

Tarmo Tossavainen

# Puruveden Savonlahden nykytila

Sedimentin laatu ja määrä, pohjaeläimistö, vedenlaatu sekä kuormitus- ja fosforimallitarkastelu





**Puruveden Savonlahden nykytila**  
Sedimentin laatu ja määrä, pohjaeläimistö,  
vedenlaatu sekä kuormitus- ja  
fosforimallitarkastelu

Tarmo Tossavainen

# Sisällys

<i>Julkaisusarja</i>	C:48
<i>Julkaisusarjan vastaava toimittaja</i>	Kari Tiainen
<i>Taitto</i>	Kaisa Varis
<i>Kansikuva</i>	Karelia-amk:n insinööriopiskelija Santeri Rautio valmistautuu vesinäytteiden ottoon aivan Puruveden Savonlahden kaakkoispäässä. Kuvaaja: Tarmo Tossavainen 20.04.2017.
<i>Kuvat</i>	Tarmo Tossavainen, ellei toisin mainittu

© Tekijä ja Karelia-ammattikorkeakoulu

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

ISBN 978-952-275-251-2 (painettu)  
ISBN 978-952-275-252-9 (verkkojulkaisu)  
ISSN-L 2323-6914  
ISSN 2323-6914

*Julkaisumyynti* Karelia-ammattikorkeakoulu  
julkaisut@karelia.fi  
<http://www.tahtijulkaisut.net>

Joensuu, Lasermedia Oy, 2018

<b>TIIVISTELMÄ</b>	<b>7</b>
<b>1 ALKUSANAT</b>	<b>9</b>
<b>2 TUTKIMUSALUE</b>	<b>10</b>
2.1 Savonlahden ja siihen tulevan veden nykyinen laatu ympäristöhallinnon havaintojen perusteella	13
2.1.1 Savonlahti ja sen edustan ulappa-alueet	13
2.1.2 Kuonanjoen vedenlaadun havainnot	16
<b>3 AINEISTO JA MENETELMÄT</b>	<b>20</b>
<b>4 TULOKSET</b>	<b>31</b>
4.1 Vedenlaatu	31
4.2 Pohjasedimentin kokonaismäärä ja ulkonäkö	32
4.3 Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste	70
4.4 Pohjasedimentin laboratorioanalyysit	71
4.5 Pohjaeläimistö	72
<b>5 TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>82</b>
5.1 Pohjasedimentin kokonaismäärä ja laboratorioanalyysit	82
5.2 Pintasedimentin hapetus-pelkistysaste	84
5.3 Pohjaeläimistö	86
5.4 Vedenlaadun mittaukset	87
<b>6 SAVONLAHDEN KUORMITUS- JA FOSFORIMALLITARKASTELU</b>	<b>88</b>
6.1 Kokonaisfosforin ulkoinen kuormitus ja fosforimallitarkastelu	88
6.2 Kokonaistypen ja kiintoaineen ulkoinen kuormitus	94
<b>7 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>97</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>100</b>

Liite 1. t Puruveden Savonlahden ja sen edustan sekä Kuonanjoen havaintopaikkojen koordinaatit (ETRS-TM35FIN) kevättalvella 2017

Liite 2. Puruveden Savonlahden havaintopaikan nro 8 sedimentin laboratorio-analysien tuloslomake

Liite 3. Artikkelit Puruvesi-lehdessä 23.03.2017

Liite 4. Artikkelit Puruvesi-lehdessä 03.08.2017

## Tiivistelmä

Karelia-ammattikorkeakoulu teki Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen pohjan tilan tutkimuksen kevättalvella 2017 Pro Puruvesi ry:n toimeksiannosta. Varsinaisen Savonlahden vesiala on noin 50 hehtaaria ja suurin syvyys noin 3 metriä. Kuonanjoen suhteellisen laaja vesistöalue (noin 73 km<sup>2</sup>, järvisyys noin 22 %, lisäksi Kuonanjoen lähivaluma-alue [noin 5 km]) muodostavat Savonlahden välittömän valuma-alueen. Huomattavasti kirkkaamman ja karumman Puruveden ulappaveden virtaukset Savonlahteen ovat ilmeisen vähäisiä paitsi valuma-aluerakenteen, myös vedenlaadun ja kalastorakenteen merkittävien eroavaisuuksien perusteella. Ympäristöhallinnon vedenlaadun niukahkon havaintoaineiston perusteella Savonlahden ravinnepitoisuudet ovat olleet pääosin mesotrofisten ja kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuudet eutrofisten järvivesien suuruusluokkaa.

Karelia-ammattikorkeakoulu tutki syksyllä 2016 Savonlahden ja myös sen edustan ulappa-alueen kalastorakenteen. Sen perusteella Savonlahdessa on biomassaltaan ja lukumääräisesti suuri särkikalakanta, joka osaltaan voi heikentää vedenlaatua ja kiihdyttää sisäistä kuormitusta. Petokalakanta on hyvin niukka. Savonlahden ja sen edustan sedimentin laatua ja määrää, pohjaeläimistöä ja vedenlaatua selvitettiin yhteensä 20 havaintopaikalta helmi-huhtikuussa 2017. Tumman (pikimustan/ruskehtavanmustan) löyhän sedimentin määrä vaihteli 25...319 cm. Keskimäärin tätä ainesta oli 296 cm. Sen alapuolella oli puhtaanoloinen hopeanharmaa savi ja muutamilla havaintopaikoilla myös hiekkaa. Melko keskeltä Savonlahtea otettu mustanpuhuvan ja löyhän sedimentin näyte (0...50 cm) tutkittiin laboratoriossa. Veden osuus sedimentin kokonaismassasta oli noin 88 %, epäorgaanisen aineksen osuus 9 % ja orgaanisen aineksen osuus 3 %. Sedimentin massasta kuiva-ainetta oli siis yhteensä noin 12 %. Sedimentissä oli sekä kokonaisfosforia että kokonaistyppeä 1,2 g/kuiva-ainekg. Kairausten ja laboratoriomittausten perusteella Savonlahdessa on karkeahkosti arvioituna noin 1,5 milj. m<sup>3</sup> em. tummaa ja löyhää sedimenttiä. Sedimentin tiheys on 1,06 grammaa/cm<sup>3</sup> ja sen kokonaismassa on noin 1,6 milj. tonnia. Tästä veden osuus on noin 1,4 milj. tonnia ja kuiva-aineen noin 0,2 milj. tonnia. Löyhässä sedimentissä on sekä kokonaisfosforia että kokonaistyppeä noin 230 tonnia. Savonlahden vesimassassa (noin 1 milj. m<sup>3</sup>) on kokonaisfosforia noin 20 kg ja kokonaistyppeä

noin 500 kg. Varsinaisen Savonlahden (kevättalven näkösyvyshavainnot 0,72 – 1,12 m) pintasedimentin hapetus-pelkistysastetta (redox-potentiaalia, Eh) mitattiin 6 havaintopaikalta maaliskuuhun. Eh-arvot vaihtelivat +91...+271 millivolttia. Niiden perusteella Savonlahden fosforinpidätyskyky vaihteli tuolloin talvikerrosteisuuden lopulla välttävää hyvin heikkoon. Yhdelläkään havaintopaikalla Eh ei ylittänyt +300 millivolttia, joka on yleisesti tunnettu perusedellytys fosforin pysymisessä järven pohjassa.

Ravinteiden ajoittainen vapautuminen eli sisäisen kuormituksen riski Savonlahden pohjasta on selkeä. Savonlahden pieni tilavuus (ja siten lyhyt viipymä; keskivirtaaman vallitessa noin 20 vrk) suhteessa siihen tulevaan suureen vesimäärään (MQ noin 600 l/s) kohentanee jossain määrin muutoin pahoin liettyneen lahden happioloja ja antaa kättä pitempää viivytystaistelussa voimakasta sisäistä kuormitusta vastaan. Karumman ja merkittävästi kirkkaamman (näkösyvyys kevättalvella 2,61 – 3,35 m) ulappa-alueen havaintopaikoilla Eh (+211...+299 mV) oli kohtalainen. Seitsemältä havaintopaikalta otettiin yhteensä 21 pohjaeläinnäytettä. Niistä tunnistettiin laboratoriossa yhteensä 16 taksonia. Useimmat taksonit olivat mesotrofian tai eutrofian indikaattoreita. Karumpien vesien lajeja (hernesimpukka, vesiperhosen toukka, järvisimpukka) oli niukasti ja järvisimpukat olivat kuolleita. Shannon-Wiener-indeksi vaihteli havaintopaikoittain 0,71 – 1,62. Ne ilmentävät alhaista biodiversiteettiä. Yhdeksän havaintopaikan vesinäytteistä mitattiin perustuottajille välittömästi käyttökelpoisten mineraaliravinteiden fosfaattifosforin sekä nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet. Pitoisuudet olivat valtaosin korkeampia Suomen järvien vastaaviin keskipitoisuuksiin verrattuna. Kokonaisfosforin ja kokonaistypen sekä kiintoaineen kuormitus Kuonanjoen valuma-alueelta Savonlahteen on edelleen merkittävästi kohonnut. Savonlahden hyvin lyhyen viipymän vuoksi valtaosa etenkin ravinnekuormasta valuu Puruveden ulapalle aiheuttaen siellä rehevöitymisiongelmiä. Välitön syy suuriin kuormiin on Kuonanjärven heikko tila. Sen ravinnepitoisuudet heilahtelevat hyvinkin voimakkaasti vuodenvaihtelun aikana. Tämä ilmentää selkeästi voimakasta sisäistä kuormitusta. Tätä ei ole erikseen tutkittu. Myös Kuonanjärven tuleva kuormitus olisi aiheellista selvittää.

Alustavan fosforimallitarkastelun perusteella Savonlahden nykyistä vuotuista ulkoista kokonaisfosforikuormaa (vajaat 700 kg/a) olisi vähennettävä vähintään 200 – 300 kg (noin 30...45 %), jotta Savonlahti saavuttaisi ulkoisen kuorman perusteella turvallisen, ts. lievästi mesotrofisen tason. Tämän lisäksi Savonlahden kunnostuksen haasteena on itse lahden kehno tila. Sen mahdollisina kunnostustoimina voivat tulla lähinnä kyseeseen biomanipulaatio (ravintoketjukurkennus, kuten tiheiden pikkukalakantojen tehopyynti), vesikasvien poisto ja pohjan mekaaninen pöyhintä. Ruoppaus on yleensä kallista, etenkin Savonlahden kaltaisten hyvin vesipitoisten sedimenttien tapauksessa, ja uudelleen liettymisen riski on tarkoin huomioitava. Kaikkien itse järvaltaassa tehtävien kunnostus- ja hoitotoimien myönteiset vaikutukset mitätöityvät suhteellisen nopeastikin, mikäli ulkoinen kuormitus jatkuu korkeana, kuten Savonlahdessa on tilanne. Karelia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman opiskelija Santeri Rautio on tehnyt opinnäytetyön Savonlahden nykytilasta ja eri kunnostustekniikoiden tarkastelusta. Työ valmistui marraskuussa 2017 (Rautio 2017) .

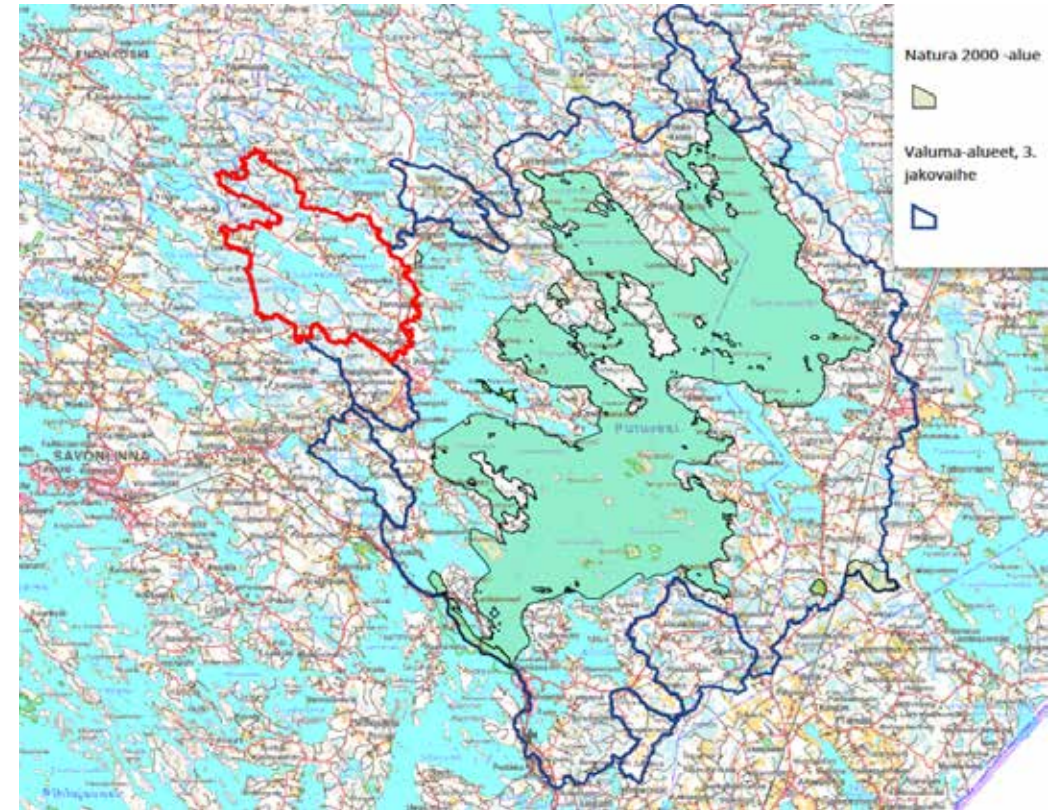
# 1 Alkusanat

Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan koulutus teki Puruveden Savonlahden pohjan tilan ja vedenlaadun tutkimuksen kevättalvella 2017 Pro Puruvesi ry:n, yhdyshenkilönään puheenjohtaja Reijo Jantunen, toimeksiannosta. Tutkimuksen kenttä- ja laboratoriotöihin osallistuivat työtä ohjanneen ja sitä tehneen ja tämän raportin laatineen Tarmo Tossavainen (limnologi, MMM, opettaja) lisäksi Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan insinööriopiskelijat Santeri Rautio, Petri Aimasmäki, Jere Alastalo, Jose Eronen, Henri Heiskanen, Teemu Heiskanen, Juuso Itälä, Tuomas Joki, Niko Joronen, Samuel Juntunen, Joni Juvonen, Nikolas Järvinen, Harri Karvinen, Liisa Kaskiluoto, Ilari Kempas, Janne Kervinen, Janne Kumpulainen, Ari Lintilä, Tero Airivuo, Matti Turunen, Ari-Pekka Jolkkonen, Emilia Karvinen, Kuisma Martiskainen, Tuukka Mäkelä, Jukka Oinonen, Atte Saastamoinen, Juho Partanen, Mikael Raineva, Perttu Rytivaara, Otto Schmidt, Lauri Soinen, Teemu Toivanen, Tuomas Tokila, Katariina Tuunainen, Artturi Törrönen ja Jarno Hiltunen. Pro Puruvesi ry:lle tahdomme lausua kiitokset tämän tutkimuksen toimeksiannosta ja kaikin puolin hienosti sujuneista käytännön järjestelyistä. Erityiskiitokset osoitamme Seppo Silvennoiselle, jonka kesämökin rannasta käsin ja hänen moottorikelkkaansa apuna käyttäen saimme jouhevasti raskaan tutkimuskaluston Savonlahdelle ja vielä takaisinkin!

## 2 Tutkimusalue

Puruveden Savonlahden vesiala on noin 50 hehtaaria (kuva 3). Keskisyvyys on keväätalven 2017 havaintopaikkojen aritmeettisena keskiarvona noin 1,94 metriä (havaintopaikat 1-12 ja 22; taulukko 8). Tällöin Savonlahden tilavuudeksi saadaan noin 970 000 m<sup>3</sup>. Kuonanjoen vesistöalueen pinta-ala on 73,34 km<sup>2</sup> ja järvisyys 21,80 % (kuvat 1 ja 2). Siten valuma-alueen ala on noin 57,35 km<sup>2</sup> (Ekholm 1993). Tällöin vuosien 2000-2011 valtakunnallisen vuosikeskivaluman (9,7 l/s km<sup>2</sup> [Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2014]) perusteella Savonlahteen tuleva arvioitu vuosikeskivirtaama on noin 556 l/s. Siten Savonlahden veden viipymä vuosikeskivirtaaman vallitessa on noin 20 vuorokautta (0,7 kuukautta).

Kuonanjoen valuma-alueen suhteellisen suuruuden vuoksi virtaamat Puruveden ulapalta Savonlahteen ovat oletettavasti suhteellisen pieniä. Voimakkaiden etelä-itätuulten vallitessa jonkin verran sekoittumista tapahtuu, mutta hyvin selkeät erot vedenlaadussa (esimerkiksi Savonlahden näkösyvyys noin 0,5...1 m, heti sen edustan ulappa-alue noin 3-4 metriä) ja kalastorakenteessa (Tossavainen 2017) tukevat käsitystä Savonlahden monin tavoin ”itsenäisestä elämänmenosta” muuhun Puruveeteen nähden.



Kuva 1. Puruvesi osavaluma-alueineen, Savonlahteen laskeva Kuonanjoen osavaluma-alue merkittynä punaisella (Pro Puruvesi 2017).



Kuva 2. Kuonanjoen vesistöalue (Pro Puruvesi 2017).



## 2.1 SAVONLAHDEN JA SIIHEN TULEVAN VEDEN NYKYINEN LAATU YMPÄRISTÖHALLINNON HAVAINTOJEN PERUSTEELLA

### 2.1.1 Savonlahti ja sen edustan ulappa-alueet

Puruveden varsinaisen Savonlahden vesipinta-ala on noin 50 hehtaaria ja suurin syvyys keskivedenkorkeudella noin 3,5 metriä. Savonlahden välittömän edustan ulappa-alueen suurin syvyys on noin 12 metriä. Tutkimusalueen vedenlaadun tulokset (havaintopaikat 163 ja 164) vuosilta 2012 ja 2015 poimittiin Suomen Ympäristökeskuksen ympäristötietojärjestelmästä (taulukko 1, kuva 2).

Savonlahden veden kokonaisfosforin (14 - 20 µg/l), kokonaistypen (370 - 820 µg/l) ja kasviplanktonin a-klorofyllin (9,4 - 9,6 µg/l) pitoisuudet ovat melko rehevöityneiden (mesotrofisten) ja rehevien (eutrofisten) järvesien suuruusluokkaa (taulukot 1, 5-7).

Raudan (480 - 850 µg/l) ja mangaanin (42 - 110 µg/l) pitoisuudet olivat kohonneita talvikerrosteisuuden loppuvaiheessa 25.03.2015. Tällöin myös happitilanne (7,3 mg/l, kyllästysaste 53 %) oli välttävä (taulukko 1). Happitilanteen heiketessä rauta ja mangaani tyypillisesti mobilisoituvat järven pohjasedimentistä yläpuoliseen vesimassaan.

Yleisesti mille tahansa maamme kalalajille ja niiden eri kehitysvaiheille nyrkkisääntönä tyydyttävälle hyvinvoinnille pidetään veden happipitoisuuden alarajana 5 mg/l, mikäli vedenlaatu (kuten happamuus, raskasmetallit) ei muutoin vaikeuta kalan hyvinvointia. Siten Savonlahden happitilanne vuosien 2012 ja 2015 havaintojen (7,2 - 8,8 mg/l, kyllästysaste 53...100 %) perusteella on ollut melko tyydyttävä (taulukko 1).

