

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Panu Paloniitty
Laura Pehkonen

KONTIOLAHDEN LINNUNSUON KOSTEIKON NYKYTILA JA
VESIENSUOJELUTEKNISTEN RAKENTEIDEN SUUNNITELMA
KOSTEIKOLTA JUKAJOKEEN LASKEVAAN UOMAAN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017

**OPINNÄYTETYÖ****Toukokuu 2017****Ympäristötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3

80200 JOENSUU

Puh. (013) 260 600

Tekijät

Panu Paloniitty ja Laura Pehkonen

Nimeke

Kontiolahden Linnunsuon kosteikon nykytila ja vesiensuojeluteknisten rakenteiden suunnitelma kosteikolta Jukajokeen laskevaan uomaan

Toimeksiantaja

Selkien kyläyhdistys ry

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä selvitettiin Kontiolahdella sijaitsevan 120 hehtaarisin Linnunsuon vesiensuojelukosteikon nykytilaa ja tulevaisuuden näkymiä sekä laadittiin kosteikolle riskianalyysi. Lisäksi opinnäytetyössä laadittiin yleissuunnitelma vesiensuojeluteknisten rakenteiden rakentamisesta Linnunsuon kosteikolta lähtevään, Jukajokeen laskevaan uomaan.

Linnunsuon toimiessa Vapo Oy:n turvesuona alueen erittäin happamat valumavedet aiheuttivat Jukajoen kalakuolemat. Turvetuotanto lopetettiin ja tilalle rakennettiin vesiensuojelukosteikko, jonka tarkoituksena on parantaa alueen valumavesien laatua.

Kosteikon nykytilaa, riskejä ja tulevaisuudennäkymiä selvitettiin vesi-, pohjaeläin- ja sedimenttinäytteiden sekä maastohavaintojen ja rakennekuvien avulla. Näytteitä kerättiin kosteikolta ja lähtevästä uomasta talven 2016 ja kevään 2017 aikana. Näytteet analysoitiin laboratorioissa ja analysointitulosten perusteella arvioitiin kosteikon toimivuutta ja vedenlaadun tilaa. Vesiensuojeluteknisiä rakenteita suunniteltiin maastohavaintojen ja vaaitusten avulla.

Linnunsuon vesiensuojelukosteikon veden pH-arvo on 3,33. Arvo on matala, mutta hiljalleen nousussa. Kosteikon pohjasedimentissä on rautaa noin 60 g/kg ja alumiinia noin 5 g/kg. Hapeton ja hapan vesi aiheuttavat raskasmetallien liukenemisen sedimentistä takaisin veteen. pH-arvon nousun jatkuminen ja veden hapettomuuden estäminen yhdessä lähtevään uomaan rakennettavien vesiensuojeluteknisten rakenteiden kanssa vähentävät alueelta Jukajokeen päätyvää vesistökuormaa.

Kieli

suomi

Sivuja 113

Liitteet 16

Asiasanat

Happamuus, kosteikot, vesistöjen kunnostus, raskasmetallit



THESIS
May 2017
**Degree Programme in Environmental
Technology**
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU, FINLAND
Tel. (013) 260 600

Authors
Panu Paloniitty & Laura Pehkonen

Title

Current Situation of Linnunsuo Wetlands in Kontiolahti and a Plan of Water Protection Constructions to Outflow Ditch from Linnunsuo to Jukajoki River.

Commissioned by
Selkien kyläyhdistys ry

Abstract

In the thesis the current state and future prospects of Linnunsuo wetlands were investigated and a risk analysis for the wetlands were made. A plan for water protection constructions to the outflow ditch from Linnunsuo was drafted.

When Linnunsuo was used for peat production by Vapo Oy, highly acidic runoff from the area caused fish deaths in the river Jukajoki. The peat production was stopped and Linnunsuo wetlands were constructed on the area. The goal of the wetlands is to improve the water quality of the runoff in the area.

The current state, risks and future prospects of the wetlands were investigated by taking water-, benthic fauna- and sediment samples, making observations during the field days and using structure pictures of the wetlands. The samples were collected from the wetlands and the outflow ditch during the winter of 2016 and the spring of 2017. The samples were analyzed in laboratories and the functioning of the wetlands and the quality of the water were evaluated based on the results of the analysis. Observations made during the field days and leveling results from the outflow ditch were used for planning water protection constructions.

The pH level of the Linnunsuo wetlands is 3,33. The level is low but slowly rising. The bottom sediment of the wetlands contains about 60 g/kg of iron and about 5 g/kg of aluminium. Oxygen-free and acidic water causes heavy metals to dissolve from the sediment back in to the water. Continuous rising of the pH level and preventing of anoxia along with water protection constructions of the outflow ditch will reduce the load from the area to the river Jukajoki.

Language
Finnish

Pages 113
Appendices 16

Keywords

Acidity, wetlands, water renovation, heavy metals

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Tausta	7
1.2	Toimeksiantaja	7
2	Tietoperusta	8
2.1	Keskeiset käsitteet	8
2.2	Vesiensuojelukosteikko	10
2.2.1	Veden pH	13
2.2.2	Veden happi	14
2.2.3	Raskasmetallien liukoisuus eri happi ja happamuusolosuhteissa	15
2.3	Virtaveden vesiensuojelutekniset rakenteet	17
2.3.1	Pohjapato	18
2.3.2	Laskeutusallas	21
2.3.3	Pintavalutuskenttä	22
2.4	Ruoppaus	23
3	Työn tarkoitus ja tavoitteet, aiheen rajaus ja työn toteutus	24
3.1	Työn tarkoitus ja tavoitteet	24
3.2	Aiheen rajaus	25
3.3	Työn toteutus	25
4	Tutkimus- ja suunnittelualue	26
4.1	Linnunsuon kosteikko	27
4.2	Kosteikolta lähtevä, Jukajokeen laskeva uoma	32
5	Tutkimusaineisto ja -menetelmät	35
5.1	Maastot	35
5.1.1	Vesinäytteet	36
5.1.2	Virtaamamittaus	41
5.1.3	Sedimenttinäytteet	42
5.1.4	Pohjaeläinnäytteet	44
5.2	Laboratorioanalyysit	47
5.3	Paikkatietoaineisto	49
6	Vesiensuojeluteknisten rakenteiden suunnittelu kosteikolta lähtevään, Jukajokeen laskevaan uomaan	51
6.1	Pintavaluntakenttä	53
6.2	Pohjapadot	53
6.3	Laskeutusallas	59
6.4	Muut kunnostustoimet	59
6.4.1	Vanhan laskeutusaltaan ruoppaus	60
7	Tulokset ja niiden tarkastelu	61
7.1	Vesinäytteiden tulokset	61
7.2	Sedimenttinäytteiden tulokset	69
7.3	Pohjaeläimet	71
8	Riskianalyysi	73
9	Tulevaisuudennäkymät	74
10	Johtopäätökset ja toimenpidesuosituksset	77
11	Muut havainnot	79
	Lähteet	80

Liitteet

- Liite 1. Koordinaattitietoja Linnunsuon alueen vesi- ja pohjaeläinnäytteenotto-
paikoista
- Liite 2. Linnunsuon kosteikon näytteenottopaikkojen vesinäytetulokset
- Liite 3. Linnunsuon kosteikon vesinäytepaikkojen tulokset ajanjaksolta 11/16
- 05/17
- Liite 4. Vesiensuojeluteknisten rakenteiden paikat
- Liite 5. Pato 2004 -ohjelmasta poikkileikkaukset
- Liite 6. Linnunsuon kosteikon pohjaeläinnäytetaulukot
- Liite 7. Lähtevän uoman pohjaeläinnäytetaulukko
- Liite 8. Linnunsuon kosteikon sedimenttinäytteiden tulokset KVVY ry
- Liite 9. Sedimenttinäytteiden kairauksien syvyys ja koordinaattitiedot
- Liite 10. Linnunsuon kosteikon sedimenttinäytteitä
- Liite 11. Vanhan laskeutusaltaan sedimenttinäytteitä
- Liite 12. Lähtevän uoman sedimenttinäytteitä
- Liite 13. Riskianalyysitaulukko
- Liite 14. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 7.12.2016
- Liite 15. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 16.1.2017
- Liite 16. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy / Kokemäenjoen vesistön ve-
siensuojeluyhdistys ry 6.4.2017

Kuvat, kuviot ja taulukot

- Kuva 1. Pohjapato ylhäältä kuvattuna.
- Kuva 2. Pohjapadon poikkileikkaus, A - A -leikkaus kuvasta 2.
- Kuva 3. Pohjapadon poikkileikkaus vaihtoehtoiset tiivistesydämellä ja kivi-ver-
hoilulla, B - B-leikkaus kuvasta 2.
- Kuva 4. Pohjapato heikosti kantavalla maalla.
- Kuva 5. Linnunsuon kosteikon ja lasku-uoman sijainti.
- Kuva 6. Rakennekuva Linnunsuon kosteikosta.
- Kuva 7. Kohteen valuma-alue rajaukset.
- Kuva 8. Yleiskuva Linnunsuon kosteikosta.
- Kuva 9. Linnunsuon kosteikolta laskeva uoma on merkattu karttaan tumman
sinisellä.
- Kuva 10. Munkki eli säätökaivo, padon ulkopuolinen.
- Kuva 11. Linnunsuon vanhasta laskeutusaltaasta lähtevä säätökaivo, joka joh-
taa kuvan 10 tapaan lähtevään uomaan.
- Kuva 12. Linnunsuon vanha laskeutusallas, kuva otettu virtaussuunnan mukai-
sesti.
- Kuva 13. Linnunsuon näytteenottopaikat.
- Kuva 14. Ruttner-vesinäytteenotin.
- Kuva 15. Vesinäyte ja reagenssit hiostulpallisessa lasipullossa.
- Kuva 16. Limnos-vesinäytteenottimella happinäytteenotto kenttämittaukseen.
- Kuva 17. Linnunsuo1 näytteen mittaus happikenttämittarilla.
- Kuva 18. pH- ja raskasmetallinäytepulloja.
- Kuva 19. Virtausnopeus mitattiin siivikolla.
- Kuva 20. Mittapadolta lasku-uoman leveyden ja syvyyden mittaus.
- Kuva 21. Suokaira.

- Kuva 22. Ekman-noudin.
Kuva 23. Jääsaha.
Kuva 24. Pohjaeläinnäytteenottoaika uomasta.
Kuva 25. Potkuhaavi.
Kuva 26. Pohjaeläinnäytteet.
Kuva 27. Saksalaisvalmisteinen WTW S12A –filterifotometri.
Kuva 28. Mettler Toledo pH-mittari.
Kuva 29. Sähkönjohtavuusmittari 6022 (COND X1).
Kuva 30. Garmin GPSmap 60CSx.
Kuva 31. GEOTRIM Trimble CU -tarkkuus-gps, jota käytti maanmittausinsinööri Seppo Myller.
Kuva 32. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet, lasku-uoman loppupää.
Kuva 33. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet.
Kuva 34. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet, lasku-uoman alkupää.
Kuva 35. Piirroskuva purouoman ennallistamisesta.
Kuva 36. Esimerkillinen pohjapatorakennelma Kissapuroilta, Jukajärveen laskevasta uomasta.
Kuva 37. Yleiskuva pohjapatorakennelmasta Kissapuroilta, Jukajärveen laskevasta uomasta.
Kuva 38. Esimerkillinen laskeutusallas rakennelma Pohjajärveen laskevasta uomasta Valtimolta.
- Kuvio 1. Viipymän merkitys kosteikon tehokkuudelle.
Kuvio 2. Tyyppipoikkileikkaus maa- ja metsätalous alueen uomaan rakennettavasta pohjapadosta.
Kuvio 3. Tyyppipoikkileikkaus perattuun uomaan rakennettavasta pohjapadosta.
Kuvio 4. Tyyppipoikkileikkaus perattuun uomaan rakennettavasta pohjapadosta.
Kuvio 5. pH-arvon vaihtelu vuosina 2013 - 2017.
Kuvio 6. Raudan arvojen vaihtelu vuosina 2015 - 2017.
Kuvio 7. Alumiinin arvojen vaihtelu vuosina 2015 - 2017.
- Taulukko 1. Happinäytteen otto- ja kestäväintiohje.
Taulukko 2. pH- ja sähkönjohtavuustulokset Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä 1/2.
Taulukko 3. pH- ja sähkönjohtavuustulokset Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä 2/2.
Taulukko 4. Rauta- ja alumiinitulokset Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä 1/2.
Taulukko 5. Rauta- ja alumiinitulokset Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä 2/2.
Taulukko 6. Elohopea- ja kuparitulokset Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä.
Taulukko 7. Linnunsuon kosteikolta lähtevästä uomasta ennen Jukajokeen laskeua vesinäytetulokset.
Taulukko 8. Vesinäytetulokset kosteikon altaaseen 2 laskevasta uomasta.
Taulukko 9. Sedimenttinäytteiden tulokset.
Taulukko 10. Ruoppausmassojen laatukriteerit (mg/kg).
Taulukko 11. Shannon-Wiener-indeksiarvotaulukko.
Taulukko 12. Kohdealueen eläinhavainnot.

1 Johdanto

1.1 Tausta

Opinnäytetyön aiheena on Linnunsuon kosteikon nykytilan selvittäminen ja vesiensuojeluteknisten rakenteiden suunnittelu kosteikolta lähtevään, Jukajokeen laskevaan uomaan. Linnunsuon kosteikko on vesiensuojelukosteikko, joka sijaitsee Vapo Oy:n hallinnoimalla, tuotannosta poistetulla turvetuotantoalueella.

Kesällä 2010 paikallisen kalastajan Jukajoella huomaamien kalakuolemien seurauksena ryhdyttiin lopulta toimenpiteisiin Jukajärven ja Jukajoen koko valuma-alueen kunnostamiseksi. Linnunsuon turvetuotanto lopetettiin, kun havaittiin sieltä valuneiden happamoituneiden vesien olleen kalakuolemien aiheuttaja. Tämä opinnäytetyö on osa edellä mainittua kunnostusprojektia. Vedenlaadullisia ongelmia aiheuttaneella Linnunsuon turvetuotantoalueella sijaitsee nykyään Linnunsuon kosteikko, jonka tarkoituksena on parantaa alueen vedenlaatua.

1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Selkien kyläyhdistys ry ja heidän puheenjohtajana toimii Tero Mustonen. Selkien kylätoimikunta on perustettu kesäkuussa 1978. Selkien kylätoimikunta muuttui Selkien kyläyhdistykseksi vuonna 2003, jolloin yhdistys merkittiin yhdistysrekisteriin kyläyhdistyksenä. (Selkie 2016.)

2 Tietoperusta

2.1 Keskeiset käsitteet

Kevätylivirtaamajakso ajoittuu huhti-toukokuulle ja alkaa lumen sekä roudan sulamisesta. Tällöin happamat ja karuhkot lumen sulamisvedet lähtevät liikkeelle. Roudan sulaessa orgaaninen ja epäorgaaninen aines lähtee liikkeelle, joten näiden aineiden ja niiden yhdisteiden huuhtoumat kohoavat merkittävästi. (Tossavainen 2013, 53.)

Mustaliuske on hiiltä ja rikkiä sisältävä, väriltään tumma ja raekooltaan pieniliuskeinen mineraaliaines. Päämineraaleina mustaliuskeessa ovat kvartsi, biotiitti, grafiitti ja kiisumineraali. (Geologia 2011.) Mustaliuske on lähtöisin merenpohjaan kerrostuneesta mätäliejusta. Suomessa esiintyvä mustaliuske on noin kaksi miljardia vuotta vanhaa ja sisältää maailman mustaliuskeista eniten hiiltä ja rikkiä. (Geologian tutkimuskeskus 2017.)

pH-asteikolla ilmaistaan erilaisten vesiliukoisten aineiden happamuus. Asteikko kertoo, onko liuos neutraali ($\text{pH} = 7$), hapan ($\text{pH} < 7$) vai emäksinen ($\text{pH} > 7$). (Peda.net 2017a.)

Raskasmetalleja, joita työssä pääasiassa tarkastellaan ovat rauta (Fe), alumiini (Al), kupari (Cu), mangaani (Mn), sinkki (Zn) ja elohopea (Hg). Edellä mainitut raskasmetallit pidättyvät järviin ja lampiin. Rauta ja alumiini ovat yleisimpiä vesistöissä tavattavista raskasmetalleista, jotka ovat korkeina pitoisuuksina myrkyllisiä vesieliöille. (Tossavainen 2013, 33.)

Sedimentti on vesialueen pohjaan vuosien mittaan vajonnutta ja kerrostunutta maa-ainesta. Maa-aines on siirtynyt paikalle veden, tuulen ja jäätikön vaikutuksesta. (Wikipedia 2014.)

Shannon-Wiener -indeksi kertoo järven eliöyhteisön biodiversiteetistä. Mitä lähempänä arvo on lukua 0, sitä suppeampi on esimerkiksi paikan pohjaeläinkanta.

Indeksi voidaan laskea pohjaeläinten määrän ja lajien avulla käyttäen laskenta-kaavaa 2.1.

$$H' = - \sum P_i \ln P_i \quad (2.1)$$

jossa

P_i = lajin keskiarvo jaettuna kaikkien näytteenottolajien summalla (Tossavainen 2016b, 16).

Syysylivirtaamajakso ajoittuu yleensä syyskuusta marraskuulle. Syysstateiden aikaan virtaamat ovat suuria ja vesistön kuormitus on merkittävä sateista riippuen. Vuotuisesta fosforikuormasta 20 - 40 % huuhtoutuu syysylivirtaamajaksoilla. Tämä on tärkeä vesinäytteidenoton ja virtaamamittausten ajankohta kuormitustutkimuksissa. (Tossavainen 2013, 54.)

Sähkönjohtavuuden määrittelee vedessä olevien suolojen eli anionien ja kationien määrä. Anionit ovat negatiivisesti ja kationit positiivisesti varautuneita ioneja. Yleisimpiä ioneja, jotka vaikuttavat veden sähkönjohtavuuteen ovat kalsium (Ca^{2+}), natrium (Na^+), kalium (K^+), kloridi (Cl^-), magnesium (Mg^{2+}), vetykarbonaatti (HCO_3^-) ja sulfaatti (SO_4^{2-}). Suomen sisävesien sähkönjohtavuus on keskimäärin 6,7 mS/m. Suomen sisävesiin kuuluu joet, lammet, purot ja järvet. Itä-Suomessa sähkönjohtavuus on keskimäärin alle 3,3 mS/m. (Tossavainen 2013, 185 - 186).

Talvialivirtaamajakso alkaa syysstateiden loputtua ja roudan muodostuttua. Talvialivirtaamajaksoilla valumavesien lämpötila on noin 0 °C. Jakso päättyy, kun lumi ja routa sulavat. (Tossavainen 2013, 52.)

Valuma-alue on vesistön alueella sijaitseva maanpinta, jonka kaikki vedet päätyvät vesistöön (Tossavainen 2013, 24).

Veden kovuus on veden laadun tekninen muuttuja. Kovaksi vedeksi nimitetään vettä, joka sisältää runsaasti kalsiumia (Ca) ja magnesiumia (Mg). Vastaavasti pehmeä vesi sisältää vähän kalsiumia ja magnesiumia. (Lahermo, Tarvainen,

Hatakka, Backman, Juntunen, Kortelainen, Lakomaa, Vesterbacka, Väisänen & Suomela 2002, 53.)

Vesistö on järvien ja jokien muodostama kokonaisuus, josta vedet laskevat yhtä tai useampaa laskujokea pitkin mereen (Peda.net 2017c).

Virtaamalla (Q) tarkoitetaan uoman poikkileikkauksen läpi kulkevan vesimäärän tilavuutta aikayksikössä (l/s). Virtaaman muita käsitteitä ovat **ylivirtaama (HQ)**, joka tarkoittaa havaintojakson suurinta virtaamaa (kevät- ja syysylivirtaama). **Alivirtaama (NQ)** tarkoittaa havaintojakson pienintä virtaamaa (talvialivirtaama), ja **keskivirtaama (MQ)** tarkoittaa tietyn havaintojakson keskimääräistä virtaamaa. (Ympäristö 2016.)

2.2 Vesiensuojelukosteikko

Vesiensuojelukosteikko on ihmisen tekemä, osittain tai kokonaan veden peittämä alue, jonka läpi johdetaan valuma-alueelta tuleva vesi. Kosteikko voi olla yhtenäinen allas, mutta yleensä toimiva kosteikko sisältää syvänteitä, saarekkeita, niemekkeitä ja osa-altaita, joilla veden virtaus saadaan ohjattua tasaisesti läpi koko kosteikkoaltaan ja kuorman pidättymistä tehostettua. (Eskola 2010, 2; Kannala 2001; Puustinen ym. 2001.) Hyvin suunniteltu ja toteutettu kosteikko on yksi tehokkaimmista, erityisesti maatalousalueiden vesiensuojelumenetelmistä. Kosteikot myös kaunistavat maisemaa ja ovat lajistoltaan monimuotoisia. Suomessa pesivistä lintulajeista noin puolet tavataan kosteikoilla ja niiden läheisyydessä. Kosteikkoalueilla viihtyy myös monia kasvi- ja nisäkäslajeja. (Leppänen & Raasina 2015, 59.)

Kosteikoilla kasvaa yleensä luonnonvaraisia tai istutettuja kostean paikan kasveja. Kosteikkoaltaat voivat olla lähes täysin kasvillisuuden peitossa. Kosteikon reunoilla ja tulva-alueilla voi kasvaa puita ja pensaita. (Eskola 2010, 2; Kannala 2001; Puustinen ym. 2001.)

Hyvä kosteikko on rakenteellisilta ominaispiirteiltään, syvyysuhteiltaan, kasvillisuudelta, rantaviivaltaan ja maisemaltaan vaihteleva. Vesisyvyys tulisi olla yksittäisissä paikoissa vähintään 0,3 metriä ja laajalla alueella keskimäärin 0,5 - 0,7 metriä vähävetisinäkin aikoina. Kosteikon viipymä on puhdistustehon kannalta ratkaisevaa. Sitä voidaan pidentää pinta-alaa lisäämällä. Ihannetilanteessa vesi virtaa tasaisesti samalla nopeudella kaikissa osissa allasta. Toimivan kosteikon muoto on hydraulisesti tehokas ja maisemallisesti miellyttävä. Vähäiset oikovirtaukset ja mahdollisimman suuri allastilavuus ovat myös tehokkaasti toimivan kosteikon ominaisuuksia. (Eloranta 2010, 94.)

Maatalouden erityistuksessa edellytetään, että kosteikon pinta-alan tulee olla vähintään 0,5 % yläpuolisen valuma-alueen pinta-alasta (Keskinarkaus, Matilainen, Kasari & Kurki 2009, 7). Kosteikosta kannattaa kuitenkin aina tehdä mahdollisimman laaja. Suhteessa suurempi kosteikko pidättää tehokkaammin ravinteita ja kiintoaineita (kuvio 1), joten kosteikosta kannattaa tehdä niin suuri kuin se on muu maankäyttö huomioiden mahdollista (Eloranta 2010, 94). Pinta-alan lisäksi kosteikon tehokkuuteen vaikuttavat tulevan veden laatu, rakenteelliset ominaispiirteet sekä kasvillisuus. Kasvillisuus lisää puhdistustehoa varsinkin jäätyneen maan aikaan, mutta kosteikon ei tulisi koskaan jäätyä pohjaa myöten. Toimintateho kosteikoissa on heikoimmillaan keväällä ja talvella sekä ylivirtaamajaksojen aikaan. (Leppänen & Raassina 2015, 61.)

Yleensä patoamalla ja kaivamalla rakennetuille keinotekoisille vesiensuojelukosteikoille sopivia sijoituspaikkoja ovat esimerkiksi aiemmin luonnonkosteikkoina olleet alueet, joen tai puron haarat ja purolaaksot (Puustinen, Koskiaho, Jormola, Järvenpää, Karhunen, Mikkola-Roos, Pitkänen, Riihimäki, Svensberg & Vikberg 2007, 22). Näissä paikoissa voidaan padon avulla nostaa veden korkeutta aiheuttamatta vahinkoa pelloille ja ranta-alueille (Leppänen & Raassina 2015, 59).

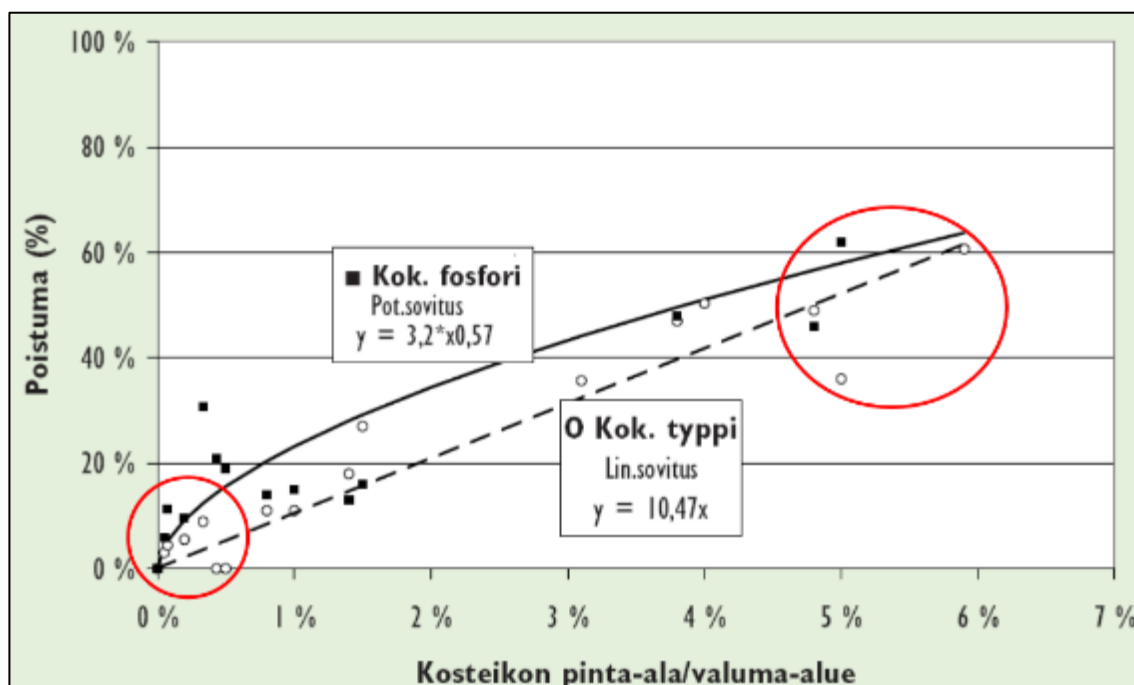
Toimiva kosteikko puhdistaa valuma-alueen vesiä sekä lisää luonnon monimuotoisuutta tarjoamalla elinympäristöjä eläimille ja kasveille. Kosteikossa tapahtuvia vedenpuhdistusprosesseja ovat:

- Kiintoaineksen laskeutuminen, jolloin etenkin fosforia, mutta myös orgaanista typpeä pidättyy.

- Liuenneen fosforin adsorptio, jolloin liennut fosfori kemiallisesti sitoutuu maahiukkasiin.
- Denitrifikaatio, jolloin I. nitraattityppi pelkistyy mikrobitoiminnan kautta kaasumaiseen muotoon.
- Biologinen ravinteiden kulutus, jonka aiheuttaa kosteikossa kasvavat ja pohjaan sedimentoituvat kasvit, levät ja eliöt. (Koskiaho 2010.)

Lisäksi kosteikot tasaavat virtaamia ja vähentävät eroosiota sekä tulvahaittoja (Karhunen 2014). Kosteikkojen on myös todettu nostavan veden pH-arvoa (Tossavainen 2017).

Kosteikon puhdistusprosessit tapahtuvat veden viipyessä kosteikossa. Mahdollisimman pitkä viipymä parantaa aineiden pidättymistä ja parantaa näin ollen kosteikon tehokkuutta. Äkilliset viipymän lyhenemiset tulva-aikoina tai muut olosuhteiden muutokset, kuten hapettomuus voivat aiheuttaa kosteikkoon jääneiden aineiden liikkeelle lähdön (Puustinen ym. 2007, 12).



Kuvio 1. Viipymän merkitys kosteikon tehokkuudelle (Koskiaho 2010).

Kuviossa 1 on esitetty kokonaisfosforin (kok.P) ja kokonaistypen (kok.N) prosentuaalinen poistuma suhteessa kosteikon pinta-alan prosentuaaliseen suuruuteen

valuma-alueen pinta-alasta. Kuviosta nähdään, että kosteikon pinta-alan kasvaessa suhteessa valuma-alueen pinta-alaan kokonaisfosforin ja kokonaistypen poistuma kasvaa. Kuvion kokonaisfosforin käyrän kaavan pitäisi olla $y = 23,2 * x^{0,57}$ (Tossavainen 2017).

