määrä. Liukenemisen seurauksena metallit voivat kulkeutua pintavalunnan mukana maaperästä pinta- tai pohjavesiin, kiinnittyä maaperän pienhiukkasiin tai saostua sekundäärimineraaleina luotien ja haulien pinnoille. Sekundäärimineraalit muodostavat metallien oksideista ja hydroksideista kerroksen, joka kykenee hidastamaan rapautumista ja metallien liukenemistä. Sekundäärimineraalit vaikuttavat luotien ja haulien hajoamisnopeuteen enemmän kuin alkuperäisten mineraalien hajoamisnopeus. (Ympäristöministeriö 2012, 23;25.) Luotien ja haulien rapautuminen on hidasta kuivassa hiekka- ja soramaassa, jonka pH-arvo on lähellä neutraalia. Hiekka- ja sormaa on kuitenkin hyvin vettä läpäisevää, joten luodeista ja hauleista liukenevien metallien kulkeutuminen voi olla nopeampaa kuin vettä pidättävässä maaperässä (mm. savi ja moreeni). Turvemaassa luotien ja haulien rapautuminen on nopeampaa, sillä metallien sekundäärimineraalit liukenevat nopeasti happamissa ja kosteissa olosuhteissa. Maaperässä oleva humus, mikro-organismit ja kasvillisuus nopeuttavat rapauttamista, mutta ne kykenevät myös sitomaan maaperään liuenneita metalleja. (Ympäristöministeriö 2014, 26.)

Ampumaradan maaperään päätyneiden metallien kulkeutumista voidaan hallita haitta-ainekuormitusta vähentämällä. Luotiradoilla tehokas tapa on maali-alueen taustavalliin päätyneiden luotien säännöllinen puhdistus tai luotiloukkujen asentaminen. Luotiloukut keräävät luodit maalitaulujen takana, josta luodit on helppo poistaa ilman maa-aineksen käsittelyä. Haulikoradoilla tehokas tapa vähentää kuormitusta on esimerkiksi haulien leviämisalueen pienentäminen maaston muotoilulla, rata-alueen pinnoitus ja haulien säännöllinen poistaminen. Metallit leviävät ampumaradoilta ympäristöön pääasiassa pintavalunnan välityksellä, jota voidaan ehkäistä sade- ja sulamisvesien hallinnalla esimerkiksi kattamalla ampumaradan rakenteita ja rakentamalla salaojituksia. Maa-ainesten käsittely ja vesien hallinta aiheuttaa kuitenkin suuria

kustannuksia, joten etenkin pienillä ampumaradoilla voi olla taloudellisesti haastavaa toteuttaa suuria rakenteellisia muutoksia. (Ympäristöministeri 2014, 36;54;60.)

## **4 AINEISTOT JA MENETELMÄT**

Tässä opinnäytetyössä tehtiin Anttolan ampumaradan ympäristöluvan veloitettarkkailun mukainen pintavesinäytteenotto Halmelammesta toukokuussa ja elokuussa 2021. Pintavesinäytteenottojen yhteydessä Halmelammesta otettiin pohjasedimenttinäytteet, joita hyödynnettiin opinnäytetyössä Anttolan ampumaradan ympäristövaikutusten arvioinnissa. Näytteenottojen avulla kerättiin uutta aineistoa Halmelammen pintaveden ja pohjasedimentin tilasta. Pintavesinäytteistä analysoitujen metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) liukoisia pitoisuuksia verrattiin valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaisiin ympäristölaatuunormeihin. Lisäksi opinnäytetyössä käytettiin vertailuaineistona Ramboll Finland Oy:n ympäristötekniikan raportin (2016) pintavesi- ja sedimenttinäytteenottojen analyysituloksia. Aineistoa kerättiin myös ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertasta, mutta Halmelammesta löytyi vain yksi Hertta-tietokantaan tallennettu näytteenotto vuodelta 1991. Aineistoja vertailemalla selvitettiin, onko Halmelammen pintaveden tai pohjasedimentin metallipitoisuuksissa (Pb, Ni, Hg, Cd) tapahtunut muutoksia vuosien 2016–2021 aikana.

### **4.1 Näytteenotto Halmelammesta**

Halmelammen näytteenottosuunnitelma laadittiin Anttolan ampumaradan ympäristöluvan (2017) ja Ramboll Finland Oy:n laatiman ympäristötekniikan selvityksen (2016) perusteella. Anttolan ampumaradan ympäristöluvan mukaan pintavesinäytteenotto Halmelammesta ja siitä lähtevästä ojasta tehdään vuonna 2021 ”haitta-aineiden vuosikeskiarvon selvittämiseksi joko yksittäisnäytteenottona kerran kuukaudessa tai passiivikeräimen avulla touko-syyskuun aikana”, mutta ”vesinäytteiden tutkimusohjelmaa voidaan tarvittaessa muuttaa siitä erikseen päättämällä” (Mikkelin seudun ympäristölautakunta 2017, 9). Viranomaisten vaatimukset tarkentuivat keväällä 2021 ja pintavesinäytteet määrättiin otettavaksi yksittäisnäytteenottona kerran toukokuussa ja kerran elokuussa Halmelammen tulevasta ja siitä lähtevästä ojasta sekä lammen keskeltä. Ympäristöluvassa ei ole sedimenttinäytteenottoon velvoittavia määräyksiä, mutta opinnäytetyöhön liittyen ja Halmelammen kattavamman

tilan selvittämiseksi pohjasedimentistä päätettiin ottaa näytteet pintavesinäytteenottojen yhteydessä. (Lehesvaara 2021a.)

Näytteenottoja varten Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen laboratoriosta lainattiin Limnos-vesinäytteenotinta, teleskooppivarrellista vesinäytteenotinta, Ekman-noudinta, ämpäreitä ja eri kokoisia lapioida. ALS Finland Oy toimitti pintavesinäytteitä varten tarvittavat näytepullot ja näytteenottoja varten lainattiin Anttolan riistanhoitoyhdistyksen soutuvenettä. Työturvallisuus huomioitiin käyttämällä pelastusliivejä ja kertakäyttöhanskoja. Lisäksi näytteenotoissa tarvittiin kylmälaukku näytepullojen kuljetusta ja säilytystä varten sekä muistiinpanovälineitä näytteenottolomakkeen ja näytepullojen merkkäämistä varten. Näytteenottolomakkeeseen kirjattiin kohteen ja otettujen näytteiden tarkat tiedot. Näytepisteiden tarkat koordinaattitiedot tallennettiin Garmin GPSMAP 64s -käsinaavigaattorilla ja ne on esitetty liitteessä 1.