Savonlahden edustan ulappa-alueelta ei ole virallisia vedenlaadun tutkimustuloksia. Hytermänselän 097 (kokonaissyvyys 15 metriä, etäisyys koekalastusalueelle noin 2 km) ja Pajuselän 081 (kokonaissyvyys 22 metriä, vastaava etäisyys noin 4 km) havainnot kesäkerrosteisuusjaksoilta 31.07.2012 ovat siten viitteellisiä suurehkon etäisyyden ja havaintopaikkojen välissä olevien salmien vuoksi (kuva 4).

Hytermänselän havaintopaikalla (näkösyvyys 6,4 metriä) oli tuolloin melko voimakasta sisäistä kuormitusta raudan, mangaanin ja kokonaisfosforin sekä myös kokonaistypen ja sameusarvojen päälly- ja alusveden suhteellisen suurten pitoisuserojen vuoksi. Alusveden happitilanne (26 %, 2,8 mg/l) oli heikko (taulukko 1). Nämä kaikki havainnot ilmentävät Hytermänselän havaintopaikan pohjaan kertyneen orgaanisen sedimentin aiheuttamaa kohtalaisen voimakasta hapenkulutusta ja siitä aiheutuvaa ravinteiden ja metallien mobilisaatiota järven pohjasta yläpuoliseen vesimassaan eli sisäistä kuormitusta.

Pajuselän havaintopaikan (näkösyvyys 7,5 metriä) vesi oli tutkittujen ominaisuuksien valossa erinomaista. Kokonaisfosforin ja -typen pitoisuudet olivat erittäin karujen (ultraoligotrofisten) järvesien suuruusluokkaa. Pohjanläheisen veden happitilanne (7,9 mg/l, 73 %) oli hyvä. Raudan ja mangaanin pitoisuudet olivat hyvin pieniä sekä päälly- että alusvedessä (taulukko 1).

Tutkimusalueen eteläpäässä Alatalonsalon ja Mustasaaren välisellä alueella havaittiin sinilevää kesällä 2016 (Jantunen 2016). Muutoin alueelta ei ole toistaiseksi dokumentoituja sinilevähavaintoja.

**Kuva 3.** Savonlahden ja sen edustan tutkimusalue kevättalvella 2017. Varsinaisen Savonlahden (vesiala noin 50 hehtaaria) ja sen edustan (noin 75 hehtaaria) alueet on erotettu katkoviivalla. Yhtenäinen viivoitus rajasi syksyn 2016 koekalastusalueen (Tossavainen 2017). Alkuperäinen kartta: Maanmittauslaitoksen Kiinteistöietopalvelu, 18.04.2016.





Kuva 4. Ympäristöhallinnon vedenlaadun havaintopaikat Savonlahti 163, Savonlahti 164, Hytermänselkä 097 ja Pajuselkä 081 sekä Karelia-ammattikorkeakoulun kalastotutkimuksen aikaiset vedenlaadun havaintopaikat Savonlahdella ja sen edustan ulapalla syyskesällä 2016. Alkuperäinen kartta: Maanmittauslaitoksen Paikkatietoikkuna, 22.11.2016.

Taulukko 1. Puruveden Savonlahden ja sen lähimpien muiden Puruveden havaintopaikkojen vedenlaadun havainnot vuosina 2012 ja 2015 (Suomen Ympäristökeskus, ympäristötietojärjestelmä Liiteri, tiedot poimittu 13.11.2016). Huom. Savonlahden vedenlaadun havaintopaikkojen näyttesyvyyydet puuttuvat a.o. tietojärjestelmästä. Vakiintuneen käytännön (standardin) mukaisesti nämä näytteet on todennäköisesti otettu vesipatsaan puolivälissä (= "P/2").

Havaintopaikka	pvm	Kok. syv.	<sup>1</sup> Näytesyv.	Lt	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> kyll. %	kok. N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N	N O <sub>2</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	kok. P	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	a-chl	Fe	Mn	Sameus	Sähköjoht.	pH	Näkösyv.	COD <sub>Mn</sub>	Alk.	
		m	m	°C	mg/l		µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	FNU	mS/m		m	mg O <sub>2</sub> /l	mmol/l	
Savonlahti 163	31.7.12	2,8	P/2	23	8,8	100	370	..	..	14	..	9,4	480	42	1,7	4,8	6,89	..	..	..	
Savonlahti 163	25.3.15	2,5	P/2	2	7,3	53	820	11	270	20	..	..	850	110	5,5	5,8	6,41	1,4	13	0,168	
Savonlahti 164	31.7.12	1,8	P/2	23,1	7,2	84	420	..	..	18	..	9,6	530	45	1,6	4,7	6,71	1,6	..	..	
Keskiv.							17,3														
Hytermänselkä 097	31.7.12	15	1	21,5	..	..	240	..	..	6	..	2,3	34	12	0,57	4,8	7,27	6,4	..	..	
			14	12,2	2,8	26	450	..	..	20	..	..	880	850	8,1	..	..	..	4,4	..	
Pajuselkä 081	31.7.12	22	1	21,4	..	..	210	..	..	5	..	..	15	5,7	0,38	4,8	7,31	7,5	..	..	
			21	12,2	7,9	73	220	..	..	5	..	..	27	13	0,37	..	6,73	..	2,8	..	

## 2.1.2 Kuonanjoen vedenlaadun havainnot

Kuonanjoen yläjuoksun havaintopaikan o30 vesi on Kuonanjärven päällysvettä, mikäli Kuonanjärvessä vallitsee terminen kerrosteisuus. Tämä on tilanne talvella ja kesän tyyminä jaksoina. Kevät- ja syystäyskiertojen aikana sekä avovesikauden riittävän tuulisten olojen vallitessa Kuonanjoen yläjuoksun vesi edustaa Kuonanjärven keskimääräistä vedenlaatua. Vuosien 2007-2017 havaintojen (n = 17) perusteella Kuonanjoen havaintopaikan o30 veden kokonaisfosforipitoisuus on vaihdellut 14 – 66 µg/l (taulukko 2). Nämä pitoisuudet edustavat rehevyystasoa lievästä mesotrofiasta varsin voimakkaaseen eutrofiaan (vrt. taulukko 5). Havaintojen aritmeettinen keskiarvo on noin 35 µg/l.

Kokonaistypen pitoisuudet (670 – 1800 µg/l, n = 17, keskiarvo noin 1009 µg/l) ovat olleet eutrofisten ja hypereutrofisten järvesien suuruusluokkaa (taulukko 3, vrt. taulukko 6).

Kiintoainepitoisuuden havaintoja on 5 kpl vuosilta 2009 – 2017. Vaihtelu on ollut voimakasta (0,5 – 14 mg/l, keskiarvo 8,1 mg/l) ja havaitut pitoisuudet enimmäkseen järvesille korkeita (taulukko 4). Karuissa ja karuhkoissa järvissä kiintoainepitoisuus on yleensä selkeästikin alle 1 mg/l.

Voimme perustellusti olettaa, että edellä mainittujen, varsinkin kokonaisravinteiden, pitoisuuksien voimakas vaihtelu aiheutuu Kuonanjärven merkittävästä rehevyydestä ja siitä johtuvasta sisäisestä kuormituksesta. Tämä voidaan selvittää ja varmistaa itse Kuonanjärven vedenlaadun (happi, ravinteet) ja pohjasedimentin (redox-potentiaali) mittauksilla. Korkeimmat pitoisuudet näyttävät havaitun enimmäkseen keväällä ja syksyllä. Tämä viittaa Kuonanjärven sisäisen kuormituksen aiheuttamaan pitoisuuksien nousuun. Myös muilla valuma-alueen suhteellisen kookkailla järvillä voi olla siinä oma osuutensa. Arvioitaessa Savonlahteen päätyvää kuormitusta tämän havaintoaineiston perusteella aritmeettiset keskiarvot saattavat antaa jossain määrin todellisuutta pienemmän kuormituksen. Varsinkin kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuudet ja siten kuormitus kohoaa virtaamien ja siitä aiheutuvan eroosion voimistuessa. Myös typen pitoisuudet ja kuormitus nousevat virtaamien kohotessa. Kuitenkin Kuonanjärven suhteellisen suuren koon (merkitys sedimentaatioaltaana) vuoksi tämä virtaamatietojen puuttuminen ja siten virtaamapainotteisten pitoisuustietojen puuttuminen ei välttämättä aiheuta vakavaa aliarviota Savonlahteen tulevan kuormituksen arvioinnissa ko. aineistoon pohjautuen. Ympäristöhallinnon kohtalaisen tiheä mittausaineisto kykenee oletettavasti melko tyydyttävästikin vangitsemaan Kuonanjärven sisäisen kuormituksen ja siitä aiheutuvat kuormituspiikit Savonlahteen.

**Taulukko 2.** Ympäristöhallinnon kokonaisfosforipitoisuuden mittaustulokset Kuonanjoen havaintopaikalta o30 vuosilta 2007-2017. Selkeästi rehevöityneille (eutrofisille) järville tyypilliset pitoisuudet on merkitty punaisella.

Havaintoajankohta	Kok. P (µg/l)
08.05.2007	34
25.09.2007	44
29.11.2007	15
12.05.2008	36
04.11.2008	32
25.05.2009	55
09.11.2009	19
22.02.2011	14
16.05.2011	32
27.09.2011	52
25.01.2012	18
06.08.2012	32
27.05.2013	38
27.08.2013	66
15.05.2014	45
23.10.2016	29
07.06.2017	36

**Taulukko 3.** Ympäristöhallinnon kokonaistypen mittaustulokset Kuonanjoen havaintopaikalta 030 vuosilta 2007-2017. Kaikki mitatut pitoisuudet ovat vähintään rehevöityneille (eutrofi-sille) järvesille tyypillisiä.

Havaintoajankohta	Kok. N (µg/l)
08.05.2007	1100
25.09.2007	1400
29.11.2007	770
12.05.2008	1000
04.11.2008	970
25.05.2009	1000
09.11.2009	980
22.02.2011	800
16.05.2011	780
27.09.2011	1400
25.01.2012	900
06.08.2012	1000
27.05.2013	900
27.08.2013	1800
15.05.2014	980
23.10.2016	670
07.06.2017	700

**Taulukko 4.** Ympäristöhallinnon kiintoainepitoisuuden mittaustulokset Kuonanjoen havaintopaikalta 030 vuosilta 2009-2017. Korkeat pitoisuudet on merkitty punaisella.

Ajankohta	Analyysin luonnehdinta	mg/l
25.05.2009	Kiintoaine, karkea	14
09.11.2009	Kiintoaine, karkea	3,1
25.01.2012	Kiintoaine, karkea	0,5
23.10.2016	Kiintoaine, hieno, suodatus polykarb. 0,4 µm	9
07.06.2017	Kiintoaine, hieno, suodatus polykarb. 0,4 µm	14

**Taulukko 5.** Järven rehevyyden luokittelu veden kokonaisfosforipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

Kok.P (µg/l)	Järven rehevyyden taso	
< 5	erittäin karu	ultraoligotrofinen
5-10	karu	oligotrofinen
10-35	lievästi rehevöitynyt	mesotrofinen
35-100	rehevöitynyt	eutrofinen
> 100	ylirehevöitynyt	hypereutrofinen

**Taulukko 6.** Järven rehevyyden luokittelu veden kokonaistypipitoisuuden perusteella (vrt. esim. Wetzel 2001).

Kok.N (µg/l)	Järven rehevyyden taso	
< 400	oligotrofinen	karu
400-600	mesotrofinen	lievästi rehevöitynyt
600-1500	eutrofinen	rehevä
> 1500	hypereutrofinen	ylirehevä

**Taulukko 7.** Järven rehevyyden luokittelu kasviplanktonin a-klorofyllipitoisuuden perusteella.

a-klorofyllipitoisuus (µg/l)	Järven rehevyyden taso	
< 1	ultraoligotrofinen	(erittäin karu)
1...3	oligotrofinen	(karu)
3...7	mesotrofinen	(lievästi rehevä)
7...40	eutrofinen	(rehevä)
> 40	hypereutrofinen	(ylirehevä)

### 3 Aineisto ja menetelmät

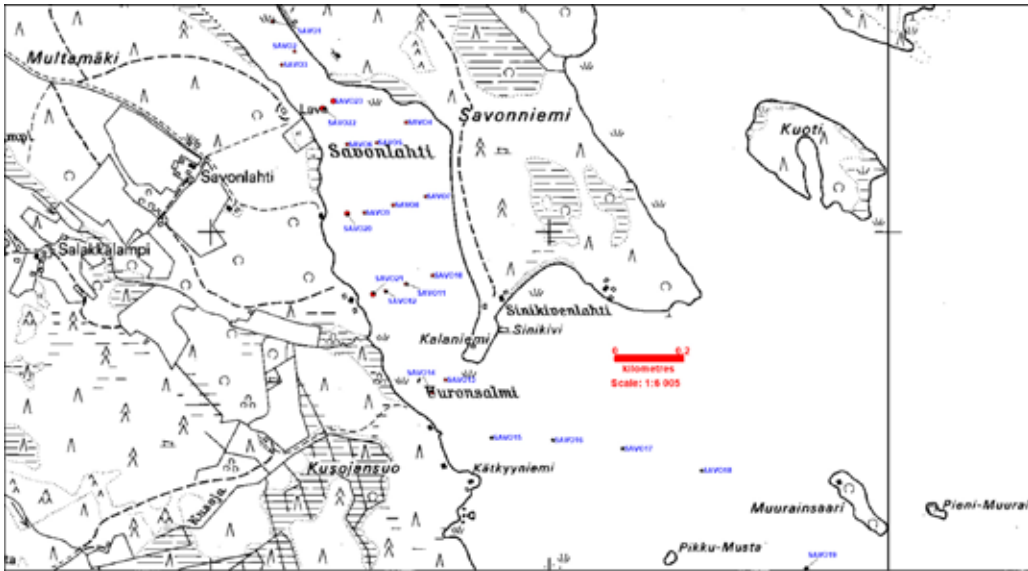
Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen sekä Kuonanjoen pohjasedimentin, pohjaeläimistön, vedenlaadun ja virtaamien kenttämittaukset sekä laboratorio- näytteiden taltiointit tehtiin helmikuun ja huhtikuun lopun 2017 välisenä aikana. Vesinäytteiden liukoisten eli mineraaliravinteiden pitoisuudet ( $\text{PO}_4^{3-}$  P,  $\text{NO}_3^-$  -N ja  $\text{NH}_4^+$  -N) mitattiin välittömästi näytteenotosta seuraavana päivänä. Pohjaeläinnäytteisiin ei lisätty lainkaan säilöntäaineita (väkevää etanolia), vaan vesinäytteiden tavoin ne tutkittiin laboratoriossa näytteenotosta seuraavana päivänä. Tällöin eläimet säilyttävät värinsä ja liikuntakykynsä, joka helpottaa poimintaa ja tunnistamista.

Savonlahden sekä sen edustan ulappa-alueen ja Kuonanjoen pohjasedimentin ja pohjaeläimistön sekä vedenlaadun havaintopaikat ilmenevät taulukosta 8 sekä kuvista 5 ja 6. Havaintopaikkojen koordinaatit on esitetty liitteessä 1. Tutkimuksen eri vaiheissa käytetyt laitteet ja menetelmät pääpiirteissään on esitetty taulukossa 9 sekä kuvissa 7 - 18.

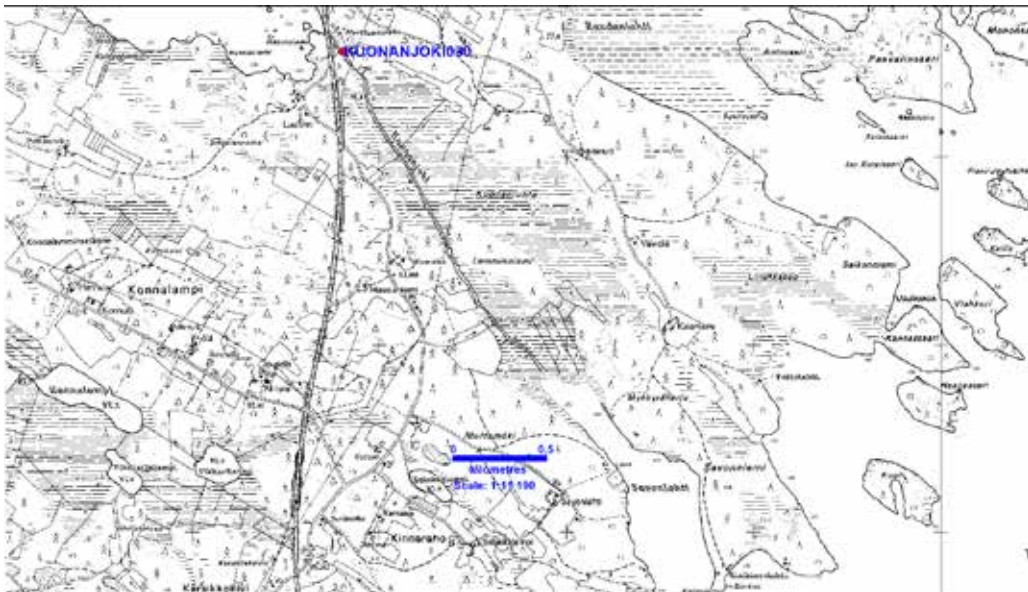
Pohjasedimentin laboratorionäyte otettiin keskisen Savonlahden havaintopaikalta 8 20.04.2017. Vesisyvyys oli tällöin 2,55 metriä ja taltioidun sedimentin näytesyvyys 0-50 cm. Havaintopaikka valittiin laboratorionäytepaikaksi, kun kaikki sedimenttikairaukset tutkimusalueella oli tehty. Sedimentin ulkonäön ja sijaintinsa puolesta havaintopaikka 8 edustaa mahdollisimman keskimääräistä Savonlahtea. Sedimenttinäyte pakastettiin välittömästi näytteenoton jälkeen. Näyte analysoitiin kuukautta myöhemmin Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella.

Taulukko 8. Puruveden Savonlahden pohjasedimentin ja pohjaeläimistön sekä vedenlaadun havaintopaikat kevättalvella 2017.

Havaintopaikka, sijainnin luonnehdinta	Vesisyvyys [m]
Kuonanjoki 030, välittömästi Kuonanjärvestä lähtevä	noin 0,5...1
Savonlahti 1, pohjoinen	1,08
Savonlahti 2, pohjoinen	1,21
Savonlahti 3, pohjoinen	0,93
Savonlahti 22, pohjoinen	1,80
Savonlahti 4, keskinen	1,90
Savonlahti 5, keskinen	2,38
Savonlahti 6, keskinen	1,91
Savonlahti 7, keskinen	2,70
Savonlahti 8, keskinen	2,55
Savonlahti 9, keskinen	2,07
Savonlahti 10, eteläinen	2,78
Savonlahti 11, eteläinen	2,26
Savonlahti 12, eteläinen	1,37
Savonlahti 13, salmi	2,98
Savonlahti 14, salmi	1,22
Savonlahti 15, ulappa	3,57
Savonlahti 16, ulappa	6,52
Savonlahti 17, ulappa	8,09
Savonlahti 18, ulappa	8,41
Savonlahti 19, ulappa	11,7



**Kuva 5.** Puruvesen Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen pohjasedimentin ja pohjaeläimistön sekä vedenlaadun havaintopaikat kevättalvella 2017. Kartta: Maanmittauslaitoksen peruskartta, MapInfo –paikkatietojärjestelmän pohjakarttana.



**Kuva 6.** Ympäristöhallinnon Kuonanjoen havaintopaikan 030 sijainti. Kartta: Maanmittauslaitoksen peruskartta, MapInfo –paikkatietojärjestelmän pohjakarttana.