Kosteikon perustaminen edellyttää sitoutumista sen hoitoon. Hoitosuunnitelma ja ajan kuluessa määräytyvä hoitotarve ovat aina tapauskohtaisia. Jo kosteikkoa perustettaessa voidaan vaikuttaa hoitotoimien ja hoidon määrään. (Leppänen & Raassina 2015, 63.) Tärkeimmät suoritettavat hoitotoimenpiteet kosteikolla ovat säännöllinen kasvillisuuden poisto umpeenkasvun estämiseksi, lietteenpoisto kosteikkoon laskevien ojien suista, rakenteiden tarkistukset voimakkaiden ylivirtaamien jälkeen sekä lietteen poisto mahdollisista kosteikon syvänteistä. Hoitotoimenpiteet takaavat kosteikon toimivuuden sekä edistävät monimuotoisuutta ja ylläpitävät perinnebiotooppeja alueella. (Tossavainen 2016d, 192.)

2.2.1 Veden pH

Veden happamuuden määrittämisessä käytetään pH-arvoa, joka kertoo vetyionien määrän vedessä. Neutraali vesi on pH-arvoltaan 7. Arvoltaan pienemmät vedet ovat happamia ja suuremmat emäksisiä. pH-asteikko on logaritminen. Tämän vuoksi yhden pH-luvun muutos tarkoittaa kymmenkertaista muutosta happamudessa. (Peda.net 2017a.)

Suomen pintavesien pH on yleensä lievästi happaman puolella (6,5 - 6,8 pH) (Eloranta 2010, 83). Vesinäytteiden hyvälaatuisen veden raja-arvona pidetään 5,5 - 9,0 pH, erityisesti kalastoa ajatellen. (Tossavainen 2013, 152). pH-arvojen vaihtelu vesistöissä voi kuitenkin olla nopeaa syystä, että esimerkiksi happamista sateista sekä sulamisvesistä. pH-arvot ovatkin yleensä pienimmillään kevättulvien aikaan. Myös maaperän happamuus (happamat sulfaattimaat) sekä runsas humuspitoisuus vaikuttavat pH-arvoon. (Peda.net 2017b.) Sulfidi- ja sulfaattimaiden joutuessa kosketuksiin ilman tai pintavesien kanssa ne hapettuvat muuttaen

maaperän erittäin happamaksi. Ilmalaskeumat, metsien kuivatustoimet sekä jätevedet lisäävät myös osaltaan pintavesien luontaista happamuutta. (Eloranta 2010, 83.)

Täysin happamoituneen veden tunnuksia ovat pH-arvon lasku alle 4,5 pH:n, olematon veden puskurikyky ja kohonneet raskasmetallien pitoisuudet (Eloranta 2010, 83). Raskasmetalleista esimerkiksi rauta (Fe) ja alumiini (Al) muuttuvat myrkyllisiksi happamissa vesissä (Tossavainen 2013, 152). Happamoituminen näkyy veden kirkastumisena, perustuotannon lisääntymisenä, vesikasvillisuuden ja virtavesieliöiden koostumuksen muutoksena ja kalkkikuoristen eliöiden häviämisenä. Äkilliset kalakuolemat toimivat ääriesimerkkinä happamuuden muutoksesta. (Eloranta 2010, 83.)

2.2.2 Veden happi

Happi on myös vedessä monipuolisen elämän ehto. Vedessä elävät bakteerit ja eliöt tarvitsevat happea hengitykseen ympäri vuoden. Happea liukenee veteen ilmakehästä pitäen yllä veden happitasapainoa. Kylmään veteen liukenee enemmän happea kuin lämpimään veteen. (Oravainen 1999, 4.) Happea vapautuu veteen myös kasviplanktonin ja makrofyyttien fotosynteesissä. Veden happipitoisuuksia monitoroidaan ja vertaillaan hapen kyllästysasteina (%). (Tossavainen 2013, 71.) Normaali happikyllästysaste päällysvedessä on 80 - 90 % (Oravainen 1999, 4).

Happipitoisuus on heikoimmillaan talvella jääpeitteen takia, kun happea ei pääse liukenemaan ilmakehästä. Vedessä elävät eliöt kuluttavat veden happivarastoja, jolloin happitilanne heikkenee. Parhaimmillaan veden happitilanne on syksyllä syystäyskierron aikaan. Happitilannetta saadaan parannettua kasvattamalla veden viipymää. Suurempi viipymä parantaa orgaanisen aineksen mineralisaatiota ja tällöin myös veden happitilanne paranee. (Tossavainen 2013, 162 - 163.)

Happitilanteella on vaikutusta veden eliöstöön, kuten pohjaeläimiin. Huonosta happitilanteesta seuraa suppea lajivalikoima. Yleisimpiä pohjaeläimiä huonohapissa vesissä ovat surviaissääsken toukat, sukkulamadot, harvasukamadot, polttiaisen toukat ja sulkasääsken toukat. Täysin hapettomissa oloissa esiintyy tyypillisesti vain anaerobisiin oloihin sopeutuneita bakteereja ja joitain surviaissääsken toukkia. (Tossavainen 2013, 169 - 170.)

Pohjan happitilanteen vaihtelut aiheuttavat useita kemiallisia ja biologisia tapahtumia pohjan sedimentissä. Alusveden happitilanteen heikentyessä riittävästi (E_h -arvo laskee $+100 \text{ mV} \rightarrow +60 \text{ mV}$) SO_3^{2-} pelkistyy rikiksi, S. Pohjan mennessä täysin hapettomaksi (E_h -arvo $-150 \text{ mV} - -250 \text{ mV}$) alkaa pohjasedimentistä vapautua rikkivetyä ja äärimmäisessä tapauksessa metaania. E_h -arvolla ilmoitetaan alusveden hapetus-pelkistysaste eli redox -potentiaali. Mitä hapekkaampi vesi, sitä korkeampi redox -potentiaali. E_h -arvo voi vaihdella välillä $-250 \text{ mV} - +520 \text{ mV}$. (Tossavainen 2013, 173.)

2.2.3 Raskasmetallien liukoisuus eri happi ja happamuusolosuhteissa

Rauta saostuu pohjasedimenttiin rautahydroksi-ionina ($\text{Fe}(\text{OH})_2^+$), kun veteen liuennut happi pelkistää ferroraudan (Fe^{2+}) niukkaliukoiseksi ferriraudaksi (Fe^{3+}). Pohjaveden muuttuessa hapettomaksi ferroraudan pitoisuudet lisääntyvät raudan hapettuessa Fe^{2+} -ioneiksi ja liuetessa takaisin veteen. Pelkistävät olosuhteet ja runsas orgaaninen aines edistävät raudan liukenemistä. (Lahermo ym. 2002, 43; Berner 1978.) Veteen liuennut ferrorauta on eliöille hyvin myrkyllistä. Veden humuspitoisuus suojaa vesieliöitä raudan myrkyvaikutuksilta liuenneen raudan sitoutuessa humukseen. (Heikkinen 2012.)

Erittäin happamat olosuhteet ($\text{pH} < 3,0$) luovat edellytykset ferriraudan mobilisointiselle. Alkuperin rapautuneista mineraaleista lähtöisin olevat maakerrosten ja pohjasedimenttien sekundääriset rautasaostumat muodostavat pääosan happamilla valuma-alueilla mobilisoituvasta raudasta. (Lahermo ym. 2002, 43.) Raudan raja-arvo talousvedessä on $200 \mu\text{g/l}$ (953/1994 liite 1 taulukko 2a).

Alumiinin liukoisuus vesissä riippuu pH-arvosta. Alumiinipitoisuuksien on osoitettu kasvavan lähes eksponentiaalisesti veden pH:n aletessa (Lahermo ym. 2002, 41 - 42). Pienimmillään liukoisuus on pH:ssa 5,5. Happamoitunut vesi myös lisää maaperän alumiinin huuhtoutumista. Alumiini esiintyy happamassa vedessä Al^{3+} -ioneina sekä sulfaatteina, hydrokseina ja fluorideina. Emäksisessä vedessä alumiini on liukenemattomassa muodossa hydroksideina ($\text{Al}(\text{OH})_3$ ja $\text{Al}(\text{OH})_4^-$) ja sedimentoituu pohjaan. Alumiinihydroksidit ja Al^{3+} ovat veden eliöille myrkyllisiä. Alumiini on myrkyllisimmillään veden pH:n ollessa noin 5. (Heikkinen, Alasaarela 1988, 52 - 53; Driscoll ym. 1980; Baker ja Schofield 1980.) Alumiinin raja-arvo talousvedessä on 200 $\mu\text{g/l}$ (953/1994 liite 1 taulukko 2a).

Kuparin liikkuminen hydrologisessa kierrossa on vähäistä, mutta hapan ympäristö tehostaa kuparin liukenemistä (Lahermo ym. 2002, 23). pH-arvon laskiessa alle 4:n kuparin mobilisoituminen lisääntyy. Tällöin kupari on yleensä liukoisessa muodossa Cu^{2+} . (Heikkinen 2000, 28.) Kuparin raja-arvo talousvedessä on 2,0 mg/l (953/1994 liite 1 taulukko 2a).

Mangaanin käyttäytymistä luonnossa säätelee ympäristön pH ja redox -potentiaali. Mangaanin pitoisuuden on todettu nousevan pH-arvon laskiessa. Hapekkaassa vedessä mangaani saostuu pohjasedimenttiin hydroksideina ja oksideina. Mangaanin myrkyllisyys vesieliöille riippuu veden kovuudesta. Myrkyllisyys vähenee veden kovuuden kasvaessa. Myrkyllisyyden on todettu olevan voimakkaimmillaan veden kovuuden ollessa alle 50 mg CaCO_3/l . (Luste 2013, 1 - 2; WHO 2011.) Mangaanin raja-arvo talousvedessä on 50 $\mu\text{g/l}$ (953/1994 liite 1 taulukko 2a).

Elohopean määrä vedessä riippuu veden happamuuden mukaan. Elohopean liukeneminen veteen kasvaa veden happamuuden ja humuspitoisuuden kasvaessa. (Hintukainen 2014, 10; Mannio et al. 2002.) Elohopean raja-arvo talousvedessä on 1 $\mu\text{g/l}$ (953/1994 liite 1 taulukko 1).

Lyijy on vesistöissä liukoisessa muodossa. Se liukenee sitä nopeammin, mitä matalampi veden pH-arvo on. pH:n ollessa > 7 on lyijy kohtalaisen stabiili. Lyijy voi saostua pohjasedimenttiin oikeissa olosuhteissa veden sisältäessä kalsiumia,

rautaa, magnesiumia tai orgaanista ainetta. Sedimenttiin saostunut lyijy on lähes liukenematonta. Luonnossa lyijy myös hapettuu herkästi, jolloin sen pintaan muodostuva karbonaattikerros suojaa lyijyä liukenemiselta. Lyijy ja lyijyä sisältävät yhdisteet ovat myrkyllisiä eliöille. (Leiviskä 2011, 12, 24; Naumanen ym. 2001.) Lyijyn raja-arvo talousvedessä on 10 µg/l (953/1994 liite 1 taulukko 1).

Kromi esiintyy ympäristössä kromitrioksidina. Kromitrioksidi liukenee veteen helposti. Vedessä kromi esiintyy kromaattina saostuneena orgaaniseen ainekseen ja sedimenttiin. Sedimentin hapettomissa olosuhteissa kuusiarvoinen kromi pelkistyy kolmiarvoiseksi kromiksi. Kromi on myrkyllistä vesieliöille ja happamuuden lisääntyessä sen myrkyllisyys kasvaa. Kromin on myös todettu olevan myrkyllisempää pehmeässä kuin kovassa vedessä. (Työterveyslaitos 2015.) Kromin raja-arvo talousvedessä on 50 µg/l (953/1994 liite 1 taulukko 1).

Sinkki liukenee paremmin happamaan veteen. Liukeneminen on suurimmillaan pH-arvon ollessa alle 5. Myös sinkin pidättyminen esimerkiksi sedimenttiin riippuu veden happamuudesta. Pidättymistä tapahtuu vähemmän pH-arvon ollessa alhainen. Sinkkiä pidetään herkästi liikkuvana metallina muihin raskasmetalleihin verrattuna. (Heikkinen 2000; Kabata-Pendias & Pendias 1992.) Sinkin raja-arvo talousvedessä on 3,0 mg/l (953/1994 liite 1 taulukko 2a).

2.3 Virtaveden vesiensuojelutekniset rakenteet

Vesiensuojelutekniset rakenteet hidastavat tehokkaasti kiintoainetta. Ravinteiden pidättymistehokkuus on vaihtelevaa, mutta fosforin pidättyminen voi kuitenkin olla merkittävää rauta- ja alumiinipitoisessa ympäristössä. Rakenteiden puhdistustehokkuuteen vaikuttavat rakenteiden ominaisuudet, asennustavat, kaltevuus, maaperä, vesimäärä, maankäyttötavat ja kasvillisuus. Rakenteiden toimivuuden takaamiseksi on rakentajilla oltava riittävä tuntemus hydrologiasta, vesibiologiasta sekä hydraulikasta ja rakennetekniikasta. (Eloranta 2010, 91.)

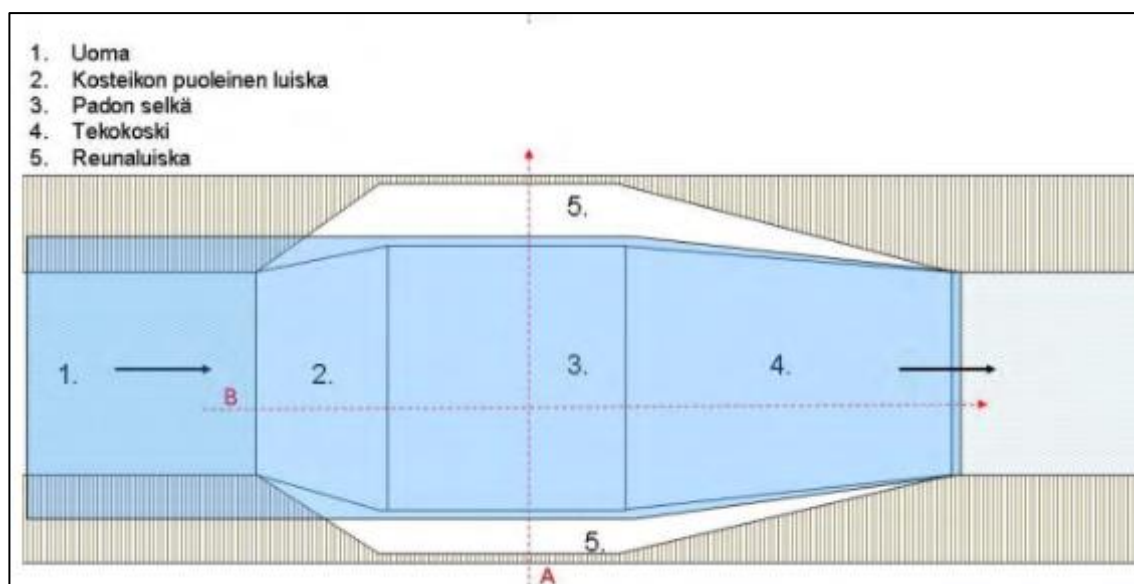
Eri vesiensuojeluteknisten menetelmien onnistunut yhdistäminen on myös tärkeää. Liian lähekkäin sijoitetut rakennelmat ovat uomakunnostuksen yleisin virhe.

Rakenteiden seuranta- sekä hoito- ja korjaustoimenpiteet ovat myös välttämättömiä. (Eloranta 2010, 91.) Vesiensuojeluteknisten rakenteiden tarkoitus on estää vedenpinnan liiallinen alentuminen, jonka seurauksesta sulfidit eivät pääse happeen (Karppinen 2016, 9).

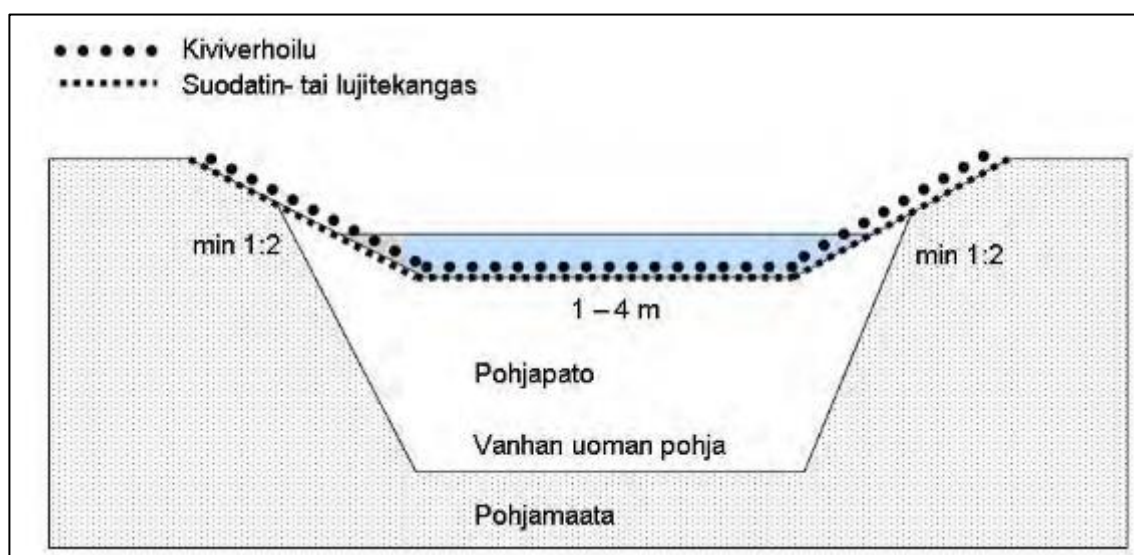
2.3.1 Pohjapato

Pohjapatorakenteiden tarkoituksena on nostaa uoman vesipintaa, kasvattaa viipymää ja ohjata virtausta, jolloin pidätetään kiintoainetta ja ehkäistään uoman reunan sortumia (Eloranta 2010, 91). Pohjapatoja ja -kynnyksiä voidaan rakentaa kivistä, sorasta tai puusta, jolloin ne muistuttavat luonnonkoskea tai virtapaikkaa (Ympäristö 2014b).

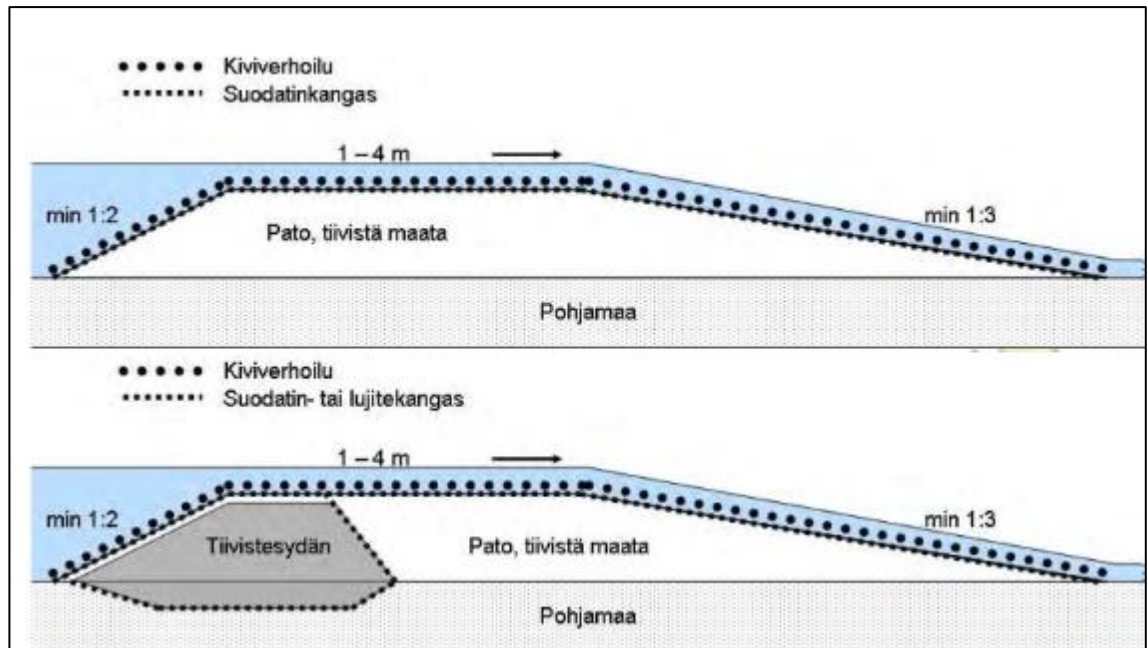
Virtavesien ekologiaan vaikuttaa vedenlaadun lisäksi paljon uoman fyysinen ympäristö. Uoman mutkaisuus luo uomaan monipuolisia elinympäristöjä eri kasvi- ja eläinlajeille. Kivien vaikutusta uomaan monipuolistavana tekijänä on käytetty pitkään rakenteissa. Myös puuaineksen käyttäminen rakenteissa tarjoaa hyönteisille kiinnittymisalustan ja pidättää pienempää orgaanista ainesta, joka kulkee uomassa. (Jormola, Harjula & Sarvilinna 2003, 42, 61, 68.) Edellä mainitut rakennusmateriaalit vaikuttavat pohjapatojen biodiversiteettiin eli luonnon monimuotoisuuteen positiivisesti ja luovat enemmän tartunta pintoja vesikasveille sekä monipuolisemman elinympäristön pohjaeläimille (Tossavainen 2017).



Kuva 1. Pohjapato ylhäältä kuvattuna (Aitto-oja, Rautiainen, Alhainen, Svensberg, Väänänen, Nummi, Nurmi. 52).



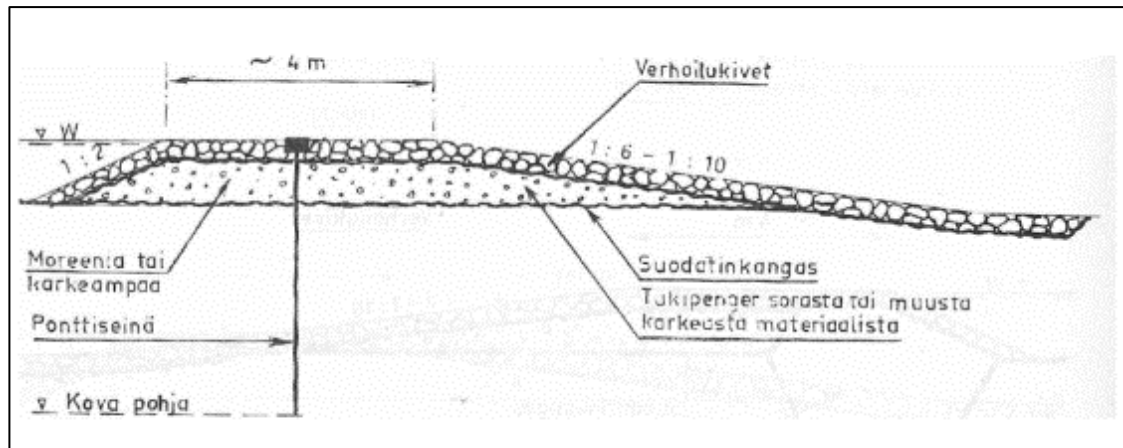
Kuva 2. Pohjapadon poikkileikkaus, A - A -leikkaus kuvasta 2 (Aitto-oja ym. 53).



Kuva 3. Pohjapadon poikkileikkaus vaihtoehtoiset tiivistesydämellä ja kiviverhoilulla, B - B -leikkaus kuvasta 2 (Aitto-oja ym. 53).

Pohjapadon kiviverhoilun paksuudeksi suositellaan 10 - 70 cm seulontakiviä (Aitto-oja ym. 52). Pohjapato voidaan tehdä tiivistesydämellä tai ilman (kuva 3). Tiivistesydän voidaan tehdä esimerkiksi moreeni maa-aineksesta, joka on suodatinkankaalla paketoitu (Heikkilä 2013). Pohjapato voidaan sijoittaa uoman kaapeimpaan kohtaan, jossa pohjamaa ja uoman penkat olisivat mahdollisimman tiivistä ja tasa-aineista maata (Aitto-oja ym. 52).

Pohjapadon suunnitteluperiaatteina ovat olennaisia harjan loiva V muoto, pituus ja harjan selkeä rakenne. Pohjapato voi sisältää syvemmän kuopan alivirtaamia varten. Pehmeälle rakennettaessa on pohjapato pontattava teräspontilla pohjaan saakka (kuva 4). Pohjapadon rakenteiden mahdollinen massanvaihto on otettava huomioon. Pohjapatoja rakennettaessa on otettava huomioon kalojen kulkureitit. (Heikkilä 2013.)



Kuva 4. Pohjapato heikosti kantavalla maalla (Heikkilä 2013, 9; Vesihallitus 1985, nro 336).

Pohjapadon rakentaminen kalkkikivipitoisesta maa-aineksesta nostaa käsiteltävän veden pH:ta ja samalla tapahtuu veden hapettumista. Kalkkikivipitoisessa pohjapadossa virtausnopeuden on oltava suuri, jotta kivien pinnat pysyvät reaktiivisina. (Karpinen 2016, 15).

2.3.2 Laskeutusallas

Laskeutusaltaat ovat laskuojien yhteen kaivettuja altaita, johon valuma-alueen vedet ohjataan. Laskeutusaltaiden tarkoituksena on poistaa valumavesistä kiintoainetta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Laskeutusaltaiden toiminta perustuu kiintoaineen laskeutumiseen veden virtausnopeuden pienentyessä. (Ympäristö 2014a.) Laskeutusaltaita voidaan rakentaa uomaan keskelle tai tehdä uoman sivuun taskumainen hiekkatasku. Laskeutusaltaille parhaita maalajeja ovat hiekka, karkea hieta ja huonosti savi ja muut hienojakoiset maalajit. Laskeutuskuopan tilavuus on 1 - 3 m³ oleva syvennys; näiden sijoittaminen tapahtuu erilaisella ryhmittä. (Eloranta 2010, 93.)

Laskeutusaltaasta saadaksesen parhaimman hyödyn on seuraavat asiat otettava huomioon suunnittelutyössä. Turvetuotantoalueella laskeutusaltaan pinta-alaksi suositellaan 4 % ja maatalousalueella pinta-alaksi suositellaan vähintään 1 % yläpuolisesta valuma-alueesta. Tavoite suosituksena yläpuolisesta valuma-alueen alasta on 10 - 15 ha, mutta ei yli 30 - 40 ha. Turvetuotantoalueella allaspinta-

alana käytetään 10 m²/tuotantohehtaari ja sedimentin tilavuutena 2 - 5 m². Metsätaloudessa allaspinta-alana käytetään 3 - 8 m²/valuma-aluehehtaari. Altaan leveyspituussuhde on 1:3 - 1:7. Laskeutusaltaan virtausnopeuden ollessa 1 - 2 cm/s ja turvetuotantoalueella alle 1 cm/s sekä viipymän olisi oltava vähintään tunti. Laskeutusaltaan reunojen on oltava syöpymiskestäviä sekä altaan yksi reuna on oltava loivaluiskainen eläinten kulkua ajatellen. (Eloranta 2010, 93.)

Kunnostustarpeita ovat lietteen poisto, kasvillisuuden poisto. Monimuotoisuuden edistäminen ja perinnebiotooppien ylläpito vaativat kasvillisuuden hoitamista. (Tossavainen 2016c, 422.) Tyhjennyksen on tapahduttava lietepinnan lähestyessä vesipintaa. Tyhjennys voidaan hoitaa traktorikaivurilla, lietepumpulla tai suuremmalla kaivinkoneella. (Eloranta 2010, 93.) Kasvillisuuden poistolla on tarkoituksena estää laskeutusaltaan umpeenkasvua.

2.3.3 Pintavalutuskenttä

Pintavalutuskenttä on metsän ja vesistön välissä käytettävä vyöhyke erityisesti ojitettujen suometsien yhteydessä, johon vesistöön päin virtaava vesi nostetaan padon avulla (Stora Enso 2017). Puhdistus tapahtuu pääasiassa suoekosysteemissä tapahtuvien fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten prosessien seurauksesta (Eloranta 2010, 85). Pintavalutuskentän tarkoitus on pidättää itseensä liukoisia ravinteita sekä kiintoainesta ja estää näitä kulkeutumasta eteenpäin vesistössä (Stora Enso 2017).

Menetelmä soveltuu parhaiten turvetuotantoalueiden ja metsätalousmaiden valumavesien puhdistukseen. Pintavalutuskenttiin on saatu pidättymään 50 - 90 % kiintoainetta, eloperäisiä aineita 20 - 30 % sekä ravinteita 40 - 60 %. Veden sisältämä korkea rautapitoisuus tehostaa kenttien turpeen kykyä pidättää fosforia puhdistettavasta vedestä. (Eloranta 2010, 85.)