Halmelammen pintavesinäytteet otettiin 5.5.2021 ja 18.8.2021. Pintavesinäytteet otettiin Halmelampeen tulevasta ja siitä lähtevästä ojasta teleskooppivarrellisen näytteenottimen ja siihen kiinnitettävän näytteenottoastian (dekka) avulla. Halmelammen keskeltä pintavesinäytteet otettiin Limnos-vesinäytteenottimella 1 metrin ja 5 metrin näytteenottosyvyydestä. Näytteet kaadettiin näytteenottimesta tilavuudeltaan 300 ml:n kokosiin muovisiin näytepulloihin, jotka oli merkitty näytteenottopisteen tunnuksella ”tuleva”, ”lähtevä”, ”keski, 1 m” ja ”keski, 5 m”. Jokaisesta näytepisteestä ja -syvyydestä otettiin kaksi rinnakkaisnäytettä sekä nollanäytteet näytteenoton laadunvarmistamiseksi. Velvoitetarkkailua varten otettujen pintavesinäytteiden lisäksi jokaisesta näytteenottopisteestä otettiin kaksi ylimääräistä näytettä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen laboratoriassa analysointia varten. Pintavesinäytteitä ei suodatettu eikä kestäväoity kentällä. Kenttämittauksena jokaisesta pintavesinäytteistä mitattiin lämpötila. Näytepullot pakattiin kylmälaukkuun ja toimitettiin ALS Finland Oy:n ja Mikkelin kampuksen laboratorioihin analysoitavaksi.

Halmelammen pohjasedimenttinäytteet otettiin 5.5.2021 ja 18.8.2021 Halmelampeen tulevasta ja siitä lähtevästä ojasta. Tulevasta ja lähtevästä ojasta otettiin lapiolla yksittäisnäytteitä, joista kerättiin kokoomanäyte kahteen muoviseen näyteastiaan, jotka oli merkattu näytteenottotunnuksilla ”tuleva” ja

”lähtevä”. Näytepisteiden matalan syvyyden takia näytteenotossa ei käytetty Ekman-noudinta. Näytteet kuljetettiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen laboratorioon analysoitavaksi.

## 4.2 Laboratorioanalyysit ja tulosten käsittely

ALS Finland Oy analysoi näytepisteiden ”tuleva”, ”keski, 5 m” ja ”lähtevä” pintavesinäytteistä Anttolan ampumaradan ympäristöluvan velvoitetarkkailun mukaisesti lyijyn, antimonin, arseenin, kuparin, sinkin ja nikkelin kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet sekä veden pH-arvon ja sähkönjohtavuuden. Lisäksi ALS Finland Oy analysoi edellä mainituista pintavesinäytteistä elohopean, koboltin, vanadiinin, kadmiumin, ja kromin kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet, ALS Finland Oy analysoi myös pintavesinäytteiden väriluvun. Näytepisteestä ”keski, 1 m” ei tehty analyysieja ALS Finland Oy:n laboratoriossa. Kaikista näytepisteistä otetuista ylimääräisistä pintavesinäytteistä analysoitiin Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun Mikkelin kampuksen laboratoriossa permanganaattiluku ( $\text{KMnO}_4$ -luku) ja kemiallinen hapenkulutus ( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ). Sedimenttinäytteistä analysoitiin lyijyn, kuparin ja sinkin pitoisuudet. Sedimenttinäytteistä eroteltiin laboratoriossa suurimmat roskat, kuten kasvien osat, jonka jälkeen näytteet kuivattiin 110 °C lämpötilassa. Kuivatut näytteet hienonnettiin käsin morttelilla, jonka jälkeen ne seulottiin alle 2 mm:n raekokoon. Seulotut näytteet laitettiin noin 2 senttimetrin tiiviinä kerroksina minigrip-pusseihin ja niistä tehtiin XRF-analyysit Niton XL3 950 GOLDD -analyysaattorilla. Analyysin mittausaika oli 30 sekuntia ja jokainen näyte analysoitiin kolme kertaa. Mittausten välillä kukin näyte sekoitettiin omassa astiassa ja pakattiin uudelleen tiiviisti minigrip-pusseihin. (Lehesvaara 2021b.)

ALS Finland Oy toimitti analyysiraportit sähköpostilla Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun yhteyshenkilölle. ALS Finland Oy:n ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun tekemien laboratorioanalyysien tuloksista laadittiin taulukko Microsoft Excel-ohjelmiston avulla. Pintavesinäytteiden näytepisteistä ”tuleva”, ”keski, 5 m” ja ”lähtevä” yksittäisnäytteiden tuloksista laskettiin analysoitujen metallien (Pb, Sb, As, Cu, Zn, Ni, Hg, Co, V, Cd, Cr) kokonaispitoisuuksien ja liukoisen pitoisuuksien keskiarvot, jotka on esitetty luvussa 5. Näytepisteen ”keski, 1 m” pintavesinäytteet analysoitiin kustannussyistä vain Mikkelin kampuksen laboratoriossa, joten näytepisteen tuloksia ei huomioitu

taulukoissa. Lyijyn, nikkelin, elohopean ja kadmiumin liukoisten pitoisuuksien keskiarvoja verrattiin niille valtioneuvoston asetuksessa (1308/2015) annettuihin ympäristölaatuunormeihin. Arvioitaessa analyysituloksia suhteessa ympäristölaatuunormiin huomioitiin metallien luontainen taustapitoisuus. Kaikille analysoiduille metalleille ei ole annettu ympäristölaatuunormia, joten tuloksia verrattiin myös Ramboll Finland Oy:n ympäristötekni­sen tutkimuksen tuloksiin (liite 2). Myös sedimenttinäytteiden tuloksia verrattiin Ramboll Finland Oy:n ympäristötekni­sen tutkimuksen tuloksiin.

## 5 TULOKSET

Luvussa 5.1 on esitetty Anttolan ampumaradan ympäristöluvan velvoitetarkkailun vaatimien analyysien tulokset Halmelammen pintavedestä vuonna 2021. Velvoitetarkkailun tuloksia on verrattu valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaisiin ympäristölaatuunormeihin ja Ramboll Finland Oy:n ympäristötekni­sen selvityksen (2016) tuloksiin. Luvussa 5.2 on esitetty muiden Halmelammen pintavedestä ja pohjasedimentistä tehtyjen analyysien tulokset vuonna 2021.

### 5.1 Velvoitetarkkailun tulokset

Lyijyn liukoinen pitoisuus oli vuonna 2021 kaikissa Halmelammen pintavesinäytteissä pienempi kuin lyijyn ympäristölaatuunormi sisämaan pintavesissä (taulukko 2). Lyijyn luontainen taustapitoisuus ylittyi näy­te­pisteen ”keski, 5 m” kaikissa näytteissä sekä näy­te­pisteen ”lähtevä” toukokuun 2021 näytteissä. Näy­te­pisteestä ”keski, 5 m” mitattiin korkeimmat lyijypitoisuudet. Näy­te­piste ”keski, 5 m” sijaitsi lähimpänä Anttolan ampumarataa ja haulien mahdollista leviämisaluetta. Lyijypitoisuudet olivat nousseet toukokuussa 2021 näy­te­pisteessä ”lähtevä” vuoden 2016 lyijypitoisuuksiin verrattuna. Näy­te­pisteessä ”lähtevä” lyijypitoisuudet olivat kuitenkin elokuussa 2021 pienemmät kuin toukokuussa 2021, joten vuoden 2021 keskiarvopitoisuudet olivat lähellä vuoden 2016 lyijypitoisuuksia. Lyijyn keskiarvopitoisuudet olivat pienimmät näy­te­pisteessä ”tuleva”, eikä pitoisuuksissa ollut merkittäviä muutoksia vuoden 2016 lyijypitoisuuksiin verrattuna. Näy­te­pisteen ”tuleva” toukokuun 2021 näytteessä lyijyn liukoinen pitoisuus oli suurempi kuin lyijyn kokonaispitoisuus. Lyijyn kokonaispitoisuuden analyysin mittausepävarmuus oli  $\pm 0,073 \mu\text{g/l}$  ja liukoisen pitoisuuden analyysin mittausepävarmuus oli  $\pm 0,086 \mu\text{g/l}$  toukokuussa 2021.