**Taulukko 9.** Puruvesen Savonlahden tutkimuksessa kevättalvella 2017 käytetyt laitteet ja menetelmät.

Tutkimusvaihe	Laitteet ja menetelmät	Lisähuomautukset
Pohjasedimentin kokonaismäärä	Turvekaira, näytteenotto-osan pituus 1,0 m, jatkovarret yht. lähes 10 metriä	
Pintasedimentin redox-potentiaalin mittaus in situ	Viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin varusteineen, EZDO-kenttämittari 8200M + redox-elektrodi, Redox-elektrodin kalibroitiliuos, valmistaja WTW	
Pohjasedimentin laboratorioanalyysit	Sedimentin kok. P, kok. N, haihdutushäviö ja hehkutusjäännös	Standardoidut analyysimenetelmät, tehty välittömästi pakastetuista näytteistä Kokemäenjoen vesien-suojeluyhdistyksen laboratoriossa Tampereella
Pohjaeläimistö	Ekman-tyyppinen näytteenotin varusteineen	
Vesinäytteenotto ja laboratorioanalyysit (fosfaattifosfori, nitraattityppi, ammoniumtyppi) Kareliahm:n laboratorioluokassa	Limnos-vesinäytteenotin, filteerifotometri S 12 A [WTW, Saksa] varusteineen	
Virtaaman mittaus	Flowatch™ -siivikko [Sveitsi]	
Havaintopaikkojen koordinaattien tallennus	Garmin GPSMA64 -satelliittipaikkainlaite	Koordinaattien tarkkuus ±2...±3 metriä
Muut keskeiset varusteet	Ahkiot, moottorisaha, jääkairat [4" ja 6"], luotinaru, rullamitta, moottorikelkka rekineen	

Pohjaeläimistön biodiversiteetti arvioitiin Shannon-Wiener –indeksin avulla. Tämä indeksi tunnetaan myös nimellä Shannonin entropia. Shannonin entropia on tehollisen lajimäärän logaritmi

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

missä  $P_i$  on  $i$  lajin osuus paikan kokonaisyksilömäärästä. Indeksien arvo on sitä suurempi mitä enemmän lajeja havaitaan (taulukko 10).

**Taulukko 10.** Arvio biodiversiteetistä Shannon-Wiener –indeksin avulla.

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



**Kuva 7.** Tarmo Tossavainen sahaa moottorisahalla avantoa pohjaeläin- ja sedimenttinäytteiden ottoa sekä kenttäanalyysejä varten Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueella huh-  
tikuussa 2017. Kuva: Santeri Rautio.



**Kuva 8.** Karelia-ammattikorkeakoulun insinööriopiskelijat (vas. luki-  
en) Otto Schmidt, Mikael Raineva ja Tuomas Tokola ottavat Limnos-  
näytteenottimella vesinäytettä Puruveden Savonlahdella maaliskuun  
lopulla 2017.



**Kuva 9.** Puruveden Savonlahden vesinäytteiden liukoisten ravinteiden pitoisuuksia mitataan WTW S12A –filterifotometrillä maaliskuun lopulla 2017 Karelia-ammattikorkeakoulun labora-  
toriossa Joensuussa.



**Kuva 10.** Karelia-ammattikorkeakoulun insinööriopiskelija Santeri Rautio mittaa virtaamaa Flowwatch™ -siivikon avulla Kuonanjoen havaintopaikalla 030 huhtikuussa 2017.



**Kuva 12.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Atte Varis (vas.) ja Lassi Puurunen ottavat järven sedimenttinäytettä turvekairalla.



**Kuva 11.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Ville Väisänen virittää Ekman-tyyppistä pohjäläinnoudinta näytteenottoa varten.



**Kuva 13.** Lyijypainoja kiinnitetään Limnos-sedimenttinoutimeen näytteenottoa varten.



**Kuva 14.** Limnos-sedimenttinoutimella otettu Puruveden edustan ulappa-alueen sedimentinäyte ja Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelija Santeri Rautio huhtikuussa 2017.



**Kuva 16.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Mikko Hiltunen (vas.) ja Joose Korhonen ovat juuri ottaneet järven pohjäläinnäytteen Ekman-tyyppisellä näytteenottimella.



**Kuva 15.** Puruveden Savonlahden pintasedimentin hapetus-pelkistysastetta eli redox-potentiaalia mitataan keväällä 2017.



**Kuva 17.** Pro Puruvesi ry:n puheenjohtaja Reijo Jantunen (keskellä seisomassa punaisissa haa-lareissaan) pitämässä ytimekästä kenttäluentoa Puruveden kunnostushankkeen kokonaisuudesta Savonlahden kenttämittausten ja laboratorionäytteiden taltiointin lomassa maaliskuun lopulla 2017 Karelia-ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan opiskelijoille.





**Kuva 18.** Karelia-ammattikorkeakoulun opiskelijat Jarno Hiltunen (vas.) ja Santeri Raution poimivat ja tunnistavat Puruveden Savonlahden pohjaeläimiä Karelia-ammattikorkeakoulun laboratorioluokassa Joensuun Sirkkalassa maaliskuussa 2017.

## 4 Tulokset

### 4.1 VEDENLAATU

Karelia-ammattikorkeakoulun tekemät veden laadun fysikaalis-kemialliset kenttä- ja laboratoriomittaukset on esitetty taulukoissa 11 ja 12.

**Taulukko 11.** Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen veden laadun havainnot maaliskuun lopulla 2017.

Havainto- paikka	Kok.syv. [m]	Näkö- syv. [m]	Näyte- syv. [m]	Lt. [°C]	PO43- [µg/l]	NO3- [µg/l]	NH4+ [µg/l]	Jää [m]	Lumi [m]
Kuonanjoen yläjuoksu 030	0,50	..	0,30	2,3	11	400	45		
Savonlah- ti 2	1,24	..	0,62	1,4	16	580	116	0,40	0,1
Savonlah- ti 5	2,28	0,82	1,28	1,7	11	810	38	0,48	0,1
Savonlah- ti 8	2,50	0,90	1,0	1,6	15	480	88		
			1,5	2,1	16	430	89		
Savonlahti 11	2,26	0,72	1,0	1,7	13	490	38	0,52	
			1,26	1,5	8	360	45		
Savonlahti 15	3,60	2,82	1,0	1,5	< 10	30	58		
			2,6	1,5	< 10	200	69		
Savonlahti 16	6,33	3,35	1,0	1,5	1	70	88		
			5,33	1,9	14	310	82		

**Taulukko 12.** Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen sekä Kuonanjoen vedenlaadun ja virtaamien havainnot 20.04.2017.

Havaintopaikka	Kok. syv. [m]	Näkö-syv. [m]	Näytesyv. [m]	Lt. [°C]	PO43- [µg/l]	NO3- [µg/l]	NH4+ [µg/l]	Q [l/s]	q [l/s km <sup>2</sup> ]
Kuonanjoen yläjuoksu 030	0,6	..	0,3	+4,2	9	420	60	664,4	9,1
								Jää [m]	Lumi [m]
Savonlah-ti 3	1,18	..	0,59	+3,5	17	550	82	0,2	0-0,1
Savonlah-ti 8	2,61	1,12	1,0	+3,8	14	310	55	0,4	0-0,1
			1,61	+3,9	73	340	73		
Savonlahti 15	3,57	2,65	1,0	+3,3	6	130	32	0,5	0-0,1
			2,57	+3,4	3	300	41		
Savonlahti 19	11,7	2,61	1,0	+3,1	8	230	31	0,5	0-0,1
			10,7	+3,6	18	270	51		

## 4.2 POHJASEDIMENTIN KOKONAISMÄÄRÄ JA ULKONÄKÖ

Tummanpuhuvan, ts. pikimustan, tummanruskean tai ruskehtavan mustan ja löyhän sedimentin kokonaismäärä vaihtelee varsin voimakkaasti Savonlahdessa, noin 25...319 cm havaintopaikoilla 1-12 ja 22 (taulukot 13 - 18). Keskimäärin ainesta oli 2,96 metriä. Pohjasedimenttinäytteiden valokuvat etenevät järjestyksessä Savonlahden pohjois-luoteiskolkasta Uuronsalmen kautta ulapalle (kuvat 19 – 81 ja 83).

**Taulukko 12.** Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen sekä Kuonanjoen vedenlaadun ja virtaamien havainnot 20.04.2017.

Havaintopaikka	Vesisyvyys [m]	Sedimentin ulkonäkö
Savonlahti 1	1,08	0-100 cm vesipitoinen hienojakoinen ruskea aines
		100-148 cm ruskea aines, seassa runsaasti karkeaa puuainesta
		148-163 cm ruskehtavan harmaata, ilmeisesti suhteellisen puhtaasta savea
Savonlahti 2	1,21	0-112 cm ruskea hienojakoinen aines
		112-132 cm ilmeisesti suhteellisen puhtaanaoloista hopeanharmaata savea
Savonlahti 3	0,93	0-252 cm ruskea hienojakoinen aines
		252-262 cm vaaleanruskea, hienojakoinen aines
		262-288 cm ruskea aines, epäsäännöllisin välein ??? (ks. Valokuvasta) kerroksia

**Taulukko 12.** Puruveden Savonlahden havaintopaikkojen 22, 4, 5, ja 6 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot.

Hav.paikka	Vesisyv. [m]	Sedimentin ulkonäkö
Savonlahti 22	1,80	0-200 cm hienojakoinen, ruskea, vesipitoinen aines, 171-200 cm:ssä seassa "puusälää"; erityisen runsaasti sitä on 184-187 cm:ssä
		200-300 cm hienojakoinen, ruskea aines, vaihtelevasti tummanruskeita raitoja, 245-248 cm:ssä pienikokoista "puusälää"
		300-460 cm vaaleahkonruskea hienojakoinen aines
		460-500 cm vaaleanruskea hienojakoinen aines, jossa syvemmälle mentäessä tihentyvässä määrin jokseenkin pikimustia ohuita raitoja
		500-529 cm hopeanharmaan aineksen (ts. enimmäkseen ilmeisesti saven) ja harmaan pikimustien raitojen sekoitus
		529-544 cm ilmeisen puhtaasta, hopeista savea
Savonlahti 4	1,90	0-100 cm ruskea, hienojakoinen aines
		100-212 cm ruskea hienojakoinen aines, koko osuudella varsin runsaasti karkeita makrofyyttien (puuaineksen) kappaleita
		212-224 cm hopeanharmaa, puhtaanaoloinen savi
Savonlahti 5	2,38	0-481 cm ruskea hienojakoinen aines, paitsi 391-400 cm ruskehtavan pikimusta aines
Savonlahti 6	1,91	0-200 cm ruskea hienojakoinen aines; poikkeuksena 11-20 cm ruskehtavan pikimusta aines
		200-300 cm mustahkonruskea hienojakoinen aines; 245-300 cm melko runsaasti pieniä puunkappaleita
		300-308 cm mustanruskea, hienojakoinen aines, hiukan makrofyyttien (puun säliä tms.) kappaleita seassa
		308-435 cm ruskea, hienojakoinen aines: 400-435 cm tummahkonruskea aines, 425-443 cm myös ohuita mustia raitoja
		438-443 cm sinertävän vihreä aines
		443-453 cm hopeanharmaa puhtaanaoloinen savi

**Taulukko 15.** Puruveden Savonlahden havaintopaikkojen 7, 8, 9 ja 10 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot kevättalvella 2017.

Hav.paikka	Vesisyvyys [m]	Sedimentin ulkonäkö
Savonlahti 7	2,70	0-200 cm ruskea, hienojakoinen aines
		200-270 cm tummanruskea, hienojakoinen aines, seassa muutamia, ilmeisesti puun paloja
		270-290 cm ruskehtavan harmaata ainesta,
		290-300 cm harmaata ainesta, luultavasti lähinnä savea, seassa runsaasti ohuita himmeänmustia raitoja
		300-391 cm tummahkonruskea, hienojakoinen aines
		391-400 cm hopeanharmaata, ilmeisen puhdasta savea
Savonlahti 8	2,55	0-270 cm hienojakoinen ruskea aines
		270-372 cm syvänruskea hienojakoinen aines
		372-500 cm hienojakoinen ruskea aines
Savonlahti 9	2,07	0-226 cm ruskea, hienojakoinen aines, 178-226 cm seassa myös melko runsaasti puunsälää
Savonlahti 10	2,78	0-44 cm tummanruskea ja hienojakoinen aines; seassa himmeän pikimustia raitoja epäsäännöllisin välein
		44-200 cm ruskea ja hienojakoinen aines
		200-266 cm mustanruskea ja hienojakoinen aines
		266-312 cm ruskea hienojakoinen aines, 300-312 cm seassa myös himmeänmustia ohuita raitoja
		312-400 cm hopeanharmaa, ilmeisen puhdas savi

**Taulukko 16.** Puruveden Savonlahden havaintopaikkojen 11 ja 12, Uuronsalmen havaintopaikkojen 13 ja 14 sekä ulappa-alueen havaintopaikan 15 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot kevättalvella 2017.

Hav.paikka	Vesisyvyys [m]	Sedimentin ulkonäkö
Savonlahti 11	2,26	0-169 cm ruskea, hienojakoinen aines
		169-214 cm tummanruskea, hienojakoinen aines, lisäksi 195-200 cm seassa jonkin verran puusälää
		214-219 cm hiekan ja mustanruskean hienojakoisen aineksen sekoitus
Savonlahti 12	1,37	0-15 cm pikimusta ja erittäin vesipitoinen aines, seassa jokseenkin hajoamaton makrofyttimassaa
		15-23 cm ruskean hienojakoisen aineksen ja hiekan sekoitus
		23-50 cm harmaa hienojakoinen aines, luultavasti lähinnä mineraaliainesta
Savonlahti 13	2,98	0-9 cm harmaata, oletettavasti lähinnä mineraaliainesta

		9-39 cm ruskea, hienojakoinen aines; luultavasti mineraaliaineksen ja orgaanisen aineksen sekoitusta
		39-56 cm tummanharmaa aines
		56-148 cm ruskehtavanmusta hienojakoinen aines, 90-138 cm:ssä vaihtelevasti puusälää, 130-148 cm:ssä seassa hienojakoista mineraaliainesta
		148-165 cm hopeanharmaata, ilmeisen puhdasta savea
Savonlahti 14	1,22	0-7 cm ilmeisen puhdasta hiekkaa
Savonlahti 15	3,57	0-85 cm tummahkonruskeaa hienojakoista, hyvin vesipitoista ainesta, 0-10 cm:ssä vesimakrofyttien jäänteitä
		85-100 cm ilmeisen puhdas savi, jossa runsaasti hyvin ohuita, harmaanmustia raitoja

**Taulukko 15.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikkojen 16, 17 ja 18 pohjasedimentin ulkonäkö ja muut visuaaliset havainnot kevättalvella 2017.

Hav.paikka	Vesisyvyys [m]	Sedimentin ulkonäkö
Savonlahti 16	6,52	0-2 cm ruskea hienojakoinen aines
		2-25 cm ruskehtavan mustaa hienojakoista ainesta
		25-50 cm ruskea hienojakoinen aines
		näyte otettiin Limnos-sedimenttinentimellä, laitteen pituus vain 65 cm
Savonlahti 17	8,09	0-5 cm ruskea hienojakoinen aines
		5-23 cm ruskehtavan musta hienojakoinen aines
		23-55 cm ruskea, hienojakoinen aines
		näyte otettiin Limnos-sedimenttinentimellä, laitteen pituus vain 65 cm
Savonlahti 18	8,41	0-45 cm ruskehtavan mustaa hienojakoista ainesta
		näyte otettiin Limnos-sedimenttinentimellä, laitteen pituus vain 65 cm

**Taulukko 18.** Tummanpuhuvan (pikimusta, tummanruskea, ruskehtavan musta) pinnimmäisen (hopeisen saven yläpuolisen) sedimenttikerroksen kokonaispaksuus Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen havaintopaikoilla keväällä 2017.

Havaintopaikka, sijainnin luonnehdinta	Vesisyvyys [m]	Mineraaliaineksen yläpuolisen ruskean/tumman sedimentin kokonaispaksuus [cm]	Pintasedimentin [0-2 mm] redox-potentiaali [mittauspvm]
Savonlahti 1, pohjoinen	1,08	148	+91 mV [05.04.2017]
Savonlahti 2, pohjoinen	1,21	112	+257 mV [27.03.2017]
Savonlahti 3, pohjoinen	0,93	288	ei mitattu
Savonlahti 22, pohjoinen	1,80	500	ei mitattu
Savonlahti 4, keskinen	1,90	212	ei mitattu
Savonlahti 5, keskinen	2,38	481	+131 mV [29.03.2017]
Savonlahti 6, keskinen	1,91	438	ei mitattu
Savonlahti 7, keskinen	2,70	391	ei mitattu
Savonlahti 8, keskinen	2,55	500	+262 mV [27.03.2017]
Savonlahti 9, keskinen	2,07	226	+166 mV [05.04.2017]
Savonlahti 10, eteläinen	2,78	312	ei mitattu
Savonlahti 11, eteläinen	2,26	214	+271 mV [29.03.2017]
Savonlahti 12, eteläinen	1,37	23	ei mitattu
Savonlahti 13, salmi	2,98	148	ei mitattu
Savonlahti 14, salmi	1,22	0	ei mitattu
Savonlahti 15, ulappa	3,57	85	+297 mV [29.03.2017]
Savonlahti 16, ulappa	6,52	..*	+260 mV [15.03.2017]
Savonlahti 17, ulappa	8,09	..*	+211 mV [15.03.2017]
Savonlahti 18, ulappa	8,41	..*	+299 mV [05.04.2017]

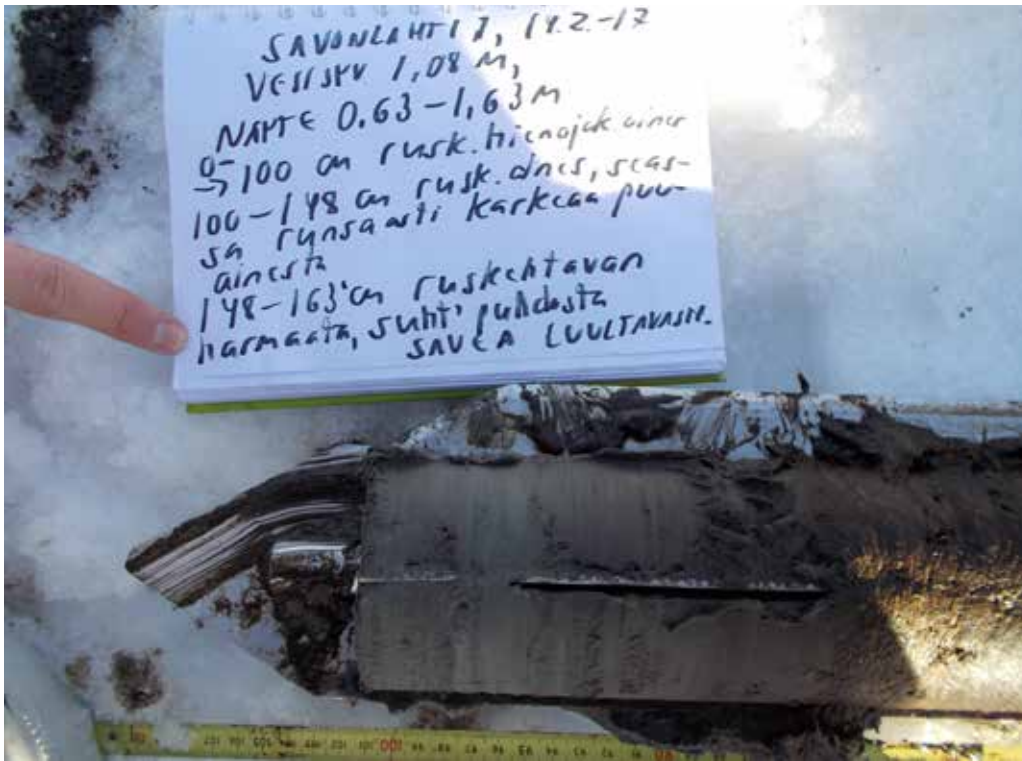
\*Sedimentin kokonaispaksuutta ei voitu mitata suuren vesisyvyyden vuoksi.