Kentän ala on oltava ainakin 1 - 2 % yläpuolisen valuma-alueen alasta. Turvetuotantoalueella kentän alan olisi oltava 4 % yläpuolisesta valuma-alueesta (Elo-

ranta 2010, 86). Kentänkaltevuuden on oltava 1 metri / 100 metriä kohden. Yläpuolinen valuma-alue saa olla korkeintaan 30 - 50 ha. Kentän olisi oltava mahdollisimman luonnontilainen paksuturpeinen suo, jonka turpeen olisi oltava mahdollisimman homogeeninen ja metrin paksuinen. (Tossavainen 2016c, 380.)

Vesien levittäminen pintavalutuskentälle tapahtuu jako-ojastolla, joka voi olla kampamainen. Kampamaisella ojastolla tarkoitetaan pintavaluntakentällä ojia, jotka eivät virtaa suoraan kentän läpi, vaan ovat osittain tukittuja. Kentällä pienpuuston, pensaskerroksen ja pintakasvillisuuden säilyttäminen koskemattomana parantaa puhdistustulosta. Tulvakausina tulee ottaa huomioon, etteivät kentän alapuoliset vedet pääse nousemaan pintavaluntakentälle. (Eloranta 2010, 86.)

2.4 Ruoppaus

Ruoppauksella tarkoitetaan massojen irrottamista vesistön pohjasta sisältäen seuraavat suunnittelussa huomioon otettavat ominaisuudet. Ruoppauksen suunnittelussa on otettava huomioon ruoppausmassan irrottaminen ja nostaminen, siirtäminen ja välivarastointi sekä sijoittaminen ja/tai käsittely. (Ympäristöministeriö 2015, 17 - 20.)

Ruoppausmenetelmän valintaan vaikuttavat olosuhteet sekä ruopattavan materiaalin ominaisuudet. Ruoppauskohteen olosuhteista tulee huomioida alueen vesisyvyys, kulkuyhteydet, virtauksen suunta ja voimakkuus. (Rouhiainen 2006, 12; Laasonen 2000, 29). Laboratoriossa on hyvä suorittaa sedimentin fysikaalisten ominaisuuksien tarkastelu. Merkittävimmät fysikaaliset ominaisuudet ovat orgaanisen aineksen määrä, kuiva-ainepitoisuus ja raekoko. Kemialliset analyysit tulee sedimentistä suorittaa, jos oletetaan sen olevan pilaantunutta. (Rouhiainen 2006, 13; Siiro 2006, 18 - 20.)

Ruoppaustekniikoita ovat muun muassa imuruoppaus, kauharuoppaus ja pumpukauharuoppaus. Erilaiset ruoppaustekniikat sopivat erilaisille sedimenttimassoille. Tekniikkaa valittaessa on otettava huomioon mm. sedimentin vesipitoisuus, koska ruoppaustekniikka on suurin kulu ruoppaustyössä. Kauharuoppaus

soveltuu kitkamaiden poistoon. Imuruoppaus soveltuu koheesiomaalajien poistoon. Tässä siirretään pumppujen avulla kuljetusvälineeseen, jatkokäsittelyyn tai loppusijoituspaikkaan. Laitteisto on herkkä tukkeutumiselle esimerkiksi roskat ja kivet aiheuttavat tätä. Ruoppausmassojen välivarastoiminen edellyttää ympäristöluvan, jos sijoituspaikkaa ei ole tiedossa. (Ympäristöministeriö 2015, 19.) Pumpukauhuruoppaus on edellä mainituista yhdistelmä.

Ruoppausmassojen sijoittamisessa on otettava huomioon massan mahdolliset haitta-aine pitoisuudet. Sijoitettaessa uuteen ympäristöön näiden fysikaaliset, kemialliset tai biologiset ominaisuudet saattavat muuttua. Sijoituspaikkaa valittaessa on otettava mahdolliset muutokset huomioon. (Rouhiainen 2006, 4; Ympäristöministeriö 2004, 12.)

Lainsäädäntö vaikuttaa vahvasti ruoppaukseen. Tärkeimmät ruoppaukseen vaikuttavat lainsäädännöt ovat vesilainsäädäntö, ympäristösuojelulainsäädäntö, jätelainsäädäntö, luonnonsuojelu- ja muinaismuistojen suojelu sekä ympäristövastuusäätely (Ympäristöministeriö 2015, 8 - 14).

Ruoppauksen ollessa alle 500 m³ on kyseessä pieni ruoppaus vesilain mukaan. Tällöin vesilaki velvoittaa tekemään ilmoituksen paikalliselle ELY-keskukselle 30 vuorokautta ennen ruoppauksen aloitusta. Tällöin ELY-keskus voi arvioida, onko tarvetta laajempaan selvitykseen. Pienissä ruoppauksissa massat sijoitetaan yleensä maalle siten, ettei hienoaines ja massassa oleva vesi valu takaisin veteen. (Ympäristöministeriö 2015, 10 - 11.)

3 Työn tarkoitus ja tavoitteet, aiheen rajaus ja työn toteutus

3.1 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää toimeksiantajalle Linnunsuon kosteikon nykytila. Työssä arvioidaan selvityksen perusteella kosteikon toimivuus nyt ja tulevaisuudessa sekä tuodaan esille parannusehdotuksia kosteikon toimivuuden

parantamiseksi. Parannusehdotuksia tuodaan esille myös kosteikon rakentamisella tavoiteltujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Lisäksi kosteikolta lähtevään uomaan suunnitellaan vesiensuojeluteknisiä rakenteita, joiden avulla uoman valuma-alueen vesien vedenlaatua heikentävä vaikutus Jukajokeen saataisiin minimoitua. Opinnäytetyössä hyödynnetään selittävää otetta, jonka avulla tutkimustuloksista etsitään tiedossa oleviin ongelmiin syitä ja ratkaisuja.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa luotettava ja kattava selvitys Linnunsuon kosteikon nykytilasta, tulevaisuuden näkymistä ja parannusehdotuksista. Selkien kyläyhdistys voi käyttää näitä tietoja Jukajärven ja Jukajoen valuma-aluekunnostushankkeessaan. Lisäksi tavoitteena on tuottaa yleissuunnitelma vesiensuojeluteknisistä rakenteista kosteikosta lähtevään uomaan. Yleissuunnitelma, josta käy ilmi rakenteiden sijainti, laatu ja arvioitu mitoitus sekä toimivuus. Tämän perusteella Selkien kyläyhdistys voi toteuttaa rakenteiden rakennussuunnitelman kyseiseen lasku-uomaan.

3.2 Aiheen rajaus

Opinnäytetyö on kvantitatiivinen tutkimus, jossa pyritään keräämään kokemuspohjaista tietoa tutkimuksen kohteesta. Kokemuspohjaiseen tutkimukseen sisältyy teoreettinen viitekehys, tutkimusongelma, aineiston keruu, tulosten analysointi, johtopäätökset ja pohdinta (Kauppinen, Nummi & Savola, 2012, 193). Opinnäytetyön tutkimusalue rajautuu Linnunsuon kosteikkoon ja sen valuma-alueeseen sekä kosteikolta lähtevään uomaan.

3.3 Työn toteutus

Linnunsuon kosteikon ja kosteikolta lähtevän uoman nykytilaa tutkittiin ottamalla kosteikon altaista vesi-, sedimentti- ja pohjaeläinnäytteitä. Näytteiden analysointitulosten perusteella saatiin tietoa altaiden ja lasku-uoman veden ja pohjasedimentin laadusta. Saatujen tietojen perusteella voitiin muodostaa luotettava kuva

kosteikon toimivuudesta ja mahdollisista ongelmakohtista. Ongelmakohtiin haettiin ratkaisuja vastaavista tutkimuksista ja saatuja tuloksia verrattiin toimivien kosteikoiden tuloksiin.

Linnunsuon kosteikolta lähtevällä uomalla suoritettiin maastohavaintoja ja vaaituksia. Näiden havaintojen perusteella voitiin määrittää tarkat paikat lasku-uoman vesiensuojeluteknisille rakenteille. Vesiensuojeluteknisillä rakenteilla pyritään pienentämään Linnunsuolta tulevaa kuormitusta Jukajokeen.

4 Tutkimus- ja suunnittelualue



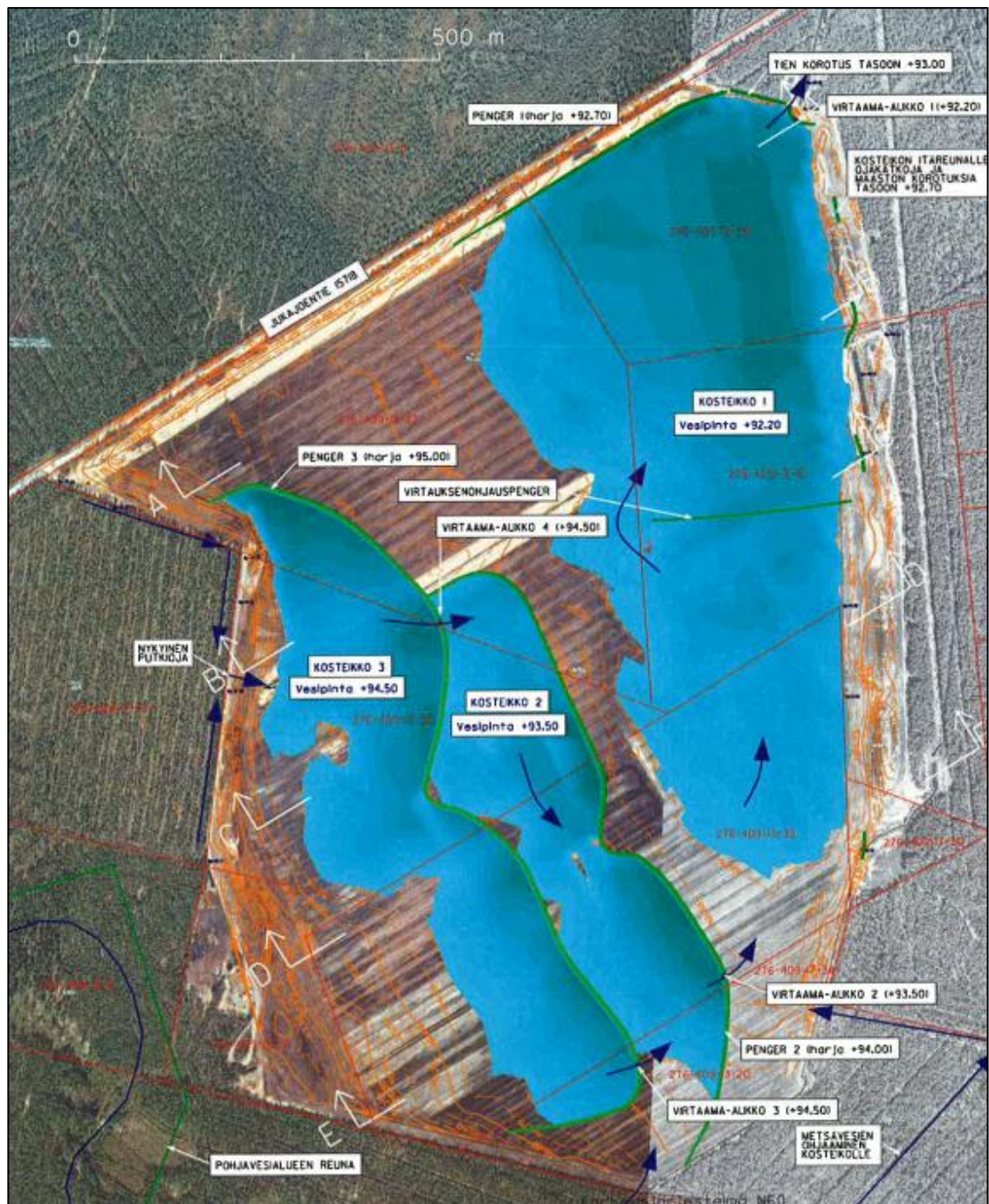
Kuva 5. Linnunsuon kosteikon ja lasku-uoman sijainti (Kuva: Laura Pehkonen, pohjakartta © Maanmittauslaitos).

Tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Karjalassa Kontiolahden kunnassa noin 17 kilometriä Joensuusta itään päin. Tutkimusalueeseen kuuluu Linnunsuon kosteikko sekä kosteikosta lähtevä, Jukajokeen laskeva uoma. Tutkimusalue on osa Vuoksen vesistöaluetta ja Jukajoen lähivaluma-aluetta.

Jukajoen vesistöalueen kokonaispinta-ala on noin 89 km² Pielisjoen yhtymäkohdassa ja lähivaluma-alueen pinta-ala on noin 54 km². Järvien osuus kokonaispinta-alasta on 4,3 km². Lähivaluma-alueen järvisyys on erittäin vähäinen, suurin osa edellä mainitusta järviolasta koostuu Jukajärvestä (A = 2,2 km²) sekä Jukajärven valuma-alueella (noin 35 km²) sijaitsevista lammista ja pienistä järvistä. (Mustonen & Mustonen 2013, 53.)

4.1 Linnunsuon kosteikko

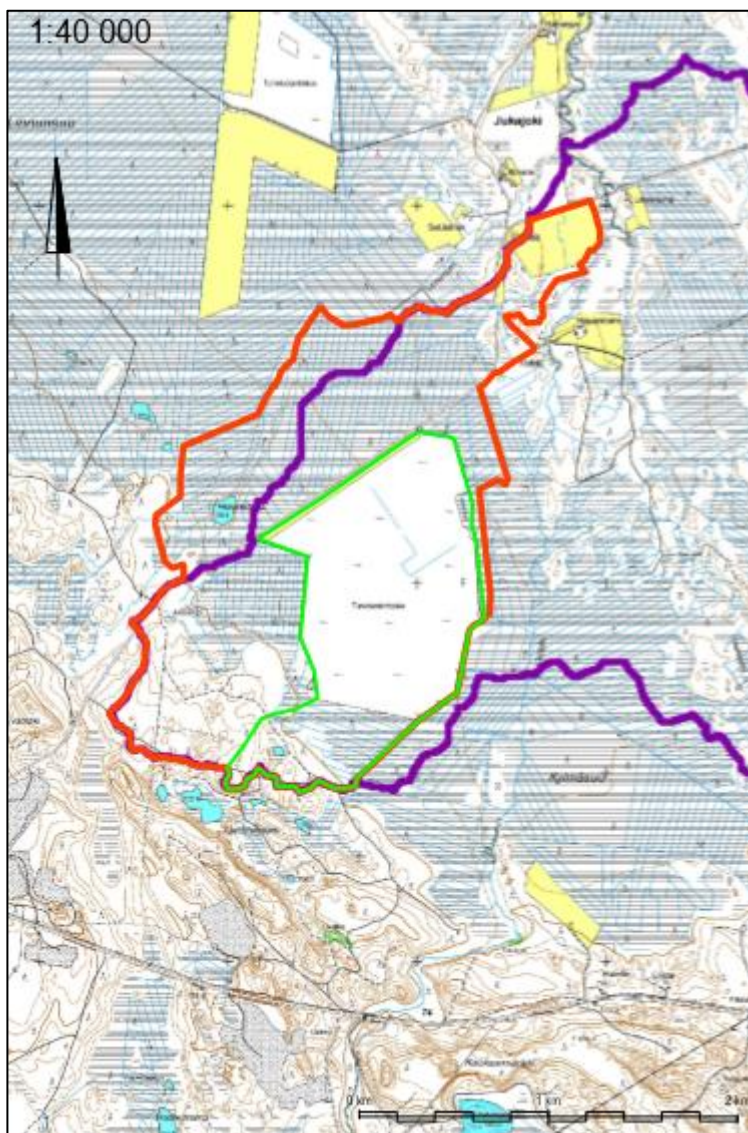
Vapo Oy:n hallinnoimalle turvetuotantoalueelle rakennettiin 2012 Itä-Suomen suurin vesiensuojelukosteikko, tarkoituksena on estää happamien ja hyvin raskasmetallipitoisten vesien valuminen suon vieressä olevaan Jukajokeen (Mustonen & Mustonen 2013, 8.) Kosteikkoalue on ollut maastonmyötäinen keidassuo, joka viettää itään. Suo on saanut vetensä pääasiassa sateesta. (Ojamaa 2011, 1.) Syy kosteikon rakentamiseen oli Jukajoen vesistön pilaantuminen ja joessa tapahtuneet kalakuolemat vuosina 2010 ja 2011 sekä näistä aiheutunut kyläyhteisön painostus turveyhtiötä kohtaan. Kalakuolemat aiheutti turvetuotantoalueelta Jukajokeen valunut erittäin hapan vesi, jonka pH oli alimmillaan 2,77 (Mustonen & Mustonen 2013, 1). Kyläläisten aloittama kunnostushanke sai laajan mediahuomion ja lopulta myös viranomaiset puolelleen (Nokelainen 2014, 1; Mustonen 2014, 237 - 241). Linnunsuon kosteikko on osa Jukajoen vesistösuojeluhanketta (Nokelainen 2014, 2). Tämän tutkimuksen on tarkoitus osaltaan tukea kyläyhteisön aloittamaa edellä mainittua projektia.



Kuva 6. Rakennekuva Linnunsuon kosteikosta (Kuva: Torpström 2011, 2).

Linnunsuon kosteikon pinta-ala on noin 120 ha, josta vesialaa on 60 ha. Pinta-ala on 82 % koko valuma-alueen pinta-alasta. Kosteikon kokonaisvesitilavuus on noin 290 000 m³ pienten virtaamien aikana, ja se koostuu kolmesta erikokoisesta osa-altaasta. Altaan 1 vesitilavuus on noin 160 000 m³, altaan 2 vesitilavuus noin 45 000 m³ ja altaan 3 vesitilavuus noin 85 000 m³. Altaat on muodostettu pengertämällä ja ovat yhteydessä toisiinsa. Vedenpinnan taso vaihtelee altaiden välillä

sen ollessa korkeimmalla perimmäisessä altaassa (allas 3) ja matalimmalla etummaisessa altaassa (allas 1) veden virtaussuuntaan nähden. Kosteikon viipymä on keskiylivirtaaman (140 l/s/km^2) aikaan noin 9 vuorokautta. (Ojamaa 2011, 2 - 3.)



Kuva 7. Kohteen valuma-alue rajaukset (Kartta: Laura Pehkonen pohjakartta: © ELY-keskus © Maanmittauslaitos.)

Linnunsuon kosteikon ja siitä lähtevän uoman valuma-alue on $3,34 \text{ km}^2$. Kartassa valuma-alueen raja on merkitty punaisella. Vihreällä on karttaan merkitty Linnunsuon kosteikon valuma-alue, joka on $1,47 \text{ km}^2$.

Turvetuotantoalueen erittäin happamat valumavedet johtuivat tuotantoalueen kuivatusojista, jotka on pääosin kaivettu kivennäismaahan asti. Tällöin sulfidinen

maalaji, kuten alueella esiintyvä mustaliuske, on päässyt kuivumaan. (Ojamaa 2011, 1.) Sulfidisen maalajin jouduttua kosketuksiin ilman kanssa sulfidien rikki on hapettunut sulfaateiksi. Happaman sulfaattimaan päädyttyä lasku-uomaa pitkin Jukajokeen se on laskenut rajusti Jukajoen veden pH-arvoa. Happamoitumisen seurauksena useat pohjasedimentin raskasmetallit, kuten alumiini, rauta ja mangaani muuttuvat liukoiksi. Veteen liuetessaan ne aiheuttavat myös ongelmia vesistöissä. (Vapo 2012.) Veden pH-arvon laskun ja raskasmetallipitoisuuksien nousun voidaan todeta aiheuttaneen mahdollottomat elinolosuhteet vesieliöstölle Jukajoessa. Tämä raju voimakas muutos vedenlaadussa havaittiin esimerkiksi mainittuina kalakuolemina.



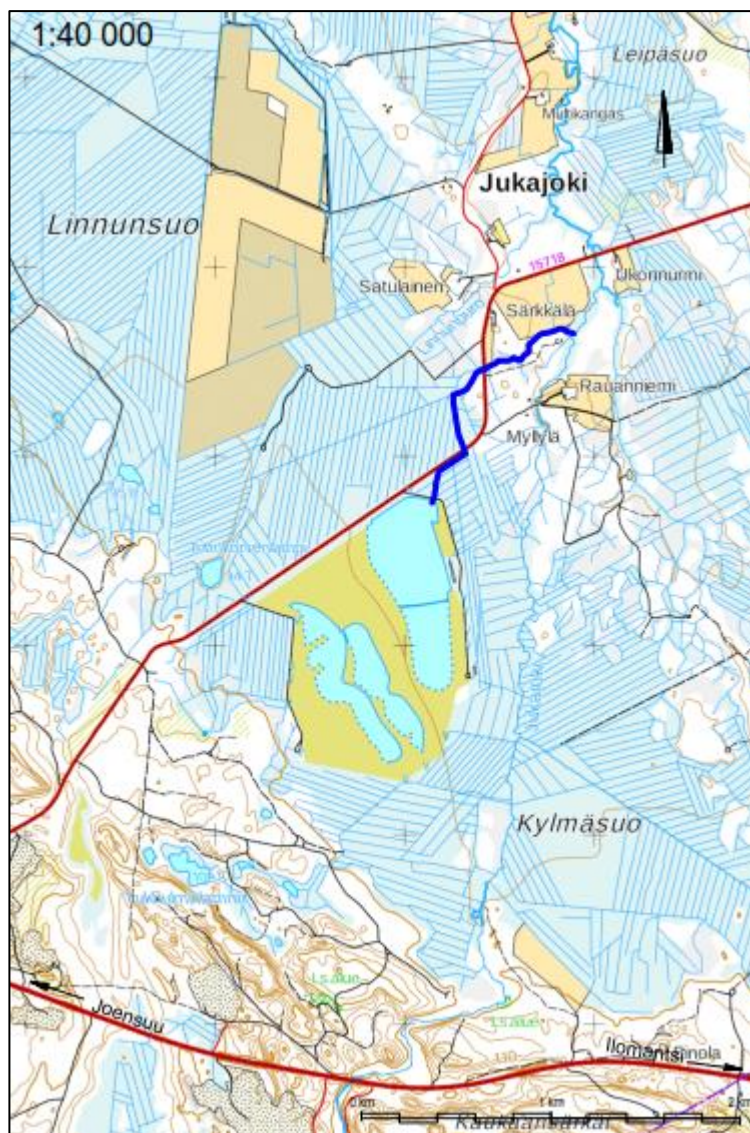
Kuva 8. Yleiskuva Linnunsuon kosteikosta (Kuva: Janne Raassina 2017.)

Linnunsuon kosteikon tarkoituksena on vesittää tuotantoaluetta ja estää kivennäismaan päätyminen kosketuksiin ilman kanssa. Tällöin kivennäismaan sisältämä sulfidinen mustaliuske ei pääse enää kuivumaan ja siten hapettumaan lisää. Tämän lisäksi kosteikko pidättää kiintoainetta ja tasaa virtaamahuippuja. (Ojamaa 2011, 1.) Kosteikko on pääosin eristetty kosteikon ympäri kiertävällä ojalla

ympäröivästä metsätalousmaasta. Ainoastaan kosteikon eteläpuolella sijaitsevalta metsätalousmaa-alueelta pääsee valumavesiä kosteikkoon. Tämä alue näkyy kosteikon valuma-alue-rajauksessa kuvassa 3.

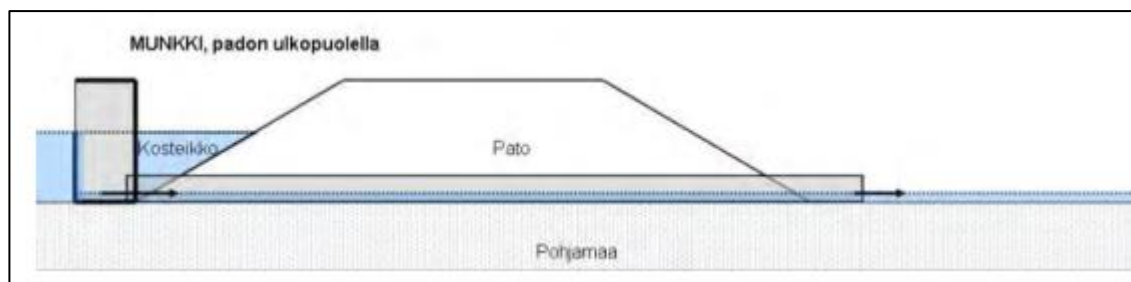
Linnunsuo toimii nykyisin myös valtakunnallisesti merkittävänä lintukosteikkona. Vuonna 2013 alueella tavattiin yli sata lintulajia, joiden joukossa esiintyi myös Suomessa harvemmin tavattuja uhanalaisia lajeja. Osa lajeista myös pesii kosteikolla. (Clean Waters 2017.)

4.2 Kosteikolta lähtevä, Jukajokeen laskeva uoma



Kuva 9. Linnunsuon kosteikolta laskeva uoma on merkattu karttaan tumman sinisellä (Kuva: Laura Pehkonen, pohjakartta © Maanmittauslaitos.)

Linnunsuon kosteikolta lähtevä uoma Jukajokeen on noin 1,5 km pitkä. Lasku-uomaan tehtyjä aikaisempia vesiensuojeluteknisiä rakenteita ovat laskeutusallas, mittapato ja säätökaivo eli munkki (kuva 10).



Kuva 10. Munkki eli säätökaivo, padon ulkopuolinen (Suomen Riistakeskus 2017, 8).



Kuva 11. Linnunsuon vanhasta laskeutusaltaasta lähtevä säätökaivo, joka johdtaa kuvan 10 tapaan lähtevään uomaan (Kuva: Laura Pehkonen).

Lasku-uoman välillä on kaksi tienalituskohtaa. Molempien rumpujen alituskohdan halkaisija on 1 200 mm (Liikennevirasto 2017). Eteläisen tiealituksen rumpua ei ole maastokatselmusta tehtäessä näköhavainnollistettu, ja se on mahdollisesti osittain tukossa veden kuitenkin virratessa rummun läpi. Lasku-uoma on perattu Linnunsuon vanhalta laskeutusaltaalta toiseen tienalitukseen asti virtaussuuntaan katsottuna. Peratulla uomalla tarkoitetaan ihmistyöllä levennettyä uoman

kohtaa. Tienalitukselta Jukajoelle asti lasku-uoma on maa- ja metsätalouden kivistykseen tarkoitettua.

Kosteikolta lähtevässä uomassa on mittapato, jonka kohdalta on otettu vesinäytteitä (taulukoidissa käytetään nimeä lähtevä) ja suoritettu virtaamamittauksia. Mittapadon jälkeen lasku-uoma laskee korkotietojen erotuksen mukaan 1,27 m ennen vanhaa laskeutusallasta (Myller 2016). Lasku-uoma kulkee rummun läpi vanhaan laskeutusalltaaseen. Vanhan laskeutusalltaan on ajateltu olevan riittävä vesiensuojelutekninen rakenne vesistökuormituksen estämiseksi. Vanhassa laskeutusalltaassa on verkkomainen pato, jonka on tarkoitus pidättää suurimpia partikkeleja. Vanhasta laskeutusalltaasta lähtevän ja lasku-uoman alku päähän on tehty munkki -vesiensuojelutekninen rakenne (kuva 11).



Kuva 12. Linnunsuon vanha laskeutusallas, kuva otettu virtaussuunnan mukaisesti (Kuva: Laura Pehkonen).