Taulukko 2. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva”, ”lähtevä” ja ”keski, 5 m” analysoidut pintaveden pH-arvot, sähkönjohtavuudet sekä metallien (Pb, Sb) yksittäis- ja keskiarvopitoisuudet vuosina 2016 ja 2021. Lisäksi valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukainen lyijyn liukoisuuden ympäristölaatuunormi (AA-EQS). (ALS Finland Oy 2021a; ALS Finland Oy 2021b; ALS Finland Oy 2021c; Ramboll Finland Oy 2016; Valtioneuvoston asetus 1308/2015.)

Halmelampi, pintavesi				Sähkönjohtavuus mS/m	Lyijy (Pb) µg/l		Antimoni (Sb) µg/l	
Näytteenottaja	Tunnus	pvm.	pH		kok.	liuk.	kok.	liuk.
XAMK	Tuleva	5.5.2021	5,2	2,36	0,550	0,683	0,479	0,517
		18.8.2021	5,95	2,07	<1,0	<0,500	<1,0	0,439
		ka.	<b>5,58</b>	<b>2,22</b>	<b>0,78</b>	<b>0,591</b>	<b>0,739</b>	<b>0,478</b>
XAMK	Keski, 5 m	5.5.2021	6,22	2,52	1,04	0,862	0,565	0,562
		18.8.2021	5,63	2,51	1,10	0,966	0,488	0,438
		ka.	<b>5,93</b>	<b>2,52</b>	<b>1,07</b>	<b>0,914</b>	<b>0,527</b>	<b>0,500</b>
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	5,94	2,24	1,17	0,913	0,576	0,600
		18.8.2021	5,93	2,22	<0,500	<0,500	0,608	0,493
		ka.	<b>5,93</b>	<b>2,23</b>	<b>0,835</b>	<b>0,706</b>	<b>0,592</b>	<b>0,547</b>
RAMBOLL Finland Oy	Tuleva	28.9.2016	-	-	0,8	0,6	<1,0	<1,0
	Lähtevä		-	-	<0,6	<0,5	<1,0	<1,0
<b>Ympäristölaatuunormi (AA-EQS) sisämaan pintavedet µg/l</b>						<b>1,2</b>	-	-

Antimonille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaista ympäristölaatuunormia. Halmelammesta mitatut antimonipitoisuudet olivat korkeampia kuin antimonin tyypilliset pitoisuudet Suomen järvivesissä. Halmelammen pintaveden antimonipitoisuudet olivat vuonna 2021 pienempiä kuin vuonna 2016 (taulukko 2). Korkeimmat antimonipitoisuudet mitattiin näytepisteessä ”lähtevä”. Antimonin kokonaispitoisuus poikkesi elokuussa 2021 näytepisteessä ”tuleva” hieman muista vuoden 2021 kokonaispitoisuuksista (taulukko 2), mikä nosti näytepisteen kokonaispitoisuuden keskiarvoa. Antimonin liukoinen pitoisuus oli toukokuussa 2021 näytteissä ”tuleva” ja ”lähtevä” korkeampi kuin antimonin kokonaispitoisuus. Kaikki Halmelammen vuonna 2021 otetut pintavesinäytteet olivat happamia, eikä pintaveden pH-arvossa ollut merkittäviä muutoksia vuoden 1991 pH-arvoon verrattuna. Vuonna 2021 Halmelammen pintaveden sähkönjohtavuus oli pienempi kuin vuonna 1991, eli Halmelammen pintavedessä oli vain vähän suoloja.

Nikkelin liukoinen pitoisuus oli kaikissa Halmelammen näytepisteissä pienempi kuin nikkelin ympäristölaatuunormi sisämaan pintavesissä (taulukko 3). Nikkelin kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet olivat kaikissa näytepisteissä korkeampia kuin nikkelin luontainen taustapitoisuus

runsashumuksisissa järvissä. Nikkelille ei ollut vertailupitoisuuksia vuodelta 2016. Sinkille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaista ympäristölaatunormia. Sinkin kokonaispitoisuus näytepisteessä ”tuleva” poikkesi elokuussa 2021 huomattavasti muista vuoden 2021 näytteiden kokonaispitoisuuksista (taulukko 3), mikä nosti näytepisteen kokonaispitoisuuden keskiarvoa. Elokuussa 2021 sinkin kokonaispitoisuuden analyysin mittausepävarmuus oli  $\pm 9,2 \mu\text{g/l}$ . Sinkin kokonais- ja liukoiset pitoisuudet olivat kuitenkin näytepisteessä ”tuleva” toukokuun 2021 näytteessä pienempiä kuin vuonna 2016. Myös näytepisteessä ”lähtevä” sinkin pitoisuudet olivat pienempiä kuin vuonna 2016.

Taulukko 3. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva”, lähtevä” ja ”keski, 5 m” analysoidut pintaveden metallien (As, Cu, Zn, Ni) yksittäis- ja keskiarvopitoisuudet vuosina 2016 ja 2021. Lisäksi valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukainen nikkelin liukoisen pitoisuuden ympäristölaatunormi (AA-EQS). (ALS Finland Oy 2021a; ALS Finland Oy 2021c; Ramboll Finland Oy 2016; Valtioneuvoston asetus 1308/2015.)

Halmelampi, pintavesi			Arseeni (As)		Kupari (Cu)		Sinkki (Zn)		Nikkeli (Ni)	
Näytteenottaja	Tunnus	pvm.	$\mu\text{g/l}$		$\mu\text{g/l}$		$\mu\text{g/l}$		$\mu\text{g/l}$	
			kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.
XAMK	Tuleva	5.5.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<2,0	7,6	6,6	<2,00	<2,00
		18.8.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<2,0	92	4,0	<3,0	<2,00
		ka.	<1,00	<1,00	<1,0	<2,0	49,8	5,3	<2,5	<2,00
XAMK	Keski, 5 m	5.5.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<1,0	4,1	4,0	<2,00	<2,00
		18.8.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<2,0	4,8	5,0	<2,00	<2,00
		ka.	<1,00	<1,00	<1,0	<1,5	4,45	4,5	<2,00	<2,00
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<1,0	4,4	2,9	<2,00	<2,00
		18.8.2021	<1,00	<1,00	<1,0	<1,0	4,5	<2,0	<2,00	<2,00
		ka.	<1,00	<1,00	<1,0	<1,0	4,45	2,45	<2,00	<2,00
Ramboll Finland Oy	Tuleva	28.9.2016	<0,5	0,5	<1,0	<1,0	<15	12	-	-
Lähtevä	<0,5		<0,4	<1,0	<1,0	<15	5,4	-	-	
<b>Ympäristölaatunormi (AA-EQS) sisämaan pintavedet <math>\mu\text{g/l}</math></b>							-	-	-	<b>4</b>