**Kuva 19.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 1 sedimenttinäyte 0 – 100 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 20.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 1 sedimenttinäyte 63 – 163 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 21.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 1 sedimenttinäytteen 63 – 163 cm alapäästä kevättävella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 23.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 sedimenttinäyte 32 – 132 cm kevättävella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 22.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättävella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 24.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 sedimenttinäytteen 32 – 132 cm alapäästä kevättävella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 25.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 3 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 27.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 3 sedimenttinäyte 188 – 288 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



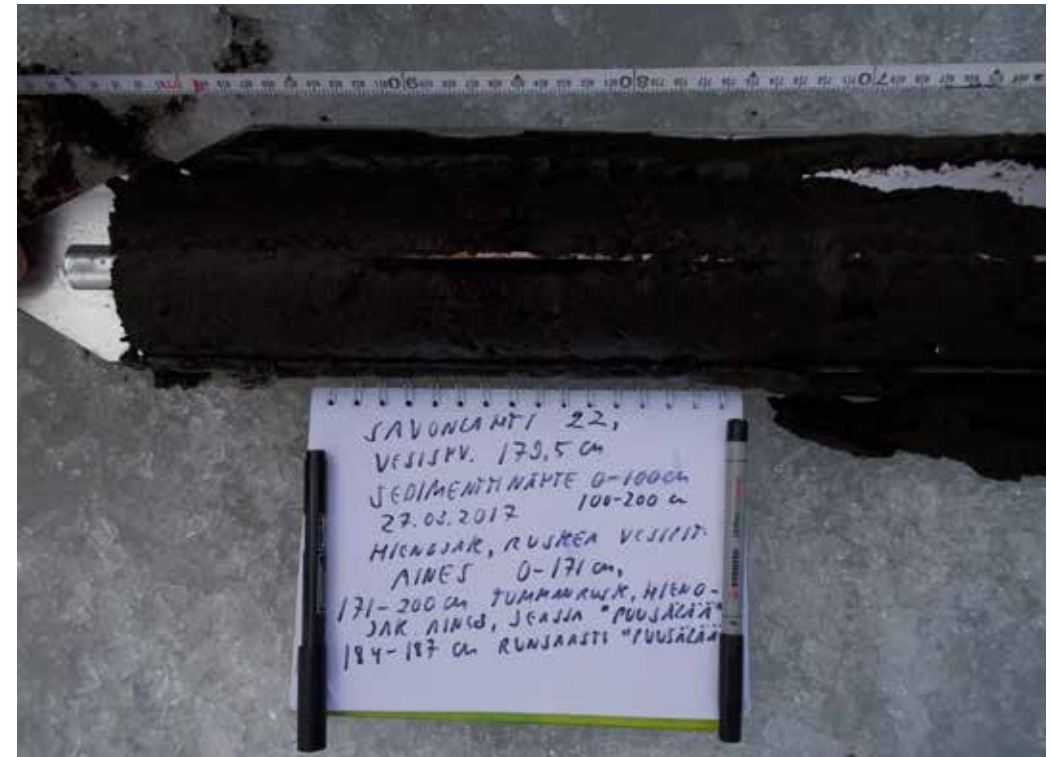
**Kuva 26.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 3 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 28.** Lähikuva Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 3 sedimenttinäytteestä 1,88 – 2,88 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 29.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 31.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 100 – 200 cm alapäästä kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 30.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 32.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 33.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 35.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 444 – 544 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 34.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 22 sedimenttinäyte 400 – 500 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 36.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 4 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.





**Kuva 37.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 4 sedimenttinäyte 100 – 200 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 39.** Lähikuva Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 4 sedimenttinäytteen 124 – 224 cm alapäästä keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 38.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 4 sedimenttinäyte 124 – 224 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 40.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 5 sedimenttinäyte 0 – 100 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 41.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 43.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 42.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 44.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 sedimenttinäyte 381 – 481 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 45.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 47.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 46.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 48.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 49.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäytteen 300 – 400 cm yläpäästä keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 51.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäytteen 353 – 453 cm alapäästä keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 50.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 6 sedimenttinäyte 353 – 453 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 52.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 7 sedimenttinäyte 0 – 100 cm keväällä 2017. Näytteenottimena turvekaira.



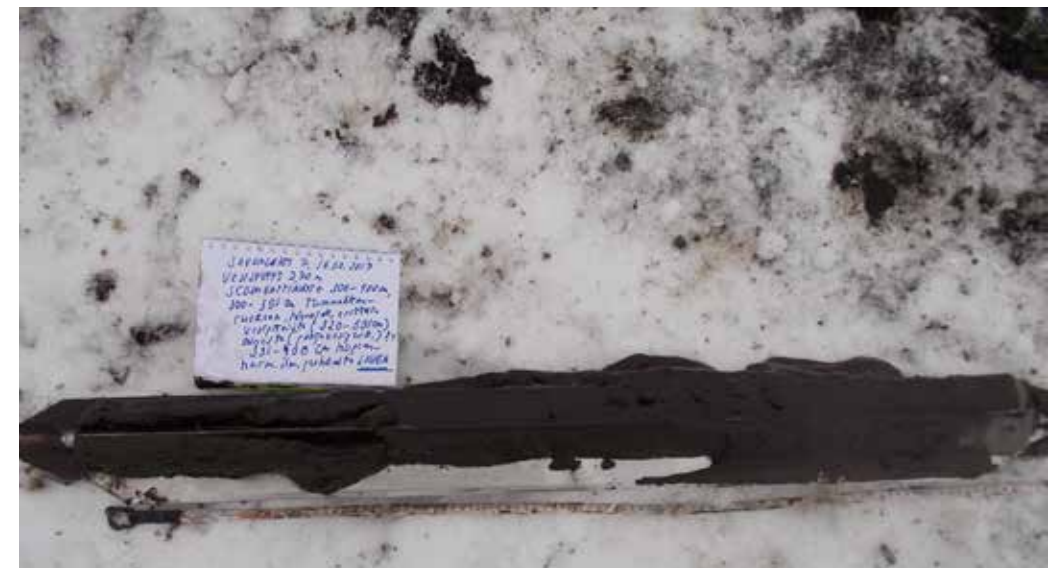
**Kuva 53.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 7 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 55.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 7 sedimenttinäytteestä 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 54.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 7 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 56.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 7 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 57.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



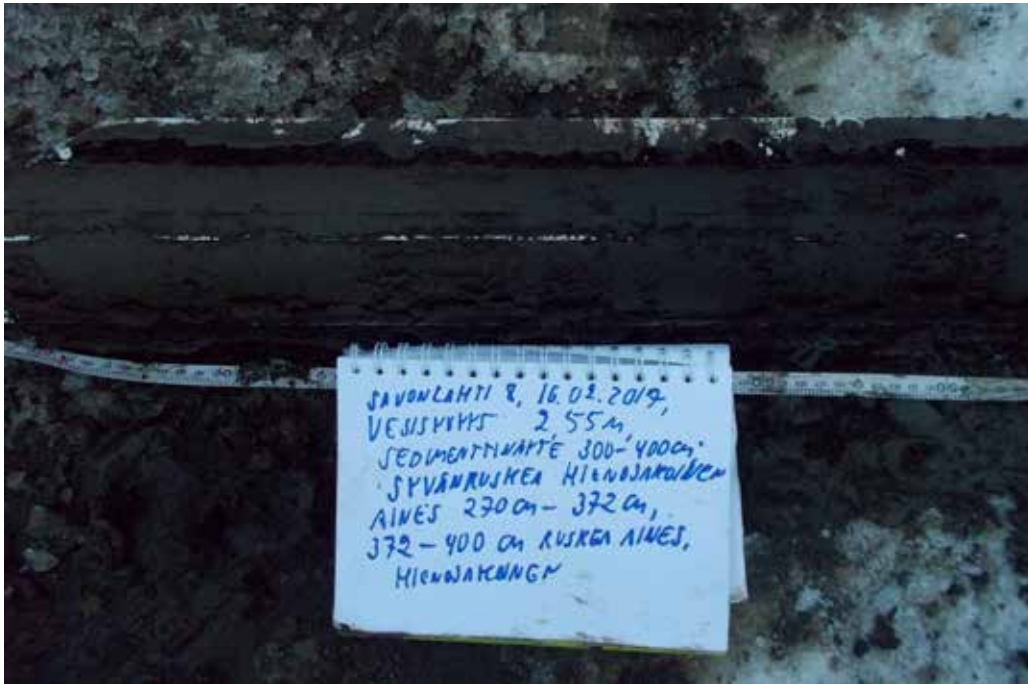
**Kuva 59.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 58.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 60.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 61.** Lähikuva Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäytteestä 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 63.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 9 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 62.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 8 sedimenttinäyte 400 – 500 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 64.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 9 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 65.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 9 sedimenttinäyte 126 – 226 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 67.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 10 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 66.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 10 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 68.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 10 sedimenttinäyte 200 – 300 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.





**Kuva 69.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 10 sedimenttinäyte 300 – 400 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 71.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 11 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 70.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 10 sedimenttinäytteen 300 – 400 cm yläpäästä kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 72.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 11 sedimenttinäyte 100 – 200 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 73.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 11 sedimenttinäyte 119 – 219 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 75.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 12 sedimenttinäyte kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



**Kuva 74.** Lähikuva Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 11 sedimenttinäytteen 119 – 219 cm alapäästä kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira.



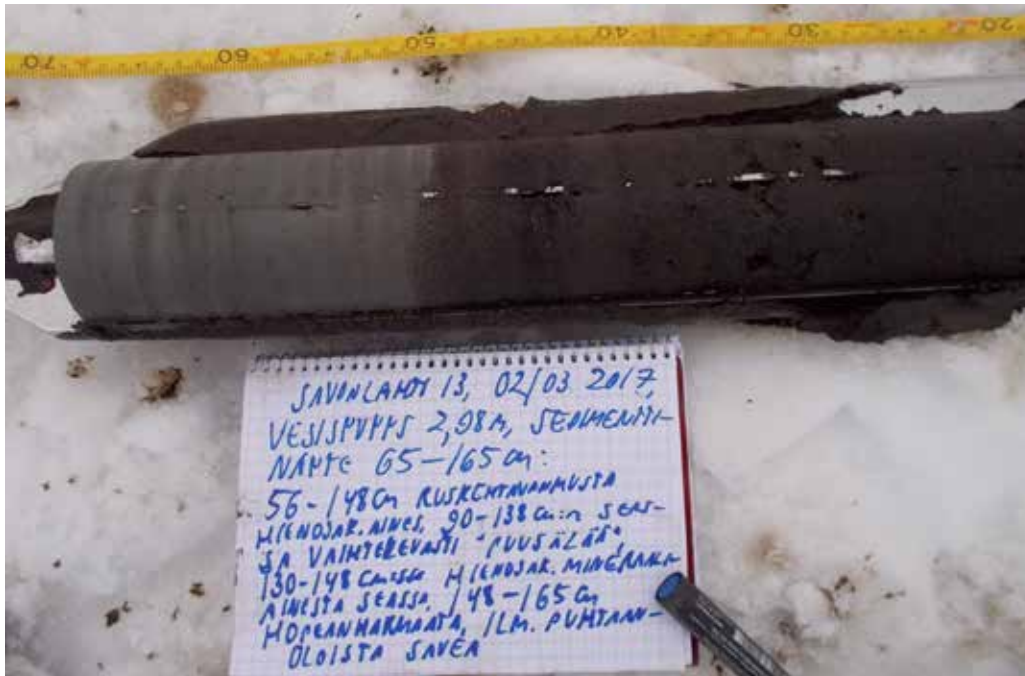
**Kuva 76.** Puruvesen Savonlahden havaintopaikan 13 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira. Havaintopaikka sijaitsee Uuronsalmessa varsinaisen Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välillä (kuva 5).



**Kuva 77.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 13 sedimenttinäyte 65 – 165 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira. Havaintopaikka sijaitsee Uuronsalmessa varsinaisen Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välillä (kuva 5).



**Kuva 79.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 14 sedimenttinäyte kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira. Havaintopaikka sijaitsee Uuronsalmessa varsinaisen Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välillä (kuva 5).



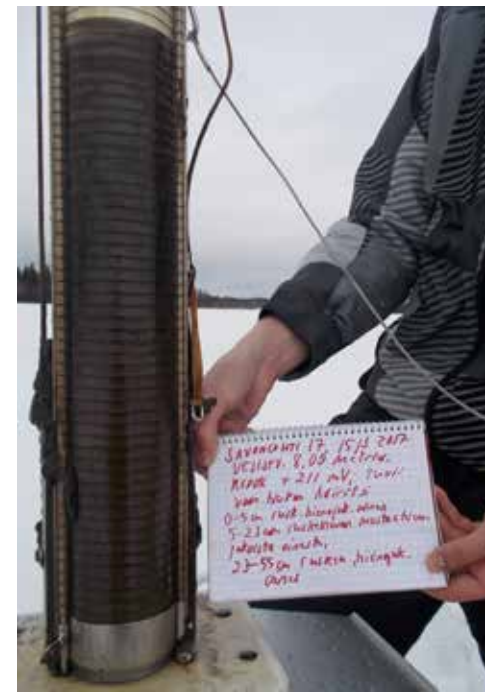
**Kuva 78.** Lähikuva Puruveden Savonlahden havaintopaikan 13 sedimenttinäytteestä 65 – 165 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira. Havaintopaikka sijaitsee Uuronsalmessa varsinaisen Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välillä (kuva 5).



**Kuva 80.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikan 15 sedimenttinäyte 0 – 100 cm kevättalvella 2017. Näytteenottimena turvekaira. Havaintopaikka sijaitsee Puruveden ulappa-alueella aivan Uuronsalmen edustalla.



**Kuva 81.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikan 16 sedimentinäyte kevättalvella 2017. Näytteenottimena viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin.



**Kuva 83.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikkojen 17 ja 18 sedimentinäytteet kevättalvella 2017. Näytteenottimena viipaloiva Limnos-sedimenttinoudin.



**Kuva 82.** Joutsenpari Puruveden Savonlahden luoteiskolkassa huhtikuun lopulla 2017.

### 4.3 PINTASEDIMENTIN HAPETUS-PELKISTYSASTE

**Taulukko 19.** Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen havaintopaikkojen pintasedimentin hapetus-pelkistysaste (redox-potentiaali,  $E_p$ ) keväällä 2017.

Havaintopaikka, sijainnin luonnehdinta	Vesisyvyys (m)	Mineraaliaineksen yläpuolisen tumman sedimentin kokonaispaksuus (cm)	Pintasedimentin (noin 0-2 mm) hapetus-pelkistysaste [ $E_p$ ]
Savonlahti 1, pohjoinen	1,08	148	+91 mV [05.04.2017]
Savonlahti 2, pohjoinen	1,21	112	+257 mV [27.03.2017]
Savonlahti 3, pohjoinen	0,93	288	..
Savonlahti 22, pohjoinen	1,80	500	..
Savonlahti 4, keskinen	1,90	212	..
Savonlahti 5, keskinen	2,38	481	+131 mV [29.03.2017]
Savonlahti 6, keskinen	1,91	438	..
Savonlahti 7, keskinen	2,70	391	..
Savonlahti 8, keskinen	2,55	500	+262 mV [27.03.2017]
Savonlahti 9, keskinen	2,07	226	+166 mV [05.04.2017]
Savonlahti 10, eteläinen	2,78	312	..
Savonlahti 11, eteläinen	2,26	214	+271 mV [29.03.2017]
Savonlahti 12, eteläinen	1,37	23	..
Savonlahti 13, salmi	2,98	148	..
Savonlahti 14, salmi	1,22	0	..
Savonlahti 15, ulappa	3,57	85	+297 mV [29.03.2017]
Savonlahti 16, ulappa	6,52	..	+260 mV [15.03.2017]
Savonlahti 17, ulappa	8,09	..	+211 mV [15.03.2017]
Savonlahti 18, ulappa	8,41	..	+299 mV [05.04.2017]

### 4.4 POHJASEDIMENTIN LABORATORIOANALYYSIT

Puruveden Savonlahden pohjasedimentin näyte laboratorioanalyysijä varten otettiin sedimentin ulkonäön perusteella mahdollisimman edustavalta havaintopaikalta nro 8 20.04.2017, kun ensin kaikkien havaintopaikkojen sedimenttikairaukset oli tehty. Analyysit tehtiin Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen laboratorioissa Tampereella välittömästi näytteenoton jälkeen pakastetusta kokoomanäytteestä 0-50 cm (taulukko 20).

Pohjasedimentin laboratorioanalyysien alkuperäiset tuloslomakkeet eli testausseosteet on esitetty liitteessä 2.

**Taulukko 20.** Puruveden Savonlahden havaintopaikalta nro 8 20.04.2017 otetun pohjasedimentin kokoomanäytteen 0-50 cm laboratorioanalyysit Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen laboratorioissa Tampereella (ks. myös liite 2).

Määrittäminen	Tulos
kuiva-ainepitoisuus	122 g/kg
laboratoriotilavuuspaino	1060 g/l
hehkutusjäännös	92 g/kg
hehkutushäviö	30 g/kg
typpi, sedimentti	1,2 g/kg kuiva-ainetta
fosfori, sedimentti	1,2 g/kg kuiva-ainetta

**Taulukko 21.** Puruveden Savonlahden mustanpuhuvan, puhtaan hopeanharmaan savikerroksen yläpuolisen löyhän pohjasedimentin eräitä perusominaisuuksia kenttä- ja laboratoriomittauksien (analysointi Kokemäenjoen vesiensuojeluyhdistyksen laboratorio, Tampere [liite 2]) perusteella.

Sedimentin tunnusluku	Sedimentin kokonaismäärä (m <sup>3</sup> )	Sedimentin kokonaismassa (kg)	Osuus kokonaismassasta (%)
	1 480 000	1 568 800 000	100,0
Veden osuus		1 377 400 000	87,8
Kuiva-aineen osuus		191 393 600	12,2
Mineraaliaineksen osuus		144 329 600	9,2
Orgaanisen aineksen osuus		47 064 000	3,0

**Taulukko 22.** Puruveden Savonlahden (vesiala 50 hehtaaria) arvioitua kokonaisfosforin ja kionaistypen määrät koko vesimassassa sekä väriltään tummassa, hopeisenharmaan saven yläpuolisessa sedimentissä.

	Kokonaisfosfori (kg)	Kokonaistyyppi (kg)
pohjasedimentti	229 700	229 700
vesi	17	521

#### 4.5 POHJAEÄIMISTÖ

Puruveden Savonlahden ja sen edustan havaintopaikoilta löydettiin yhteensä 16 pohjaeläintaksonin edustajia (taulukot 23 – 25, kuvat 84 – 96). Shannon-Wiener -indeksin arvo vaihteli havaintopaikoittain 0,71 – 1,62 (taulukot 23 - 25).