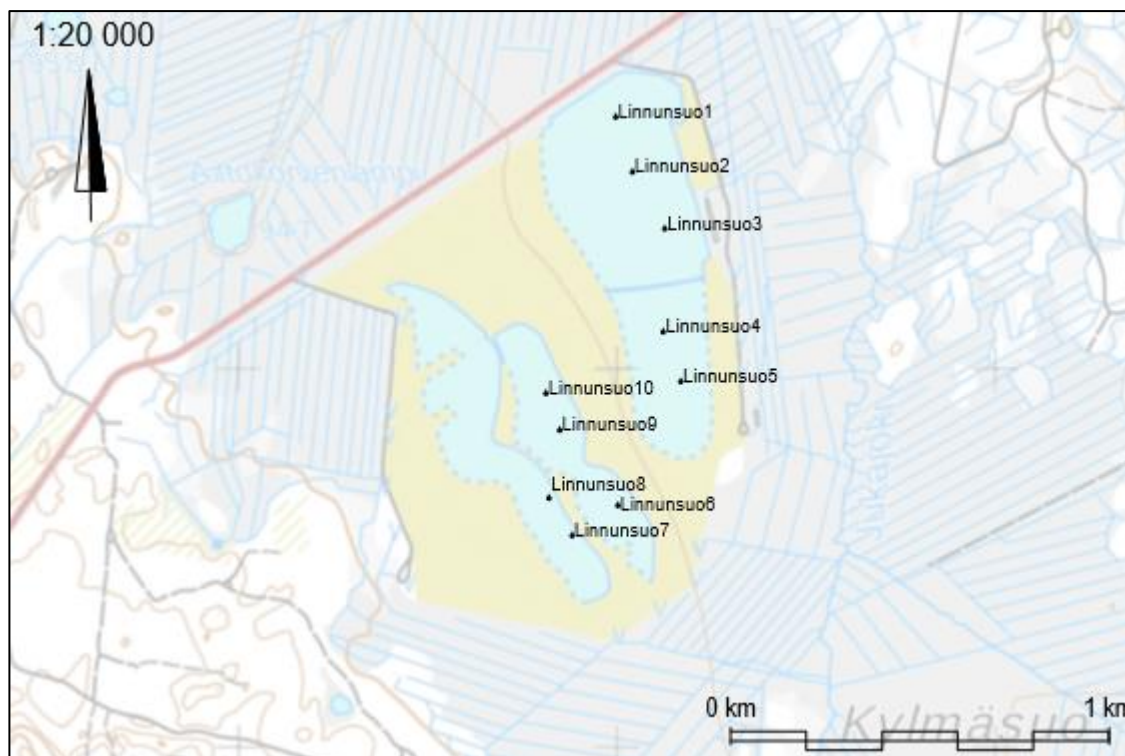
5 Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Aineisto kerättiin tutustumalla tutkimusalueen historiaan sekä aiemmin kerättyyn aineistoon ja tutkimustuloksiin. Aineistoja ja tutkimustuloksia saatiin toimeksiantajan edustajalta, opinnäytetyön ohjaajalta, suomalaisilta ympäristöalan toimijoilta, kuten ELY-keskukselta sekä internetistä löytyvistä raporteista, kuten Vapo Oy:n velvoitetarkkailuraporteista. Aineistoa kerättiin myös maastopäivillä, jolloin kosteikolta ja lasku-uomasta käytiin hakemassa vesi-, sedimentti- ja pohjaeläinnäytteitä sekä vaaittamassa tarvittavia korkeuseroja.

5.1 Maastot

Maastotutkimuksia tehtiin vähintään kerran kuussa marraskuun 2016 ja toukokuun 2017 välisenä aikana. Maastotutkimusten tarkoituksena oli kerätä luotettavaa ja ajantasaista aineistoa tutkimusalueen veden, sedimentin ja pohjaeläinten laadusta. Maastotutkimusten aikana myös vaaitettiin lasku-uoman vesiensuojeluteknisten rakenteiden paikkoja.

Näytteidenottoa varten kosteikon jokaisesta altaasta kartoitettiin näytteenottoon parhaiten soveltuva ja mahdollisimman edustava paikka. Käytännössä tämä tarkoitti, että jokaisesta altaasta etsittiin mahdollisimman syvä kohta, jotta vesinäytteiden ottaminen onnistuisi mahdollisimman hyvin myös talvella paksun jään aikaan.



Kuva 13. Linnunsuon näytteenottopaikat (Kuva: Laura Pehkonen, pohjakartta © Maanmittauslaitos).

Kuvan 7 määritetyistä pisteistä mitattiin 14.11.2016 vesisyvyys, näkösyvyys, lämpötila, määritettiin näytesyvyys ja otettiin vesinäytteet (ks. liitteet 1 ja 2). Näytteiden analysointitulosten perusteella tutkimuksen näytteenottopaikoiksi valikoitui Linnunsuo1 altaasta 1, Linnunsuo7 altaasta 3 ja Linnunsuo9 altaasta 2. Näiden pisteiden katsottiin vedenlaadultaan edustavan kattavasti koko kosteikkoaluetta ja soveltuvan näytteiden ottoon ympäri vuoden. Valittujen pisteiden lisäksi vesinäyte otettiin joka kerta myös lähtevän uoman alkupäästä. Lähtevästä uomasta saatiin myös mitattua jokaiselle näytteenottopäivälle kosteikon virtaamatiedot.

5.1.1 Vesinäytteet

Vesinäytteiden otto suoritettiin näytteenottostandardien mukaan. Linnunsuon kosteikon altaista vesinäytteet otettiin Ruttner-vesinäytteenottimella (kuva 14), jonka näytetilavuus on noin 2 litraa.



Kuva 14. Ruttner -vesinäytteenotin (Kuva: Laura Pehkonen).

Talvella altaiden ollessa jäässä näytteenotto suoritettiin kairaamalla 6-tuumaisella jääkairalla jäähän reikä, josta mitattiin luotinarun ja mittanauhan avulla vesisyvyys ja määritettiin näytesyvyys. Näytesyvyys on tarpeen määrittää, jotta vesinäytteenotin ei näytettä otettaessa ole kosketuksissa pohjasedimentin kanssa ja vesinäyte säilyy puhtana. Seuraavaksi ensimmäisen reiän viereen kairattiin 8-tuumaisella jääkairalla reikä, josta mahduttiin ottamaan vesinäyte sekä mittaamaan jään paksuus suksisauvaa ja mittanauhaa apuna käyttäen. Vesinäytteet valutettiin näytteenottimesta vesinäytepulloihin. Lämpötila näytesyvyydestä saatiin mitattua vesinäytteenottimeen kiinnitetyllä lämpötilamittarilla. Sulan veden aikaan näytteenotto tapahtuu veneestä käsin. Virtavedestä, kuten Linnunsuolta lähtevästä uomasta vesinäyte otettiin suoraan vesinäytepulloon ja lämpötila mitattiin erillisellä lämpötilamittarilla.

Happinäytettä otettaessa näytteenottimen letku työnnetään näytepullon pohjalle. Vettä juoksetetaan pulloon 2 - 3 kertaa pullon tilavuuden verran. Letku nostetaan pullosta koko ajan vettä juokсутtaen samalla varmistaen, ettei pulloon jää

ilmaa. Vesinäytteeseen lisätään kestäväintiaineet eli reagenssit heti veden pulottamisen jälkeen. Pullot suljetaan varmistaen, että tulpan alle ei jää ilmakuplia. Näyte ja reagenssit sekoitetaan keskenään pulloa käännellen. Pullot suojataan valolta ja lämpötilan vaihteluilta. (Mäkelä, Antikainen, Mäkinen, Kivinen, Leppänen. 1992, 29.)

Taulukko 1. Happinäytteen otto- ja kestäväintiohje (Mäkelä ym. 1992, 22).

Määrittäminen	Pullotyyppi	Näytemäärä (ml)	Kestäväintiaineet	Säilyvyys	Huomautuksia
Happi (O ₂)	Lasi	50-130	1,0 ml MnSO ₄ ja 1,0 ml NaI 100 ml:aan näytettä	3 d	Hiostulpallinen lasipullo



Kuva 15. Vesinäyte ja reagenssit hiostulpallisessa lasipullossa (Kuva: Laura Pehkonen).

Karelia-ammattikorkeakoulun omalla happikenttämittarilla suoritettiin maastossa vesinäytteen happipitoisuuden ja kyllästysasteenmittaus. Vesinäyte otettiin Linnunsuo1 paikalta Limnos-vesinäytteenottimella, jonka näytetilavuus 3 litraa (kuva 16). Muilta paikoilta vesinäytteenotto tapahtui Ruttner -vesinäytteenottimella (kuva 14). Vettä juoksutettiin pulloon 2 - 3 kertaa pullon tilavuuden verran. Happikenttämittarin elektrodipää puhdistettiin deionisoidulla vedellä. Tämän jälkeen laitettiin pulloon kansi päälle ja happikenttämittari vähäisesti sekoittaen mittaamaan (kuva 17). Tulokset tulkittiin, kun kenttämittarin luku sahasi paikallaan.



Kuva 16. Limnos-vesinäytteenottimella happinäytteenotto kenttämittaukseen. Näytteenottopiste Linnunsuo1 (Kuva: Panu Paloniitty).



Kuva 17. Linnunsuo1 -näytteen mittaus happikenttämittarilla (Kuva: Laura Pehkonen).

pH- ja raskasmetallinäytteitä otettaessa vesinäytepullot ja pullojen korkit huuhdeltiin aluksi näytevedellä. Tämän jälkeen näytevesi valutettiin pulloon varoen koskemasta letkulla tai sormilla pulloon ja korkin sisäpintoja. Pullo laskettiin täyteen vettä ja suljettiin korkilla. Täydet pullot suojattiin valolta.



Kuva 18. pH- ja raskasmetallinäytepulloja (Kuva: Laura Pehkonen).

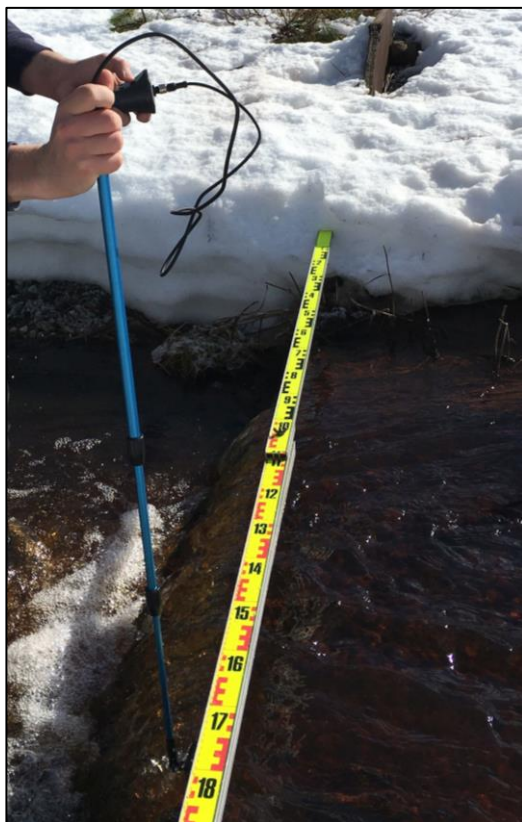
5.1.2 Virtaamamittaus

Virtaamamittaukset suoritettiin Linnunsuolta lähtevästä uomasta. Virtausnopeudet mitattiin siivikkovirtaamamittarilla (kuva 19). Mittausta varten määritettiin joka kerta lasku-uoman leveys ja vesisyvyys mittaushetkellä lasku-uoman leveydeltä n. 10 senttimetrin välein. Määrittelyssä käytettiin apuna mittalattaa ja viivainta (kuva 20). Saaduista arvoista voidaan laskea virtaama Q (l/s) mittaushetkellä kaavalla 5.1.2.

$$Q = (x * h * v) / 1000 \quad (5.1.2)$$

jossa

x	=	Uoman leveys (m)
h	=	Uoman keskisyvyys (m)
v	=	Veden keskimääräinen virtausnopeus (m/s)



Kuva 19. Virtausnopeus mitattiin siivikolla (Kuva: Laura Pehkonen).



Kuva 20. Mittapadolta lasku-uoman leveyden ja syvyyden mittaus (Kuva: Panu Paloniitty).

5.1.3 Sedimenttinäytteet

Sedimenttinäytteenottoa varten määriteltiin näytteenottopaikan vesisyvyys, minkä jälkeen suoritettiin pohjasedimentin näytteenotto suokairalla. Suokairan näytteenotto-osan pituus on 1,0 metriä. Kairaan on mahdollista kiinnittää useita jatkovarsia syvien paikkojen sedimenttikairauksia varten.

Sedimenttinäytteet otettiin altaista 2 ja 3. Paikat määritettiin aikaisempien kairusten perusteella havaitun sedimentin laadun mukaan. Näytteen 1 sedimentti oli altaasta 3 sedimentin pintakerroksesta, ja se oli väriltään mustaa sekä laadultaan vetistä ja hienojakoista ainesta. Näyte 2 otettiin sedimenttikerroksen keskivaiheilta samasta kokonaisnäytteestä kuin näyte 1. Näyte 2 oli väriltään ruskeaa sekä laadultaan hienojakoista ja hieman kiinteämpää kuin näyte 1. Näyte 3 otettiin altaasta 2 saadun kokonaissedimenttinäytteen pohjalta. Sedimenttikerroksen pohjalla sedimentin väri oli harmahtavaa, ja laadultaan näyte oli kiinteää ja savi-

pitoista hienojakoista ainesta. Näytteenoton jälkeen muutamaksi päiväksi pakastimeen säilötyt näytteet lähetettiin analysoitavaksi Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen laboratorioon Tampereelle. Sedimenttinäytteiden tulokset löytyvät tulokset ja tulosten tarkastelu-osiosta taulukosta 9.



Kuva 21. Suokaira (Kuva: Laura Pehkonen).

Sedimenttikairauksia tehtiin vanhasta laskeutusaltaasta sekä kosteikolta lähtevästä uomasta pohjoisemmalle tienalitukselle asti. Laskeutusaltaassa tehtiin kolme rinnakkaista kairauksia. Näitä kolmen kairauksen sarjoja tehtiin viisi ja niiden väliksi mitattiin noin seitsemän metriä. Tällöin laskeutusaltaasta toteutettiin 15 sedimentinkairauksia. (Liite 9)

Lasku-uomassa suoritettiin vastaavanlaisia kairauksia, joita tehtiin yhteensä 13. Tällöin lasku-uomasta toteutettiin 39 sedimentinkairauksia. (Liite 9)

5.1.4 Pohjäläinnäytteet

Pohjäläinnäytteidenotto kosteikon altaista suoritettiin Ekman-noutimella. Noutimen näyteala oli 303 cm² (kuva 22). Näytteenotto suoritettiin kosteikon ollessa jäässä. Jäähän tehtiin näytteenottoavanto kairan, jääsahan (kuva 23) ja moottorisahan avulla. Noutimesta näytteet huuhdottiin siivilä-ämpäriin ja niistä siivilöitiin pois ylimääräinen neste. Siivilöidyt näytteet siirrettiin ämpäristä ruiskupullojen avulla pakasterasioihin. Rasioihin lisättiin näytteiden tunnistetiedot sisältävät paperilaput, ja ne kuljetettiin laboratorioon analysoitaviksi.

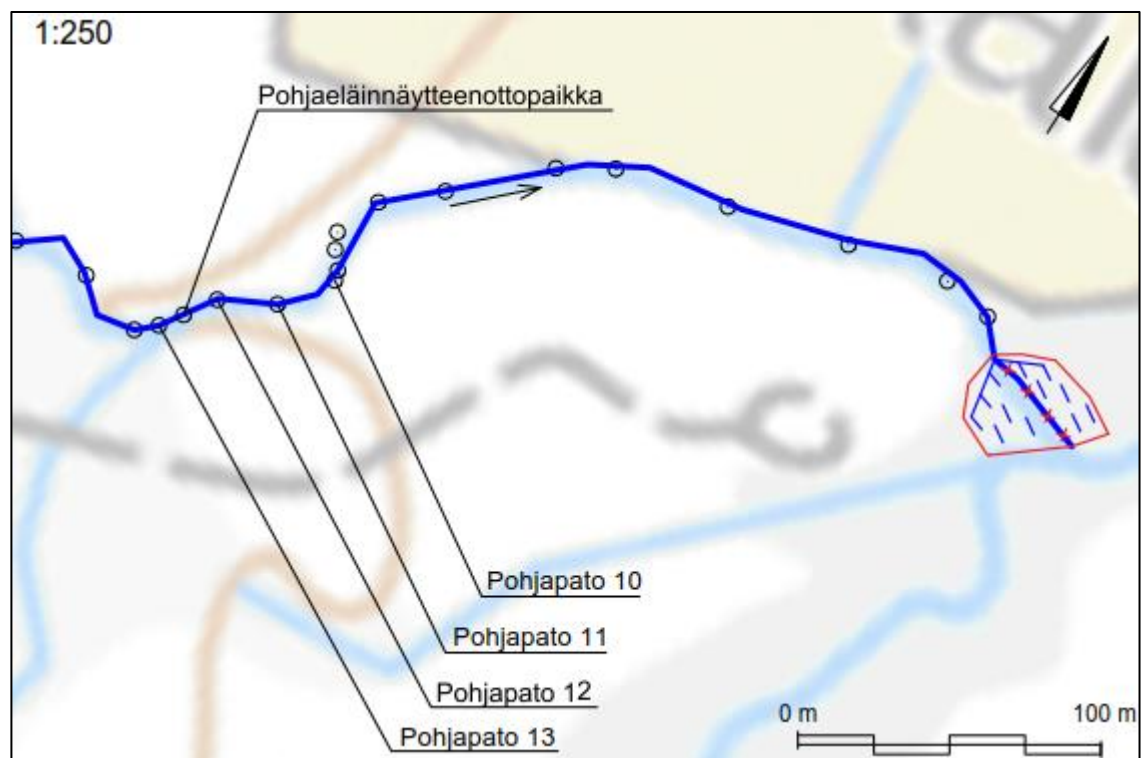


Kuva 22. Ekman-noudin (Kuva: Laura Pehkonen).



Kuva 23. Jääsaha (Kuva: Panu Paloniitty).

Lähtevästä uomasta otettiin pohjaeläinnäytteet virtaussuuntaan nähden suunniteltujen pohjapatorakenteiden 12 ja 13 väliltä (kuva 24). Koordinaattitiedot on esitetty liitteessä 1. Näytteitä kerättiin 2 * 3 rinnakkaista näytettä eli yhteensä kuusi kappaletta. Näytteenotto tapahtui potkuhaavilla (kuva 25). Potkuhaavia pidettiin uoman pohjassa alavirran puolella, ja näytteenottaja talloi lasku-uoman pohjaa ylävirran puolelta noin 1 m²:n alueelta 30 sekunnin ajan. Tallomisen seurauksena pohjasta irronnut aines ja sen mukana myös pohjaeläimet päätyivät veden virtauksen mukana haaviin.



Kuva 24. Pohjaeläinnäytteenottoaika uomasta (Kuva: Laura Pehkonen pohjakartta © Maanmittauslaitos).



Kuva 25. Potkuhaavi (Kuva: Laura Pehkonen).

Haavin pohjalle kertynyt näyte siirrettiin haavista ruiskupulloja apuna käyttäen siivilä-ämpäriin. Siivilä-ämpärin avulla poistettiin näytteestä ylimääräinen vesi. Siivilöity näyte siirrettiin ämpäristä jälleen ruiskupulloja apuna käyttäen muovirasiin. Muovirasiassa näyte kuljetettiin analysoitavaksi laboratorioon.

Laboratoriossa näytteen analysoinnissa ja pohjaeläinten käsittelyssä käytettiin apuna muovi lautasta, pinsettejä ja pipettiä. Pohjaeläimet siirrettiin tarkasteltavaksi petrimaljaan, josta nämä tunnistettiin tarvittaessa suurennuslasin ja mikroskoopin avulla, laskettiin ja kirjattiin ylös excel-taulukkolaskentaohjelmalla. (kuva 26)



Kuva 26. Pohjaeläinnäytteet (Kuva: Panu Paloniitty).

5.2 Laboratorioanalyysit

Karelia-ammattikorkeakoulun laboratoriossa analysoitiin vesinäytteistä rauta, pH, alumiini ja sähkönjohtavuus. Raskasmetalleista rauta ja alumiini analysoitiin saksalaisvalmisteisella WTW S 12 A -filterifotometrillä (kuva 27) (Tossavainen 2013, 233). Analysointi suoritettiin laitteen mukana tulleiden käyttöohjeiden mukaan Tarmo Tossavaisen toimesta.



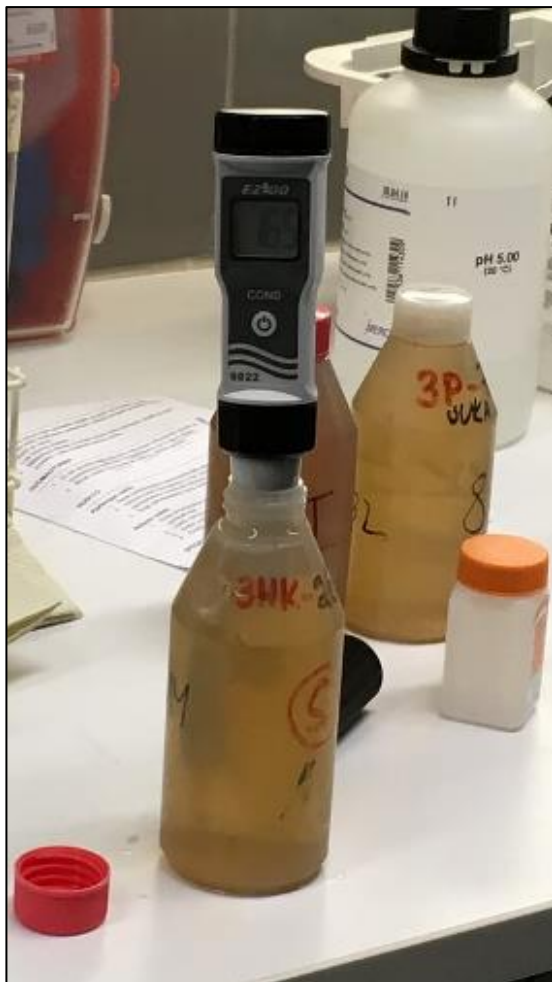
Kuva 27. Saksalaisvalmisteinen WTW S12A -filterifotometri (Kuva: Laura Pehkonen).

Vesinäytteiden pH-analysoitiin Mettler Toledo pH-mittarilla (kuva 28). pH-mittaus suoritettiin laitteen mukana tulleiden ohjeiden mukaan. Ennen mittausta pH-mittarille suoritettiin kalibrointi kahdella eri kalibroitiliuoksella, kalibroitiliuoksien pH-pitoisuudet ovat 4,01 ja 7,00. Mittarin toimivuus tarkistettiin mittaamalla kalibrointi liuoksien pH-pitoisuudet uudelleen näytteen pH-mittauksen jälkeen.



Kuva 28. Mettler Toledo pH-mittari (Kuva: Laura Pehkonen).

Sähkönjohtavuus mittaus suoritettiin 6022 (COND X1)-sähkönjohtavuusmittarilla laitteen mukana tulleiden ohjeiden opastuksella (kuva 29). Sähkönjohtavuudesta käytetään yksikköä millisiemensä metrissä (mS/m).



Kuva 29. Sähkönjohtavuusmittari 6022 (COND X1). Mittaus käynnissä Linnunsuo1-vesinäytteestä 24.2.2017. (Kuva: Laura Pehkonen.)

5.3 Paikkatietoaineisto

Paikkatietoaineistoa kerättiin pääosin Garmin GPSMAP 60CSx-laitteella (kuva 30). Vaatuslaitteistona käytettiin GEOTRIM Trimble CU-mallista tarkkuus-gps:ää. Laitteen käyttäjänä toimi Pohjois-Karjalan ammattiopiston lehtori Seppo Myller. Tarkkuus-gps:ää käytettiin lasku-uomaan suunniteltavien vesiensuojeluteknisten rakenteiden paikan määrittämisessä ja lasku-uoman korkojen sekä metsän ja pellon reunan korkojen hahmottamisessa (kuva 31).



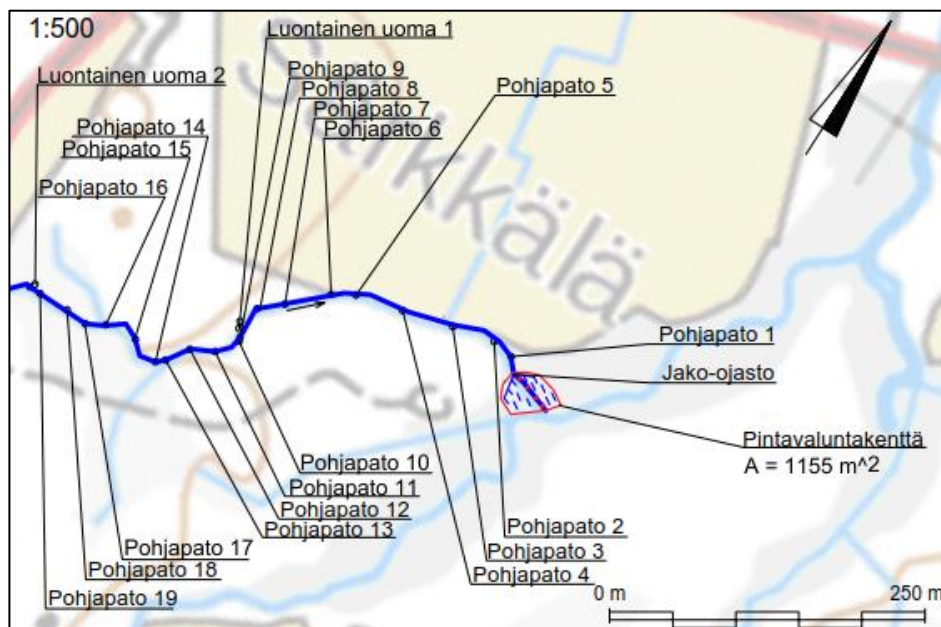
Kuva 30. Garmin GPSmap 60CSx (Kuva: Laura Pehkonen).



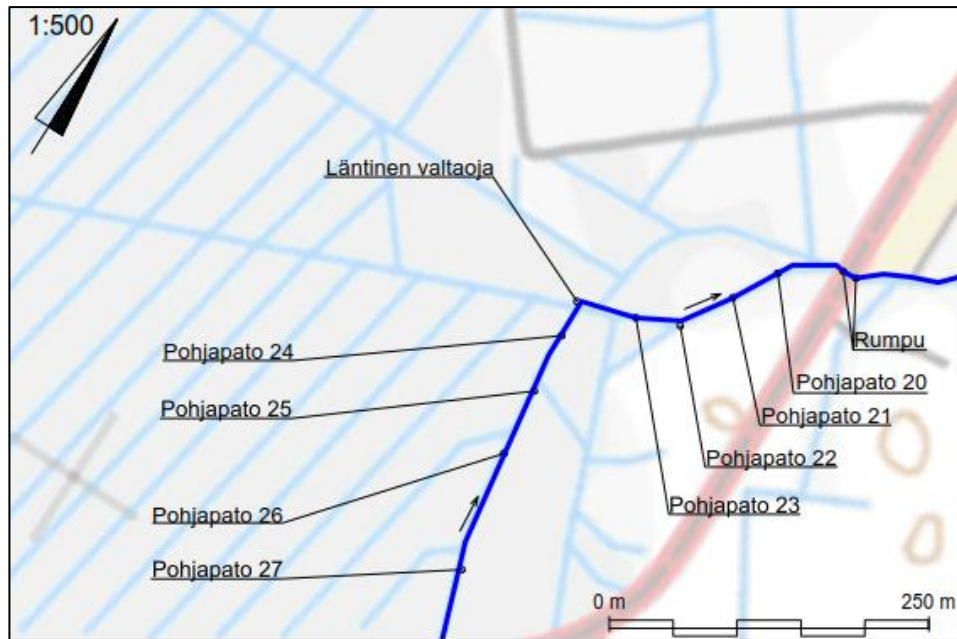
Kuva 31. GEOTRIM Trimble CU-tarkkuus-gps, jota käytti maanmittausinsinööri Seppo Myller (Kuva: Laura Pehkonen).