Kuparille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaista ympäristölaatunormia. Halmelammen kuparipitoisuus oli vuonna 2021 Suomen järvivesien tyypillistä kuparipitoisuutta vastaavalla tasolla. Halmelammen kuparipitoisuuksissa ei ollut vuonna 2021 merkittäviä muutoksia vuoden 2016 kuparipitoisuuksiin verrattuna (taulukko 3). Näytepisteissä ”tuleva” ja ”keski, 5 m” kuparin liukoiset pitoisuudet olivat suurempia kuin kuparin kokonaispitoisuudet. Arseenille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaista ympäristölaatunormia. Halmelammen arseenipitoisuudet olivat vuonna 2021 Suomen järvivesien tyypillistä arseenipitoisuutta vastaavalla tasolla. Halmelammen

arseenipitoisuuksissa ei ollut vuonna 2021 merkittäviä muutoksia vuoden 2016 arseenipitoisuuksiin verrattuna.

## 5.2 Muut analyysitulokset

Elohopean ympäristölaatonormi on määritetty valtioneuvoston asetuksessa (1308/2015) ahvenelle (EQS, mg/kg), joten Halmelammen pintavedestä analysoitua elohopeapitoisuutta verrattiin elohopean suurimpaan hetkelliseen sallittuun pitoisuuteen (MAC-EQS, µg/l) sisämaan pintavesissä. Vuonna 2021 elohopean liukoinen pitoisuus oli kaikissa Halmelammen näytepisteissä pienempi kuin elohopean suurin sallittu hetkellinen pitoisuus (taulukko 4). Halmelammen pintaveden elohopeapitoisuudet eivät poikenneet merkittäväällä tavalla elohopean tyypillisistä taustapitoisuuksista joki- ja järvivesissä. Näytepisteessä ”tuleva” elokuun 2021 näytteen elohopeapitoisuus poikkesi muista Halmelammesta mitatuista elohopeapitoisuuksista.

Taulukko 4. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva”, ”lähtevä” ja ”keski, 5 m” analysoidut metallien (Hg, Co, V) yksittäis- ja keskiarvopitoisuudet vuonna 2021. Lisäksi elohopean ympäristölaatonormi (EQS, ahven). (ALS Finland Oy 2021a; ALS Finland Oy 2021c; Valtioneuvoston asetus 1308/2015.)

Halmelampi, pintavesi			Elohopea (Hg)		Koboltti (Co)		Vanadiini (V)	
Näytteenottaja	Tunnus	pvm.	µg/l		µg/l		µg/l	
			kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.
XAMK	Tuleva	5.5.2021	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
		18.8.2021	<0,020	<0,0050	<0,50	<0,50	<5,0	<1,0
		ka.	<0,0125	<0,0050	<0,50	<0,50	<3,0	<1,0
XAMK	Keski, 5 m	5.5.2021	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
		18.8.2021	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
		ka.	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
		18.8.2021	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
		ka.	<0,0050	<0,0050	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0
Ympäristölaatonormi (EQS, ahven)			-	20 <sup>(1)</sup>	-	-	-	-
sisämaan pintavedet µg/kg			-		-	-	-	-

<sup>(1)</sup> Elohopean EQS-luku on määritetty ahvenelle yksikkö µg/kg. Elohopean suurin hetkellinen sallittu pitoisuus (MAC-EQS) sisämaan pintavesissä on 0,07 µg/l.

Vanadiinille ja koboltille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaisia ympäristölaatonormeja. Kaikista Halmelammen pintavesinäytteistä havaittiin vanadiinia ja kobolttia vuonna 2021. Näytepisteessä ”tuleva” elokuun 2021 vanadiinin pitoisuus poikkesi muista Halmelammesta mitatuista

vanadiinipitoisuuksista. Elokuun 2021 näytettä lukuun ottamatta Halmelammen pintaveden vanadiini- ja kobolttipitoisuudet eivät poikenneet merkittävä tavalla niiden tyypillisistä taustapitoisuuksista joki- ja järvivesissä.

Kadmiumin liukoiset pitoisuudet olivat kaikissa Halmelammen näytepisteissä pienempiä kuin kadmiumin ympäristölaatonormi veden kovuusluokassa 1 (taulukko 5). Halmelammen kadmiumpitoisuudet eivät poikenneet merkittävä tavalla kadmiumin tyypillisistä taustapitoisuuksista joki- ja järvivesissä. Näytepisteessä ”tuleva” elokuussa 2021 mitattu kadmiumin kokonaispitoisuus poikkesi hieman muista Halmelammen kadmiumpitoisuuksista. Kromille ei ole valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaista ympäristölaatonormia. Kaikista Halmelammen pintavesinäytteissä havaittiin kromia. Näytepisteessä ”tuleva” elokuussa 2021 mitattu kromin kokonaispitoisuus poikkesi huomattavasti muista Halmelammesta mitatuista pitoisuuksista. Elokuun 2021 näytettä lukuun ottamatta Halmelammen pintaveden kromipitoisuudet olivat pienempiä kuin kromin tyypilliset taustapitoisuudet pitoisuudet joki- ja järvivesissä.

Taulukko 5. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva”, ”keski, 5 m” ja ”lähtevä” analysoidut metallien (Cd, Cr) yksittäis- ja keskiarvopitoisuudet vuonna 2021. Lisäksi kromin ympäristölaatonormi (AA-EQS). (ALS Finland Oy 2021a; ALS Finland Oy 2021c; Valtioneuvoston asetus 1308/2015.)

Halmelampi, pintavesi			Kadmium (Cd)		Kromi (Cr)	
Näytteenottaja	Tunnus	pvm.	µg/l		µg/l	
			kok.	liuk.	kok.	liuk.
XAMK	Tuleva	5.5.2021	<0,020	<0,040	0,266	<0,400
		18.8.2021	<0,20	<0,040	<5,0	<0,400
		ka.	<b>&lt;0,11</b>	<b>&lt;0,040</b>	<b>2,633</b>	<b>&lt;0,400</b>
XAMK	Keski, 5 m	5.5.2021	0,025	<0,020	0,402	0,308
		18.8.2021	<0,020	<0,040	0,350	<0,400
		ka.	<b>&lt;0,023</b>	<b>&lt;0,030</b>	<b>0,376</b>	<b>&lt;0,354</b>
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	0,025	<0,020	0,303	0,253
		18.8.2021	<0,020	<0,020	0,300	0,269
		ka.	<b>&lt;0,023</b>	<b>&lt;0,020</b>	<b>0,302</b>	<b>0,261</b>
Ympäristölaatonormi (AA-EQS) sisämaan pintavedet µg/l			-	≤ 0,08-0,25 <sup>(1)</sup>	-	-

<sup>(1)</sup> Kadmiumin EQS-luku veden kovuusluokasta riippuen ≤0,08 (luokka 1) 0,08 (luokka 2) 0,09 (luokka 3) 0,15 (luokka 4) 0,25 (luokka 5).

