
LOPPIJÄRVI

Selvitys järven ulkoisesta kuormituksesta



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Kestävän kehityksen koulutusohjelma

Forssan toimipiste, kevät 2013

Reija Laurila



FORSSA

Kestävän kehityksen koulutusohjelma

Tekijä

Reija Laurila

Vuosi 2013**Työn nimi**

LOPPIJÄRVI Selvitys järven ulkoisesta kuormituksesta

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Vanajavesikeskuksen toimeksiantona Loppijärven ulkoinen ravinnekuormitus ja tutkimustulosten avulla löytää kriittisimmät järveä kuormittavat uomat, joiden varrelle tullaan sijoittamaan järven kunnostushankkeisiin jo budjetoidut laskeutusaltaat ja fosforinerotin.

Työn teoriaosuudessa käsitellään vesiensuojelutyön taustaa Suomessa, pintaveden laatuun vaikuttavia tekijöitä, tutkimustyön kannalta keskeistä laskennallista kuormituslaskelmatekniikkaa ja viestinnän merkitystä vesistötutkimuksessa ja -kunnostuksessa.

Työ suoritettiin kenttäkokein ottamalla vesi- ja virtaamanäytteitä neljä kertaa vuodessa kaikkiaan 22 näytteenottopisteestä. Vesinäytteistä analysoitiin kokonaistyyppi ja kokonaisfosfori sekä muita taustatyön kannalta oleellisia muuttujia. Virtaamamittausten avulla selvitettiin uomien valumaa. Järven ulkoinen kokonaiskuormitus ja valuma saatiin selville laskentamallien avulla. Tausta-aineistona tulosten tulkinnessa käytettiin vesistöalueella tehtyjä aiempia tutkimuksia.

Tutkimustulokset osoittavat, että järveen kohdistuva ulkoinen kuormitus pääravinteiden osalta on yhteensä noin 15 000 kilogrammaa typpeä ja noin 600 kilogrammaa fosforia vuodessa. Tulosten myötä myös epäily järven sisäisen kuormituksen merkityksestä järven tilan heikentäjänä vahvistui. Järvestä pois laskevan Nummistenjoen ravinnekuorma oli noin 60 000 kilogrammaa typpeä ja noin 1 500 kilogrammaa fosforia.

Loppijärven tila on tutkimustulosten perusteella huolestuttava. Järven tilan kehityksen kannalta tulisi jatkaa erityisesti isoimpien lasku-uomien vedenlaadun seuranta ja lisäksi olisi hyvä aloittaa järven sisäisen kuormituksen tutkimustyö. Suunnitellut järven tilan parantamiseen tähtäävät toimenpiteet tulee toteuttaa ja jatkossa kaikki järveen kohdistuvat toimenpiteet tulee tarkoin harkita vesistöasiantuntijoiden ammattitaitoa hyödyntäen. On myös tärkeää jatkaa sidosryhmien kanssa käytävää vuoropuhelua ja harjoittaa hyvää tiedotuspolitiikkaa tunteita herättävän aiheen vuoksi.

Avainsanat Limnologia, vesistökuormitus, typpi, fosfori**Sivut** 46 s. + liitteet 3 s.

Forssa
Degree Programme in Sustainable Development

Author Reija Laurila **Year** 2013

Subject of Bachelor's thesis LOPPIJÄRVI Report on the Outer Load of the Lake

ABSTRACT

This thesis was assigned by Vanajavesikeskus and its purpose was to determine the outer nutrient loading and use the survey results to find the channels that are loading the lake most. The already budgeted settling ponds and a phosphorus isolator will be placed to these channels.

The theory of this thesis is about water protection in Finland and the factors affecting the quality of surface water. It also tells about the key calculatory load calculation and the importance of communication in water research and repair.

The work was executed in the field by taking samples of water and water flow rates four times in one year from 22 sampling points. The total nitrogen, the total phosphorus and other essential variables were analyzed from these samples. Water flow ratings help to determine the run-off of the channels. The outer total load and run-off of the lake were determined with the help of calculation models. Earlier surveys made in this area were used as background information.