**Taulukko 23.** Puruveden Savonlahden pohjaeläimistön havainnot näytteenottopaikoilla 2, 5 ja 8 kevättalvella 2017.

Savonlahti 2	Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )								
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Hydrachnidae	Anodonta (kuollut)	Culicidae	Planorbidae	Lymnaea
1	169	0	0	68	0	0	0	0	34
2	117	0	0	39	39	39	156	39	0
3	304	34	68	0	0	0	0	34	0
keskiarvo	197	11	23	36	13	13	52	24	11
Osuus	0,52	0,03	0,06	0,09	0,03	0,03	0,14	0,06	0,03
Shannon-Wiener indeksi 1,62									
Savonlahti 5	Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )								
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Anodonta (kuollut)	Tubifex tubifex	Yhteensä			
1	391	0	0	0	0	391			
2	270	0	203	0	0	473			
3	372	0	0	34	304	710			
keskiarvo	344	0	68	11	101	525			
Osuus	0,66	0	0,13	0,02	0,19	1,00			
Shannon-Wiener indeksi 0,94									
Savonlahti 8	Taksoni (kpl/m <sup>2</sup> )								
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Ceratopogonidae	Anodonta (kuollut)	Yhteensä			
1	439	34	203	68	0	744			
2	304	101	0	0	34	439			
3	507	34	68	0	0	608			
keskiarvo	417	56	90	23	11	597			
osuus	0,70	0,09	0,15	0,04	0,02	1,00			
Shannon-Wiener indeksi 0,96									

**Taulukko 24.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 11 ja sen edustan ulappa-alueen havaintopaikan 14 pohjaeläimistön havainnot keväällä 2017.

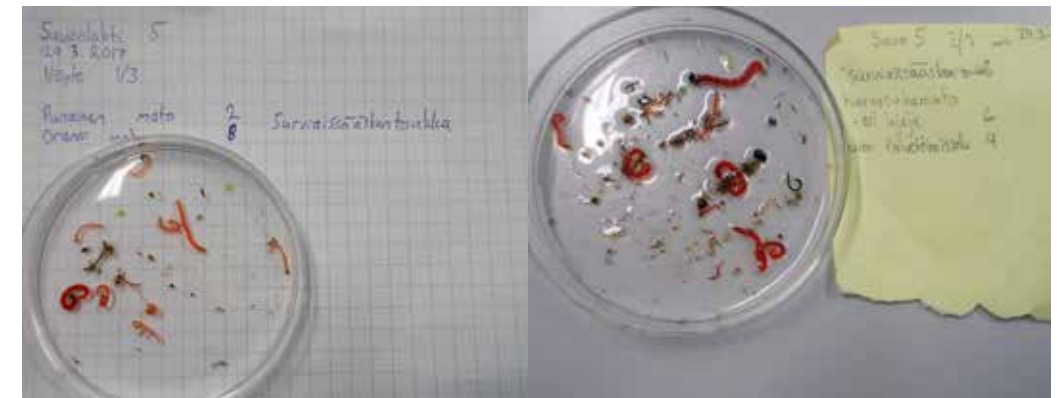
<b>Savonlahti 11</b>		<b>Taksoni (kpl/m<sup>2</sup>)</b>						
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Anodonta (kuollut)	Lymnaea (kuollut)	Tubifex tubifex	Yht.	
1	782	0	0	0	0	156	938	
2	860	39	156	0	0	0	1055	
3	676	0	135	68	68	0	947	
keskiarvo	773	13	97	23	23	52	980	
osuus	0,79	0,01	0,10	0,02	0,02	0,05	1,00	
Shannon-Wiener -indeksi 0,80								
<b>Savonlahti 14</b>		<b>Taksoni (kpl/m<sup>2</sup>)</b>						
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Oligochaeta	Hydrachnidae	Prosobranchia	Trichoptera	Hirudinea	Ephemeroptera	Yht.
1	78	547	156	39	117	39	0	978
2	235	860	196	0	0	39	0	1329
3	235	352	117	0	0	0	156	860
keskiarvo	182	587	156	13	39	26	52	1056
osuus	0,17	0,56	0,15	0,01	0,04	0,02	0,05	1,00
Shannon-Wiener -indeksi 1,33								

**Taulukko 25.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen pohjaeläimistön havainnot näytteenottoaikoilla 15 ja 18 keväällä 2017.

<b>Savonlahti 15</b>		<b>Taksoni (kpl/m<sup>2</sup>)</b>					
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Oligochaeta	Hydrachnidae	Tubifex tubifex	Pelecypoda	Trichoptera	Yht.
1	1172	0	78	0	78	0	1329
2	440	0	0	203	0	34	676
3	2265	270	101	0	0	34	2671
Keskiarvo	1292	90	60	68	26	23	1559
Osuus	0,83	0,06	0,04	0,04	0,02	0,02	1,00
Shannon-Wiener -indeksi 0,71							
<b>Savonlahti 18</b>		<b>Taksoni (kpl/m<sup>2</sup>)</b>					
Rinnakkaisnäyte	Chironomidae	Chaoborus spp.	Oligochaeta	Hydrachnidae	Pisidium sp.	Trichoptera	Yht.
1	575	34	34	68	0	34	744
2	352	0	0	39	0	0	391
3	313	0	0	39	39	39	430
keskiarvo	413	11	11	49	13	24	522
osuus	0,79	0,02	0,02	0,09	0,03	0,05	1,00
Shannon-Wiener -indeksi 0,81							



**Kuva 84.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 rinnakkaisnäytteistä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 87.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 rinnakkaisnäytteistä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 85.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 rinnakkaisnäytteestä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 88.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 5 rinnakkaisnäytteestä III/III ja havaintopaikan 11 rinnakkaisnäytteestä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 86.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 2 rinnakkaisnäytteestä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.

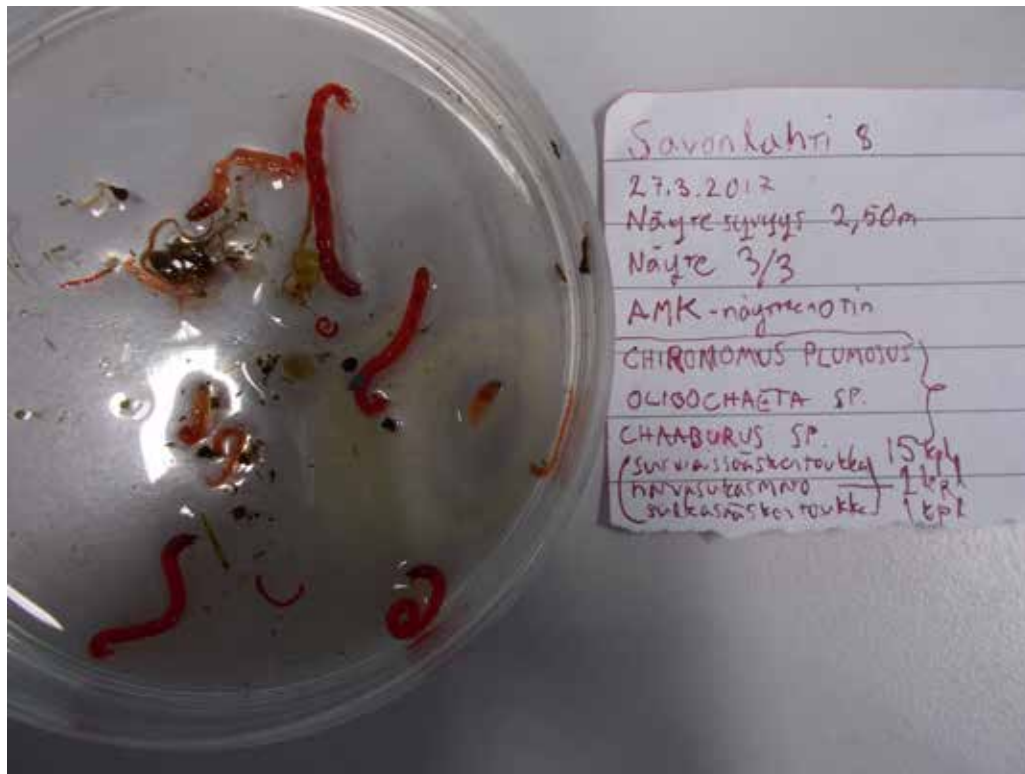




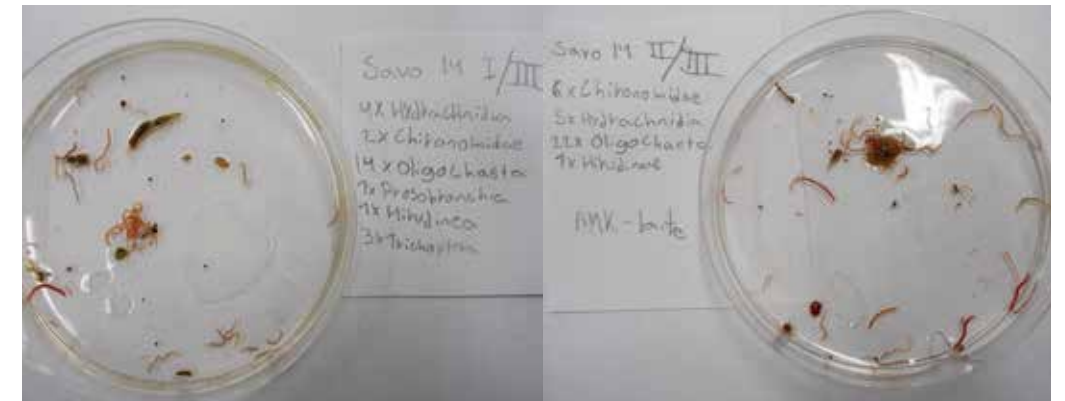
**Kuva 89.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 rinnakkaisnäytteistä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



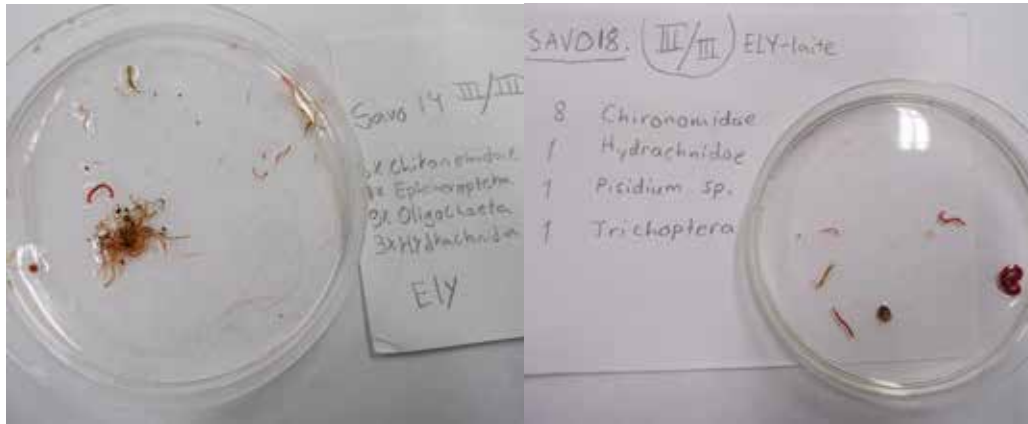
**Kuva 91.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 11 rinnakkaisnäytteistä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



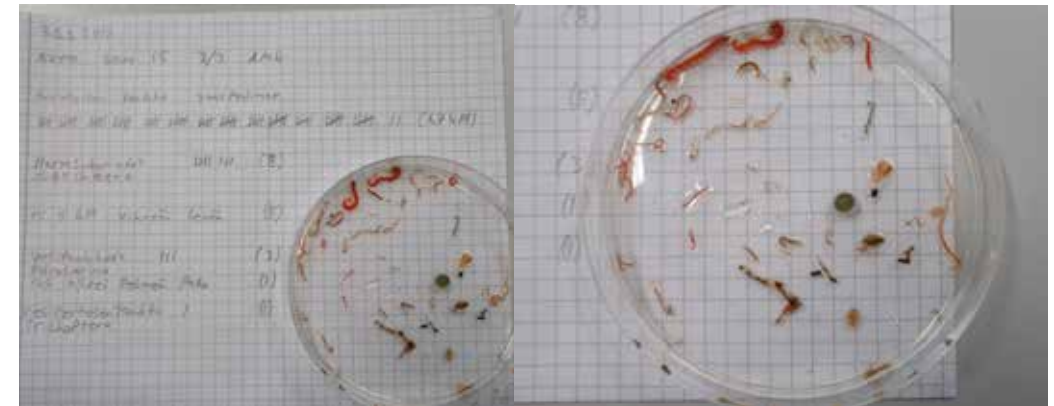
**Kuva 90.** Puruveden Savonlahden havaintopaikan 8 rinnakkaisnäytteestä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 92.** Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välisen Uuronsalmen havaintopaikan 14 rinnakkaisnäytteistä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 93.** Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen välisen Uuronsalmen havaintopaikan 14 rinnakkaisnäytteenä III/III sekä ulappa-alueen havaintopaikan 18 rinnakkaisnäytteenä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 95.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikan 15 rinnakkaisnäytteenä III/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 94.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikan 15 rinnakkaisnäytteenä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.



**Kuva 96.** Puruveden Savonlahden edustan ulappa-alueen havaintopaikan 18 rinnakkaisnäytteenä I/III ja II/III löydetty pohjaeläimet keväällä 2017.

# 5 Tulosten tarkastelu

## 5.1 POHJASEDIMENTIN KOKONAISMÄÄRÄ JA LABORATORIOANALYYSIT

Tummanpuhuvan, ts. pikimustan, tummanruskean tai ruskehtavan mustan ja löyhän sedimentin kokonaismäärä vaihtelee varsin voimakkaasti Savonlahdessa, noin 25...319 cm havaintopaikoilla 1-12 ja 22 (taulukko 18). Keskimäärin aineesta oli runsaasti, 2,96 metriä. Savonlahden lyhyt viipymä ja siis lahteen tuleva suhteellisen suuri virtaama vaikuttavat voimakkaasti sedimentin kinostumiseen ja mineralisoitumiseen (aerobiseen hajoamiseen) yhdessä lahden luontaisten syvyyssuhteiden kanssa.

Keskisen Savonlahden havaintopaikalta 8 otetussa mustanpuhuvassa näytteessä (0...50 cm) veden osuus sedimentin kokonaismassasta oli 87,8 % (122 grammaa / 1 kg tuoretta sedimenttiä) (taulukot 20 ja 21). Kuiva-aineen osuus sedimentin näytteen kokonaismassasta oli siten 12,2 %. Kokonaiskuiva-aineesta mineraaliaineksen osuus oli noin 75 %, ts. mineraaliainesta tuoreessa sedimenttikilossa oli noin 92 grammaa (9,2 %). Loput noin 25 % sedimentin kuiva-aineesta (noin 3 % [30 grammaa] sedimentin kokonaismassasta) oli orgaanista aineesta, kuten humusyhdisteitä, vaihtelevan hajonnutta levä- kasvimassaa yms. (taulukot 20 ja 21).

Savonlahden tummanpuhuvan vesipitoisen sedimentin kokonaismäärä on karkeahkosti arvioituna noin 1 480 000 kuutiometriä (taulukko 21). Sedimentin ominaispaino on 1,06 g/cm<sup>3</sup> ts. 1 sedimenttilitran massa on 1,06 kg. Vastaava sedimentin korkea vesipitoisuus on hyvin tyypillistä Savonlahden kaltaisille voimakkaasti kuormitetuille järviolueille. Tällöin Savonlahden mustanpuhuvan sedimentin kokonaismassa on noin 1,57 miljoonaa tonnia. Tästä vettä on noin 87,8 % eli noin 1,38 miljoonaa tonnia. Kuiva-ainetta sedimentistä on noin 12,2 g/kg eli noin 191 tonnia (taulukko 21). Tämä sisältää kokonaisfosforia karkeasti arvioiden yhteensä noin 229 700 kg. Kokonaistypen vastaava määrä (pitoisuus myös 1,2 g/kg) on sama (taulukko 22).

Savonlahden vesimassassa on kokonaisfosforia noin 17 mg/m<sup>3</sup> [Suomen Ympäristökeskus; vuosien 2012 ja 2015 havaintojen aritmeettinen keskiarvo, taulukko 1] x noin 970 000 m<sup>3</sup>) ≈ 17

kg kokonaisfosforia (taulukko 22). Tämä on noin 0,07 promillea sedimentin sisältämästä kokonaisfosforin määrästä.

Kokonaistyyppiä on vesimassassa vastaavasti noin (537 mg/m<sup>3</sup> [Suomen Ympäristökeskus; vuosien 2012 ja 2015 havaintojen keskiarvo, taulukko 1] x 970 000 m<sup>3</sup> ≈) 521 kg (taulukko 22). Tämä on noin 2,3 promillea sedimentin sisältämän kokonaistypen määrästä.

Savonlahden sedimentistä mitattu kokonaisfosforin pitoisuus (1,2 grammaa/1 kg sedimentin kuiva-ainetta) on hyvin tyypillistä suuruusluokkaa vastaaville löyhille ja hyvin vesipitoisille sedimenteille (vrt. taulukko 26). Kokonaistypen vastaava pitoisuus oli Savonlahdessa täsmälleen sama ja selkeästi alhaisempi kuin taulukossa 26 esitettyjen, vaihtelevasti rehevöityneiden järvien aineistossa (vrt. taulukko 26). Kuitenkin typpikuormitus valuma-alueelta Savonlahteen on edelleen korkea (taulukot 35 ja 36, kappale 6.2). Pieneen sedimentin typpimäärään vaikuttaa lähinnä Savonlahden lyhyt viipymä. Typpi tunnetusti sitoutuu ja sedimentoituu suhteellisen heikosti ja kulkeutuu herkästi virtaamien mukana.

Sedimentin sisältämä fosforin ja typen määrä on valtava Savonlahden vesimassan sisältämään ravinmäärään verrattuna. Tämä on luonnollista ja tyypillistä niin karuille kuin hyvin reheville järviöekosysteemeille. Kaikki seisovan veden ekosysteemit toimivat kaikenlaisen aineksen sedimentaatio- ja hajotus- sekä pidätysaltaina. Avaintekijänä on järven vesimassan ja pintasedimentin interstitiaaliveden happipitoisuus. Hapen riittävyys (≈ redox-potentiaalın suuruus) keskeisesti määrää ravinteiden pohjaan sitoutumisen. Järven sietokyvyn määritelmän oleellinen komponentti on järven kyky aerobisissa oloissa hajottaa eli mineralisoida orgaanista aineesta. Järven sietokykyyn vaikuttava keskeinen luontainen tekijä on sen viipymä (järven tilavuus / valuma-alueen pinta-ala), joka keskeisesti määrää sen, kuinka suuren ravinteiden ja orgaanisen aineksen kuormituksen järvi kestää, ts. minkälaisen kuorman järvi kykenee aerobisessa ympäristössä hajottamaan ja sitomaan.

Savonlahden sietokyky on merkittävästi ylittynyt ja osa siihen tulevasta ravinteiden ja muun aineksen kuormasta virtaa edelleen Puruveden ulapalle heikentäen sen sietokykyä ja ekologista tilaa. Tämä ilmenee aivan selkeästi sekä pohjasedimentin, vedenlaadun että pohjaeläimistön mittaustuloksista.

**Taulukko 26.** Eräiden itäsuomalaisten järvien löyhän ja vesipitoisen pintasedimentin kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuuksia (grammoina/1 kg sedimentin kuiva-ainetta) (Tossavainen 1997, 2014, 2016, Haaranen ja Ketolainen 2011).