Vuonna 2021 Halmelammen pintavedestä analysoitu kemiallinen hapenkulutus ja väriluku vastasivat vuoden 1991 pintavesinäytteenoton tuloksia. Vuonna 2021 Halmelammen pintaveden kemiallinen hapenkulutus, permanganaattiluku ja väriluku olivat korkeimmat näytepisteessä ”tuleva” (taulukko 6). Näytepisteessä ”lähtevä” pintaveden kemiallinen hapenkulutus, permanganaattiluku ja väriluku olivat alhaisimmat.

Taulukko 6. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva”, ”keski, 5 m” ja ”lähtevä” analysoidut pintaveden kemiallinen hapenkulutus (COD<sub>Mn</sub>), permanganaattiluku (KMnO<sub>4</sub>-luku) ja väriluku vuonna 2021 (ALS Finland Oy 2021a; Lehesvaara 2021b).

Halmelampi, pintavesi			COD <sub>Mn</sub> mg/l	KMnO <sub>4</sub> - luku mg/l	Väriluku mgPt/l
Näytteenottaja	Tunnus	pvm.			
XAMK	Tuleva	5.5.2021	17,2	67,9	208
		18.8.2021	14,4	56,8	-
		ka.	<b>15,8</b>	<b>62,4</b>	-
XAMK	Keski, 5 m	5.5.2021	13,8	54,6	154
		18.8.2021	13,8	54,6	-
		ka.	<b>13,8</b>	<b>54,6</b>	-
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	13,2	52,1	131
		18.8.2021	12,2	48,2	-
		ka.	<b>12,7</b>	<b>50,2</b>	-

Kaikista Halmelammen pohjasedimenttinäytteistä havaittiin lyijyä, kuparia ja sinkkiä vuonna 2021. Näytepisteissä ”tuleva” ja ”lähtevä” sedimentin kuparipitoisuudet olivat korkeampia kuin vuoden 2016 kokoomanäytteen kuparipitoisuudet (taulukko 7). Sedimentin korkeimmat kuparipitoisuudet mitattiin näytepisteestä ”lähtevä” toukokuussa 2021. Halmelammen pohjasedimentin kuparipitoisuudet olivat vuonna 2021 korkeampia kuin Itä-Suomen järvien pohjasedimenttien tyypilliset keskiarvopitoisuudet. Halmelammen sedimentin korkein sinkkipitoisuus mitattiin näytepisteestä ”lähtevä” toukokuussa 2021, mutta tulos poikkesi huomattavasti muista analyysituloksista. Muut Halmelammen sedimentin sinkkipitoisuudet olivat pienempiä kuin sinkin tyypilliset keskiarvopitoisuudet Suomen järvien pohjasedimenteissä. Vuonna 2021 näytepisteissä ”tuleva” ja ”lähtevä” sedimentin lyijypitoisuudet olivat pienempiä kuin vuoden 2016 kokoomanäytteen lyijypitoisuus. Halmelammen pohjasedimentin lyijypitoisuudet olivat pienempiä kuin lyijyn tyypilliset keskiarvopitoisuudet Suomen järvien pohjasedimenteissä.

Taulukko 7. Halmelammen näytepisteistä ”tuleva” ja ”lähtevä” analysoidut pohjasedimentin metallipitoisuudet (Cu, Pb, Zn) vuosina 2016 ja 2021. (Lehesvaara 2021b; Ramboll Finland Oy 2016).

Halmelampi, pohjasedimentti			Kupari (Cu) (mg/kg)			Lyijy (Pb) (mg/kg)			Sinkki (Zn) (mg/kg)		
Näytteen- ottaja	Tunnus	pvm.									
XAMK	Tuleva	5.5.2021	39	37	33	22	20	17	48	44	36
		18.8.2021	43	32	31	23	23	31	37	32	33
		ka.	35,8			22,7			38,3		
XAMK	Lähtevä	5.5.2021	66	71	60	9	11	10	170	45	52
		18.8.2021	53	44	56	12	<LOD	<LOD	<LOD	16	<LOD
		ka.	58,3			10,5			70,8		
Ramboll Finland Oy	SEDkok (*)	28.9.2016	21,3			33,2			42,2		

<LOD, alle detektointirajan

(\*) SEDkok, neljäntoista näytteenottopisteen kokoomanäyte Halmelammen vesialueelta

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Halmelammen pintavedestä analysoitujen metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) liukoiset pitoisuudet eivät ylittäneet valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaisia ympäristölaatunormeja (AA-EQS) vuonna 2021. Halmelammen pintavedestä analysoidun elohopean liukoinen keskiarvopitoisuus ei ylittänyt elohopean hetkellistä suurinta sallittua pitoisuutta (MAC-EQS) vuonna 2021. Elohopean ympäristölaatunormi (EQS-luku) on määritetty ahvenelle, joten sen käyttäminen vertailuarvona olisi vaatinut koekalastuksen Halmelammesta. Luotien ja haulien sisältämiä metalleja esiintyy ympäristössä luonnostaan pieninä pitoisuuksina ja Halmelammen todelliset taustapitoisuudet voivat poiketa valtioneuvoston asetuksen (1308/2015) mukaisista taustapitoisuuksista, jotka huomioitiin verrattaessa metallien pitoisuuksia niille asetettuihin ympäristölaatunormeihin. Valtioneuvoston asetuksessa (1308/2015) ei sisällä kaikkien analysoitujen metallien taustapitoisuuksia, joten Halmelammen metallipitoisuuksia verrattiin myös metallien tyypillisiin keskiarvopitoisuuksiin Suomen järvivesissä. Halmelammesta havaittujen metallien pitoisuudet eivät poikenneet merkittäväällä tavalla metallien tyypillisistä taustapitoisuuksista Suomen järvivesissä.

Halmelammen pintavedestä analysoitujen metallien (Pb, Sb, As, Cu, Zn) kokonaispitoisuudet ja liukoiset pitoisuudet eivät olleet muuttuneet merkittävästi vuosien 2016–2021 aikana. Halmelammen korkeimmat lyijypitoisuudet mitattiin vuonna 2021 näytepisteestä ”keski, 5 m”, joka oli lähimpänä Anttolan

ampumarataa. Muihin tuloksiin verrattuna korkeat lyijypitoisuudet johtuvat todennäköisesti haulien leviämisestä Halmelammen vesialueelle ja lyijyn kertymisestä Halmelammen pintavedessä olevaan orgaaniseen ainekseen. Myös arseeni on kertyvä metalli, joten Halmelammen lyijy- ja arseenipitoisuudet voivat nousta tulevaisuudessa, vaikka Anttolan ampumaradan käyttö pysyisi ennallaan. Kosteus on kaikkein merkittävin lyijyn, kuparin ja antimonin liukoisuutta lisäävä tekijä, joten suoraan Halmelampeen päätyvät haulit ovat Halmelammen pintavedelle haitallisimpia. Näytepisteen ”lähtevä” pintavesinäytteestä havaittiin muihin vuoden 2021 näytteisiin verrattuna korkeita lyijy- ja antimonipitoisuuksia, joten metallit saattavat kulkeutuvat pitkällä aikavälillä laajemmille alueille. Halmelammessa ei ole suuria virtauksia, joten orgaaninen aine ja siihen sitoutuneet metallit voivat myös laskeutua lammen pohjalle. Näytepisteen ”lähtevä” sedimenttinäytteestä ei havaittu korkeita lyijypitoisuuksia vuonna 2021, joten metalleja on voinut kulkeutua orgaanisen aineksen mukana laajemmalle alueelle. Halmelammen korkea humuspitoisuus lisää Halmelammen happamuutta, mikä voi lisätä metallien liukoisuutta ja kulkeutusta laajemmalle alueelle.