6 Vesiensuojeluteknisten rakenteiden suunnittelu kosteikolta lähtevään, Jukajokeen laskevaan uomaan

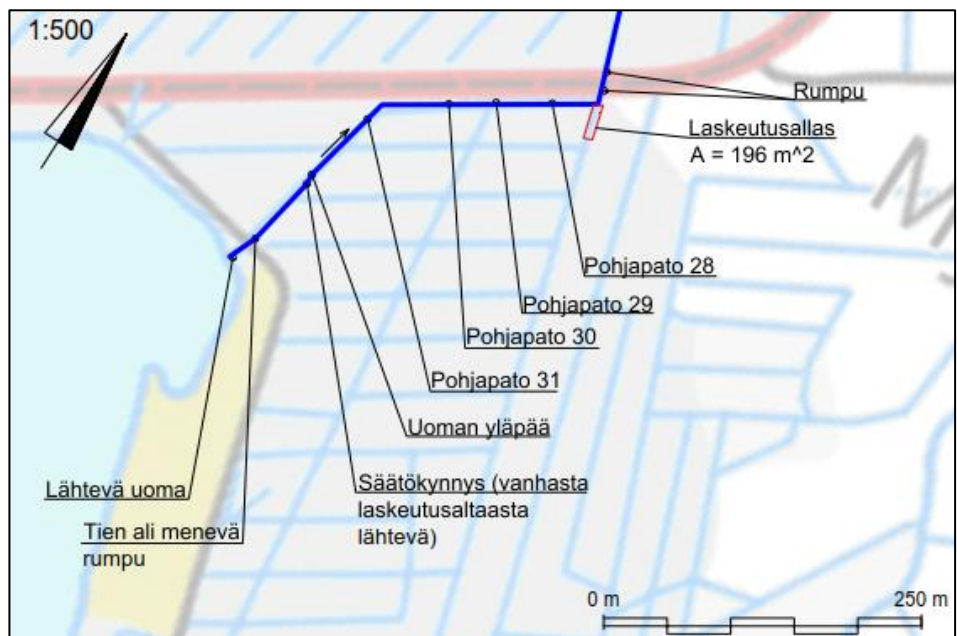
Vesiensuojeluteknisiksi rakenteiksi lähtevään uomaan on alustavasti suunniteltu 31 kappaletta pohjapatorakenteita, yksi pintavaluntakenttä ja yksi laskeutusallas. Rakenteet on hahmoteltu seuraaviin karttakuviin (kuvat 32 - 34). Suunnitelluilla rakenteilla on tarkoituksenaan pidättää mahdollisimman hyvin Jukajokeen tulevaa kuormitusta Linnunsuon valuma-alueelta. Lasku-uoma kulkee kahden peltoalueen vieressä, ja näiden ala on 3 % koko valuma-alueesta. Tarkemmat paikkatiedot rakenteista ovat liitteessä 4. Vesiensuojeluteknisiä rakenteita mitoitettaessa ja suunniteltaessa ei ole tarpeen ottaa huomioon kalojen kulkua lasku-uomassa. Voidaan olettaa ettei kosteikosta lähtevään uomaan pääse nousemaan kaloja Jukajoesta pintavalutus Kentän ja sen padon yli.



Kuva 32. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet, lasku-uoman loppupää (Kuva: Laura Pehkonen, rakenteiden paikkatiedot © Myller, pohjakartta © Maanmittauslaitos).



Kuva 33. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet (Kuva: Laura Pehkonen, rakenteiden paikkatiedot Myller, pohjakartta © Maanmittauslaitos).



Kuva 34. Lähtevän uoman nykyiset ja suunnitellut vesiensuojelutekniset rakenteet, lasku-uoman alkupää (Kuva: Laura Pehkonen, rakenteiden paikkatiedot Myller, pohjakartta © Maanmittauslaitos).

6.1 Pintavaluntakenttä

Pintavaluntakentän (kuva 32) rakentaminen toimii parhaiten lasku-uoman ja Jukajoen yhtymäkohdassa. Maastokatselmuksen perusteella pintavaluntakenttä on otollisin vesiensuojelutekninen rakenne kyseiselle paikalle. Kenttää rakennettaessa on otettava huomioon ylivirtaamajakson mahdollinen tulva-aikainen vedenpinnankorkeus. Pintavaluntakenttään ei saisi päätyä Jukajoesta eli alapuolisesta vesistöistä merkittävässä määrin vettä.

Maastokatsauksen perusteella voidaan alueelle rakentaa kenttä, jonka pinta-ala on noin 1 200 m², joka on valuma-alueen pinta-alasta 0,03 %. Pintavaluntakentän toimivuus muiden rakenteiden kanssa on hyvä, esimerkiksi kentän laajuus ei täytä vaadittua osuutta. Pintavaluntakentän rakentaminen alueella on maastollisesti järkevä ja ratkaisuna helppo. Maaperä on turvemaista, ja se soveltuu hyvin pintavaluntakentän rakenteeksi. Pintavaluntakentän rakentaminen vaatii nykyisen uoman tukkimisen patoamalla. Patoamisesta johdetaan jako-ohjasto vasemmalla ja oikealle puolelle nykyisestä lasku-uomasta. Kampaojien tekeminen pintavaluntakentän alueelle tehostaa puhdistumista ja rakenteen toimivuutta.

Kohteen valuma-alue on laaja. Lasku-uoman valuma-alueesta 31 % on Linnunsuon kosteikkoa. Jäljelle jäävä 69 % on maa- ja metsätalousaluetta.

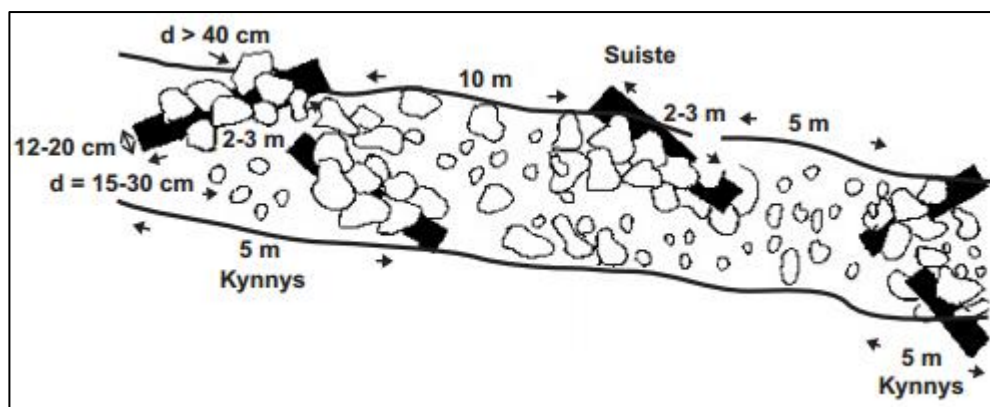
Kiintoaineen liiallinen kuormitus pintavaluntakenttään voi heikentää kentän pidätyskykyä. Tällöin on pintavaluntakentän yhteyteen suunniteltava muita vesiensuojeluteknisiä rakenteita, joiden tehtävänä on pidättää kiintoainetta. Maastokatselmuksen perusteella kentän nykyinen kasvillisuus vastaa pintavaluntakasvillisuuden veloitteita, ja tällöin kasvillisuuden poistoon ei ole tarvetta.

6.2 Pohjapadot

Pohjapatoja on suunniteltu sijoitettavaksi koko uoman matkalle. Rakenteiden suunniteltu etäisyys vaihtelee 35 metristä 100 metriin (kuva 32 - 34).

Pohjapatojen rakenteellisesta tehokkuudesta ei ole riittävästi mitattua tietoa, mutta patojen aiheuttama viipymän kasvu ja turbulenttinen virtaus parantavat vedenlaatua mm. hapettamalla sitä. Pohjapadot mahdollistavat lisää elinpaikkoja, kiinnityspintoja perustuottajille ja pohjaeläimille. Pohjapadot edistävät myös kiintoaineen pidättymistä tekemällä allastuksia ennen pohjapatorakennetta. Pohjapatoja suunniteltaessa on myös otettava huomioon, ettei vedenkorkeuden nostolla aiheuteta uomaan eroosiota. Pohjapatojen mitoituksessa on otettava huomioon alivirtaamatilanteessa mahdollisesti muodostuvat allasmaiset seisovan veden ekosysteemit. Nämä ekosysteemit ovat positiivinen tavoite tässä lasku-uomassa. Mitoituksessa on käytetty apuna Seppo Myllerin kanssa kerättyä paikkatietoa.

Pohjapatorakenteiden materiaalina käytetään tässä uomassa 0 - 100 mm:n kokoisia kiviröykkiöitä sekä puupölkkyjä (kuva 35). Kivimateriaali voi olla myös kalkkikiveä, joka pohjapatorakenteissa nostaa veden pH-arvoa. Kivi on materiaalina hyvä valinta, koska metallit kiinnittyvät kivien pintaan. Lasku-uoman pohjapatorakenteisiin ei ole tarvetta tehdä ponttirakennetta (kuva 4), koska sedimenttikairauksien perusteella uoman pohja ei ole turvepitoista vaan kovaa maata.



Kuva 35. Piirroskuva purouoman ennallistamisesta (Piirros: Vuori, K.-M. Ympäristöministeriö 2015, 33).



Kuva 36. Esimerkillinen pohjapatorakennelma Kissapuroolta, Jukajärveen laskevasta uomasta (Kuva: Tarmo Tossavainen, maaliskuu 2017).

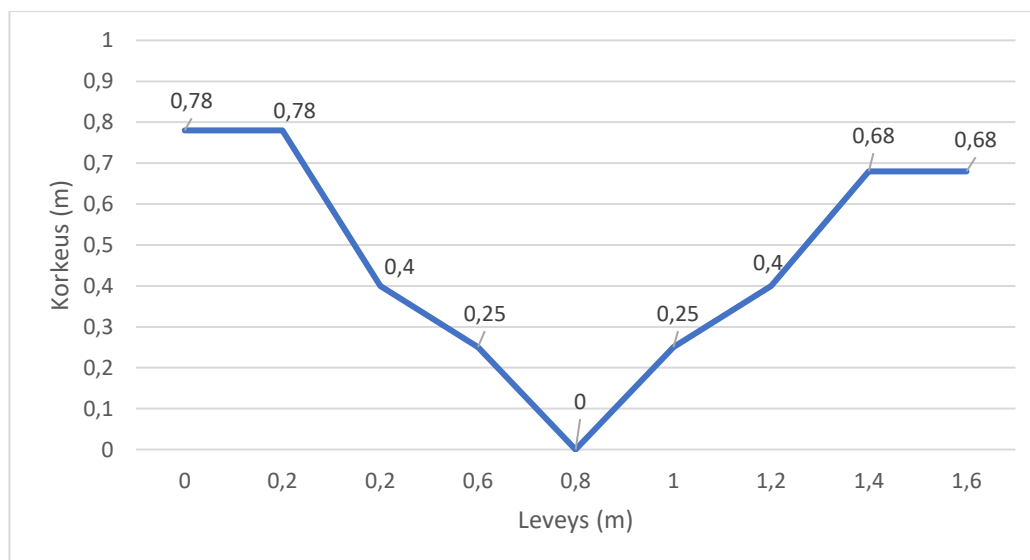


Kuva 37. Yleiskuva pohjapatorakennelmasta Kissapuroolta, Jukajärveen laskevasta uomasta (Kuva: Tarmo Tossavainen, maaliskuu 2017).

Pato 2004 -ohjelma on Excel-pohjainen pohjapatojen mitoituksessa käytettävä ammattilaisen ohjelma. Pato 2004 -ohjelmalla voidaan mitoittaa pohjapato rakenteita uoman korkeus- ja virtaamatietojen perusteella. Ohjelmaan syötetään vakioarvot pohjapadosta, jonka perusteella mallinnetaan padon rakenteen yläpinta. Ohjelma laskee pohjapadolle purkautumiskäyrän ja vedenkorkeuskäyrän. Näistä voidaan mm. tarkastella, ettei tulva-aikana vedenpinta nouse liian korkealle.

Pohjapatojen mitoitus perustuu kosteikolta mittapadon kohdalta otettuihin virtaamamittauksiin. Maastokatselmuksen perusteella lasku-uomaan laskee läntinen valtaoja, jonka virtausnopeuden mittaus tulisi suorittaa. Tällöin saadaan tarkempi mitoitusperuste, ettei maa- ja metsätalousalueen uoman vesi nouse tulva-aikaan maa- ja metsätalousmaille.

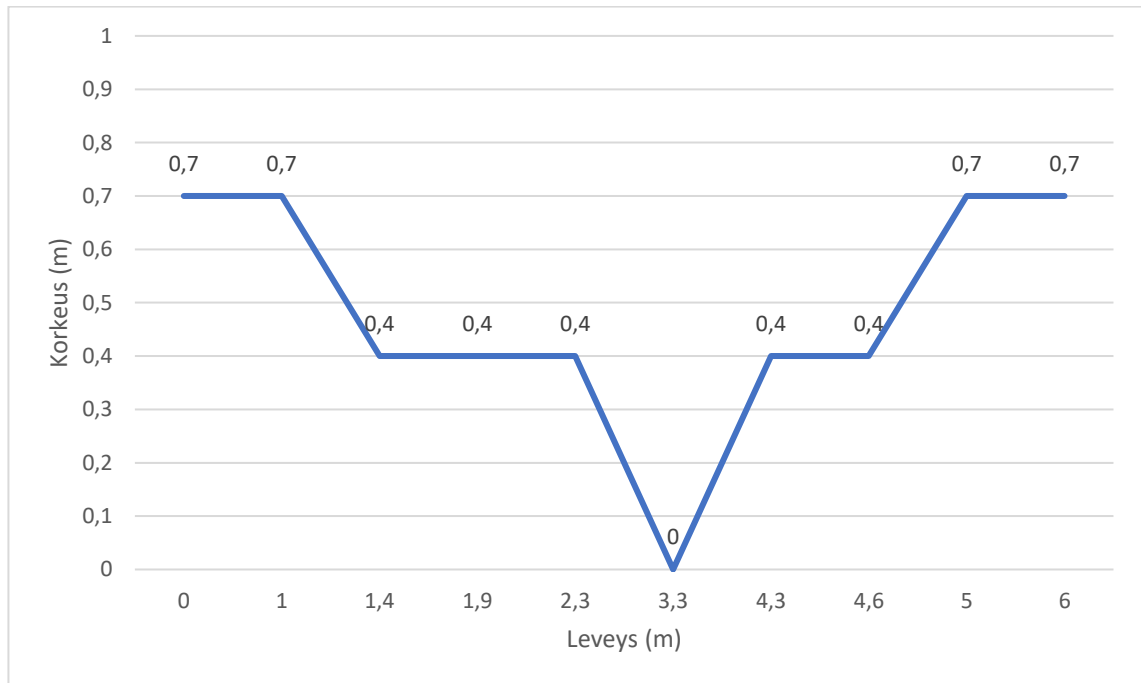
Pohjapatojen sijoittamisesta on Pato 2004 -ohjelmalla tehty havainnollistava mitoitus keskiarvovollisen virtaaman perusteella (60 l/s), joka on laskettu vuoden 2015 mitattujen virtaamien perusteella (Tossavainen 2016a). Mitoitusesimerkkinä maa- ja metsätalousalueelle sijoitettuun uomaan on pohjapato 5 ja peratun uoman pohjapadot 24 ja 25 (liite 5).



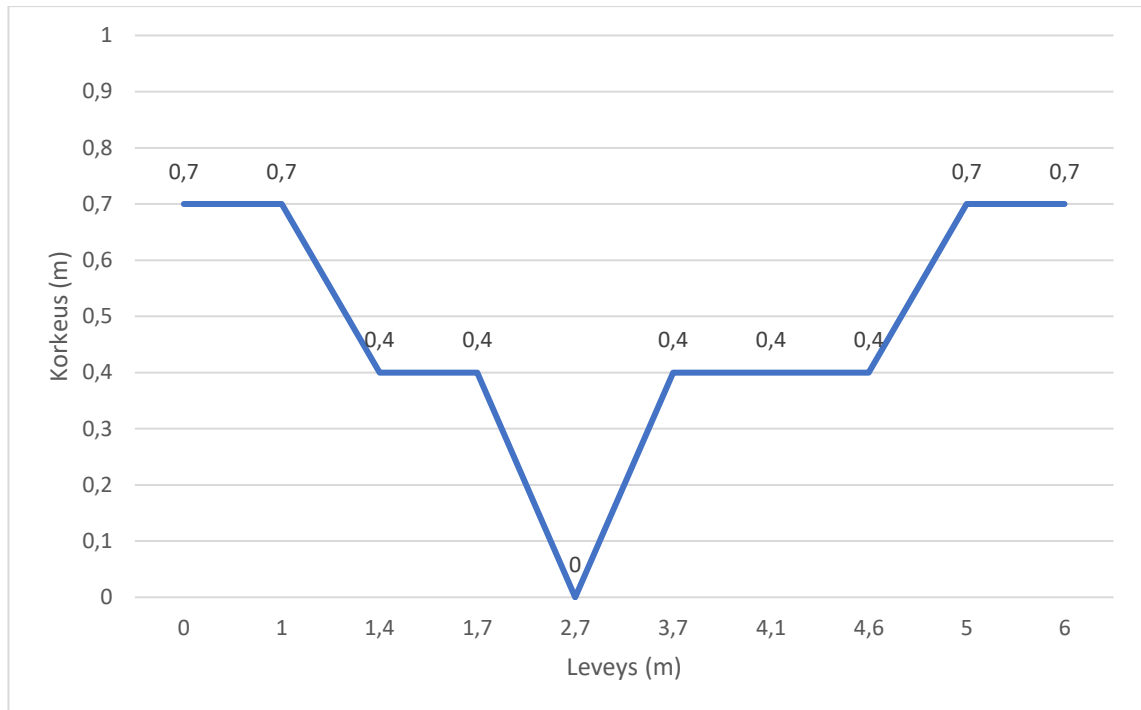
Kuvio 2. Tyyppipoikkileikkaus maa- ja metsätalous alueen lasku-uomaan rakennettavasta pohjapadosta 5.

Kuviossa 2 on kuvattu maa- ja metsätalous alueen lasku-uomaan sijoitettua pohjapato, kun lasku-uoman leveys on keskimäärin yksi metri. Kuviossa korkeudet

ovat pohjapadon alareunasta mitatut. Molemmille puolille patorakennetta on mallinnettu maanpinta. Tämä otettiin huomioon mitoituksessa, ettei pahimpaan tulva-aikaan lasku-uoman vedet nouse maa- ja metsätalousmaille. Tyypipoikkileikkauksessa alimpina virtaamakausina vedenkorkeus padossa on 0,12 m, jolloin virtaama (Q) on 6,7 l/s. Tulva-aikaan vedenkorkeus padossa on 0,51 m, jolloin Q on 236 l/s (mitattu 5.5.2015). Pohjapadot 1 - 19 toteutetaan tällä mitoituksella.



Kuvio 3. Tyypipoikkileikkaus perattuun uomaa rakennettavasta pohjapadosta 24.



Kuvio 4. Tyypipoikkileikkaus perattuun uomaa rakennettavasta pohjapadosta 25.

Peratun uoman pätkältä on mallinnettu kaksi erilaista poikkileikkausta (kuvio 3 ja 4). Näissä on virtaus painotettu toisessa vasemmalle ja toisessa oikealle puolelle. Edellä mainittujen rakenteiden sijoittaminen lasku-uomaan tehostaa pohjapatojen tehokkuutta, pidentäen viipymää tekemällä virtauksesta mutkittelevan. Kuvioissa korkeudet ovat pohjapadon alareunasta mitatut. Lasku-uoman leveys on neljä metriä ja molemmille puolille patorakennetta on mallinnettu maanpinta, alimman maanpinnan koron mukaan. Tämä otettiin huomioon mitoituksessa, ettei lasku-uoman vedet nouse pahimpaan tulva-aikaan maa- ja metsätalousmaille. Tyypipoikkileikkauksessa alimpina virtaamakausina vedenkorkeus padossa on 0,08 m, jolloin Q on 6,7 l/s. Tulva-aikaan vedenkorkeus padossa on 0,34 m, jolloin Q on 236 l/s (mitattu 5.5.2015). Pohjapadot 20 - 31 toteutetaan tällä mitoituksella.

Opinnäytetyössä on tarkasteltu pohjapatojen potentiaaliset paikat maastossa koko lasku-uoman matkalta. Paikat on esitetty suunnitelmassa ja kuvissa 31 - 33. Rakenteiden rakennussuunnitelmaa suunnitellessa on syytä tarkastella pohjapatojen määrää tarkemmin mm. pohjapatorakenteiden allastuksien mallintamisena.

6.3 Laskeutusallas

Laskeutusallas on ajateltu sijoitettavaksi sivuojaan, joka liittyy lasku-uomaan ennen ensimmäistä tienalitusrumpua virtaussuuntaan katsottuna. Laskennallinen laskeutusaltaan koko on 196 m² ja sen suhde omaan valuma-alueeseen on 0,3 % (kuva 38). Laskennassa on käytetty karkeaa valuma-alueääritystä. Tarkempi laskeutusaltaan koko voidaan määrittää maastokatselmuksen perusteella, jolloin varmistetaan sivuojaan tulevat virtaamat ja sivuojan oman valuma-alueen koko. Laskeutusallas vähentää kiintoaineen määrää ojitetulta metsätalousalueelta.



Kuva 38. Esimerkillinen laskeutusallas rakennelma Pohjajärveen laskevasta uomasta Valtimolta (Kuva: Laura Pehkonen).

6.4 Muut kunnostustoimet

Muita mahdollisia vesiensuojeluteknisiä kunnostustoimenpiteitä ovat vanhan laskeutusaltaan ruoppaus, lasku-uoman nykyisen kasvillisuuden hyödyntäminen, kosteikon rakentaminen läntisen valtaojan valuma-alueelle ja veden virtauksen ohjaus luontaisen uoman pätkiin.

Lasku-uoman nykyinen vesikasvillisuus pidättää ravinteita peratulla osuudella. Kasvillisuuden poistaminen aiheuttaisi suuren kuormituspiikin. Nykyistä vesikasvillisuutta voidaan hyödyntää ravinteita sitovana rakenteena pohjapatojen yhteydessä. Kasvillisuus on pääasiallisesti järviruokoa, joka viihtyy rehevöityneissä vesissä. Järviruoko on luonnon monimuotoisuuden kannalta ongelmallinen, koska leviää helposti, ja sen asema on hallitseva. (Wikipedia 2016).

Vanhan laskeutusaltaan sedimenttinäytteistä selvisi, että pohjaan on kasaantunut 10 - 57 cm välille mustaa vetistä ja ruskeaa hienojakoista ainesta sekä hajomattomia makrofyyttejä. Laskeutusaltaan itäisen reunan virtausnopeus on suurempi kuin keskellä ja läntisellä puolella, joten sedimenttiä on paksumpi kerros läntisellä reunalla. Laskeutusaltaan alkuun on kerääntynyt enemmän sedimenttiä kuin loppuun. Tämä kertoo laskeutusaltaan toimivuudesta virtausnopeuden hidastajana. Vanhan laskeutusaltaan rakennettu pohja on kivellä verhoiltu.

Kosteikkoa suunnitellaan läntisen valtaojan valuma-alueelle. Valuma-alueella on metsätalousmaata, joka on tiheästi ojitettua entistä suoaluetta. Virtaama tässä työssä tarkasteltavaan lasku-uomaan on suuri muihin uomaan laskeviin sivuojiin verrattuna.

Lasku-uomassa on kaksi luontaisen uoman osuutta, joista tallennettiin paikkatiedot. Veden virtauksen muuttaminen luontaiseen uomaan onnistuu vähäisellä maanmuokkauksella.

6.4.1 Vanhan laskeutusaltaan ruoppaus

Vanhan laskeutusaltaan pinta-alan ja sedimenttikairauksien perusteella saatiin arvioitua laskennallinen ruopattavan liejun määrä, joka on noin 280 m³. Ruoppausmassojen tilavuus on alle 500 m³, joten toimitaan paikalliseen ELY-keskukseen ilmoitusmenettelyllä. ELY-keskus voi vaatia tarkempia lisäselvityksiä ruoppaukseen liittyen. Vanhasta laskeutusaltaasta sedimenttianalyytit mahdollisten haitallisten aineiden takia olisi hyvä tehdä. Seurantaohjelman laadinta ei ole tarpeellinen, koska sedimentin määrä on vähäinen.

Vanhaan laskeutusaltaaseen saattaa ajoittain kulkeutua sulfidipitoista maata, joka on haitallinen muulle eliöstölle. Jos sedimentissä esiintyy sulfidipitoista maainesta, sedimentin kaivuumassan pääsy kosketuksiin hapen kanssa on syytä estää. Tämä voidaan ehkäistä ruoppausmassaa kalkitsemisellä. (Karppinen 2016, 12.) Sijoituspaikkaa valittaessa on otettava huomioon sedimentin haitallisuus. Paikan olisi hyvä olla lähellä sedimentin vesipitoisuuden takia, sillä tällöin kustannukset eivät nouse liian suuriksi. Sijoituspaikka on tarkasteltava tarkemalla maastokatselmuksella.

Ruoppaustekniikaksi valitaan pumppukauharuoppaus, koska sedimenttinäytteiden perusteella sedimentti oli todella vesipitoista ja ruoppaustilavuus ei ole suuri. Tällöin saadaan kustannusteknisesti myös kiinteämpi sedimenttiaines poistettua laskeutusaltaasta.

Ruoppauksessa syntyvät riskit on minimoitava. Riskejä ovat ruoppausmassan sijoittaminen liian lähelle ja sedimentin haitallisuuden tutkimatta jättäminen. Riskit voidaan minimoida sijoituspaikan sijoittamisella kauemmaksi vesialueesta ja sedimenttinäytteen lähettämällä laboratorioon.

7 Tulokset ja niiden tarkastelu

Tässä luvussa esitellään ja tarkastellaan opinnäytetyötä varten kerättyjen näytteiden analyysituloksia. Näytteet on kerätty Linnunsuon kosteikolta ja kosteikolta lähtevästä uomasta marraskuun 2016 ja toukokuun 2017 välisenä aikana.

7.1 Vesinäytteiden tulokset

Virtaamatulokset kertovat näytteenottojen tapahtuneen syysylivirtaama-, talvialivirtaama- sekä kevätylivirtaamajaksojen aikaan. Alhaisin virtaama oli hieman alle 7 l/s ja suurin virtaama noin 87 l/s. Monipuoliset virtaamatilanteet parantavat tulosten edustavuutta. Pienintä ja suurinta virtaamatulosta on korostettu punaisella

fontilla. Virtaama mitattiin kosteikolta välittömästi lähtevästä, missä vesi ei jäänyt talvikaudellakaan (liite 3).

Kosteikon altaiden ja lähtevän uoman vesien pH-arvo vaihtelee välillä pH 3,31 - 5,96. Pienin pH-arvo mitattiin allas 3:sta ja suurin pH-arvo mitattiin allas 2:sta. Linnunsuon kosteikon veden pH-arvot olivat koko mittausajanjakson aikana selvästi happamia sekä lievästi happamia.

Veden rautapitoisuus vaihtelee välillä 1 400 - 5 550 µg/l. Rautapitoisuudet ovat koholla talvikerrostuneisuuden aikaan, jolloin myös pohjan happitilanteen havaittiin olevan huono tai täysin hapeton. Alumiinipitoisuudet vaihtelevat välillä 80 - 830 µg/l. Selvästi muita pisteitä suuremmat alumiinipitoisuudet tavattiin altaasta 3 ja pienimmät pitoisuudet lähtevästä uomasta.

Kosteikon veden sähkönjohtavuus vaihtelee välillä 3,82 – 27,80 mS/m. Sähkönjohtavuus ylittää paikoin reilusti Itä-Suomessa mitatun keskimääräisen sähkönjohtavuuden raja-arvon 3,3 mS/m. Korkea sähkönjohtavuus kosteikossa johtuu pääasiassa maaperän sulfidimaista. Orgaanisen aineksen hajoaminen nostaa myös veden sähkönjohtavuutta.