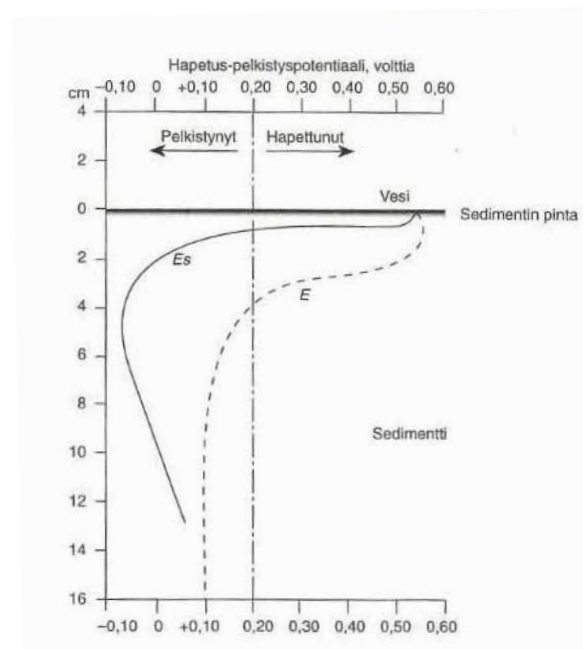
Järvi	Kok. N [g/kg ka.]	Kok. P [g/kg ka.]	Järven tilan yleisluonnehdinta
Jukajärvi (Joensuu ja Kontiolahti)	9,0...11,0	0,75...3,7	mesotrofinen
Kuohattijärvi (Nurmes)	noin 6...12	noin 2...3	oligotrofinen, kuitenkin voimakkaasti hajakuormituksen liettämä pohja
Puruveden Ristilahti (Kesälahti/Kitee)	9,0	0,52	mesotrofinen
Vuonisjärvi (Liekksa)	3,6...6,0	1,2...2,1	eutrofinen
Majalampi (Liekksa, laskee Vuonisjärveen)	6,6	0,51	eutrofinen, matala, vaikeaa hapettomuutta
Verkköjärvi (Liekksa, laskee Vuonisjärveen)	4,7	1,4	mesotrofinen/eutrofinen
Purnulampi (Liekksa, Koli)	11,0...16,0	0,95...1,3	eutrofinen, vaikeaa hapettomuutta
Puruveden Savonlahti (Kerimäki/Savonlinna)	1,2	1,2	mesotrofinen

## 5.2 PINTASEDIMENTIN HAPETUS-PELKISTYSASTE

Savonlahden havaintopaikkojen pintasedimenttien hapetus-pelkistysasteen ( $E_h$ ) havainnot maaliskuun lopulla ja huhtikuun alussa 2017 vaihtelivat +91...+271 millivolttia (taulukko 19). Ulappa-alueella  $E_h$ -arvot (+211...+297 mV) olivat jonkin verran korkeampia (taulukko 19). Yleisesti fosfori pysyy vesistön pohjassa rautaan ja alumiiniin sitoutuneena, kun redox-potentiaali on vähintään +300 millivolttia. Kun  $E_h$  laskee +200 millivolttiin, ferrirauta ( $Fe^{3+}$ ) pelkistyy ferroudaksi ( $Fe^{2+}$ ). Tällöin sekä rauta että siihen sitoutunut fosfori liukenevat veteen ja viimeistään vesimassan täyskierron aikana nämä pohjasta vapautuneet aineet leviävät koko vesimassaan. Tämä on sisäisen kuormituksen perusmekanismi (ks. myös taulukko 27). Ulappa-alueen tilanne havaintoajankohtana, ts. talvikerrosteisuuden lopulla, oli kohtalainen. Savonlahden tilanne on varsin heikko.  $E_h$ -mittausten tulokset ovat johdonmukaisia muiden sedimentin, vedenlaadun ja pohjaeläimistö mittausten kanssa. Korkea ravinteiden ja kiintoaineen kuormitus Kuonanjoen valuma-alueelta Savonlahteen ja sieltä edelleen karummalle ja kirikkaammalle Puruveden ulappa-alueelle kohottaa jatkuvasti koko alueen sisäisen kuormituksen riskiä. Tällöin nimenomaan fosforin vapautuminen pohjasedimenteistä voi mahdollistaa sinileväkukinat.

**Taulukko 27.** Eräitä hapetus-pelkistyspotentiaalia ja sen muutoksia ilmentäviä fysikaalis-kemiallisia ja biologisia tapahtumia vesiekosysteemissä lähinnä Särkkän (1996, 60-62) mukaan mukailtuna.

$E_h$ -arvo [muutos] [mV]	Kemiallinen/biologinen tapahtuma
+520	järvivesi on hapella kyllästynyt
+450 → +400	$NO_3^- \rightarrow NO_2^-$
+400 → +350	$NO_2^- \rightarrow NH_4^+$
+300 → +200	$Fe^{3+}$ [ferrirauta] → $Fe^{2+}$ [ferrouda]
+300 → +200	$FePO_4 \rightarrow Fe^{2+} + PO_4^{3-}$ [järvien sisäisen kuormituksen perusmekanismi]
+240	muikun mädin kehittymiselle alaraja
+100 → +60	$SO_3^{2-} \rightarrow S$
-150	$H_2S$ :ä [rikkivety eli divetyysulfidi] alkaa vapautua pohjasedimentistä
-250	$CH_4$ :a [metaani] alkaa vapautua pohjasedimentistä



**Kuva 97.** Hapetus-pelkistysasteen jakautuminen pohjasedimentin pinnassa oligotrofisessa (E; Ennerdale Water) ja eutrofisessa (Es; Esthwaite Water) englantilaisessa järvestä (Ruttner 1957; siteerannut Särkkä 1996, 61). Eutrofisessa järvestä redox-potentiaali laskee alle +0,20 voltin (+200 millivolttia) jo heti sedimentin pinnan alapuolella.

### 5.3 POHJAEÄIMISTÖ

Pääosa Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen pohjaeläinnäytteistä löydetystä taksoneista ilmentää selkeästi rehevöitynyttä vesistön tilaa (taulukko 28). Uuronsalmen havaintopaikkaa 14 lukuun ottamatta yleisin eläin oli surviaissääsken toukka, jonka osuus eläinten kokonaismäärästä vaihteli 52...83 % (taulukot 23 - 25). Havaintopaikalla 14 yleisin pohjaeläintaksoni oli harvasukamato (56 % kaikista löydetystä eläimistä), joka sekini tyypillisesti ilmentää eutrofista ympäristöä (taulukko 24). Elinympäristönsä suhteen varsin vaateliaasta järvisimpukasta löydettiin ainoastaan muutamalta paikalta kuolleiden eläinten kuoria (taulukot 23 ja 24). Shannon-Wiener -indeksi ( $H'$ ) vaihteli tutkituilla havaintopaikoilla 0,71...1,62 (taulukot 23 - 25). Niiden perusteella pohjaeläimistön biodiversiteetti on erittäin matala ( $H' < 1,48$ ) tai matala ( $H' 1,48...2,22$ ) (vrt. taulukko 10). Savonlahden perukan havaintopaikan 2 ( $H' = 1,62$ ) ja Uuronsalmen havaintopaikan 14 ( $H' = 1,33$ ) pohjat olivat niukimmin liettyneet (taulukot 13 ja 16). Matalassa Uuronsalmessa vesi virtaa vauhdikkaasti Savonlahdelta ulapalle; siitä olivat osittain jäät sulaneet 20.04.2017, kun muualla tutkimusalueella jäätä oli enimmäkseen noin 40 cm. Nämä tekijät kohottavat ainakin osaltaan ko. paikkojen elinoloja pohjaeläimistölle.

**Taulukko 28.** Puruveden Savonlahdesta ja sen edustan ulappa-alueelta keväällä 2017 löydettyjen pohjaeläintaksonien indikaattoriarvo.

Taksoni	Vesiekosysteemin rehevyystaso, jota ilmentää, suosii, sietää
Surviaissääsken toukka [Chironomidae]	Yleensä eutrofia
Sulkasääsken toukka [Chaoborus sp.]	Eutrofia
Harvasukasmato [Oligochaeta]	Yleensä eutrofia
Polttaisen toukka [Ceratopogonidae]	Eutrofia
torvimato [Tubifex tubifex]	eutrofia
Limakotilo [Lymnaea sp.]	Mesotrofia
päiväkorenonn toukka [Ephemeroptera]	oligotrofia
Järvisimpukka [Anodonta cygnea]	Oligotrofia...mesotrofia
Vesiperhosen toukka [Trichoptera]	Oligotrofia
Hernesimpukka [Pisidium sp.]	Oligotrofia
Kiekkokotilo [Planorbidae]	Oligotrofia...mesotrofia
juotikkaat [Hirudinea]	hyvä happitilanne
hyttysen toukka [Culicidae]	eutrofia

### 5.4 VEDENLAADUN MITTAUKSET

Varsinaisen Savonlahden veden nitraattityypen ( $310 - 810 \mu\text{g/l}$ ) pitoisuudet maalisi- ja huhtikuun lopulla 2017 olivat varsin korkeita (taulukot 11 ja 12). Suomen järvihavaintopaikkojen nitraattityypen pitoisuuden keskiarvo on  $92 \mu\text{g/l}$  (Särkkä 1996, 67). Ammoniumityypen pitoisuudet vaihtelivat vastaavasti  $38 - 116 \mu\text{g/l}$  (taulukot 11 ja 12). Suomen järvihavaintopaikkojen ammoniumityypen keskipitoisuus on  $24 \mu\text{g/l}$  (Särkkä 1996, 67). Savonlahden veden mitatut fosfaattifosforipitoisuudet vaihtelivat  $8 - 73 \mu\text{g/l}$  (taulukot 11 ja 12). Suomen järvesien keskimääräinen fosfaattifosforin pitoisuus on noin  $4 \mu\text{g/l}$  (Särkkä, 1996, 65). Keskisen Savonlahden havaintopaikan 8 pohjanläheisen veden fosfaattifosforipitoisuus ( $73 \mu\text{g/l}$ ) oli runsaat viisinkertainen päällysveteen ( $14 \mu\text{g/l}$ ) verrattuna 20.04.2017 (taulukko 12). Tämä ilmensi kohtalaisen voimakasta sisäistä kuormitusta havaintoajankohtana.

Savonlahden edustan ulappa-alueen vastaavat pitoisuudet ( $\text{NO}_3^- -\text{N}$   $30 - 310 \mu\text{g/l}$ ,  $\text{NH}_4^+ -\text{N}$   $31 - 88 \mu\text{g/l}$  ja  $\text{PO}_4^{3-} -\text{P}$   $1 - 18 \mu\text{g/l}$ ) olivat keskimäärin melko selkeästi Savonlahtea pienempiä (taulukot 11 ja 12). Kuitenkin ajoittain ja paikoitellen pitoisuudet olivat korkeahkoja ja ilmentävät Savonlahden rehevöittävä vaikutusta muualle Puruvedeen.

Avovesikaudella perustuotannon toimiessa liukoiset mineraaliravinteet sitoutuvat hanakasti kasviplanktoniin sekä vesi- ja rantamakrofytyteihin ja päällysveteen eli perifytonleviin. Tämä pätee tyypillisesti varsinkin fosfaattifosforiin, josta perustuotannolla on useimmissa järvisämme ankara ”nälkä”, ts. mineraalifosfori toimii tyypillisesti perustuotantoa ensisijaisesti rajoittavana eli minimiravinteena. Mineraalityypen noustessa minimiravinteeksi nimenomaan sinilevät saavat merkittävän kilpailuedun muihin kasviplanktonryhmiin nähden, koska ne ainoana leväryhmänä kykenevät sitomaan ilmakehän tyyppiä. Avovesikaudelta ei toistaiseksi ole liukoisten ravinteiden mittaustuloksia Savonlahdelta (taulukko 1).

Savonlahden veden näkösyvyyden maalisi-huhtikuiset havainnot ( $0,72 - 1,12$  metriä) ovat tyypillisiä polyhumoosille eli erittäin humuspitoisille vesille (taulukot 11, 12 ja 29). Savonlahden edustan ulappa-alueen näkösyvyys vaihteli  $2,61 - 3,35$  metriä (taulukot 11 ja 12). Savonlahden ja sen edustan veden kirkkauteen saattaa myös savisameus osaltaan jossain määrin vaikuttaa.

**Taulukko 29.** Järviveden humoosisuuden luokittelu näkösyvyyden, värin ja kemiallisen hapenkulutuksen perusteella.

Näkösyvyys (m)	Veden väri (mg Pt/l)	Veden COD <sub>Mn</sub> (mg/l O <sub>2</sub> )	Järven humoosisuusaste
< 1,25	> 80	< 5	polyhumoosinen (erittäin humuspitoinen)
1,25...3,5	40...80	5...15	mesohumoosinen (humuspitoisuus keskimääräinen)
> 3,5	< 40	> 15	oligohumoosinen (niukasti humusta)

# 6 Savonlahden kuormitus- ja fosforimallitarkastelu

## 6.1 KOKONAISFOSFORIN ULKOINEN KUORMITUS JA FOSFORIMALLI-TARKASTELU

Kokonaisfosforin, kokonaistypen ja kiintoaineen vuotuiset kuormat (L) Kuonanjoen valuma-alueelta eli Savonlahden kaukovaluma-alueelta Savonlahteen on laskettu yhtälöllä

$$L = C_{\text{kok.P}} \text{ tai } \text{kok. N, keskiarvo}_{2007-2017} [\text{kiintoaine } 2009-2017] * M_{\text{qSuomi}}_{2000-2011} [9,7 \text{ l/s km}^2] * \text{Kuonanjoen valuma-alueen pinta-ala} [57,35 \text{ km}^2] * [3600 * 24 * 365] \text{ s}$$

Lähivaluma-alueen kuormat ja luonnonhuuhtoutumat on arvioitu muista tutkimuksista saatujen tulosten perusteella (taulukot 30, 31 sekä 35 – 38).

Nykyinen kokonaisfosforin vuosikuorma (lähes 700 kg/a) on yli kolminkertainen arvioituun luonnonhuuhtoutumaan (noin 200 kg/a) verrattuna (taulukot 30 ja 31). Luonnonhuuhtoutuma tavoitetasona on jokseenkin teoreettinen, koska se edellyttäisi paitsi Kuonanjärven tulevan kuormituksen puristamista luonnonhuuhtoutuman tasolle, myös Kuonanjärven ilmeisen melko voimakkaan sisäisen kuormituksen tyrehdyttämistä. Teknisesti nämä toimet ovat mahdollisia, mutta yleensä kalliita. Kun Lappalaisen nettosedimentaatiomallilla asetetaan Savonlahden suurimmaksi sallituksi keskimääräiseksi veden kokonaisfosforipitoisuudeksi 20 µg/l ("turvallinen mesotrofinen taso"), saadaan kokonaisfosforin vuosikuormaksi noin 370 kg/a (taulukko 33). Tämä merkitsisi noin 300 kg:n eli noin 45 % vähennysvaatimusta nykyiseen vuosikuormaan.

Lappalaisen malli (Lappalainen 1974, 1977) olettaa järven eräänlaiseksi organismiksi, jossa fosforin nettosedimentaatio muuttuu järveen tulevan kuormituksen ja järven viipymän funktiona. Malli on analoginen klassiseen Michaelis-Mentenin (Monod'n) substraatinotto-kinetiikan malliin verrattuna. Friskin (1978, 1989) nettosedimentaatiomallin modifikaatio

on mallisovite 85 järven aineistolle. Näiden järvien fosforitase on tutkittu ja niiden fosforin nettosedimentaatiokerroin vaihtelee nolasta yli 90 prosenttiin. Mallin sovellusvaatimuksina ovat järven keskisyvyys vähintään 1 metri ja kokonaisfosforipitoisuus korkeintaan 40 µg/l. Tätä rehevimmillekin järville mallia voidaan soveltaa. Mitataan aluksi järven ulkoinen kuormitus. Määritetään mallilla sitä vastaava järven veden keskipitoisuus sekä tutkitaan järven vuotuinen keskipitoisuus. Erotuksen perusteella voidaan arvioida sisäisen kuormituksen voimakkuutta. Voimakkaasta sisäisestä kuormituksesta ei Savonlahdesta ole havaintoja. Havaintoaineisto on kuitenkin niukka, jotta sitä voitaisiin kovin luotettavasti arvioida. Matalille, voimakkaasti liettyneille järville on tyypillistä avovesikaudella tapahtuva fosforin resuspensio sedimentistä vesimassaan. Savonlahdesta pitäisi kertaalleen tehdä vuoden aikana kokonaisfosforimittaukset, jotta keskipitoisuuden arvio olisi luotettava. Toisaalta Kuonanjoen o30 havaintoaineisto on melko tiheä, joten joltisestikin voimme luottaa Lappalaisen mallilla ennustettuun, nykyiseen ulkoiseen kuormitukseen perustuvaan keskipitoisuuteen 35 µg/l (taulukko 33).

Lappalaisen malliin verrattuna yksinkertaisempaa Vollenweiderin ja Dillonin (1974, modifioinut Granberg 1980) mallia käytetään edelleen hyvinkin yleisesti arvioitaessa järven fosforikuorman suuruutta, "vaarallisuutta" (esim. Penttinen ja Niinimäki 2010, 185 – 189). Tämän mallin perusteella Savonlahden "vaaralliseksi kuormaksi" saadaan noin 460 kg kok. P/a (taulukot 33 ja 34). Tämä merkitsisi noin 200 kg:n (noin 31 %:n) vähentämisvaatimusta nykyiseen kokonaisfosforin vuosikuormaan Savonlahteen.

**Taulukko 30.** Kokonaisfosforin nykyinen vuotuinen ulkoinen kuorma Puruveden Savonlahteen.

Kuormituksen lähde	Kg kok. P/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki O30	615	Kuonanjoki O30, ympäristöhallinnon pitoisuusmittaukset 2007-2017 (n = 17)
laskeuma ilmakehästä	2,5	Ympäristön yhdenneytym seurannan alue, Hietajärvi, Lieksa; keskiarvo 2004-2013, 4,9 mg kok.P/m <sup>2</sup> /a [Vuorenmaa 2015]
lähivaluma-alue	49,5	4,5 km <sup>2</sup> * 11 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a [metsätalouden keskimääräinen huuhtoutuma [Kortelainen ym. 2003, 20]]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue [Sallaklampi]	2	0,5 km <sup>2</sup> * 11 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a * 0,34 [pidätysmiskeroin kaukovaluma-alueelle; Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005, laskentaperusteet, VYH 1994]
rannan loma-asunnot	1	6 kpl * 0,18 kg kok.P/asunto/a [Salonen ym. 1992]
<b>yhteensä</b>	<b>670</b>	

**Taulukko 31.** Arvioitu kokonaisfosforin luonnonhuuhtoutuma Puruveden Savonlahteen.

Kokonaisfosforin lähde	Kg kok. P/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki 030	175,3	Kuonanjärvi, havaintopaikka 003 [kok. syv. 3,0 m] 3.3.1966; 1,0 m 10 µg/l ja 2,0 m 5 µg/l; laskennassa käytetty pitoisuutta 10 µg/l [ks. myös taulukko 32]
laskeuma ilmakehästä	2,5	Ympäristön yhdenntyn seurannan alue, Hietajärvi, Lieksa; keskiarvo 2004-2013, 4,9 mg kok.P/m <sup>2</sup> /a [Vuorenmaa 2015]
lähivaluma-alue	24,3	4,5 km <sup>2</sup> * 5,4 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a [keskimääräinen luonnonhuuhtoutuma [Kortelainen ym. 2003, 20]]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue [Salakalampi]	0,9	0,5 km <sup>2</sup> * 5,4 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a * 0,34 [pidätymiskerroin kaukovaluma-alueelle; Vesien-suojelun tavoiteohjelma 2005, laskentaperusteet, VYH 1994]
<b>yhteensä</b>	<b>203</b>	

**Taulukko 31.** Kuonanjärven havaintopaikan 003 (kokonaissyvyys noin 3 metriä) veden kokonaisfosforin ja kokonaistypen pitoisuuksien mittaukset 1966 – 2017 (Poimittu Suomen Ympäristökeskuksen LIITERI/Hertta -ympäristötietojärjestelmästä 27.10.2017). Punaisella maalatut pitoisuudet ovat tyypillisiä selkeästi rehevöityneille eli eutrofisille tai hypereutrofisille järville (vrt. myös taulukot 5 ja 6).