Toukokuussa 2021 Halmelammessa on ollut käynnissä kevätkierto, sillä kenttämittauksissa pintaveden lämpötila oli 4–5 °C. Kevätkierron aikana tuulet ovat voineet sekoittaa vesimassaa pohjaa myöten, mikä on voinut sekoittaa myös pohjasedimentin pintakerroksia. Halmelammen pintaveteen on voinut nousta pohjasedimentin pintakerroksista metalleja sisältäviä hiukkasia, mikä on voinut vaikuttaa toukokuun 2021 analyysituloksiin. Elokuussa 2021 Halmelammen tulevan ojan pintavesinäytteestä määritettyjen metallien pitoisuudet poikkesivat muiden vuoden 2021 pintavesinäytteiden metallipitoisuuksista merkittävästi. Analyysien mittausepävarmuuden takia elokuun 2021 analyysitulokset voivat olla todellisia pitoisuuksia korkeampia, joten tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Näytepiste ”tuleva” oli rehevöitynyt lähes umpeen ja ojan matalan syvyyden takia elokuun 2021 pintavesinäyte on voinut kontaminoitua esimerkiksi Halmelammen pohjamudan ja pintaveden sekoittumisen takia.

Vuonna 2021 pohjasedimenttinäytteet otettiin Halmelampeen tulevasta ja siitä lähtevästä ojasta, mutta Ramboll Finland Oy:n ympäristöteknisessä tutkimuksessa (2016) sedimenttinäytteet otettiin useista näytepisteistä Halmelammen vesialueelta. Eri näyteenottopisteiden takia vuosien 2016 ja 2021 tulokset

eivät ole keskenään vertailukelpoisia. Halmelammen pohjasedimentin kuparipitoisuudet olivat suurempia metallien tyypillisiin keskiarvopitoisuuksiin pohjasedimentissä verrattuna. Halmelammen pintavedestä ei kuitenkaan havaittu vuonna 2021 järvien tyypillisistä kuparipitoisuuksista poikkeavia pitoisuuksia, joten kupari on kertynyt Halmelammen pohjasedimenttiin. Suomessa ei ole asetettu ympäristönlaatonormeja tai raja-arvoja pohjasedimentin pilaantuneisuuden arviointiin, mutta yleinen käytäntö on verrata sedimentistä havaittuja pitoisuuksia ns. PIMA-asetuksen (valtioneuvoston asetus 214/2007) mukaisiin kynnysarvoihin. Halmelammen pohjasedimentin kuparipitoisuus ei ylittänyt vuonna 2021 kuparille asetettua kynnysarvoa (100 mg/kg).

## **7 JOHTOPÄÄTÖKSET**

Osa Halmelammen pintavedestä ja pohjasedimentistä havaituista metalleista on kertyviä, joten niiden pitoisuudet tulevat todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa, vaikka Anttolan ampumaradan käyttö pysyisi ennallaan. Tässä opinnäytetyössä kerättyä aineistoa Halmelammen pintavedestä ja pohjasedimentistä voidaan myös hyödyntää Halmelammen tilan pitkäaikaisessa seurannassa. Halmelammen pintavedestä on saatavilla vain vähän tutkimustietoa, joten tulosten tallentaminen julkiseen tietokantaan edistäisi Halmelammen pintaveden tilan arviointia tulevaisuudessa. Jatkuvalle ja pitkän aikavälin seurannalla voidaan ennaltaehkäistä Anttolan ampumaradan mahdollisia Halmelampeen kohdistuvia haittavaikutuksia sekä mahdollisia laajemmille alueille ulottuvia ympäristöriskejä. Anttolan ampumaradan voimassa olevan ympäristöluvan mukaan seuraava pintavesinäytteenotto Halmelammesta tulee tehdä viiden vuoden kuluttua, eli vuonna 2026. On kuitenkin mahdollista, että ympäristöluvan lupaehdoja joudutaan päivittämään tulevaisuudessa, jos ympäristönsuojelulakiin tulee muutoksia.

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaatteiden mukaisesti tässä opinnäytetyössä ei anneta Anttolan ampumaradan rakenteisiin kohdistuvia toimenpideehtoja ampumaradan ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi, sillä ne saattaisivat aiheuttaa Anttolan riistanhoitoyhdistykselle kohtuuttomia kustannuksia. Riittämättömät toimenpiteet voivat kuitenkin johtaa ympäristön laadun heikkenemiseen tai pilaantumiseen. Anttolan ampumaradan ympäristölupa edellyttää kuitenkin toiminnanharjoittajalta ajantasaisen lainsäädännön seurantaa, sillä muutokset lainsäädännöissä voivat vaikuttaa ampumaradan toimintaan.

Esimerkiksi vuonna 2023 voimaan astuvalla Euroopan unionin laajuisella lyijyhaukien käyttörajoituksella voi olla vaikutuksia Anttolan ampumaradan käyttöön, mutta käyttörajoituksen monitulkintaisuuden takia tulisi toiminnanharjoittajan pyytää viranomaisten lausunto lainsäädännön tulkitsemiseksi. Lyijyttömien haukien käyttö olisi kustannustehokas ja parhaan käyttökelpoisen tekniikan mukainen keino ennaltaehkäistä Anttolan ampumaradan ympäristövaikutuksia. Anttolan ampumarata mahdollistaa ampumalajien harrastamisen valvotulla alueella, joten ampumaradan käytön jatkuminen on järkevää myös tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

ALS Finland Oy. 2021a. Analyysiraportti 20.5.2021. Julkaisematon raportti.

ALS Finland Oy. 2021b. Analyysiraportti 1.6.2021. Julkaisematon raportti.

ALS Finland Oy. 2021c. Analyysiraportti 3.9.2021. Julkaisematon raportti.

Ampumaratalaki 763/2015.

Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. 2016. Vesien tila hyväksi yhdessä – Etelä-Savon vesienhoidon toimenpideohjelma vuosiksi 2016–2021. Raportteja 4/2016. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120004/Raportteja\\_4\\_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120004/Raportteja_4_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [viitattu 3.11.2021].

Etelä-Anttolan Erä Ry. s.a. Tervetuloa Etelä-Anttolan Erä Ry:n kotisivuille. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.etelaanttolanera.com/> [viitattu 12.10.2021].