Taulukko 2. pH- ja sähkönjohtavuustulokset Linnunsuon vesinäytteenotto-
teiltä 1/2

pH ja sähkönjohtavuus	3.11.2016	14.11.2016	16.11.2016	18.11.2016
Virtaama, Q (l/s)	25,7	6,8	10,2	14,2
Lähtevä				
pH	5,17	4,79	4,74	4,72
Sähkönjohtavuus (mS/m)				
Lämpötila (°C)	1,0	1,0		
O ₂ (mg/l)				
Linnunsuo1				
pH		4,55	4,21	4,08
Sähkönjohtavuus (mS/m)				
Lämpötila (°C)		1,3	2,9	1,3
O ₂ (mg/l)				
Linnunsuo7				
pH		3,60		
Sähkönjohtavuus (mS/m)				
Lämpötila (°C)		2,0		
O ₂ (mg/l)				
Linnunsuo9				
pH		3,65		
Sähkönjohtavuus (mS/m)				
Lämpötila (°C)		1,9		
O ₂ (mg/l)				

Taulukko 3. pH- ja sähkönjohtavuustulokset Linnunsuon vesinäytteenotto-
teiltä 2/2

pH ja sähkönjohtavuus	7.12.201 6	16.1.201 7	24.2.201 7	6.4.201 7	2.5.201 7
Virtaama, Q (l/s)	19,6	6,9	6,8	39,9	86,5
Lähtevä					
pH		4,21	5,74	5,11	4,76
Sähkönjohtavuus (mS/m)	3,82		27,8	19,6	8,4
Lämpötila (°C)		0,5	0,3	0,8	3,5
O ₂ (mg/l)				1,9	
Linnunsuo1					
pH	4,44	4,57	5,69	5,75	
Sähkönjohtavuus (mS/m)			15,7	15,0	
Lämpötila (°C)	1,3	1,3	0,3	0,3	
O ₂ (mg/l)	9,8	1,8		4,8	
Linnunsuo7					
pH	3,70	3,31		3,76	
Sähkönjohtavuus (mS/m)				20,0	
Lämpötila (°C)	1,5	0,1		0,2	
O ₂ (mg/l)	6,4	5,8		8,3	
Linnunsuo9					
pH	3,96	5,59	5,96	5,71	
Sähkönjohtavuus (mS/m)			13,6	8,5	
Lämpötila (°C)	2,2	0,5	0,1	0,3	
O ₂ (mg/l)	6,4	0		2,9	

Taulukko 4. Rauta- ja alumiinipitoisuudet Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä 1/2

Rauta ja alumiini	3.11.2016	14.11.2016	7.12.2016	16.1.2017
Virtaama, Q (l/s)	25,7	6,8	19,6	6,9
Lähtevä				
Rauta (µg/l)	3 900	4 260	1 850	1 620
Alumiini (µg/l)	80	100	290	210
Lämpötila (°C)	1,0	1,0		0,5
O ₂ (mg/l)				
Linnunsuo1				
Rauta (µg/l)		4 490	2 590	4 930
Alumiini (µg/l)		100	130	100
Lämpötila (°C)		1,3	1,3	1,3
O ₂ (mg/l)			9,8	1,8
Linnunsuo7				
Rauta (µg/l)		1 740	3 370	5 010
Alumiini (µg/l)		600	830	520
Lämpötila (°C)		2,0	1,5	0,1
O ₂ (mg/l)			6,4	5,8
Linnunsuo9				
Rauta(µg/l)		1 400	1 780	1 620
Alumiini (µg/l)		210	130	210
Lämpötila (°C)		1,9	2,2	0,5
O ₂ (mg/l)			6,4	0,0

Taulukko 5. Rauta- ja alumiinipitoisuudet Linnunsuon vesinäytteenottopisteiltä
2/2

Rauta ja alumiini	24.2.2017	6.4.2017	2.5.2017
Virtaama, Q (l/s)	6,8	39,9	86,5
Lähtevä			
Rauta	5 220	5 550	3 100
Alumiini	200	140	110
Lämpötila (°C)	0,3	0,8	3,5
O ₂ (mg/l)		1,9	
Linnunsuo1			
Rauta	4 920	4 790	
Alumiini	140	90	
Lämpötila (°C)	0,3	0,3	
O ₂ (mg/l)		4,8	
Linnunsuo7			
Rauta		4 680	
Alumiini		490	
Lämpötila (°C)		0,2	
O ₂ (mg/l) Savo-Karjala		8,3	
Linnunsuo9			
Rauta	5 230	4 880	
Alumiini	120	60	
Lämpötila (°C)	0,1	0,3	
O ₂ (mg/l)		2,9	

Taulukko 6. Elohopea- ja kuparipitoisuudet Linnunsuon vesinäytteenotto-
teiltä

Elohopea ja kupari	7.12.2016	6.4.2017
Virtaama, Q (l/s)	19,6	39,9
Linnunsuo1		
Elohopea (µg/l)	<0,005	<0,005
Kupari (µg/l)	6,2	
Lämpötila (°C)	1,3	
O ₂ (mg/l)	9,8	4,8
Linnunsuo7		
Elohopea (µg/l)	<0,005	<0,005
Kupari (µg/l)	7,5	
Lämpötila (°C)	1,5	
O ₂ (mg/l)	6,4	8,3
Linnunsuo9		
Elohopea (µg/l)	<0,005	<0,005
Kupari (µg/l)	5,3	
Lämpötila (°C)	2,2	
O ₂ (mg/l)	6,4	2,9

Linnunsuon kosteikolta lähtevä vuosikeskivirtaama (MQ) laskettiin vuosien 2015-2017 tuloksista. Laskennassa otettiin huomioon keskimääräinen vuosivalunta (9,7 l/s/km²) kosteikon valuma-alueilta sekä sadanta (700 mm) (Ilmatieteen Laitos 2017) ja haihdunta (400 mm) (Ympäristö 2014c). Vuosikeskivirtaamaksi saatiin 39 l/s. Keskivirtaaman avulla laskettiin kosteikolta lähtevät Fe ja H₃O⁺ -vuosikuormat (L) kaavalla (7.1) (Tossavainen 2016e, 18, Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2013). Kuormituslaskennoissa käytettiin kosteikolta lähtevästä uomasta opinnäytetyön maastopäivillä vuosina 2016 - 2017 kerättyjen vesinäytteiden tuloksia.

$$L = C_{\text{virtaamapainotettu keskiarvo}} * MQ_{2015-2017} * 31\,536\,000 \quad (7.1)$$

jossa

$$C_{\text{virtaamapainotettu keskiarvo}} = \frac{((c_1 * Q_1) + \dots + (c_n * Q_n))}{(Q_1 + \dots + Q_n)}$$

jossa

$$c_{1-n} = \text{ainepitoisuus kullakin havaintokerralla}$$

$$Q_{1-n} = \text{virtaama kullakin havaintokerralla}$$

$$MQ_{2015-2017} = \text{vuosikeskivirtaama.}$$

Kaavalla laskien raudan vuosikuormaksi saadaan 5 069 kg/a, alumiinin vuosikuormaksi 197 kg/a ja oksoniumionien vuosikuormaksi 42 300 mol/a. Saatuja tuloksia voidaan verrata tulevaisuudessa tehtäviin laskelmiin ja näin saada selville muutokset Linnunsuon kosteikon kvyvyssä pidättää rautaa ja alumiinia sekä kosteikon veden oksoniumionikonsentraatiossa.

Taulukko 7. Vesinäytetulokset Linnunsuon kosteikolta lähtevästä uomasta ennen Jukajokeen laskua (Tossavainen 2016a)

Lasku-uoma	2.5.2016	3.11.2016	2.5.2017
Virtaama, Q (l/s)	48,8	25,7	86,5
Ennen Jukajokeen laskua			
Rauta (µg/l)		4 000	3 150
Alumiini (µg/l)		110	160
Lämpötila (°C)	7,1	0,8	
pH	5,46	5,80	4,67

Taulukosta 7 voidaan havaita, että rauta- ja alumiinipitoisuudet ovat laskeneet verrattuna kosteikosta lähtevästä mitattuihin tuloksiin. pH-arvo on myös korkeampi ja on lähellä hyvän vedenlaadun raja-arvoa (pH 5,5). Vaikka lasku-uomalla

on jo nyt nähtävillä olevaa vaikutusta vedenlaatuun, ei se nykyisellään näytä parantavan Jukajokeen päätyvän veden laatua riittävästi. Aittolammelta uomaan laskevalla läntisellä valtaojalla on vaikutusta Jukajokeen päätyvän veden laatuun. Vesinäytteidenottoa lasku-uomasta olisi syytä lisätä paremman kuvan saamiseksi lasku-uoman vaikutuksista vedenlaatuun.

Taulukko 8. Vesinäytetulokset kosteikon altaaseen 2 laskevasta uomasta

Altaaseen 2 laskeva uoma	2.5.2017
pH	3,76
Rauta (µg/l)	5 280
Alumiini (µg/l)	1 040
Sähkönjohtavuus (mS/m)	23,9

Linnunsuon kosteikon valuma-alueen eteläreunalla sijaitsevalta metsätalousmaa-alueelta tulevaa uomaa pitkin laskee kosteikon altaaseen 2 erittäin hapanta ja rautapitoista vettä (Taulukko 8). Vesinäytteet haettiin kyseisestä uomasta kevätyliviltaamajakson aikaan, jolloin kosteikosta lähtevän uoman virtaama oli 86,5 l/s. Metsätalousmaa-alueelta tulevan veden laatu antaa jonkinlaisen kuvan siitä, millaista vettä Linnunsuon turvetuotantoalueelta on laskenut Jukajokeen ennen kosteikon perustamista sekä Karelia-ammattikorkeakoulun mitaukset vuosilta 2012 - 2013. Uoman koordinaattitiedot löytyvät liitteestä 1.

7.2 Sedimenttinäytteiden tulokset

Sedimentin paksuus näytteenottopaikkojen välillä vaihteli 15 - 33 senttimetrin välillä suokairalla saatujen tulosten perusteella. Laadultaan sedimentti vaihteli vesipitoisesta ja mustasta hienojakoisesta pintakerroksesta harmahtavaan ja savipitoiseen pohjakerrokseen. Välikerroksessa sedimentti oli hienojakoista ruskeaa ainesta.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry:n Tampereen laboratoriossa analysoitujen sedimenttinäytteiden tulokset on esitetty taulukossa 9. Alkuperäinen testausseleste löytyy liitteestä 8.

Taulukko 9. Sedimenttinäytteiden tulokset (ka = kuiva-aine)

Paikka	Linnunsuo 7		Linnunsuo 9
	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3
Sedimenttikerros (cm)	0 - 10	20 - 33	11 - 15
Kuiva-aine (g/kg)	139	154	734
Lyijy (mg/kg ka)	< 2	< 2	< 2,3
Elohopea (mg/kg ka)	0,068	0,028	< 0,005
Kadmium (mg/kg ka)	< 0,1	0,16	< 0,1
Hehkutushäviö (% ka)	77	88	2
Kupari (mg/kg ka)	9,4	8,9	3,7
Rauta (g/kg ka)	41	62	10
Alumiini (g/kg ka)	2,1	1,4	5,1
Kromi (mg/kg ka)	9,3	6,1	18
Sinkki (mg/kg ka)	10	15	12
Hehkutushäviö (g/kg)	110	140	13
Hehkutusjäännös (g/kg)	31	18	721
Kokonaistyyppi (g/kg ka)	16	15	< 0,5
Kokonaisfosfori (g/kg ka)	0,46	0,23	0,27

Taulukossa 9 näytteiden 1 ja 2 kuiva-ainepitoisuus osoittaa näytteiden olleen suhteellisen vesipitoisia. Vesipitoisuus näytteissä oli noin 85 %. Näytteen 3 kuiva-ainepitoisuus oli huomattavasti korkeampi, jolloin näyte oli myös koostumukseltaan kiinteämpää. Näytteen vesipitoisuus oli noin 27 %. Hehkutusjäännöksen perusteella näytteet 1 ja 2 sisälsivät paljon orgaanista ainesta (orgaanisen aineksen pitoisuudet 77 % ja 88 %) ja näyte 3 oli erittäin mineraalipitoista toisin sanoen valtaosin savea (mineraalipitoisuus 98 %).

Tulosten perusteella rautaa on huomattavasti enemmän sedimentin pintakerroksissa kuin pohjakerroksissa. Raudan määrä on suurimmillaan tuhatkertainen (62 000 - 10 000 mg/kg) verrattuna Suomen järvisedimenttien keskimääräiseen rautapitoisuuteen (62 mg/kg) (Tossavainen 2014). Raudan määrä on suurimmillaan tuhatkertainen (62 000 - 10 000 mg/kg) verrattuna Suomen järvisedimenttien keskimääräiseen rautapitoisuuteen (62 mg/kg) (Tossavainen 2014). Raudan määrä kosteikon sedimentissä on siis suuri. Alumiinin pitoisuudet vaikuttavat myös suurilta, ja sitä on eniten sedimentin pohjakerroksessa. Alumiini on suhteel-

lisen yleinen metalli Suomen maaperässä, eikä sille ole esitetty kriteereissä suurimpia sallittuja pitoisuuksia. Happamoitumisen myötä rauta ja alumiini muuttuvat eliöille erittäin vaarallisiksi.

Kuparia näyttäisi löytyvän enemmän pintakerroksista. Kuparin määrä (9,4 - 3,7 mg/kg) ei ylitä laatukriteerin raja-arvoa (taulukko 10). Kromia on sitoutunut enemmän sedimenttikerroksen pohjaan eikä senkään määrä (18 - 6,1 mg/kg) ylitä raja-arvoa. Sinkki (15 - 10 mg/kg), kadmium ja lyijy ovat jakautuneet tasaisemmin kaikkiin sedimenttikerrokseen. Näidenkin raskasmetallien arvot jäävät reilusti alle raja-arvojen. Kadmiumia ja lyijyä esiintyy sedimentissä erittäin vähän niiden arvojen jäädessä alle mittaustarkkuuden. Ravinteista typpeä löytyi enemmän pintakerroksesta. Fosfori oli jakautunut kerrosten välille tasaisemmin suurimpien pitoisuuksien löytyessä kuitenkin pintakerroksesta.

Taulukko 10. Ruoppausmassojen laatukriteerit (mg/kg) (Opasnet 2013)

Aine	Lyhenne	Taso 1	Taso 2
Elohopea	Hg	0,1	1
Kadmium	Cd	0,5	2,50
Kromi	Cr	65	270
Kupari	Cu	50	90
Lyijy	Pb	40	200
Nikkeli	Ni	45	60
Sinkki	Zn	170	500
Arseeni	As	15	60

7.3 Pohjaeläimet

Kosteikolta pohjaeläinnäytteet otettiin altaan 1 näytteenottopaikoilta Linnunsuo1, Linnunsuo3 ja Linnunsuo4 (kuva 5). Altaat 2 ja 3 olivat jäätyneet talven aikana osittain pohjaan asti. Pohjaeläimet kuolevat pohjan jäätyessä, joten edustavien näytteiden otto ei näistä altaista ollut mahdollista.

Linnunsuo1 näytteenottopaikan pohjaeläinkanta oli vaihtelevin. Näytteistä löydettiin surviaissääskentoukkia, sulkahyttysen toukkia, harvasukamatoja, vesiperhosentoukkia sekä pikkumalluainen. Valtaosa pohjaeläimistä oli kuitenkin surviaissääsken toukkia. Toukkia löytyi runsaasti jokaisesta rinnakkaisnäytteestä ja niiden osuus näytteenottopaikalta löytyneistä pohjaeläimistä oli 80,3 %.

Linnunsuo3:n pohjaeläinnäytteistä löytyi kaikista Linnunsuo1:n näytteiden tavoin runsaasti surviaissääsken toukkia. Surviaissääsken toukkien osuus näytteenottopaikan pohjaeläimistä oli 98 %. Näytteistä löytyi myös muutama kaislakorennon toukka. Kaislakorennon toukkia löytyi kahdesta eri rinnakkaisnäytteestä ja niiden osuus oli 2 %.

Näytteenottopaikalta Linnunsuo4 kerätyistä rinnakkaisnäytteistä löytyi ainoastaan surviaissääsken toukkia. Huomionarvoista on kuitenkin, että toisella näytteenottokerralla (11.4.2017) allas oli jäänyt näytteenottopaikalla pohjaan asti ja tämän vuoksi näytteistä ei löytynyt yhtään pohjaeläintä.

Surviaissääsken toukkien osuus jokaisella näytteenottopaikalla on huomattava. Surviaissääsken toukat sietävät hyvin hapettomia olosuhteita, joten niiden runsas esiintyminen indikoi altaan 1 pohjan veden olevan hapettomassa tai vähähappisessa tilassa talvikerrosteisuusjakson aikana. Myös sulkahyttysen toukat ja harvasukamadot viihtyvät matalahappisissa vesissä. Vesiperhosen toukkien esiintyminen näytteissä viittaisi olosuhteiden olevan jollakin tasolla siedettävät ja ettei pohjan vesikerros ole täysin hapeton. Vesiperhosen toukkia löytyi kuitenkin vain yhdestä rinnakkaisnäytteestä ja yhteensä niiden osuus oli noin 4 %. Yhdestä rinnakkaisnäytteestä löytyi myös yksi pikkumalluainen, joka on varsin yleinen laji Suomen sisävesissä. (Tossavainen 2016a)

Lasku-uomasta löytyneitä pohjaeläimiä ovat surviaissääsken, sulkahyttysen, vaaksiaisen, päiväkorennon, koskikorennon, vesiperhosen, polttiaisen ja kaislakorennon toukat, vesisiira sekä harvasukamadot. Eniten näytteistä löytyi surviaissääsken toukkia (56,7 %) ja koskikorennon toukkia (28,6 %). Lasku-uoman pohjaeläinnäytteenottopiste on esitetty kuvassa 18.

Surviassääsken toukat, harvasukamadot ja sulkahyttysen toukat kertovat yleisestä eutrofiasta eli runsasravinteisuudesta ja sietävät matalia happipitoisuuksia. Koskikorenonn toukat taas ovat herkkiä veden epäpuhtauksille ja ilmentävät kyseisessä paikassa hyvää vedenlaatua. Myös vesiperhosen toukat indikoivat hyvää vedenlaatua. Veden voidaan siis olettaa olevan kohtalaisen hyvälaatuista ja happipitoista, vaikka suurin osuus pohjaeläimistä olikin surviassääsken toukkia. (Tossavainen 2016a.) Vesisiirat ovat yleisiä pienissä puroissa ja joissa ja sietävät voimakkaasti likaantuneita vesiä. Kaislakorenonn toukat ovat yleisiä jokien, lampien ja järvien rannoilla. (Olsen, Sunesen & Pedersen 1999, 34, 127.)

Shannon-Wiener-indeksi kosteikossa vaihteli 0 - 0,52. Indeksillä kertoo kosteikon pohjaeläinkannan olevan erittäin suppea. Lasku-uomassa Shannon-Wiener-indeksi oli 1,24. Indeksillä arvo osoittaa pohjaeläinkannan olevan lasku-uomassa jo huomattavasti monipuolisempi. Taulukon 11 perusteella Linnunsuon kosteikon ja lasku-uoman indeksiarvot ovat kuitenkin molemmat erittäin matalat, koska ovat alle 1,48. Kosteikolta ja lasku-uomasta suoritettavat pohjaeläinnäytteet löytyvät liitteissä 6 ja 7.

Taulukko 11. Shannon-Wiener-indeksiarvotaulukko (Tossavainen 2016b)

Luokka	Indeksiarvo	Shannon-Wiener
1	Erittäin korkea	> 3,71
2	Korkea	2,97 - 3,71
3	Melko korkea	2,22 - 2,97
4	Matala	1,48 - 2,22
5	Erittäin matala	< 1,48

8 Riskianalyysi

Riskianalyysin avulla kartoitetaan mahdollisia ongelmakohtia ja heikkouksia kosteikon toimivuudessa ja rakenteissa. Toimivuudessa suurimmat riskit ovat pohjan sedimentin raskasmetallipitoisuuksissa ja veden matalassa pH-arvossa. Tulokset osoittavat Linnunsuon kosteikon pohjan sisältävän paljon raskasmetalleja, kuten rautaa ja alumiinia, jotka ovat veteen liuenneena myrkyllisiä vesieläimille. Nämä

pohjasedimenttiin saostuneet raskasmetallit liukenevat helpommin takaisin veden hapettomissa ja happamissa olosuhteissa. Pohjan hapettomuus talvikerrosteisuusjaksojen aikana onkin myös yksi suuri riskitekijä kosteikon toimivuudessa.

Suurimmat kosteikon rakenteisiin liittyvät riskit ovat kosteikon osa-altaiden välillä olevat pengerrykset, jotka eristävät altaat toisistaan virtausaukkoja lukuun ottamatta. Pahimmassa mahdollisessa tapauksessa pengerrysten rakenteet pettävät esimerkiksi vähäisen lumen, kovien pakkasten, sateiden tai ylivirtaamien aikaan ja alkavat vuotaa. Tällöin altainen korkeuserojen takia kaikki kosteikon vedet päätyisivät lopulta altaaseen 1. Linnunsuon kosteikkoaluetta suunniteltaessa on tarkasteltu mahdollinen penkereiden pettäminen siten, että altainen 2 ja 3 vedet mahtuvat kosteikon altaaseen 1 (Ojamaa 2011, 2). Vesikerroksen poistuessa altaan 2 ja 3 alueelta niiden pohjien happamat sulfaattimaat pääsevät kuivumaan ja happamoitumaan joutuessaan kosketuksiin ilman kanssa. Hapan sulfaattimaa happamoittaa alueelle päätyvät sade- ja sulamisvedet, jotka virtaavat altaan 1 virtausaukon kautta lasku-uomaan ja sitä myöten Jukajokeen aiheuttaen todennäköisesti niiden vesien pH-arvon rajun laskun.

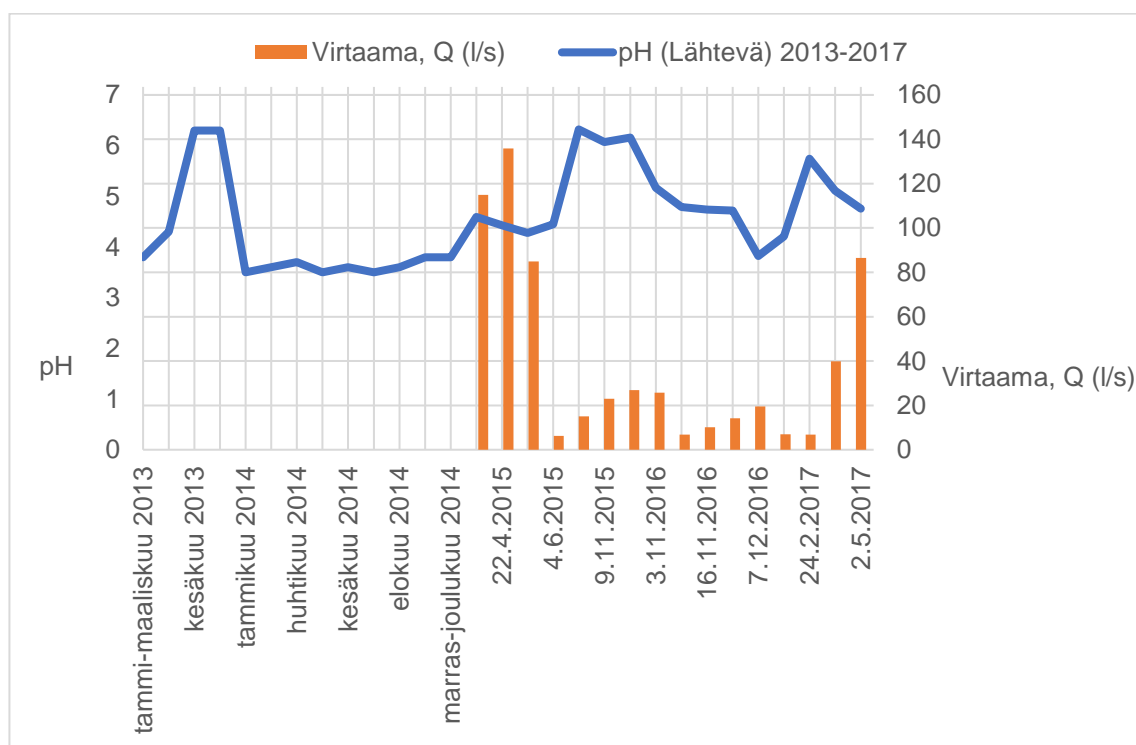
Riskianalyysitaulukkoon on koottu kosteikolla esiintyvät riskit. Riskien analysoinnissa ollaan käytetty kahta eri indikaattoria, joiden perusteella saadaan suhdeluku. Suhdeluku lasketaan kertomalla yhteen indikaattorien asteikoilta saadut arvot ($A * B$). Suhdeluku kertoo vaikutuksen vakavuuden asteikolla 1 - 25. Mitä suurempi suhdeluku sitä suuremmat vaikutukset. (Liite 13)

9 Tulevaisuudennäkymät

Linnunsuon kosteikon ja kosteikolta virtaavan veden laadun tulevaisuudennäkymiä voidaan tarkastella kuvioilla 5, 6 ja 7, joissa on esitetty pH:n, raudan ja alumiinin arvojen vaihtelua vuosien aikana. Kuvioden avulla voidaan muodostaa kokonaiskuva arvojen noususta tai laskusta pidemmän ajan kuluessa. Tärkeää tulkinnan luotettavuuden kannalta on, että arvot on mitattu samasta mittauspis-

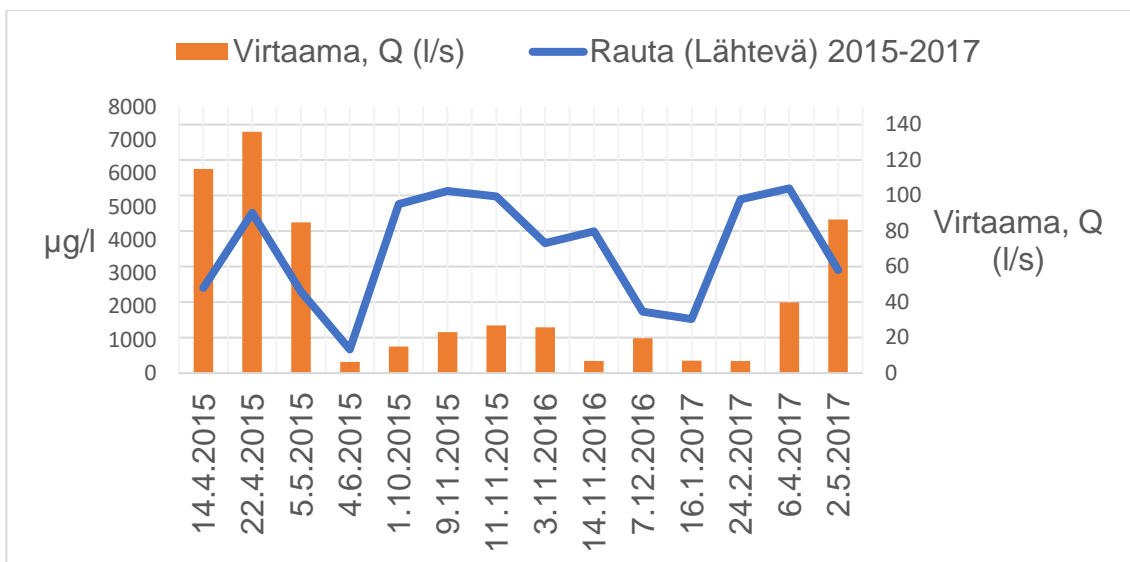
teestä. Tässä tapauksessa mittauspisteenä on ollut Linnunsuolta lähtevän uoman alkupään mittapato. Tuloksia pitäisi myös mielellään olla joka virtaamajaksoilta usean vuoden ajalta painopisteen ollessa kuitenkin yli- ja alivirtaamajaksoilla. Tällä hetkellä raudan ja alumiinin tuloksia on vain noin kahden vuoden ajalta, mutta mittauksien tiheän otannan vuoksi aineistoa voidaan pitää tyydyttävänä.

Mittausarvot Linnunsuolta vuosilta 2013 - 2014 on saatu Vapon velvoitetarkkailu-
raporteista vuosilta 2014 (Heitto 2014) ja 2015 (Heitto 2015). Vuoden 2015 mit-
tausarvot ovat limnologi Tarmo Tossavaisen suorittamista mittauksista. Vuosien
2016 - 2017 arvot on saatu tämä opinnäytetyön aikana suoritetuista mittauksista.

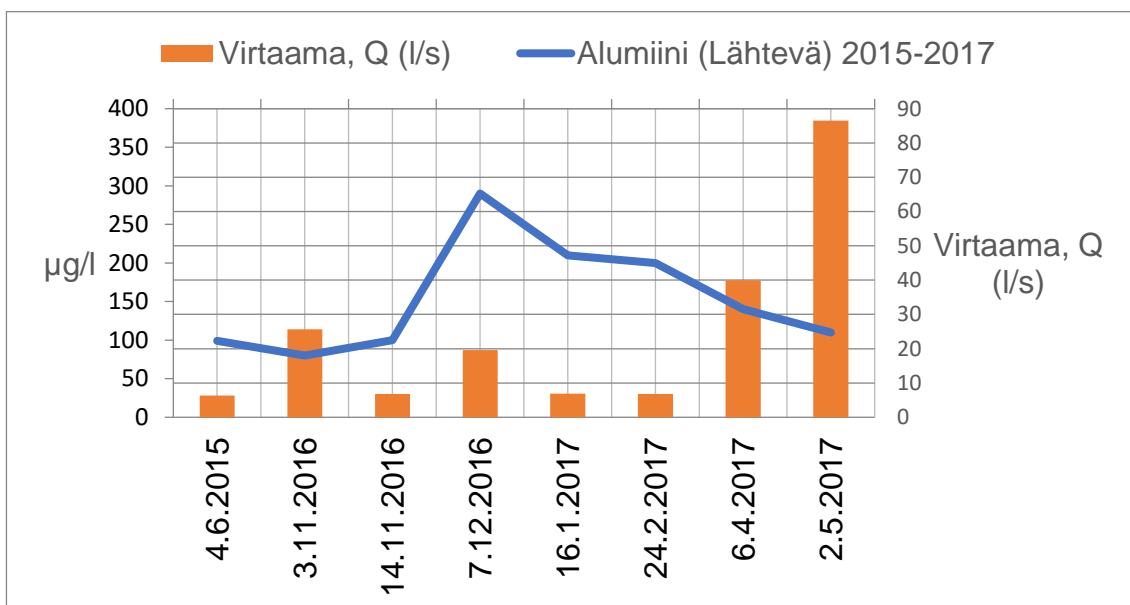


Kuvio 5. pH-arvon vaihtelu vuosina 2013 - 2017

Kuviosta 5 nähdään Linnunsuon kosteikolta Jukajokeen laskevaan uomaan virtaavan veden keskimääräisen pH-arvon kohonneen noin 1 pH-yksikön verran. Tästä voidaan päätellä kosteikon vähentäneen veden happamuutta mittausaika-
välillä. Tämä osoittaa kosteikon toimivan tällä hetkellä ja vähentävän veden hap-
pamuutta.