Havaintoajankohta	Näytesyvyys [m]	Kok. P [µg/l]	Kok. N [µg/l]
03.03.1966	1,0	10	..
03.03.1966	2,0	5	500
22.02.1996	1,0	17	840
22.02.1996	2,0	13	910
04.06.1996	1,0	31	620
04.06.1996	2,0	30	700
05.08.1996	0,0-2,0	69	1100
30.01.1997	1,0	15	690
30.01.1997	2,0	16	690
15.07.1997	1,0	40	890
15.07.1997	2,0	41	880
09.09.1997	0,0-2,0	37	830
16.02.2006	1,0	15	990
12.06.2006	1,0	45	1100
26.07.2006	0,0-1,0	83	1800
30.06.2009	1,0	41	940
24.08.2009	1,0	36	510
15.10.2009	1,0	25	800
14.03.2011	1,0	11	890
30.06.2011	1,0	55	980
22.09.2011	1,0	46	1500
20.03.2012	1,0	11	920
17.07.2012	1,0	59	1000
22.08.2012	1,0	34	1000
25.09.2012	1,0	35	1100
09.03.2015	1,0	15	1000
25.03.2015	1,0	12	850
09.07.2015	1,0	65	1000
31.08.2015	1,0	62	1900
30.09.2015	1,0	52	1800
01.03.2017	1,0	9,7	850
01.03.2017	1,0	14*	..
11.07.2017	1,0	55	1300
06.09.2017	1,0	91	1500

**Taulukko 33.** Yhteenvedo Puruveden Savonlahden fosforimallitarkastelusta.

Kok. P-kuorma Savonlahteen	Huomiot kuormituksesta	Kokonaisfosforin nettosedimentaatiokerroin	Savonlahden keskimääräinen kok. P-pitoisuus [ $\mu\text{g/l}$ kok. P]	Laskentayhtälö [ks. Myös taulukko 34]
670	nykyinen kuorma [ks. myös taulukko 30]	7,9 %	35	Lappalainen 1975, 1977, Frisk
203	luonnontila [ks. myös taulukko 31]	2,5 %	11	Lappalainen 1975, 1977, Frisk
368	fosforin sieto [Savonlahden suurimmaksi sallituksi pitoisuudeksi on asetettu "turvallisen mesotrofinen" 20 $\mu\text{g/l}$ ]	4,5 %	20	Lappalainen 1975, 1977, Frisk
263	suurin sallittu kuorma	..	10	Vollenweider ja Dillon 1974, Granberg 1980
461	vaarallinen kuorma	..	20	Vollenweider ja Dillon 1974, Granberg 1980

**Taulukko 34.** Yhteenvedo Puruveden Savonlahden fosforimallitarkastelussa käytetyistä yhtälöistä.

Laskentayhtälö	Yhtälöllä ratkaistava asia	Lähteet
[3] $R = 0,9 \times (c_1 \times T) / (280 + c_1 \times T)$	R = kokonaisfosforin nettosedimentaatiokerroin. Soveltamisedot; järven keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus on korkeintaan 40 $\mu\text{g/l}$ ja keskisyvyys vähintään 1 metri. $c_1 = I/Q$ , jossa I = fosforin vuosikuorma ja Q = MQ kyseiselle vuodelle. $T = V/MQ$ .	Lappalainen 1977, Frisk 1989
[4] $c$ laskennallinen, mallilla ennustettu $= (1-R) I / MQ$	järven laskennallinen keskimääräinen vuosikeskipitoisuus kokonaisfosforille, kun järveen tuleva ulkoinen fosforin vuosikuormitus tunnetaan luotettavasti.	Lappalainen 1975, 1977, Frisk 1978, 1990
[5] kokonaisfosforin luonnonhuuhtoutuma 5,4 $\text{kg/km}^2/\text{a}$	maankäytön suhteen luonnontilaisten valuma-alueiden fosforihuuhtoutuma, koko maan tutkimusalueiden keskiarvo. Tämä on huuhtoutuma lähivaluma-alueelta järveen.	Kortelainen ym. 2003, 20.
[6] $I^* = 0,158 MQ / T (c^* T - 280 + \sqrt{78400 - 448 c^* T + c^{*2} T^2})$	$I^*$ = järven fosforin sieto [suurin sallittu kuorma] [tn kok. P/a] $c^*$ = suurin sallittu keskipitoisuus järvessä [ $\text{mg/m}^3$ ]	Lappalainen 1977, Frisk 1978, 1989; yhtälö [6] perustuu yhtälöihin [3] ja [4]
[7] $Y_A = 0,055 \times 0,635 (g/m^2/a) \times (= q_s) = \text{hydraulinen pintakuorma } (m/a) = MQ (m^3/a) / A (m^2)$	$Y_A$ = suurin sallittu kokonaisfosforin kuorma järven sietokykyä ylittämättä. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 10 $\mu\text{g/l}$	Vollenweider & Dillon 1974, Granberg 1980
[8] $Y_D = 0,174 \times 0,469 (g/m^2/a)$	$Y_D$ = järvelle vaarallinen kokonaisfosforin kuorma. Järven kokonaisfosforin keskipitoisuudeksi on asetettu yhtälössä 20 $\mu\text{g/l}$	Vollenweider & Dillon 1975, Granberg 1980



## 6.2 KOKONAISTYPEN JA KIINTOAINEN ULKOINEN KUORMITUS

Nykyinen arvioitu kokonaistypen ulkoinen vuosikuorma Savonlahteen (noin 19 000 kg) on noin kaksinkertainen arvioituun luonnonhuuhtoutumaan (noin 9600 kg/a) verrattuna (taulukot 35 ja 36). Kuonanjoen havaintopaikan o30 kokonaistypen havaintoaineisto on kokonaisfosforin tavoin melko tiheä, joten kuormitusarvio on varsin luotettava.

Kiintoainepitoisuuden havaintosarja on niukka, joten arvio vuotuisesta kiintoainekuormasta (noin 148 tonnia) on karkeahko. Se on runsaat 7-kertainen arvioituun luonnonhuuhtoutumaan (noin 20 tn/a) verrattuna (taulukot 37 ja 38). Kuonanjoen eli välittömästi Kuonanjärvestä lähtevän veden ajoittain korkeat kiintoainepitoisuudet ovat joka tapauksessa poikkeuksellisia järivedelle ja lisäävät liettymistä sekä sisäisen kuormituksen riskiä ja edelleen heikentävät pohjaeläimistön ja kalaston elinmahdollisuuksia Savonlahdessa ja sen edustan ulappa-alueella.

**Taulukko 35.** Kokonaistypen nykyinen vuotuinen ulkoinen kuorma Puruveden Savonlahteen.

Kuormituksen lähde	Kg kok. N/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki 030	17 692	Kuonanjoki 030, ympäristöhallinnon pitoisuusmittaukset 2007-2017 (n = 17)
laskeuma ilmakehästä	165	Ympäristön yhdenntyn seurannan alue, Hietajärvi, Lieksa; keskiarvo 2004-2013, 330 mg kok.N/m <sup>2</sup> /a [Vuorenmaa 2015]
lähivaluma-alue	855	4,5 km <sup>2</sup> * 190 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a [metsätalousmaan keskimääräinen huuhtoutuma [Kortelainen ym. 2003, 20]]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue	71	0,5 km <sup>2</sup> * 190 kg kok.P/km <sup>2</sup> /a * 0,75 [pidättymiskerroin Salakkalammen kaukovaluma-alueelle; Vesiensojelen tavoiteohjelma 2005, laskentaperusteet, VYH 1994]
loma-asunnot	4	6 kpl * 0,66 kg kok.P/asunto/a [Salonen ym. 1992]
<b>yhteensä</b>	<b>18787</b>	

**Taulukko 36.** Kokonaistypen arvioitu luonnonhuuhtoutuma Puruveden Savonlahteen.

Kokonaistypen lähde	kg kok. N/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki 030	8767	Kuonanjärvi, havaintopaikka 003 [kok. syv. 3,0 m] 3.3.1966; 500 µg/l; laskennassa käytetty sitä [ks. myös taulukko 32]
laskeuma ilmakehästä [Hietajärvi 2004-2013]	165	Ympäristön yhdenntyn seurannan alue, Hietajärvi, Lieksa; keskiarvo 2004-2013, 330 mg kok.N/m <sup>2</sup> /a [Vuorenmaa 2015]
lähivaluma-alue	630	4,5 km <sup>2</sup> * 140 kg kok.N/km <sup>2</sup> /a [keskimääräinen luonnonhuuhtoutuma [Kortelainen ym. 2003, 20]]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue	53	0,5 km <sup>2</sup> * 140 kg kok.N/km <sup>2</sup> /a * 0,75 [pidättymiskerroin Salakkalammen kaukovaluma-alueelle; Vesiensojelen tavoiteohjelma 2005, laskentaperusteet, VYH 1994]
<b>yhteensä</b>	<b>9615</b>	

**Taulukko 37.** Kiintoaineen nykyinen arvioitu vuotuinen ulkoinen kuorma Puruveden Savonlahteen. Kuonanjoen havaintopaikan o30 mittaustulosten määrä on merkittävästi pienempi kuin kokonaisfosforilla ja kokonaistypellä. Siten kuormitusarvio on kohtalaisen karkea.

Kuormituksen lähde	Kg kiintoainetta/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki 030	142026	Kuonanjoki 030, ympäristöhallinnon pitoisuusmittaukset 2009-2016 (n = 5)
lähivaluma-alue	5796	[4,5 km <sup>2</sup> ]; metsätalousmaata; 1288 kg/km <sup>2</sup> /a [Tossavainen 2015; Jukajärven valuma-alue 2012]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue	219	[Salakkalampi]; 0,5 km <sup>2</sup> x 1288 kg/km <sup>2</sup> /a X 0,34 [laskentaperuste; Vesiensojelen tavoiteohjelma 2005, VYH 1994]
<b>yhteensä</b>	<b>148 041</b>	

**Taulukko 38.** Kiintoaineen arvioitu luonnonhuuhtoutuma Puruveden Savonlahteen.

Kuormituksen lähde	Kg kiintoainetta/a	Laskentaperusteet ym. lisähuomautukset
Kuonanjoki 030	17534	Kuonanjoki 030; vuosikeskipitoisuudeksi on asetettu 1,0 mg/l
lähivaluma-alue	2412	[4,5 km <sup>2</sup> ]; metsätalousmaata; 536 kg/km <sup>2</sup> /a [Ahtiaisen [1991] aineistosta laskettu]
lähivaluma-alueen kaukovaluma-alue	91	[Salakkalampi]; 0,5 km <sup>2</sup> x 536 kg/km <sup>2</sup> /a X 0,34 [kokonaisfosforin sedimentaatiokertoimen laskentaperuste; Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005, VYH 1994]
<b>yhteensä</b>	<b>20037</b>	

Ahtiaisen (1991, 65 - 66) aineistosta laskettuna kiintoaineen luonnonhuuhtoutuma oli keskimäärin 536 kg/km<sup>2</sup>/a. Tällöin keskipitoisuus on noin 1,7 mg/l, kun vuosikeskivirtaamaksi asetetaan 10,2 l/s. Se on vuosien 1961-1990 koko valtakunnan vuosikeskivaluma (Mq = 10,2 l/s km<sup>2</sup>). Ahtiaisen (1991) tulos on Ylä-Karjalan ja Kainuun alueiden pieniltä, ns. Nurmes-tutkimuksen valuma-alueilta. Ne ovat järveltömiä ja lammettomia latvavaluma-alueita. Karuissa ja karuhkoissa, ulkoiselta kuormitukseltaan maltillisissa järvissä kiintoaineen sedimentaatio on hyvin tehokasta ja niiden vesien kiintoainepitoisuudet ovat yleisesti alle 1 mg/l. Siten taulukossa esitetty arvio Savonlahteen päätyvästä kiintoaineen luonnonhuuhtoutumasta on oletettavasti jossain määrin liian suuri.

Salakkalammen valuma-alueelle pidättyvän kiintoaineen, ts. Salakkalampeen tapahtuvan sedimentaation suuruudeksi on arvioitu 66 %. Tämä on Vesiensuojelun tavoiteohjelma 2005:n kokonaisfosforin kaukovaluma-alueen pidättymiselle käytetty keskimääräinen kerroin (Vesi- ja ympäristöhallitus 1994).

## 7 Johtopäätökset

Puruveden Savonlahden pohjaan on kertynyt runsaasti sen sietokyvyn ainakin ajoittain ylittävää löyhää ja hyvin vesipitoista, heikosti mineralisoitunutta sedimenttiä. Sedimentin fosforin ja myös typen varastot ovat musertavan suuria järviveteen verrattuna, ja heikosti hajonneen sedimentin aiheuttama kohonnut hapenkulutus ajoittain kiihdyttää sisäistä kuormitusta eli ravinteiden ja myös eräiden raskasmetallien vapautumista järven pohjasta. Heikko Savonlahden pohjan fysikaalis-kemiallinen tila luo heikot elinolot pohjaeläimistöille, joka lajistoltaan on suppea. Tämä ei edesauta hyvin runsasta särkikala- ja pikkuahvenvaltaista kalastoa, joka tahtomattaan voi heikentää lahden tilaa syömällä ja siten mineralisoimalla nälissään myös pohjasedimenttiä. Kalastorakenne on perusteellisesti tutkittu ja raportoitu loppukesällä 2016.

Järven sietokyky tarkoittaa yleisesti sitä, että järveen tuleva kuormitus on niin maltillinen, että järvi ennättää hapekkaissa oloissa hajottaa, mineralisoida, valuma-alueelta ja järven omasta tuotannosta tulevan eloperäisen aineksen niin tehokkaasti, että järven pohjan happitilanne on riittävän hyvä pidättämään ravinteet pohjassa. Esimerkiksi fosfori saostuu tällöin hapettuneen ferriraudan (myös usein alumiinia ja -OH-ryhmiä) kanssa järven pohjaan. Savonlahti on ympäröivältä maastoltaan laakea, tuulille ja siten vesimassan ja sedimentin hapettumiselle varsin altis järviällä, mutta aikoinaan vallinneen ja edelleenkin korkean valuma-alueelta tulevan kuormituksen ja lahden mataluuden (pienen vesitilavuuden) vuoksi lahti on raskaasti liettynyt. Varsin voimakkaasti rehevöitynyt ja selkeästi ajoittain merkittävästi sisäkuormitteinen Kuonanjärvi laskee vetensä ja ainevirtaamansa lyhyttä ja uittoväyläksi aikoinaan perattua Kuonanjokea myöten Savonlahteen. Osa Savonlahteen tulevasta ulkoisesta ja ajoittain itse lahden sisäisestä ravinnekuormasta puolestaan virtaa huomattavasti kirkkaammalle ja karummalle Puruveden ulappa-alueelle. Varsinkin helpommin huuhtoutuvien liukoisten mineraaliravinteiden kuorma Savonlahdesta ulapalle kiihdyttää rehevöitymistä, kuten makrofyyttien kasvua ja leväkukintojen todennäköisyyttä.

Savonlahden pohjan ja koko ekosysteemin tilaan myönteisesti vaikuttavina kunnostustoimina voisivat tulla lähinnä kyseeseen pohjan pöyhintä ja biomanipulaatio sekä ruoppaus. Kos-

ka ulkoinen, nimenomaan Kuonanjokea myöten Kuonanjärvestä tuleva ravinteiden ja kiintoaineksen kuormitus on edelleen korkea, kaikki sitä vähentävät keinot ovat oleellisia Savonlahden tilan kohentamiseksi. Tällaisia menetelmiä ovat erilaiset vesiensuojelutekniset rakenteet, kuten kosteikot, laskeutusaltaat, pohjapadot ja pintavalutuskentät. Vesistökuormitusta vähentävät, vesistöä kunnioittavat käytänteet maa- ja metsätaloudessa sekä haja- ja loma-asutuksessa ovat oleellisen tärkeitä. Itse Savonlahdessa tehtävien mahdollisten kunnostustoimien hyöty jää aikaa myöten vähäiseksi ja mitätöityy, mikäli valuma-alueen kuormitus jatkuu korkeana. Haastavaksi Savonlahteen kohdistuvan kuormituksen vähentämisen tekee edellä mainittu aivan ilmeinen suhteellisen voimakas Kuonanjärven sisäkuormitteisuus, joka olisi saatava tyrehymään. Kuonanjärven tuleva nykyinen ulkoinen kuormitus on selvitettävä. Kyse on siis myös Puruveden ulappa-alueen rehevöitymishaittojen torjunnasta, koska Kuonanjoen suhteellisen suuri valuma-alue puskee vetensä ja ainevirtaamansa Savonlahden lyhyen viipymän kautta Puruveden ulapalle.

Vesipitoisen, orgaanista ainesta sisältävän sedimentin määrä vaihtelee hyvin voimakkaasti Savonlahdella. Siten ainakin suppeammat ruoppaukset voisivat tulla Savonlahdella kyseeseen. Toki laajemmatkin ruoppauksetkin edistäisivät Savonlahden tilaa, mutta hyvin vesipitoisen sedimentin poisto esimerkiksi imuruoppaamalla on yleisesti varsin kallista toimintaa. Esimerkiksi muutama vuosi sitten Tohmajärven Vääränlahdesta imuruopattiin aivan vastaavaa, hyvin vesipitoista sedimenttiä noin 38 000 m<sup>3</sup>. Ruoppauksen kustannukset olivat yli miljoona euroa (Karjalainen 2013). Tasan miljoonan euron kustannuksilla tämä merkitsi yhden kuutiometrin ruoppauksen kustannukseksi noin 26 euroa. Tämä on imuruoppauksen kokonaiskustannuksille ilmeisen tavanomaista suuruusluokkaa. Tällaisen hyvin vesipitoisen liejumaisen sedimentin, ainakin laaja-alaisen ruoppauksen jälkeiseksi tukitoimeksi suositellaan yleisesti hapetusta. Savonlahden lyhyt viipymä ja siten siihen valuma-alueelta tuleva suuri virtaama voisi luontaisesti rauhoittaa lahden tilaa ruoppauksen jälkeen. Ennen ruoppausta on oleellisen tärkeää mitata ruopattavan alueen sedimenttikerroksen paksuus ja pohjan topografia. Tällöin voidaan etukäteen arvioida ruoppauksesta saatava hyöty ja etenkin mahdollinen ruopatun alueen uudelleen täyttymisen riski. Tämä koskee yhtä lailla myös aivan pieniä ruoppauksia. Mainittakoon, että nykyinen vesilaki (2011) mahdollistaa enimmillään 500 m<sup>3</sup>:n ruoppauksen ilmoitusmenettelyllä alueelliselle ELY-keskukselle. Suuremmat ruoppaukset tai esimerkiksi mahdolliset ruopattavan sedimentin merkittävät haitta-aineet vaativat aluehallintoviraston luvan.