Etelä-Savon maakuntaliitto. 2016. Etelä-Savon ampumaratojen kehittämissuunnitelma. PDF-tiedosto. Saatavissa: [https://www.esavo.fi/resources/public/Kehittaminen/Maakuntakaava/Tausta\\_aineistot/ESAVO\\_ampumaratojen\\_kehitt%C3%A4missuunnitelma160516.pdf](https://www.esavo.fi/resources/public/Kehittaminen/Maakuntakaava/Tausta_aineistot/ESAVO_ampumaratojen_kehitt%C3%A4missuunnitelma160516.pdf) [viitattu 8.10.2021].

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EY) N:o 1907/2006.

Geologian tutkimuskeskus. 2004. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. PDF-tiedosto. Saatavissa: [https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej\\_045.pdf](https://tupa.gtk.fi/julkaisu/erikoisjulkaisu/ej_045.pdf) [viitattu 21.10.2021].

Google MyMaps. 2021a. Karttapalvelu. Haku 10.10.2021. Saatavissa: <http://mymaps.google.com> [viitattu 10.10.2021].

Google MyMaps. 2021b. Karttapalvelu. Haku 10.10.2021. Saatavissa: <http://mymaps.google.com> [viitattu 10.10.2021].

Itkonen, A. 2013. Itä-Suomen järvisedimentit. Haitta-ainekartoitus. FCG Finnish Consulting Group. Powerpoint-diasarja. Päivitetty 21.3.2013. Saatavissa: <https://docplayer.fi/36922591-lta-suomen-jarvisedimentit.html> [viitattu 3.11.2021].

Lehesvaara, M. 2021a. Lehtori. Sähköpostiviesti 27.4.2021. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Lehesvaara, M. 2021b. Lehtori. Sähköpostiviesti 6.9.2021. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.

Luonnontila. 2013. SV7 Humuspitoisuus. WWW-dokumentti. Päivitetty 7.5.2013. Saatavissa: <https://www.luonnontila.fi/fi/elinymparistot/sisavedet/sv7-humuspitoisuus> [viitattu 7.10.2021].

Maanmittauslaitos. s.a. Karttapaikka – Kiinteistörajat. Karttapalvelu. Haku 10.10.2021. Saatavissa: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/> [viitattu 10.10.2021].

Mikkelin seudun ympäristölautakunta. 2017. Ympäristölupa / Anttolan riistanhoitoyhdistys. Päätös 9/2017. PDF-tiedosto. Saatavissa: [https://hallinta-mikkeli.kunta-api.fi/wp-content/uploads/2017/09/paatos\\_anttolan\\_riistanhoitoyhdistys\\_2017.pdf](https://hallinta-mikkeli.kunta-api.fi/wp-content/uploads/2017/09/paatos_anttolan_riistanhoitoyhdistys_2017.pdf) [viitattu 11.8.2021].

Munthe, J. ym. 2007. Mercury in Nordic ecosystems. IVL Report B1761. PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://www.ivl.se/download/18.34244ba71728fcb3f3f755/1591704449361/B1761.pdf> [viitattu 3.11.2021].

Mäkinen J. & Saarelainen J. 2019. KaiHali -hankkeen taustaraportti. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://www.syke.fi/hankkeet/kaihali> [viitattu 3.11.2021].

Oravainen R. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://kvvy.fi/wp-content/uploads/2015/10/opasvihkonen.pdf> [viitattu 10.10.2021].

Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. 2002. Ampumarata-alueiden pilaantunut maaperä. Tutkimukset ja riskienhallinta. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY\\_543.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40415/SY_543.pdf?sequence=1) [viitattu 16.8.2021].

Ramboll Finland Oy. 2016. Anttolan ampumarata, ympäristötekninen tutkimus. Tutkimusraportti. Julkaisematon raportti. [viitattu 10.8.2021].

Suomen ampumaurheiluliitto. 2017. Kiväärilajien säännöt (K). PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://www.ampumaurheiluliitto.fi/wp-content/uploads/2018/12/Kiv%C3%A4%C3%A4ris%C3%A4%C3%A4nn%C3%B6t-2017-2-netti1.pdf> [viitattu 12.10.2021.]

Suomen ampumaurheiluliitto. 2020. Haulikkolajien säännöt (H). PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://www.ampumaurheiluliitto.fi/wp-content/uploads/2020/05/Haulikkos%C3%A4%C3%A4nn%C3%B6t-2020-netti.pdf> [viitattu 12.10.2021].

Suomen ympäristökeskus. 2010. Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä – ehdotus laatunormidirektiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39683/SY-KEra\\_12\\_2010.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39683/SY-KEra_12_2010.pdf?sequence=1) [viitattu 16.8.2021].

Suomen ympäristökeskus. s.a. Hertta / Vedenlaatu -järjestelmä. Avoin tietojärjestelmä. Haku 16.8.2021. Saatavissa: <https://www.wp2.ymparisto.fi/scripts/linkit.asp> [viitattu 18.8.2021].

Suomen ympäristökeskus. 2011. Järvi-meriwiki - Halmelampi (04.112.1.420). Verkkopalvelu. Haku 10.10.2021. Saatavissa: [https://www.jarviwiki.fi/wiki/Halmelampi\\_\(04.112.1.420\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Halmelampi_(04.112.1.420)) [viitattu 10.10.2021].

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. 2021. Elohopea. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ymparistomyrkyt/elohopea> [viitattu 18.9.2021].

Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 1999. Maarakentamisessa käytettävien teollisuuden sivutuotteiden riskinarviointi. VTT Tiedotteita 1995. Espoo. PDF-julkaisu. Saatavissa: <https://cris.vtt.fi/en/publications/risk-assessment-of-industrial-by-products-used-in-earth-construct-2> [viitattu 3.11.2021].

Valtioneuvoston asetus maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista 214/2007.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 23.11.2006/1022.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 1308/2015.

Vesilaki 27.5.2011/587.

Ympäristöministeriö. 1994. Saastuneet maa-alueet ja niiden käsittely Suomessa. Saastuneiden maa-alueiden selvitys- ja kunnossapitoprojekti; loppuraportti. Muistio 5/1994. Helsinki. PDF-tiedosto. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/233768> [viitattu 3.11.2021].

Ympäristöministeriö. 2012. Ampumaratojen ympäristölupa, opas toiminnanharjoittajille sekä lupa- ja valvontaviranomaisille. Suomen ympäristö 23/2012. Helsinki. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38779/SY23\\_2012\\_Ampumaradan\\_ymparistolupa\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38779/SY23_2012_Ampumaradan_ymparistolupa_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 12.8.2021].

Ympäristöministeriö. 2014. Ampumaratojen ympäristövaikutusten hallinta, paras käyttökelpoinen tekniikka. Suomen ympäristö 4/2014. Helsinki. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136000/SY\\_4\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/136000/SY_4_2014.pdf?sequence=1) [viitattu 13.8.2021].

Ympäristöministeriö. 2016. Suomen Ramsar -kosteikko-toimintaohjelma 2016–2020. Ympäristöministeriön raportteja 21/2016. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75329/YMra\\_21\\_2016.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75329/YMra_21_2016.pdf?sequence=1) [viitattu 1.9.2021].