The research results show that the outer load against the lake by the primary nutrients is a total of 15 000 kg of nitrogen and about 600 kg of phosphorus in one year. The doubt about the significance of the inner load of the lake as a factor weakening the condition of the lake became stronger because of the results of this survey. The river Nummistenjoki's, which is a channel from Loppijärvi, nutrient load was approximately 60 000kg of nitrogen and 1 500kg of phosphorus.

According to the results, the condition of Loppijärvi is alarming. In order to get the development of the condition of the lake to be more positive, one should continue to observe the quality of the water and it would be good to start researching the inner load of the lake. Actions that have been planned should be executed and in the future all actions done to the lake should be considered carefully and with the help of water experts. It is also important to continue the dialogue with interest groups and uphold good information policy because the subject is rather sensitive.

Keywords Limnology, watershed load, nitrogen, phosphorus
Pages 46 p. + appendices 3 p.

TERMIT

Diffuusio	Ilmiö jossa molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoittaen pitoisuuserot.
Ekosysteemi	Luonnossa yhtenäisen alueen eliöiden ja elottomien ympäristötekijöiden muodostama toiminnallinen kokonaisuus.
Epäorgaaninen	Elottomaan luontoon kuuluva.
Fotosynteesi	Yhteyttäminen, valon käyttö aineenvaihdunnan ylläpitämiseksi. Kasvit ja muut eliöt yhdistävät auringonvalon avulla hiilidioksidi- ja vesimolekyyleja luodakseen sokereita. Sivutuotteena syntyy hapetta.
Hajakuormitus	Kuormitusta joka lähtöisin useista pienistä lähteistä.
Hulevesi	Rakennetuilta alueilta poisjohdettava sade- ja sulamisvesi.
Humus	Tummaa, eloperäistä ainetta, jota muodostuu muun muassa maatumisesta.
Limnologia	Sisävesitutkimus.
Orgaaninen	Elollinen, eloperäinen, luonnosta peräisin oleva.
Rehevöityminen	Perustuotannon kasvu ekosysteemissä.
Sedimentti	Kerrostuva maa-aines.
Sisäinen kuormitus	Vesistön pohjalle kertyneiden ravinteiden vapautuminen takaisin veteen.
Ulkoinen kuormitus	Vesistöön sen ulkopuolelta saapuvat ravinteet, myrkyt ja muut rasittavat aineet.
Valuma	Valunta alueen pinta-alaa kohden.
Valuma-alue	Alue josta vesistö saa vetensä.
Valunta	Virtauksien mukana poistuva vesimäärä.
Vesifaasi	Veden olomuotoalue.
Virtaama	Nestemäärän tilavuus aikayksikössä.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TUTKIMUKSEN TAUSTAA	2
2.1	Sisävedet	2
2.2	Vesiensuojaus	2
2.3	Vedenlaatuun vaikuttavia tekijöitä	4
2.3.1	Kuormituslähteet	5
2.3.2	Ravinteet	7
2.3.3	Säätö	9
2.3.4	Vuodenaajat ja sää	10
2.3.5	Lämpötilakerrostuneisuus	10
2.3.6	Happi ja happikato	11
2.3.7	Järven eliö- ja kasvitoiminta	12
2.4	Vesistön rehevöityminen ja rehevyysluokkien määrittely	12
2.5	Valuma-alue	14
2.6	Laskennallinen ulkoinen kuormitus ja VEPS 2.0	15
2.7	Viestinnän tärkeys vesistökuunnostushankkeissa	15
3	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	18
3.1	Loppijärven sijainti ja ominaispiirteet	18
3.1.1	Aikaisemmat tutkimukset alueella	19
3.1.2	Tutkimuskohteiden valinta	20
3.1.3	Näytteenotto	20
3.2	Tutkimuskohteet	21
4	TUTKITUT VEDENLAADUN MUUTTUJAT	27
4.1	Kokonaistyyppi	27
4.2	Kokonaisfosfori	27
4.3	Sameus	28
4.4	Orgaaninen kokonishiili	28
4.5	Liennut orgaaninen hiili	28
4.6	Typhen nitraatti	28
4.7	Veden virtaama	29
4.8	Veden lämpötila	29
5	TULOKSET	30
5.1	Kokonaistyyppi	31
5.2	Kokonaisfosfori	32
5.3	Muut tutkitut vedenlaadun muuttajat	34
6	POHDINTA	39
7	OMAN OPPIMISEN ARVIOINTI	42
Liite 1	Loppijärven laskennallinen kuormitus Excel-taulukko	
Liite 2	Keskiarvopitoisuudet (µg/l): sameus, liukoinen orgaaninen hiili DOC, orgaaninen kokonishiili TOC ja typhen nitraatti NO ₃ -N-taulukko	