Mekaanista pohjanpöyhintää on kokeiltu 1990-luvulta lähtien. Esimerkiksi Limnologitointo Vesi-Eko Oy:n kokemukset erittäin huonokuntoisten järvien pohjanpöyhinnästä spesifillä laitteistolla ovat olleet rohkaisevia. Limnologi, MML Paavo Seppänen Suomen Ympäristökeskuksesta kehotti SYKE:n Vesistökuormituksen koulutuspäivillä 07.11.1996 mm. "...pöyhimään pohjalietettä laaja-alaisesti syystäyskierron aikana vetelemällä mitä tahansa laahainta veneen perässä pitkin ja poikin sillä alueella, missä päällysvesi ulottuu pohjaan." Nurmeksen Kuohattijärven kunnostushankkeessa FM Jani Karjalainen tutki pro gradu -työssään raivausnuottauksen pöyhinnän vaikutuksia muikun ja siian mädin selviytymiseen koko talven yli (Karjalainen 1998). Raivausnuottauksella pyrittiin hajottamaan ja hapettamaan löyhää orgaanista, happea kuluttavaa sedimenttiä, joka oli tuhoisaa muikun ja siian mädille. Opinnäytetyön tulokset olivat erittäin rohkaisevia. Aiemmin maineikkaasta muikkujärvestä muikkukanta oli käytännössä kadonnut soiden uudisojitusten ja muiden metsätaloustoimien myötä. Järven veden happitilanne oli 1990-luvulla hyvä, mutta turveliejumainen mustanpuhuva sedimentti heikensi sedimentin hapekkuutta merkittävästi. Tällöin raivausnuottauksella pyrittiin väkivaltaisesti särkemään omassa rauhassaan kerrostunut sedimentti ja kiihdyttämään sen aerobista hajoamista. Kuohattijärven valuma-alueen maankäyttö oli valtaosin metsätaloutta

ja hyvin vähäisessä määrin maataloutta. Siten sedimentin merkittävästä haitallisista aineista ei ollut pelkoa. Kuohattijärvellä raivausnuottaus ulotettiin lähes 10 metrin syvyyteen.

## Lähteet

Ahtiainen, M. 1991. Avohakkuun ja metsäojituksen vaikutukset purovesien laatuun. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja nro 45, Sarja A.

Ekholm, H. 1993. Suomen vesistöalueet. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 126.

Frisk, T. 1978. Järvien fosforimallit. Vesihallituksen tiedotus nro 146.

Frisk, T. 1989. Development of mass balance models for lakes. National Board of Waters and the Environment.

Haaranen, J. ja P. Ketolainen 2011. Kolin Purnulammen kunnostussuunnitelma. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.

Jantunen, R. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto. Syyskuu 2016. Pro Puruvesi ry. Kerimäki, Savonlinna.

Karjalainen. 2013. Ruoppaus ei auttanut. Väärälahti: Vapo siivosi turveliejua yli miljoonalla eurolla. 21.09.2013.

Karjalainen, J. 1998. Pohjan laadun ja pohjanpöyhinnän vaikutukset muikun ja siian varhaiskehitykseen sekä mädin elossa säilyvyyteen. Pro gradu -tutkielma. Soveltavan eläintieteen ja eläinlääketieteen laitos. Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta, Kuopion yliopisto.

Kortelainen, P., Finer, L., Mattson, T., Ahtiainen, M., Sallantausta, T., Kubin, E. ja Saukkonen, S. 2003. Luonnonhuuhtoutuma metsäisiltä valuma-alueilta. Teoksessa: Finer, L., Lauren, A. ja Karvinen, L. (toim.), 2003. Ajankohtaista metsätalouden ympäristökuormituksesta – tutkimustietoa ja työkaluja – seminaari Kolin Luontokeskus Ukko 23.9.2002. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 886, Joensuun tutkimuskeskus, 17-23.

Lappalainen, K. M. 1977. Matemaattisia apukeinoja vesistö tutkimuksen tulosten käsittelyyn. Julkaisussa: Lehmuiluoto, P. O. (toim.). 1977. Fysikaaliset ja kemialliset analyysimenetelmät. Vesi- ja kalatalousmiehet ry, 107-121.

Lappalainen, K. M., Niemi, J. & Kinnunen, K. 1979. A phosphorus retention model and its application to Lake Päijänne. In: Publications of the Water Research Institute, National Board of Waters, Finland, No. 34, p. 60-67.

Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2013. Suomen sadanta- ja valuntatietoja 2000 – 2011. Julkaisematon aineisto. DI Teppo Linjama.

Rautio, S. 2017. Puruveden Savonlahden nykytila sekä alustavat suositukset kunnostustoimenpiteiksi. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Karelia-ammattikorkeakoulu.

Salonen, S., T. Frisk, T. Kärmeniemi, J. Niemi, H. Pitkänen, K. Silvo & H. Vuoristo, 1992. Fosfori ja typpi vesien rehevöittäjinä – vaikutusten arviointi. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja – sarja A, nro 96.

Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö – limnologian perusteet. ISBN 951-662-667-X. Tampere: Gaudeamus.

Tossavainen, T. 1997. Nurmeksen Kuohattijärven pohjasedimenttien laboratorioanalyysit. Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen laboratorio. Julkaisematon aineisto 05.03.1997.

Tossavainen, T. 2011. Kolin Purnulammen limnologinen tila vuonna 2010 kunnostussuunnittelun lähtökohdaksi. Tutkimusraportti. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun julkaisuja C:52.

Tossavainen, T. 2014a. Jukajärven nykytila sekä alustava kunnostus- ja hoitotoimien pohdinta. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C:12.

Tossavainen, T. 2014b. Lieksan Vuonisjärven vedenlaatu, kuormitus, pohjasedimentti, pohjaeläimistö, kalasto ja makrofytyt. Kunnostussuunnittelun esitutkimus. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C:11.

Tossavainen, T. 2016. Puruveden Ristilahden pohjan nykyinen tila – sedimentin laatu ja määrä sekä pohjaeläimistö. Tutkimusraportti. Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisuja C: Raportteja 35.

Vollenweider, R. A. & Dillon, P. J. 1974. The application of the phosphorus loading concept to eutrophication research. Canada Centre for Inland Waters. 42 p.

Vuorenmaa, J. 2015. Ympäristön yhdennetyn seurannan laskeuma-arvot. Hietajärvi, Patvinson kansallispuisto, Lieksa. Suomen Ympäristökeskus. Julkaisematon aineisto.

Liite 1. Puruveden Savonlahden ja sen edustan sekä Kuonanjoen havaintopaikkojen koordinaatit (ETRS-TM35FIN) kevättalvella 2017.

M K UAIUM  
M E WGS 84 100 0,000000E+00 0,000000E+00 0 0 0

H COORDINATE SYSTEM  
U UTM UPS

F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W KUONANJOKI030	35V	618940	6872555	Golf	I	72,8	20.4.2017	15.25.25	4,2 C
F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAV01	35V	620408	6870680	Golf	I	73,6	14.2.2017	09.31.54	1,08 METRIÄ
W SAV02	35V	620477	6870594	Golf	I	76,8	14.2.2017	10.18.35	1,21 METRIÄ
W SAV03	35V	620442	6870552	Golf	I	70,5	14.2.2017	10.43.53	0,93 METRIÄ
W SAV04	35V	620817	6870400	Golf	I	73,1	14.2.2017	12.21.47	1,90 METRIÄ
W SAV05	35V	620732	6870335	Golf	I	73,0	14.2.2017	13.19.24	2,38 METRIÄ
F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAV06	35V	620645	6870326	Golf	I	73,7	16.2.2017	09.38.35	1,91 METRIÄ
W SAV07	35V	620884	6870184	Golf	I	71,0	16.2.2017	12.25.33	2,70METRIÄ
W SAV08	35V	620791	6870153	Golf	I	76,3	16.2.2017	13.45.47	VESISYVYYS 2,55 METRIÄ
F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAV09	35V	620705	6870128	Golf	I	75,8	2.3.2017	09.11.44	VESISYVYYS 2,07 METRIÄ
W SAV010	35V	620916	6869952	Golf	I	72,2	2.3.2017	10.12.39	VESISYVYYS 2,78 METRIÄ
W SAV011	35V	620837	6869922	Golf	I	65,7	2.3.2017	12.45.46	VESISYVYYS 2,26 METRIÄ
W SAV012	35V	620779	6869899	Golf	I	73,0	2.3.2017	13.29.08	VESISYVYYS 1,37 METRIÄ
W SAV013	35V	620968	6869645	Golf	I	72,8	2.3.2017	13.54.07	VESISYVYYS 2,98 METRIÄ
W SAV014	35V	620930	6869605	Golf	I	66,5	2.3.2017	14.41.11	VESISYVYYS 1,22 METRIÄ
F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAV015	35V	621113	6869480	Golf	I	69,3	15.3.2017	08.57.55	3,49 M
W SAV016	35V	621294	6869482	Golf	I	68,3	15.3.2017	10.48.51	VESISYVYYS 6,52 METRIÄ
W SAV017	35V	621502	6869466	Golf	I	70,3	15.3.2017	13.23.59	VESISYVYYS 8,09 METRIÄ
W SAV018	35V	621738	6869412	Golf	I	70,1	15.3.2017	14.11.42	VESISYVYYS 8,41 METRIÄ
W SAV019	35V	622059	6869136	Golf	I	78,2	15.3.2017	15.23.46	VESISYVYYS 11,66 METRIÄ
F ID	Zne	Eastng	Northng	Symbol	T	Alt(m)	Date	Time	Comment
W SAV020	35V	620655	6870122	Golf	I	66,7	23.3.2017	10.16.40	VESISYVYYS 1,49 METRIÄ
W SAV021	35V	620743	6869888	Golf	I	68,4	23.3.2017	10.43.05	VESISYVYYS 1,40 METRIÄ
W SAV022	35V	620568	6870430	Golf	I	69,1	23.3.2017	13.19.43	VESISYVYYS 1,81 METRIÄ
W SAV023	35V	620598	6870452	Golf	I	67,9	23.3.2017	13.27.48	VESISYVYYS 1,60 METRIÄ

Liite 2. Puruveden Savonlahden havaintopaikan nro 8 sedimentin laboratorioanalyysien tuloslomake. (1/2)



TESTAUSSELOSTE 17-10300 1 (2)  
#1  
6.6.2017



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

Tilausno 291528 (X/S), saapunut 23.5.2017, näytteet otettu 20.4.2017

NÄYTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
29742	Sed. 0-50 cm, Savonlahti, Puruvesi

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTEET

Määrittäjä	Yksikkö	29742
*Kuiva-aine	g /kg	122
Laboratoriotilavuuspaino	g/l	1060
*Hehkutusjäänös	g/kg	92
*Hehkutushäviö	g/kg	30
*Typpi, sedimentti	g/kg ka	1,2
*Fosfori, sedimentti	g/kg ka	1,2

Merkintöjen selityksiä: P= määrittäjä kesken, E= ei tehty, ~ = noin, < = pienempi kuin, « = pienempi tai yhtäsuuri kuin, > = suurempi kuin, » = suurempi tai yhtäsuuri kuin.  
\*-merkintä on akkreditoitu menetelmä.

*Heli Orakangas*

Heli Orakangas  
Ymp.asiantuntija(FM)

TIEDOKSI

Pro Puruvesi ry/Jantunen Reijo

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa.  
Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

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

Liite 2. Puruveden Savonlahden havaintopaikan nro 8 sedimentin laboratorioanalyysien tuloslomake. (2/2)

KVVY		TESTAUSSELOSTE	17-10300	2 (2)
		6.6.2017	#1	
<b>MENETELMÄTIEDOT</b>				
Määritys	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (sulussa)			
*Kuha-aine	SFS 3008:1990 (TL25)			
Laboratoriotilavuuspaino	SFS-EN 13040 (TL25)			
*Hehkutusjäähennös	SFS 3008:1990 (TL25)			
*Hehkutushäivö	Laskennallinen (TL25)			
*Tyyppi, sedimentti	Sis. menet. KVYV LA83 (SFS 5505:1988) (TL25)			
*Fosfori, sedimentti	SFS-EN ISO 11885, 2009 (hno3+ICP-OES mittaus) (TL25)			
<b>TUTKIMUSLAITOSTIEDOT</b>				
Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi			
TL25	KVVY/Tampere (FINAS T064)			
<b>MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT</b>				
Määritys	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämysm.	
*Kuha-aine	2017/29742	±10 %	29.5.2017	
Laboratoriotilavuuspaino	2017/29742		24.5.2017	
*Hehkutusjäähennös	2017/29742	±15 %	30.5.2017	
*Hehkutushäivö	2017/29742	±15 %	30.5.2017	
*Tyyppi, sedimentti	2017/29742	±20 %	2.6.2017	
*Fosfori, sedimentti	2017/29742	±15 %	5.6.2017	

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditoim ei koske lausuntoa. Tutkimustulosten saa kopioida vain kokonaan.

Liite 3. Artikkelin Puruvesi-lehdessä 23.03.2017.

**NYT & TÄSSÄ** PURUVESI | TILITILIN 21. MAALISKUUNA 2017




# Pohjasta löytyy järven arkisto

Puruveden Savonlahden pohjassa on jopa viiden metrin kerros ihmisen aiheuttamaa hirttoa. Sedimentti ja vaiuena-aiheen kuormitus määrittävät järven nykytilan.

**Ristilahden pohjassa 270 tonnia fosforia**

**Johtopäätös on: ertä Kuunan-joen ravintaiden vaikutus ei py. sähdy saappalle lahdele.**

**Seurakunnan entuunantokki**

**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...  
**Kuusi** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...  
**Kuusi** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...

**Tutkimuslaitosten ja tutkimuslaitosten**...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...

**Tutkimuslaitosten ja tutkimuslaitosten**...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...

**Tutkimuslaitosten ja tutkimuslaitosten**...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...

**Tutkimuslaitosten ja tutkimuslaitosten**...  
**Ennen** -tyyppinen on ollut Puruveden pohjassa...  
**Terveystieteiden tutkimuskeskus**...

# Puruvedellä Savonlahden tilanne

Puruvesi-seminaari käsittelee kattavasti jo tehtyä ja tulevaa.

Katso tästä KESÄ 2017

Puruveden tilannetta on selvitetty viime vuosina eniten ja tarkasti kuin koskaan aiemmin. Tästä kävi ilmi lauantaina Ruokova lauantai-ilan johdolla Puruvesi-seminaarissa.



Seminaarissa puhuivat yhteisen asian, Puruveden äärellä. Vasemmalta oikealle: Jari Iinonen, Tiina Linnas, Irma Kotari, Juha Maaraanen, Reijo Jantunen, Paula Moenonen, Pekka Soljakka ja Seppo Ollikalainen.

-Sualla oli särkikahojen ja pienten alusten osalta todella onnea. Kahja tuli kokkimäärin 218 kappaletta per kerta ja siitä 100 kappaleita oli särkikahjoja. Määrä kertoo yllätyksellistä vastakaikusta.

**Kokkeiluohjelmassa** todettiin petokahjojen laatuun puutteellisuuden. Seuran puolesta on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

**Vaikuttaa siltä, että liikkeellä ollaan ajoissa. Muutoksia ja rehoitumista on selkeästi tapahtunut suurilla, matalilla lahtialueilla, vähemmän selkivesillä.**

Savonlahdella tapahtuu selkeästi nähtävillä olevia muutoksia. Ne eivät ole pelkkiä muutoksia, vaan ne ovat muutoksia, jotka vaikuttavat kalaston tilanteeseen. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Kalaa pohjii pohjasta vuosittain 70 kiloa per hehtaari, mikä tarkoittaa kokonaisuudessaan noin kolme miljoonaa kiloa kalaa. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

## Jouhenlahden kosteikon rakennustyöt alkuaan syksyllä

Keräsimme Jouhenlahden kosteikon rakennusvaiheita lauantai-ilan johdolla. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Viime kesänä Kirkkorannan pohjoispuolella tehdyn mittaisen kokeilun tulokset ovat erittäin hyviä. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Kosteikon on tarkoitus parantaa joen laadun ja kalaston tilannetta. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Luonon tilannetta on rakennusvaiheissa seurattava tarkasti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Siksi julketaan tänä syksynä Länsi-Suomessa on kirkkorannan pohjoispuolella tehdyn mittaisen kokeilun tulokset ovat erittäin hyviä. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

**Puruvedellä ei ole missään kohdassa tarvetta kemikaalikirjastukselle.**

Mutta vaihtokappaleet Puruvedellä tai Puruveden vesistöissä ei ole tarvetta kemikaalikirjastukselle. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen johtava asiantuntija Paula Moenonen kertoi Kiteen puolella sijaitsevien kosteikoiden suunnittelusta.

Yllätilassa sijaitsevat Myllynevo-Särkikahjojen ja Ruokovaahtojen alueiden suunnittelusta. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Seminaarissa käsiteltiin lauantai-ilan johdolla. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Luonon tilannetta on rakennusvaiheissa seurattava tarkasti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Luonon tilannetta on rakennusvaiheissa seurattava tarkasti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

# huolestuttavin Kalastonhoitomaksua aiotaan nostaa

Kalastonhoitomaksu halutaan ulottaa myös yli 65-vuotiaisiin kalastuksen harrastajiin.



Tarmo Tossavainen selitti huolestuttavimman alueen, Savonlahden tilannetta.



Reijo Jantunen vaihtoi ajatuksia seminaarin vaitton ja Kiteen kaupungin tarpeet tuoneen Karl Kumpulainen ja Esa Lehtinen kanssa.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

## Puruveden vettä pullossa Helsinkiin

Kiteen kaupungin terveystieteiden Puruveden vesinäytteenottoa on seurattu huolellisesti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Kiteen ja Savonlinnan kaupungit ovat Freshabit-järjestelmän Puruveden vesinäytteenottoa on seurattu huolellisesti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Kiteen ja Savonlinnan kaupungit ovat Freshabit-järjestelmän Puruveden vesinäytteenottoa on seurattu huolellisesti. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Katso tästä KESÄ 2017

Kansanedustaja Karl Kumpulainen on valittu lauantai-ilan johdolla. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Vuoden 2016 alusta voimaan astunut uusi kalastuslaki ei ole osittain otettu käyttöön. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Ministeriön mukaan kalastonhoitomaksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Ministeriön mukaan kalastonhoitomaksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

## Kylmyys teki hallaa muikkukannalle

Kalastonhoitomaksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Katso tästä KESÄ 2017

Kalastonhoitomaksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.

Yhteinen maksu on huolestuttavin. Toinen tekijä on erittäin ahkera ja rittämätön työntekijä. Vuonna kalaston ylläpitämiseen.





Karelia-ammattikorkeakoulu teki Puruveden Savonlahden ja sen edustan ulappa-alueen pohjan tilan tutkimuksen kevättalvella 2017 Pro Puruvesi ry:n toimeksiannosta. Savonlahden ja sen edustan sedimentin laatua ja määrää, pohjaeläimistöä ja vedenlaatua selvitettiin yhteensä 20 havaintopaikalta.

Savonlahden pohjaan on kertynyt runsaasti sen sietokyvyn ainakin ajoittain ylittävää löyhää ja hyvin vesipitoista, heikosti mineralisoitunutta sedimenttiä. Sedimentin fosforin ja myös typen varastot ovat suuria järviveteen verrattuna, ja heikosti hajonneen sedimentin aiheuttama kohonnut hapenkulutus ajoittain kiihdyttää sisäistä kuormitusta eli ravinteiden ja myös eräiden raskasmetallien vapautumista järven pohjasta. Heikko Savonlahden pohjan fysikaalis-kemiallinen tila luo heikot elinot pohjaeläimistöille, joka lajistoltaan on suppea. Savonlahden pohjan ja koko ekosysteemin tilaan myönteisesti vaikuttavina kunnostustoimina voisivat tulla kyseeseen pohjan pöyhintä ja biomanipulaatio sekä ruoppaus.

**KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUJA C:48**

ISBN 978-952-275-251-2 | ISSN 2323-6914