Ympäristöministeriö. 2018. Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen. Ympäristöministeriön raportteja 19/2018. PDF-julkaisu. Saatavissa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160990/YMra\\_19\\_2018\\_Vesiymparistolle\\_vaarallisiajahaitallisia.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160990/YMra_19_2018_Vesiymparistolle_vaarallisiajahaitallisia.pdf) [viitattu 14.9.2021].

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

## Halmelampi, näytteenottopisteet 2021



(Google My Maps 2021b; Maanmittauslaitos s.a.)

Näytteenottopisteet, toukokuu 2021	Koordinaatit
Tuleva	N 61.56350 E 027.62190
Keski, 5 m	N 61.56459 E 027.62356
Lähtevä	N 61.56604 E 027.62606

## Ramboll Finland Oy, ympäristötekniikan tutkimuksen tulokset 2016

**Taulukko 3.** Halmelammen sedimentin analyysitulokset.

Näyte	Sb	As	Hg	Cd	Co	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	V
SEDkok	1	4,5	0,2	0,5	8	15,6	21,3	33,2	13,3	42,2	23,6

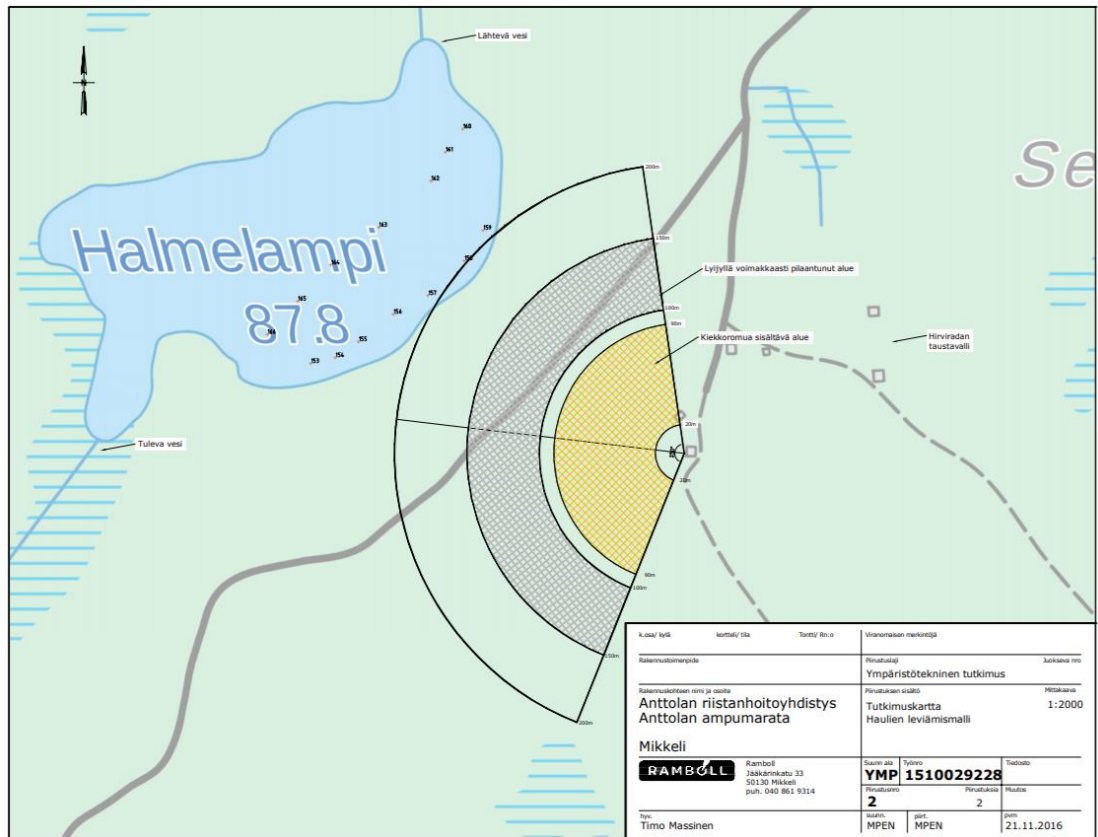
(Ramboll Finland Oy, 2016)

**Taulukko 4.** Halmelammen pintavesinäytteiden analyysitulokset ( $\mu\text{g/l}$ ).

Näyte	Antimoni		Arseeni		Kupari		Lyijy		Sinkki	
	kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.	kok.	liuk.
Tuleva	<1	<1	<0,5	0,5	<1	<1	0,8	0,6	<15	12
Lähtevä	<1	<1	<0,5	<0,4	<1	<1	<0,6	<0,5	<15	5,4

(Ramboll Finland Oy, 2016)

## Anttolan ampumarata, haulikkoradan leviämismalli



(Ramboll Finland Oy 2016)

## Metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) ympäristölaatunormit sisämaan pintavesissä

Metalli	AA-EQS <sup>(1)</sup> (vesi) µg/l	MAC-EQS <sup>(2)</sup> (vesi) µg/l	EQS (ahven) µg/kg	Vaaralli- nen aine	Haitalli- nen aine
Kadmium (veden kovuus- luokasta riippuen)	≤ 0,08 (luokka 1) 0,08 (luokka 2) 0,09 (luokka 3) 0,15 (luokka 4) 0,25 (luokka 5)	≤ 0,45 (luokka 1) 0,45 (luokka 2) 0,6 (luokka 3) 0,9 (luokka 4) 1,5 (luokka 5)		X	
Lyijy	1,2	14	-		X
Elohopea	-	0,07	20	X	
Nikkeli	4	34	-		X

<sup>(1)</sup> AA = vuosikeskiarvo

<sup>(2)</sup> MAC = sallittu enimmäispitoisuus

(Valtioneuvoston asetus 1308/2015, liite 1 kohta C.)

Metallien (Pb, Ni, Hg, Cd) luontaiset taustapitoisuudet sisämaan pintavesissä

Sisämaan pintavedet (järvet)	Kadmium (vesi) $\mu\text{g/l}$ tausta + AA-EQS	Nikkeli (vesi) $\mu\text{g/l}$ tausta + AA-EQS	Lyijy (vesi) $\mu\text{g/l}$ tausta + AA-EQS	Elohopea (ahven) $\mu\text{g/kg}$ tausta + EQS
Vähähumuksiset (mg Pt/l $\leq 30$ )	0,02 + 0,08 = <b>0,1</b> (luokka 1 ja 2)	1 + 4 = <b>5</b>	0,1 + 1,2 = <b>1,3</b>	180 + 20 = <b>200</b>
Humusjärvet (mg Pt/l 30–90)	0,02 + 0,08 = <b>0,1</b> (luokka 1 ja 2)	1 + 4 = <b>5</b>	0,2 + 1,2 = <b>1,4</b>	200 + 20 = <b>220</b>
Runsashumuksiset (mg Pt/l $\geq 90$ )	0,02 + 0,08 = <b>0,1</b> (luokka 1 ja 2)	1 + 4 = <b>5</b>	0,7 + 1,2 = <b>1,9</b>	230 + 20 = <b>250</b>

(Valtioneuvoston asetus 1308/2015, liite 1 kohta C.)