Kuvio 6. Raudan arvojen vaihtelu vuosina 2015 – 2017



Kuvio 7. Alumiinin arvojen vaihtelu vuosina 2015 - 2017

Kuvioiden 6 ja 7 selkeimmät pitoisuuksien kohoamiset osuvat talvikerrosteisuusjaksoille. Yleensä talvikerrosteisuusjaksojen aikaan veden happitilanne voi lähennellä hapettomuutta. Pohjasedimenttiin sitoutuneen raudan liukenemisen takaisin veteen on todettu tehostuvan hapettomissa oloissa. Alumiinin liukeneminen taas tehostuu happamissa oloissa. Näin ollen voidaan olettaa Linnunsuon kosteikon pohjasedimentin sisältävän melko runsaasti rautaa ja alumiinia. Myös kosteikon pohjan hyvin heikko happitilanne tai täysi hapettomuus talvikerrosteisuusjaksojen

aikana on havaittavissa raudan pitoisuuksien muutoksissa. Rautapitoisuudet tulevat jatkuvasti nousemaan korkeiksi saatujen tulosten perusteella ainakin talvi-kerrosteisuusjaksojen aikaan, jos kosteikon vesi ja pintasedimentti pääsee menemään hapettomaksi. Samoin käy alumiinipitoisuuksille veden pH:n pysyessä alhaisena.

Kosteikon altaista vesitilavuudeltaan pienimpien altaiden 2 ja 3 voidaan olettaa kasvavan vähitellen umpeen. Altaiden vesisyvyys on matala syvimpien kohtien ollessa noin 0,6 m, ja veden virtaus altaissa on olematonta. Umpeenkasvua voisi tehostaa esimerkiksi kalkituksella.

10 Johtopäätökset ja toimenpidesuosituks

Linnunsuon kosteikon voidaan tulosten perusteella todeta nykyiselläänkin parantavan alueelta lähtevän veden laatua. Kosteikon lasku-uomaan rakennettavat vesiensojelutekniset rakenteet tehostaisivat koko valuma-alueen vedenlaadun paranemista.

Kosteikolta lähtevään uomaan tässä työssä rakennettavaksi suositeltujen vesiensojeluteknisten rakenteiden rakentamisen lisäksi kosteikon tilan monitorointia ja sen lähtevän veden laadun säännöllistä seuraamista on jatkettava. Kosteikon hoitotoimenpiteitä ei saa jättää tekemättä. Kosteikon pengerrysten tilan tarkastelu on suotavaa, jotta rakenteiden mahdolliset pettämiset huomattaisiin ajoissa.

Happamista sulfaattimaista aiheutunut pH-arvon lasku sekä sen ja veden hapettomuuden seurauksena pohjasedimentin sisältämien suurten raskasmetallipitoisuuksien, erityisesti raudan ja alumiinin liukeneminen veteen aiheuttivat suurimman kuormituksen Jukajokeen. Kosteikon veden pH-arvo on tulosten mukaan nousussa, joten sulfaattimaiden hapattava vaikutus on saatu estettyä peittämällä ne veden alle ja estämällä näin niiden pääsy kosketuksiin ilman kanssa. pH-arvon nousun jatkuminen hidastaa useiden raskasmetallien, kuten alumiinin, liukene-

mista sedimentistä. Raudan liukenemiseen vaikuttaa eniten pohjan veden happipitoisuus, joten liukenemisen estämiseksi olisi vedessä oltava happea vuoden ympäri.

Linnunsuon kosteikon veden pH-arvon laskun välttämiseksi on kosteikon vedenpinnan taso pyrittävä säilyttämään. pH-arvon nousun edistämiseksi vettä voidaan kalkita. Tämä nostaa veden pH-arvoa ja edistää samalla vesikasvien kasvua ja altaiden 2 ja 3 umpeenkasvua. Lisääntynyt vesikasvusto vaikuttaa positiivisesti myös veden happitilanteeseen sitoen happea ilmasta veteen. Toisaalta liiallinen kasvusto kuluttaa veden happea hajotessaan. Jos hapettomuus ei luonnollisin keinoin vähene, voidaan kosteikon altaaseen 1 asentaa tarvittaessa erillinen hapetin.

Toukokuun lopulla kevätylivirtaamajakson aikaan vesinäytteidenottoa suoritettaessa havaitsimme Linnunsuon kosteikolta lähtevän uoman veden nousseen metsäalueelle ennen Jukajokeen laskua. Tämän havainnon vuoksi on syytä suorittaa tulva-aikainen vedenpinnan korkeuden tarkastus erityisesti suunnitellun pintavaluntakentän alueella ennen rakenteiden tarkempaa suunnittelua. Myös tarkempi pohjapatojen laadun tarkastelu maa- ja metsätalousalueella kulkevalle lasku-uoman pätkälle on suositeltavaa viimeistään ylivirtaama aikana valmistumisen jälkeen, jotta vältetään lasku-uoman veden nouseminen metsä- ja peltoalueille. Virtaamamittauksen suorittaminen ylivirtaamajakson aikaan läntisestä valtaojasta on suositeltavaa ennen pohjapatojen rakentamista. Tällöin varmistutaan siitä, ettei valtaojasta lasku-uomaan virtaava vesimäärä nosta tulva-aikoina vedenpintaa liian korkealle.

11 Muut havainnot

Maastokatselmuksia tehtäessä havaittiin kohdealueella liikkuvan ja elävän erilaisia eläimiä. Havainnot tehtiin lumessa näkyvien jälkien, kuulohavaintojen sekä suorien näköhavaintojen perusteella. Taulukossa 12 on esitetty alueella tekemämme eläinhavainnot.

Taulukko 12. Kohdealueen eläinhavainnot

Päivämäärä	Eläinhavainnot
14.11.2016	Jään päällä lumessa näkyi hirven (<i>Alces alces</i>), teeren (<i>Lyrurus tetrix</i>), supikoiran (<i>Nyctereutes procyonoides</i>), lumikon (<i>Mustela nivalis</i>), ketun (<i>Vulpes vulpes</i>) ja rusakon (<i>Lepus europaeus</i>) jälkiä. Lintuhavainnot oli tali-tiainen (<i>Parus major</i>), kuusitiainen (<i>Parus ater</i>), varis (<i>Corvus corone cornix</i>) ja närhi (<i>Garrulus glandarius</i>).
18.11.2016	Varis
16.1.2017	Ketun syömän teeren jäänteet.
2.2.2017	Teeri
6.4.2017	Kaksi laulujoutsenta (<i>Cygnus cygnus</i>), kolme korppia (<i>Corvus corax</i>), rusakon jälkiä sekä selkä- ja harmaalokkeja (<i>Larus fuscus</i> & <i>Larus argentatus</i>). Muutamia tunnistamattomia pikkulintuja lenteli kosteikon pengerryksillä.
2.5.2017	Telkkiä (<i>Bucephala clangula</i>), laulujoutsenpari, useita lokkeja lenteli kaukana kosteikon eteläpäässä sekä metsähanhiparvi (<i>Anser fabalis</i>) lensi kosteikon yli.

Lähteet

- 953/1994. Sosiaali- ja terveysministeriön päätös pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1994/19940953>. 2.4.2017.
- Aitto-oja, S., Rautiainen, M., Alhainen, M., Svensberg, M., Väänänen, V.-M., Nummi, P. & Nurmi, J. Riistakosteikko-opas. Metsästäjäin Keskusjärjestö. Pohjanmaan riistanhoitopiiri. Helsingin yliopisto. <http://www.epaper.fi/reader/?issue=11249;456dc1d4eb0c8876abb7410a9c43eb16>. 10.3.2017.
- Clean Waters. Case Linnunsuo Verkkajulkaisu. Saatavissa <https://www.cleanwaters.fi/referenssit/esimerkkikohteet/linnunsuo>. 24.3.2017.
- Eloranta, A. 2010. Virtavesien kunnostus. Kalatalouden keskusliitto julkaisu nro 165. Helsinki.
- Eskola, M. 2010. Kosteikot vesistökuormituksen pienentäjänä. Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Geologia. 2011. <http://www.geologia.fi/index.php/2011-12-21-12-30-30/2011-12-21-12-40-22/metamorfiset-kivet-a-oe/94-mustaliuske>. 24.3.2017.
- Geologian tutkimuskeskus. 2017. http://www.gtk.fi/_system/print.html?from=/_system/PressReleases/news_0284.html. 10.3.2017.
- Heikkilä, V. 2013. Pohjapatojen suunnittelussa huomioitavaa. Varsinais-Suomen ELY-keskus. <http://www.ymparisto.fi/download/none/%7B9E4D9173-E996-42A1-9571-1C1B9DA738BD%7D/94254>. 20.3.2017.
- Heikkinen, K. & Alasaarela, E. 1988. Happamoituneiden vesistöjen neutralointi. Vesi- ja ympäristöhallitus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Heikkinen, K. 2012. Raudan ja humuksen esiintymisestä ja vesistövaikutuksista Jäälinjärven valuma-alueella. SYKE.
- Heikkinen, P. 2000. Haitta-aineiden sitoutuminen ja kulkeutuminen maaperässä. Geologian tutkimuskeskus. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Heitto, L. 2014. Vapo Oy:n Pohjois-Karjalan turvetuotantoalueiden tarkkailuohjelman tulokset vuonna 2013. Vapo Oy. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy.
- Heitto, L. 2015. Vapo Oy:n Pohjois-Karjalan turvetuotantoalueiden tarkkailuohjelman tulokset vuonna 2014. Vapo Oy. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy.
- Hintukainen, S. 2014. Arseeni ja elohopea vesistöissä ja maaperässä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.
- Ilmatieteen laitos. 2017. Vuoden 2015 säät. <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2015>. 25.4.2017.
- Jormola, J., Harjula, H. & Sarvilinna, A. 2003. Luonnonmukainen vesirakentaminen. Uusia näkökulmia vesistönsuunnitteluun. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40396/SY_631.pdf?sequence=1. 24.4.2017.
- Karhapää, A. 2013. Valtimon Kalliojärven alustava kunnostussuunnitelma. Karlia-ammattikorkeakoulu.

- Karhunen, A. 2014. Maatalouden monivaikutteinen kosteikko. Varsinais-Suomen ELY-keskus. www.ymparisto.fi/download/no-name/%7B6733EEF3-A291-4B4B-976F.../104216. 7.3.2017.
- Karppinen, A. 2016. Alustus happamista sulfaattimaista. Suomen ympäristökeskus. Vesikeskus. <http://www.syke.fi/download/no-name/%7B4F8FF78A-3348-4EB3-A6D9-016D3E8849A4%7D/116786>. 29.3.2017
- Kauppinen, A., Nummi. J. & Savola. T. 2012. Tekniikan viestintä. Helsinki: Edita Publishing Oy.
- Keskinarkaus, S., Matilainen, A., Kasari, H. & Kurki, S. 2009. Kosteikon perustamisen haasteet. Helsingin yliopisto.
- Koskiaho, J. 2010. Kosteikot virtaaman ja ravinteiden hallinnassa. Suomen ympäristökeskus.
- Lahermo, P., Tarvainen, T., Hatakka, T., Backman, B., Juntunen, R., Kortelainen, N., Lakomaa, T., Vesterbacka, P., Väisänen, U. & Suomela, P. 2002. Tuhat kaivoa - Suomen kaivovesien fysikaalis-kemiallinen laatu vuonna 1999. Geologian tutkimuskeskus. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
- Leiviskä, M. 2011. Riskiarviointi haulikkoradan lyijyn vaikutuksista maaperään, terveyteen ja pohjaveteen. Savonia-ammattikorkeakoulu.
- Leppänen, J. & Raassina, J. 2015. Maatalousalueiden luonnon monimuotoisuuden ja kosteikkojen yleissuunnitelma. ELY-keskus. Tampere: Juvenes Print Oy.
- Liikennevirasto. 2017. Karttapalvelu. Rumputieto. <https://extranet.liikennevirasto.fi/extranet/web/public/latauspalvelu#>. 25.3.2017.
- Luste, S. 2013. Mangaanin esiintyminen Talvivaaran kaivosalueen lähiympäristössä. Ramboll.
- Maanmittauslaitos. 2017. Karttapalvelu. <https://tiedostopalvelu.maanmittauslaitos.fi/tp/kartta>. 20.2.2017.
- Mustonen, K. & T. 2013. Jukajärven ja -joen hoitosuunnitelma - Selkien perinteestä ja luonnosta 5. Waasa Graphics Oy.
- Myller, S. 2016. Pohjois-Karjalan aikuisopisto. Lähtevän uoman vaaitustulokset. 8.11.2016.
- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. Helsinki: VAPK-kustannus.
- Nokelainen, T. 2014. Suon muuttuvat maisemat - Linnunsuo muutoksessa. Pro gradu -tutkielma. Itä-Suomen yliopisto.
- Ojamaa, M. 2011. Linnunsuon kosteikkosuunnitelma. Oulu: Maveplan Oy.
- Olsen, L.-H., Sunesen, J. & Pedersen B. 1999. Vesikirppu ja sudenkorento maakean veden eläimiä. Helsinki: WSOY.
- Opasnet. 2013. Sedimenttien ekologisten riskien arviointi. http://fi.opasnet.org/fi/Sedimenttien_ekologisten_riskien_arviointi. 24.4.2017.
- Oravainen, R. 1999. Vesistötulosten tulkinta -opasvihkonen. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- Peda.net 2017a. Hapot ja emäkset. Naantali. <https://peda.net/naantali/velkuan-koulu/oppiaineet2/kemia/kemia1/oppikirja/IV/17>. 16.3.2017.
- Peda.net. 2017b. Mobiililaboratorio. Vedenlaadusta kertovat mittausuureet. <https://peda.net/oppimateriaalit/hankkeet/mit%C3%A4-sitten/mobiililaboratorio/teema1/mt>. 16.3.2017.

- Peda.net. 2017c. Vesistö. Naantali. <https://peda.net/naantali/velkuan-koulu/oppiaineet2/maantieto/suomi2/1jjjm/vesist%C3%B6t-luonnos>. 25.3.2017.
- Pirinen, M. 2016. Valuma-aluearajaus. Sähköpostiviestintä.
- Puustinen, M., Koskiaho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. & Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Rouhiainen, E. 2006. Pilaantuneen sedimentin käsittely. Lahden ammattikorkeakoulu.
- Selkie.fi. 2016. Selkien kyläyhdistys. <http://www.selkie.fi/kylayhdistys>. 11.11.2016.
- Stora Enso. Pintavalutuskenttä. Verkkojulkaisu. Saatavissa <https://www.storaensometsa.fi/metsasanasto/pintavalutuskentta/>. 14.1.2017.
- Suomen Riistakeskus. Patorakenteiden periaatekuvia. <http://docplayer.fi/3435745-Patorakenteiden-periaatekuvia.html>. 22.3.2017.
- Torpström, H. 2011. Kosteikon rakennesuunnitelmat. 22.3.2017.
- Tossavainen, T. 2013. Näytteenotto-, suunnittelu- ja mittaustekniikka. Luentorunko. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2014. Jukajärven nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitotoimien pohdinta. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2016a. Lehtori. Karelia-ammattikorkeakoulu. Julkaisematon vesinäyteaineisto. 11.11.2016.
- Tossavainen, T. 2016b. Puruveden Ristilahden pohjan nykyinen tila - sedimentin laatu ja määrä sekä pohjaeläimistö. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2016c. The restoration technics of the aquatic ecosystems. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2016d. Vesistöjen kunnostusmenetelmät ja -tekniikat. Luentomoniste. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2016e. Jukajärven pintavalutuskentän ja kosteikon toimivuus hajakuormituksen pidättäjänä. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Tossavainen, T. 2017. Henkilökohtainen tiedonanto. Karelia-ammattikorkeakoulu.
- Työterveyslaitos. 2015. Ova-ohje: Kromitrioksidi. <http://www.ttl.fi/ova/kromitrioksidi.html>. 2.4.2017.
- Vapo. 2012. Happamat sulfaattimaat ja turvetuotanto. Verkkojulkaisu. Saatavissa <https://www.vapo.fi/turvetuotantoavastuullisesti/ymparistonsuojelu/ymparistoriskien-hallinta/sulfaattimaat>. 24.3.2017.
- Wikipedia. 2014. Sedimentti. <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sedimentti>. 20.3.2017.
- Wikipedia. 2016. Järviruoko. <https://fi.wikipedia.org/wiki/J%C3%A4rviruoko>. 29.3.2017.
- Ympäristö. 2014a. Laskeutusallas. Verkkojulkaisu. Saatavissa http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Laskeutusallaat. 14.1.2017.
- Ympäristö. 2014b. Pohjapadot ja kynnykset. Verkkojulkaisu. Saatavissa http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesien_kaytto/Maankuivatus_ja_ojitus/Luonnonmukainen_peruskuivatus/Pohjapadot_ja_kynnykset. 14.1.2017.

- Ympäristö. 2014c. Hydrologinen yleiskatsaus. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_kuukausiti_edotteet/Hydrologinen_yleiskatsaus_2013\(30162\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Hydrologiset_havainnot/Hydrologiset_kuukausiti_edotteet/Hydrologinen_yleiskatsaus_2013(30162)). 25.4.2017.
- Ympäristö. 2016. Tulvasanasto. Verkkojulkaisu. Saatavissa http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvasanasto. 20.3.2017.
- Ympäristöministeriö. 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/154833/OH_1_2015.pdf?sequence=1. 24.4.2017.

Koordinaattitietoja Linnunsuon alueen vesi- ja pohjaeläinnäytteenottoaikoista

Paikka	ETRS-TM35FIN	
	Pohjoinen [N]	Itä [E]
Linnunsuo 1 (vesi ja pohjaeläin)	6947664	655995
Linnunsuo 2	6947518	656039
Linnunsuo 3 (pohjaeläin)	6947368	656125
Linnunsuo 4 (pohjaeläin)	6947096	656121
Linnunsuo 5	6946964	656167
Linnunsuo 6	6946637	656001
Linnunsuo 7 (vesi)	6946557	655880
Linnunsuo 8	6946656	655818
Linnunsuo 9 (vesi)	6946836	655847
Linnunsuo 10	6946933	655811
Pohjaeläinnäyte uomasta	6948519	656624
Metsämaa-alueelta altaaseen 2 laskeva uoma	6946320	656041

Linnunsuon kosteikon näytteenottoaikkujen vesinäytetulokset

Paikka, 14.11.2016	Linnun- suo1	Linnun- suo2	Linnun- suo3	Linnun- suo4	Linnun- suo5
Lämpötila (°C)	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6
Jään paksuus (m)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Kokonaissyvyys (m)	1,0	0,9	1,44	0,84	0,45
Näytesyvyys (m)	0,5	0,45	0,72	0,42	0,23
Näkösyvyys (m)	0,44	0,44	0,36	0,36	-
pH	4,55	4,77	7,33	3,83	3,74
H ₃ O ⁺ (mol/l)	2,8*10 ⁻⁵	1,7*10 ⁻⁵	4,7*10 ⁻⁸	0,00015	0,00018
Fe (µg/l)	4490	4380	2840	1500	2440
Al (µg/l)	100	90	150	360	390

Paikka, 14.11.2016	Linnun- suo6	Linnun- suo7	Linnun- suo8	Linnun- suo9	Linnun- suo10
Lämpötila (°C)	2,0	2,0	1,6	1,9	0,8
Jään paksuus (m)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Kokonaissyvyys (m)	0,6	0,57	0,55	0,58	0,41
Näytesyvyys (m)	0,3	0,29	0,28	0,29	0,21
Näkösyvyys (m)					
pH	3,56	3,60	3,61	3,65	3,70
H ₃ O ⁺ (mol/l)	0,00028	0,00025	0,00025	0,00022	0,00020
Fe (µg/l)	1 810	1 740	1 740	1 400	1 160
Al (µg/l)	310	600	640	210	200

Linnunsuon kosteikon vesinäytepaikkojen tulokset ajanjaksolta 11/16 - 05/17

Lähtevä	3.11.2016	14.11.2016	16.11.2016	18.11.2016	7.12.2016
Lämpötila (°C)	1,0	1,0			
Virtaama, Q (l/s)	25,7	6,8	10,1	14,1	19,6
pH	5,17	4,79	4,74	4,72	3,82
H ₃ O ⁺ (mol/l)	6,8*10 ⁻⁶	1,6*10 ⁻⁵	1,8*10 ⁻⁵	1,9*10 ⁻⁵	0,00015
Fe (µg/l)	3 900	4 260			1 850
Al (µg/l)	80	100			290

Lähtevä	16.1.2017	24.2.2017	6.4.2017	2.5.2017
Lämpötila (°C)	0,5	0,3	0,8	3,5
Virtaama, Q (l/s)	6,9	6,9	39,9	86,5
pH	4,21	5,74	5,11	4,76
H ₃ O ⁺ (mol/l)	6,2*10 ⁻⁵	1,8*10 ⁻⁶	7,8*10 ⁻⁶	1,7*10 ⁻⁵
Fe (µg/l)	1 620	5 220	5 550	3 100
Al (µg/l)	210	200	140	110
Sähkönjohtavuus (mS/m)		27,8	19,58	8,4
O ₂ (mg/l) kenttämittaus			1,9	
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus			14 %	
O ₂ (mg/l) (Savo-Karjala)			1,4	
O ₂ Kyll-% (%) (Savo-Karjala)			10	

Linnunsuon kosteikon vesinäytepaikkojen tulokset ajanjaksolta 11/16 - 05/17

Linnunsuo1	14.11.2016	16.11.2016	18.11.2016	7.12.2016
Lämpötila (°C)	1,3	2,9	1,3	1,3
Jään paksuus (m)	0,06	0,07	0,07	-
Kokonaissyvyys (m)	1,0	0,95	1,0	0,88
Näytesyvyys (m)	0,50	0,48	0,5	0,44
Näkösyvyys (m)	0,44	0,44	0,44	0,6
pH	4,55	4,21	4,08	4,44
H ₃ O ⁺ (mol/l)	2,8E-05	6,2E-05	8,3E-05	3,6E-05
Fe (µg/l)	4 490			2 590
Al (µg/l)	100			130
Hg (µg/l)				<0,005
Cu (µg/l)				6,2
O ₂ (mg/l) kenttämittaus				9,8
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus				70 %

Linnunsuo1	16.1.2017	24.2.2017	6.4.2017
Lämpötila (°C)	1,3	0,3	0,3
Jään paksuus (m)	0,30	0,37	0,40
Kokonaissyvyys (m)	0,89	1,01	0,97
Näytesyvyys (m)	0,45	0,51	0,49
Näkösyvyys (m)			0,47
pH	4,57	5,69	5,75
H ₃ O ⁺ (mol/l)	2,7E-05	2,0E-06	1,8E-06
Fe (µg/l)	4 930	4 920	4 790
Al (µg/l)	100	140	90
Hg (µg/l)			<0,005
Cu (µg/l)			8,4
O ₂ (mg/l) kenttämittaus			4,2
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus			30 %
O ₂ (mg/l) (Savo-Karjala)	1,8		4,8
O ₂ Kyll-% (%) (Savo-Karjala)	13 %		33
Sähkönjohtavuus (mS/m)		15,70	14,98

Linnunsuon kosteikon vesinäytepaikkojen tulokset ajanjaksolta 11/16 - 05/17

Linnunsuo7	14.11.2016	7.12.2016	16.1.2017
Lämpötila (°C)	2,0	1,5	0,1
Jään paksuus (m)			0,33
Kokonaissyvyys (m)	0,57	0,67	0,56
Näytesyvyys (m)	0,29	0,34	0,28
Näkösyvyys (m)		0,45	
pH	3,60	3,70	3,31
H ₃ O ⁺ (mol/l)	0,00025	0,00020	0,00049
Fe (µg/l)	1 740	3 370	5 010
Al (µg/l)	600	830	520
Hg (µg/l)		<0,005	
Cu (µg/l)		7,5	
O ₂ (mg/l) kenttämittaus		6,4	5,8
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus		46 %	4 %

Linnunsuo7	24.2.2017	6.4.2017
Lämpötila (°C)		0,2
Jään paksuus (m)	0,36	0,39
Kokonaissyvyys (m)	0,49	0,62
Näytesyvyys (m)		0,31
Näkösyvyys (m)		
pH		3,76
H ₃ O ⁺ (mol/l)		0,00017
Fe (µg/l)		4 680
Al (µg/l)		490
Hg (µg/l)		<0,005
Cu (µg/l)		13
O ₂ (mg/l) kenttämittaus		5,8
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus		41 %
Sähkönjohtavuus (mS/m)		19,97
O ₂ (mg/l) (Savo-Karjala)		8,3
O ₂ Kyll-% (%) (Savo-Karjala)		57 %
Huomioitavaa	Vesinäytettä ei saatu	Vesi kirkasta

Linnunsuon kosteikon vesinäytepaikkojen tulokset ajanjaksolta 11/16 - 05/17

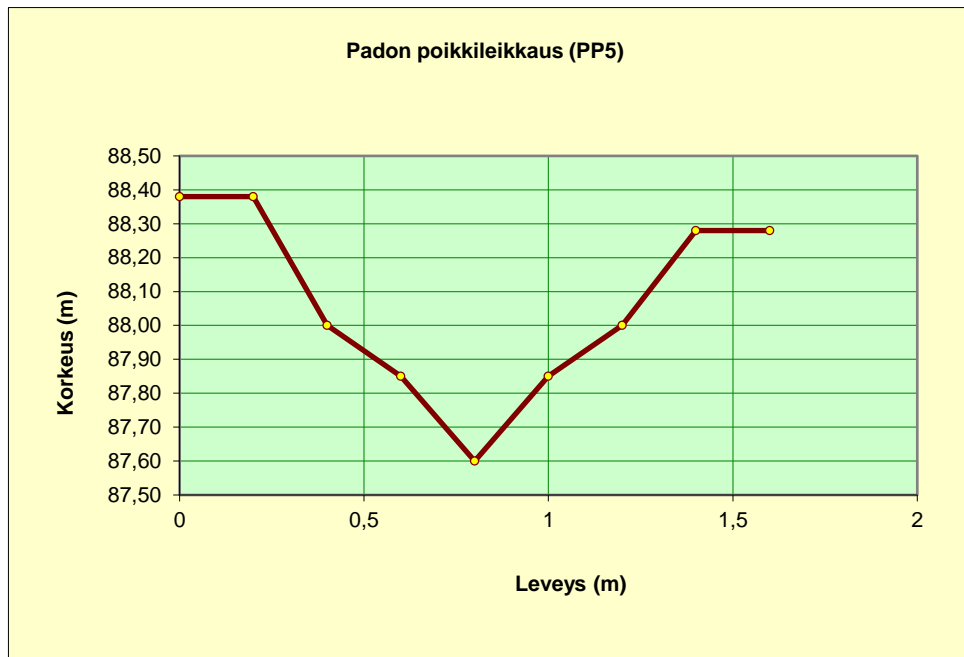
Linnunsuo9	14.11.2016	7.12.2016	16.1.2017
Lämpötila (°C)	1,9	2,2	0,5
Jään paksuus (m)			0,3
Kokonaissyvyys (m)	0,58	0,71	0,61
Näytesyvyys (m)	0,29	0,36	0,31
Näkösyvyys (m)			
pH	3,65	3,96	5,59
H ₃ O ⁺ (mol/l)	0,00022	0,00011	2,6E-06
Fe (µg/l)	1400	1780	1620
Al (µg/l)	210	130	210
Hg (µg/l)		<0,005	
Cu (µg/l)		5,3	
O ₂ (mg/l) kenttämittaus		6,4	0
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus		46 %	0 %
Sähkönjohtavuus (mS/m)			
Huomioitavaa			Rikkive- dynhaju

Linnunsuo9	24.2.2017	6.4.2017
Lämpötila (°C)	0,1	0,3
Jään paksuus (m)	0,38	0,41
Kokonaissyvyys (m)	0,69	0,68
Näytesyvyys (m)	0,35	0,34
Näkösyvyys (m)		
pH	5,96	5,71
H ₃ O ⁺ (mol/l)	1,1*10 ⁻⁶	2,0*10 ⁻⁶
Fe (µg/l)	5 230	4 880
Al (µg/l)	120	60
Hg (µg/l)		
Cu (µg/l)		4,7
O ₂ (mg/l) kenttämittaus		4,1
O ₂ Kyll-% (%) kenttämittaus		29 %
O ₂ (mg/l) (Savo-Karjala)		2,9
O ₂ Kyll-% (%) (Savo-Karjala)		20
Sähkönjohtavuus (mS/m)	13,6	8,52
Huomioitavaa		Mudan haju

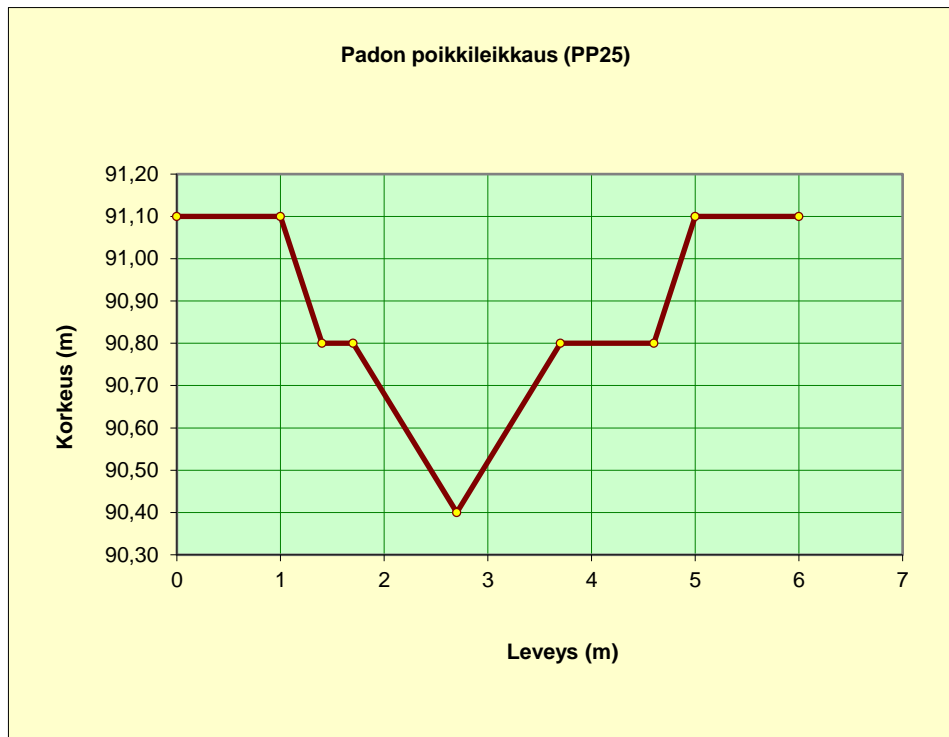
Vesiensuojeluteknisten rakenteiden paikat

Rakenne	ETRS-TM35FIN	
	Pohjoinen [N]	Itä [E]
Pintavaluntakenttä	6948656	656867
Jako-ojasto	6948664	656854
Pohjapato 1	6948676	656844
Pohjapato2	6948677	656827
Pohjapato3	6948669	656793
Pohjapato 4	6948657	656753
Pohjapato 5	6948645	656717
Pohjapato 6	6948637	656698
Pohjapato 7	6948609	656674
Pohjapato 8	6948592	656659
Luontainen uoma 1, alku	6948574	656652
Luontainen uoma 1, loppu	6948579	656649
Pohjapato 9	6948569	656656
Pohjapato 10	6948566	656658
Pohjapato 11	6948549	656646
Pohjapato 12	6948539	656628
Pohjapato 13	6948521	656617
Pohjapato 14	6948516	656611
Pohjapato 15	6948522	656588
Pohjapato 16	6948515	656561
Pohjapato 17	6948510	656548
Pohjapato 18	6948512	656530
Pohjapato 19	6948511	656505
Luontainen uoma 2, alku	6948522	656504
Pohjapato 20	6948434	656371
Pohjapato 21	6948399	656352
Pohjapato 22	6948358	656329
Pohjapato 23	6948344	656297
Kosteikko (läntinen valtaoja)	6948328	656259
Pohjapato 24	6948300	656259
Pohjapato 25	6948253	656263
Pohjapato 26	6948199	656271
Pohjapato 27	6948104	656291
Laskeutusallas	6948014	656325
Pohjapato 28	6948001	656289
Pohjapato 29	6947977	656252
Pohjapato 30	6947955	656222
Pohjapato 31	6947910	656175

Pato 2004 -ohjelmasta poikkileikkaukset



Pato 2004 -ohjelmasta poikkileikkaukset



Linnunsuonkosteikon pohjaeläinnäytetaulukot

Linnunsuo 1	Surviaissääs- ken toukka	Sulka- hyttysen toukka	Harvasu- kamadot	Vesiperho- sen toukka	Pik- ku- mal- lainen	Summa
Rinnakkais- näyte	<i>Chi- ronomi- dae</i>	<i>Chaobu- rus spp.</i>	<i>Oli- gochaeta</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Co- rixa sp</i>	
1 (16.11.2016)	23	0	7	0	0	30
2 (18.11.2016)	43	0	1	9	0	53
3 (1.2.2017)	29	1	0	0	1	31
1 (11.4.2017)	36	1	0	0	0	37
2 (11.4.2017)	25	1	0	0	0	26
3 (11.4.2017)	27	3	0	0	0	30
Keskiarvo	30,5	1,0	1,3	1,5	0,17	38,0
Osuus, %	80,3 %	2,6 %	3,5 %	3,9 %	0,4 %	100 %
Shannon- Wiener in- deksi	0,52					
Taksonin il- mentämä ve- siekosysteem- in rehevyytaso	Yleensä eutrofia	Eutrofia. Sietää matalia happipi- toisuuksia	Yleensä eutrofia. Sietää matalia happipi- toisuuksia	Oligotrofia	Ylei- nen Suom- en ve- sissä	

Linnunsuon kosteikon pohjaeläinnäytetaulukot

Linnunsuo 3	Surviaissääsken toukka	Kaislakorenonn toukka	Summa
Rinnakkaisnäyte	<i>Chironomidae</i>	<i>Megaloptera</i>	
1 (1.2.2017)	19	0	19
2 (1.2.2017)	34	0	34
3 (1.2.2017)	13	0	13
1 (11.4.2017)	22	2	24
2 (11.4.2017)	22	1	23
3 (11.4.2017)	23	0	23
Keskiarvo	22,2	0,5	22,7
Osuus, %	98 %	2 %	100 %
Shannon-Wiener indeksi	0,11		
Taksonin ilmentämä vesiekosysteemin rehevyystaso	Yleensä eutrofia		

Linnunsuo 4	Surviaissääsken toukka	Summa
Rinnakkaisnäyte	<i>Chironomidae</i>	
1 (1.2.2017)	72	72
2 (1.2.2017)	24	24
3 (1.2.2017)	3	3
Keskiarvo	33	33
Osuus, %	100 %	1
Shannon-Wiener indeksi	0	
Taksonin ilmentämä vesiekosysteemin rehevyystaso	Yleensä eutrofia	

11.4.2017 kerätyistä pohjaeläinnäytteistä ei löytynyt pohjaeläimiä.

Lähtevän uoman pohjaeläinnäytetaulukko

Uoma	Surviaasäskien toukka	Vesiperhosen toukka	Harvasukamadot	Koskikorennotoukka	Polttaisen toukka	Päiväkörennon toukka	Kaislakorennon toukka	Sulkahytysen toukka	Vesisirran toukka	Vaaksiaisien toukka	Summa
Rinnakkaisnäyte	<i>Chironomidae</i>	<i>Trichoptera</i>	<i>Oligochaeta</i>	<i>Plecoptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	<i>Ephemeroptera</i>	<i>Megaloptera</i>	<i>Chaoborus</i> spp.	<i>Asellus aquaticus</i>	<i>Dicranota</i> sp.	9
1 (2.2.2017)	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9
2 (2.2.2017)	21	0	0	3	0	2	0	1	0	3	30
3 (2.2.2017)	17	0	0	8	0	1	0	0	0	0	26
1 (24.2.2017)	20	1	1	15	2	0	0	0	2	0	41
2 (24.2.2017)	27	0	0	13	8	1	1	1	0	0	51
3 (24.2.2017)	26	2	2	21	1	0	1	0	0	0	53
Keskiarvo	19,8	0,5	0,5	10	1,8	0,7	0,3	0,3	0,3	0,7	35,0
Osuus, %	56,7%	1,4%	1,4%	28,6%	5,2%	1,9%	1,0%	1,0%	1,0%	1,9%	100%
Shannon-Wiener indeksi	1,24										
Taksonin ilmentämiä vesiekosysteemin rehevystaso	Yleensä eutrofia	Oligotrofia	Yleensä eutrofia. Sietää matalaa happipitoisuuksia	Herkkä veden epäpuhtauksille. Ilmaisee hyvää vedenlaatua		Oligotrofia		Eutrofia. Sietää matalaa happipitoisuuksia	Esintyy kaikentyyppisissä vesissä		

Linnunsuon kosteikon sedimentinäytteiden tulokset KVVY ry



TESTAUSSELOSTE
1.3.2017

17-3488 1 (3)
#2

Karelia-ammattikorkeakoulu
Biotalouden keskus
Tossavainen Tarmo
Sirkkalantie 12 B
80100 JOENSUU



Tilausno 282166 (XS), saapunut 9.2.2017, näytteet otettu 2.2.2017

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
6846	Sed. Linnunsuo 7, 0-10 cm
6847	Sed. Linnunsuo 7, 20-33 cm
6848	Sed. Linnunsuo 9, 11-15 cm

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	6846	6847	6848
*Kuiva-aine	g /kg	139	154	734
*Lyijy (liete)	mg/kg ka	<2	<2	2,3
*Elohopea	mg/kg ka	0,068	0,028	<0,005
*Kadmium (liete)	mg / kg ka	<0,1	0,16	<0,1
Hehkutushäviö, LOI%	% ka:sta	77	88	2
*Kupari (liete)	mg/kg ka	9,4	8,9	3,7
*Rauta (liete)	g/kg ka	41	62	10,0
*Alumiini (liete)	g/kg ka	2,1	1,4	5,1
*Kromi (liete)	mg/kg ka	9,3	6,1	18
*Sinkki (liete)	mg/kg ka	10	15	12
*Hehkutushäviö	g/kg	110	140	13
*Hehkutusjäännös	g/kg	31	18	721
*Typpi, sedimentti	g/kg ka	16	15	<0,5
*Fosfori, sedimentti	g/kg ka	0,46	0,23	0,27

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Selkien kyläyhdistys ry/Mustonen Tero

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämissäädöt. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Alv.rek./enn.pld.rek.
Ratamäenkatu 24	FL 265	(03) 2461 265		Y 0214391-0
33900 TAMPERE	33101 TAMPERE	*(03) 2461 111	heli.orakangas@kvvy.fi	

Linnunsuon kosteikon sedimenttinäytteiden tulokset KVVY ry



KVVY

TESTAUSSELOSTE

17-3488

2 (3)

1.3.2017

#2

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Kuiva-aine	SFS 3008:1990 (TL25)
*Lyijy (liete)	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL25)
*Elohopea	EPA 7473.2007 (TL25)
*Kadmium (Liete)	SFS-EN ISO 17294-1:2006 ja SFS-EN ISO 17294-2:2005 (TL25)
Hekikutushäviö, LOI%	SFS 3008:1981 (TL25)
*Kupari (liete)	SFS-EN ISO 11555, 2009 modif. (HNO3 haj. + ICP-OES-mittaus) (TL25)
*Rauta (liete)	SFS-EN ISO 11555, 2009 modif. (HNO3 haj. + ICP-OES-mittaus) (TL25)
*Alumiini (liete)	SFS-EN ISO 11885, 2009, modif. (HNO3-haj. + ICP-OES) (TL25)
*Kromi (liete)	SFS-EN ISO 11555, 2009 modif. (HNO3 haj. + ICP-OES-mittaus) (TL25)
*Sinkki (liete)	SFS-EN ISO 11555, 2009 modif. (HNO3 haj. + ICP-OES-mittaus) (TL25)
*Hekikutushäviö	Laskennallinen (TL25)
*Hekikutusjäätännös	SFS 3008:1990 (TL25)
*Typpi, sedimentti	Sis. menet. KVVY LA83 (SFS 5505; 1988) (TL25)
*Fosfori, sedimentti	SFS-EN ISO 11885, 2009 modif. (hno3+ICP-OES mittaus) (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämyspvm.
*Kuiva-aine	2017/6846	±10 %	9.2.2017
	2017/6847	±10 %	9.2.2017
	2017/6848	±10 %	9.2.2017
*Lyijy (liete)	2017/6846	Määrittämysrajan alitus	17.2.2017
	2017/6847	Määrittämysrajan alitus	17.2.2017
	2017/6848	±25 %	17.2.2017
*Elohopea	2017/6846	±25 %	20.2.2017
	2017/6847	±25 %	20.2.2017
	2017/6848	Määrittämysrajan alitus	20.2.2017
*Kadmium (Liete)	2017/6846	Määrittämysrajan alitus	17.2.2017
	2017/6847	±25 %	17.2.2017
	2017/6848	Määrittämysrajan alitus	17.2.2017
Hekikutushäviö, LOI%	2017/6846		10.2.2017
	2017/6847		10.2.2017
	2017/6848		10.2.2017
*Kupari (liete)	2017/6846	±25 %	23.2.2017
	2017/6847	±25 %	23.2.2017
	2017/6848	±25 %	23.2.2017
*Rauta (liete)	2017/6846	±30 %	23.2.2017
	2017/6847	±30 %	23.2.2017
	2017/6848	±30 %	23.2.2017
*Alumiini (liete)	2017/6846	±18 %	23.2.2017
	2017/6847	±35 %	23.2.2017
	2017/6848	±18 %	23.2.2017
*Kromi (liete)	2017/6846	±26 %	23.2.2017
	2017/6847	±26 %	23.2.2017
	2017/6848	±26 %	23.2.2017
*Sinkki (liete)	2017/6846	±25 %	23.2.2017
	2017/6847	±25 %	23.2.2017

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät alnoastaan testatulle näytteelle. Akkreditoitu ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittausepävarmuus- ja määrittämispäivätiedot. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Linnunsuon kosteikon sedimenttinäytteiden tulokset KVVY ry



KVVY

TESTAUSSELOSTE

1.3.2017

17-3488
#2

3 (3)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT (jatkoa edelliseltä sivulta)

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäminen
	2017/6848	±25 %	23.2.2017
*Hehkutushäviö	2017/6846	±15 %	10.2.2017
	2017/6847	±15 %	10.2.2017
	2017/6848	±15 %	10.2.2017
*Hehkutusjäännös	2017/6846	±15 %	9.2.2017
	2017/6847	±15 %	9.2.2017
	2017/6848	±15 %	9.2.2017
*Typpi, sedimentti	2017/6846	±20 %	17.2.2017
	2017/6847	±20 %	15.2.2017
	2017/6848	Määrittämissuoran alitus	15.2.2017
*Fosfori, sedimentti	2017/6846	±15 %	23.2.2017
	2017/6847	±15 %	23.2.2017
	2017/6848	±15 %	23.2.2017

Sedimenttinäytteiden kairauksien syvyys ja koordinaattitiedot

Havaintopaikka	ETRS-35FIN UTM 35V		Kokonaisvesisyvyys (m)
	Pohjoinen [N]	Itä[E]	
Vanha laskeutusallas			0,94
	6947590	348460	1,32
			1,23
			1,35
	6947599	348462	1,45
			1,28
			1,41
	6947605	348465	1,53
			1,19
			1,43
	6947613	348465	1,49
			1,23
			1,37
	6947626	348469	1,47
			1,25
Uoma (virtaus suunnan mukaisesti)	6947660	348484	0,78
			0,88
	6947740	348543	0,92
			0,84
			0,60
	6947764	348584	0,82
			0,79
			0,89
	6947782	348638	0,86
			0,77
			0,40
	6947834	348627	0,65
			0,73
			0,61
	6947878	348626	0,73
			0,51
			0,69
	6947919	348627	0,71
			0,75
			0,65
	6947967	348611	0,83
			0,65
			0,61
	6948015	348610	0,50
			0,59
			0,32
	6948064	348604	0,55
			0,42
			0,28
	6948093	348605	0,44
			0,38
			0,34
	6948119	348653	0,63
			0,51
			0,35
	6948162	348711	0,54
			0,47
			0,21
	6948221	348772	0,32
			0,14

Linnunsuon kosteikon sedimenttinäytteitä



Vanhan laskeutusaltaan sedimentinäytteitä



Lähtevän uoman sedimenttinäytteitä



Lähtevän uoman sedimenttinäytteitä



Lähtevän uoman sedimenttinäytteitä



Riskianalyysitaulukko

Riski	Seuraus/aiheuttaja	Vaikutuksen vakavuus, A	Tapahtuman todennäköisyys, B	Suhdeluku (A*B)	Toimenpiteet riskin pienentämiseksi /ehkäisemiseksi
Pohjan sedimentin raskasmetallipitoisuus	Sedimentissä paljon raskasmetalleja (Fe ja Al) veteen liuenneena myrkyllisiä vesieliöille	2	4	8	Kosteikon happipitoisuuden kasvattaminen hapettimella, kalkisemisella ja vesikasveilla
Kosteikon altaiden happamuus ja happettomuus talvella	Sedimenttiin saostuneet raskasmetallit liukenevat hapettomissa ja happamissa-oloissa takaisin veteen	2	4	8	Veden kalkitseminen ja mahdollinen hapetin
Kosteikon altaiden pengerryksien peittäminen	Kovat sateet, vähäinen lumi, pakkanen ja ylivirtaamat	2	3	6	Rakenteiden kunnan tarkastukset ja kosteikkoaltaan 1 suuri mitoitus

Vaikutusten vakavuus -asteikko

- 1 = rajoitettu vaikutus
- 2 = paikallinen
- 3 = alueellinen
- 4 = valtakunnallinen
- 5 = ei lainkaan hyväksyttävä

Tapahtuman todennäköisyys -asteikko

- 1 = esiintyy/tapahtuu erittäin harvoin
- 2 = esiintyy/tapahtuu harvoin
- 3 = esiintyy/tapahtuu satunnaisesti
- 4 = esiintyy/tapahtuu usein
- 5 = esiintyy/tapahtuu erittäin usein

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 7.12.2016



SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE
Vesitutkimus^A
16.12.2016

16-10175 1 (2)
#2

Selkien kyläyhdistys ry
dos. Tero Mustonen
(posti)
Havukkavaarantie 29
81235 LEHTOI



Tilausno 215468 (4546/VESINÄYT), saapunut 8.12.2016, näytteet otettu 7.12.2016
Näytteenottaja: Tarmo Tossavainen

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
35347	L11 / Havaintopaikka 1
35348	L17 / Havaintopaikka 7
35349	L19 / Havaintopaikka 9

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittys	Yksikkö	35347	35348	35349
Veden lämpötila	oC	1,3	1,5	2,2
Lämpötila	Ast-C	1,3	1,5	2,2
Happi*	mg/l	9,8	6,4	6,4
Happi%	Kyll%	70	46	46
Kupari *	µg/l	6,2	7,5	5,3
Elohopea*	µg/l	<0,005	<0,005	<0,005

Merkintöjen selityksiä: P = määrittys kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin,
> = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
Menetelmätiedot viimeisellä sivulla, * = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittys

Sauli Schroderus

Sauli Schroderus
tutkija

TIEDOKSI

Karelia AMK/Tossavainen Tarmo

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan.
Mittausepävarmuudet: kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydetessä

Katsoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Y-tunnus
Yrittäjän tie 24	Yrittäjän tie 24			1869466-1
70150 KUOPIO	70150 KUOPIO	*017-2647200	toimisto@ymparistotutkimus.fi	

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 7.12.2016



SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE
Vesitutkimus[^]
16.12.2016

16-10175 2 (2)
#2

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
Veden lämpötila	(TL30)
Lämpötila	Lämpötila (TL30)
Happi*	SFS-EN 25813 (1993) (TL30)
Happi%	Kyllästys%, laskennallinen suure (TL30)
Kupari*	ICP-MS, SFS-EN ISO 17294-1 (2005) ja 17294-2(2005) (TL30)
Elohopea*	SFS-EN ISO 17852 (2008) (TL30)

TUTKIMUSLAITOS TIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL30	SKYT Oy, Kuopion laboratorio

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäminen
Veden lämpötila	2016/35347		8.12.2016
	2016/35348		8.12.2016
	2016/35349		8.12.2016
Happi*	2016/35347	±6 %	9.12.2016
	2016/35348	±6 %	9.12.2016
	2016/35349	±6 %	9.12.2016
Happi%	2016/35347		9.12.2016
	2016/35348		9.12.2016
	2016/35349		9.12.2016
Kupari*	2016/35347	±15 %	14.12.2016
	2016/35348	±15 %	14.12.2016
	2016/35349	±15 %	14.12.2016
Elohopea*	2016/35347	Määrittämissuoran alitus	9.12.2016
	2016/35348	Määrittämissuoran alitus	9.12.2016
	2016/35349	Määrittämissuoran alitus	9.12.2016

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Mittausepävarmuudet: kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettyä.

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 16.1.2017



SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE
Talousvesitutkimus^A
31.1.2017

17-520
#1

1 (2)

Selkien kyläyhdistys ry
Tero Mustonen
(posti)
Havukkavaarantie 29
81235 LEHTOI



Tilausno 216418 (4700.JVESITUTK), saapunut 16.1.2017, näytteet otettu 16.1.2017
Näytteenottaja: PL,PP,TT

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
834	Linnonsuo 1
835	Linnonsuo 7
836	Linnonsuo 9

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määritys	Yksikkö	834	835	836
Lämpötila	oC	1,3	0,10	0,50
Happi, titrattu	mg/l	1,8	0,58	0
Hapenkylläisyys %	kyll.%O2	13	4,0	0,0

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, - = noin, < = pienempi kuin, = = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.

Menetelmätiedot viimeisellä sivulla, * = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamääritys

Anna Liisa Heikkilä
kemisti FM

TIEDOKSI

Karelia AMK/Tossavainen Tarmo/tarmo.tossavainen@karelia.fi
Pehkonen Laura/laura.pehkonen@edu.karelia.fi

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Mittausepävarmuudet: kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettäessä

Katso-osoite
Yrittäjän tie 24
70150 KUOPIO

Postiosoite
Yrittäjän tie 24
70150 KUOPIO

Puhelin
050-3004 172
*017-2647200

Sähköposti
anna-liisa.heikkila@ymparistotutkimus.fi

Y-tunnus
1869466-1

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 16.1.2017



SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OY

TESTAUSSELOSTE
Talousvesitutkimus[^]
31.1.2017

17-520
#1

2 (2)

MENETELMÄTIEDOT

Määnty	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)
Lämpötila	Lämpötila (TL30)
Happi, titrattu	SFS-EN 25813:1993 (TL77)
Hapenkylästyys %	Laskennallinen suure (TL77)

TUTKIMUSLAITOS TIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL30	SKYT Oy, Kuopion laboratorio
TL77	SKYT Oy, Joensuun laboratorio

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määnty	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määntyspvm.
Happi, titrattu	2017/834	±15 %	17.1.2017
	2017/835		17.1.2017
	2017/836		17.1.2017
Hapenkylästyys %	2017/834		17.1.2017
	2017/835		17.1.2017
	2017/836		17.1.2017

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy / Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 6.4.2017

SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OYTESTAUSSELOSTE
Vesitutkimus^A
2.5.201717-2027 1 (2)
#1Selkien kyläyhdistys ry
Tero Mustonen
Havukkavaarantie 29
81235 LEHTOITilausno 219123 (4546/MESINÄYT), saapunut 7.4.2017, näytteet otettu 6.4.2017
Näytteenottaja: Tarmo Tossavainen**NÄYTTEET**

Lab.nro	Näytteen kuvaus
7968	L11 / Havaintopaikka 1
7969	L17 / Havaintopaikka 7
7970	L19 / Havaintopaikka 9
7971	Lähtevä

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	7968	7969	7970	7971
Veden lämpötila	oC	0,30	0,20	0,30	0,80
Lämpötila	Ast-C	0,30	0,20	0,30	0,80
Happi*	mg/l	4,8	8,3	2,9	1,4
Happi%	Kyll%	33	57	20	10,0
Kupari *	µg/l	8,4	13	4,7	
Elohopea*	µg/l	<0,005	<0,005		
Elohopea (A) *	µg/l			<0,005	

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, < = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, > = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
Menetelmätiedot viimeisellä sivulla, * = akkreditoitu menetelmä, (A) = alihankintamäärittäminen

LAUSUNTO

Tutkimus sisältää alihankintana tehtyjä määrittämiä.
Alihankintalaboratoriot (akkreditointi standardin SFS-EN ISO/IEC 17025:2005 mukainen):

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry Tampere, akkreditoitu testauslaboratorio, FINAS
T064

Alihankintalaboratorioiden tutkimustodistukset ovat liitteenä (2 sivua).

Sauli Schroderus
tutkija

TIEDOKSI

Karelia AMK/Tossavainen Tarmo/tarmo.tossavainen@karelia.fi
Pehkonen Laura/laura.pehkonen@edu.karelia.fi

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan.
Mittausepävarmuudet kemiallisille menetelmille viimeisellä sivulla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettyessä

Katso-osoite	Postiosoite	Puhelin	Sähköposti	Y-tunnus
Yrittäjän tie 24	Yrittäjän tie 24	017-2647200	toimisto@ymparistotutkimus.fi	1869466-1
70150 KUOPIO	70150 KUOPIO			

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy / Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 6.4.2017

SAVO-KARJALAN
YMPÄRISTÖTUTKIMUS OYTESTAUSSELOSTE
Vesitutkimus^A
2.5.201717-2027
#1

2 (2)

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluisissa)
Veden lämpötila	(TL30)
Lämpötila	Lämpötila (TL30)
Happi*	SFS-EN 25813 (1993) (TL30)
Happi%	Kyllästys%, laskennallinen suure (TL30)
Kupari *	ICP-MS, SFS-EN ISO 17294-1 (2005) ja 17294-2(2005) (TL30)
Elohopea*	SFS-EN ISO 17852 (2008) (TL30)
Elohopea (A) *	SFS-EN ISO 17852 (2008) (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	Kokemäenjoen vesistön
TL30	SKYT Oy, Kuopion laboratorio

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämisspvm.
Veden lämpötila	2017/7968		7.4.2017
	2017/7969		7.4.2017
	2017/7970		7.4.2017
	2017/7971		7.4.2017
Happi*	2017/7968	±6 %	7.4.2017
	2017/7969	±6 %	7.4.2017
	2017/7970	±6 %	7.4.2017
	2017/7971	±0,2 mg/l	7.4.2017
Happi%	2017/7968		7.4.2017
	2017/7969		7.4.2017
	2017/7970		7.4.2017
	2017/7971		7.4.2017
Kupari *	2017/7968	±15 %	10.4.2017
	2017/7969	±10 %	10.4.2017
	2017/7970	±15 %	10.4.2017
	2017/7968	Määrittämissrajien alitus	19.4.2017
Elohopea*	2017/7969	Määrittämissrajien alitus	19.4.2017
	2017/7970	Määrittämissrajien alitus	

Testausselosteen tulokset pätevät vain tutkituille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Selosteen saa kopioida vain kokonaan. Mittausepävarmuudet kemiallisille menetelmille ilmeisellä tavalla, kvant. mikrobiologisille menetelmille ilmoitetaan pyydettyäessä

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy / Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 6.4.2017



KVVY

TESTAUSSELOSTE

28.4.2017

17-7278
#1

1 (2)

Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy
Yrittäjätie 24
70150 KUOPIO



Tilausno 288336 (4SAVO.KA/KUOPIO), saapunut 25.4.2017

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
22768	2017/7970

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäminen	Yksikkö	22768
*Elohopea	µg/l	<0,005

Merkintöjen selityksiä: P = määrittäminen kesken, E = ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, <= = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, >= = suurempi tai yhtäsuuri kuin.
*-merkitty on akkreditoitu menetelmä.

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

alihankinta@ymparistotutkimus.fi

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatuille näytteille. Akkreditointi ei koske lausuntoa.
Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite
Patamäenkatu 24
33900 TAMPERE

Postiosoite
PL 265
33101 TAMPERE

Puhelin
(03) 2461 265
*(03) 2461 111

Sähköposti
heli.orakangas@kvvy.fi

Ah.rek./enn.pid.rek.
Y 0214391-0

Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy / Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 6.4.2017



KVY

TESTAUSSELOSTE

28.4.2017

17-7278
#1

2 (2)

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäjä	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Elohopea	SFS-EN ISO 17852:2008 (TL25)

TUTKIMUSLAITOSTIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	KVY/Tampere (FINAS T064)

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäjä	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittäjäpvm.
*Elohopea	2017/22768	Määrittäjärajien alitus	27.4.2017