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee Loppijärven ulkoista ravinnekuormitusta. Loppijärvi on keskeinen ja merkittävä järvi Lopen kunnassa Kanta-Hämeessä. Järven tila on puhuttanut kunnassa jo pitkään ja ulkoisen kuormituksen selvitystyölle oli selkeä tarve. Työ tarjottiin Hämeen ammattikorkeakoululle (HAMK) Vanajavesikeskuksen toimeksiantona.

Työn tilaaja, Vanajavesikeskus, on Hämeeseen vuonna 2010 perustettu Hämeen liiton alaisena toimiva suurhanke, jonka taustalla toimii laaja-alainen yhteistyö. Yhteistyötahoja ovat Hämeen seudun kunnat, Hämeen liitto, Kehittämiskeskus Oy Häme, MTK Häme, Helsingin yliopisto, Hämeen ELY-keskus ja Hämeen Sanomat. Vanajavesikeskuksen toimintalinjoina on vesiensuojelu, tutkimus, kunnostus ja hoito, elinkeinoelämä, matkailu ja virkistyspalvelut, kulttuurimaisemat ja luonnon monimuotoisuus, ilmastonmuutoksen hillintä, vaikutukset ja siihen sopeutuminen sekä viestintä. Vanajavesikeskus muun muassa koordinoi useita erilaisia vesistökuunnostusprojekteja Hämeen alueella. (Vanajavesikeskus n.d.).

Loppijärven kuormitus selvityksessä tutkittiin Loppijärveen laskevien ja sieltä poistuvan uoman vesienlaatua vesinäytteenottojen avulla. Selvitystyön ensisijaisena tavoitteena oli löytää järven hyvinvoinnin kannalta kriittisimmät kuormituspisteet, joiden välittömään läheisyyteen tullaan lähitulevaisuudessa sijoittamaan järven kunnostushankkeisiin jo budjetoidut laskeutusaltat sekä fosforinerotin.

Aikataulullisesti selvitystyö oli opinnäytetyönä pitkäkestoinen, koska näytteitä otettiin eri vuodenaikoina otannan kattavuuden varmistamiseksi. Työn keskeisimmät osat olivat vesinäytteenotto, vesinäytteiden tutkiminen, näytteenottotulosten analysointi sekä laskennallisen kuormituksen selvittäminen.

Käytännön työn lisäksi yhtenä tärkeänä osana työn onnistumista oli kommunikointi erilaisten sidosryhmien, ennen kaikkea työn tilaajan, mutta myös muun muassa Lopen kunnan, kuntalaisten, Hämeen ELY-keskuksen, opiskelupaikan ja median edustajien välillä.

2 TUTKIMUKSEN TAUSTAA

Vesistöjen ongelmat syntyvät tiheimmin asutuilla alueilla, ihmisten toiminnasta. On tärkeää ymmärtää että eri vesistötyypit kuten järvet, joet ja kosteikot, ovat omia ekosysteemejään. Ekosysteemien hyvinvointi on riippuvainen siitä, mitä niihin saapuu ja mitä niistä poistuu ja kaikki toiminta valuma-alueella vaikuttaa siihen. Pyrittäessä ekologiseen vesistöhoitoon, tulisi vesistöä puntaroida kokonaisuutena. (Caldecott 2007, 126–127.)

2.1 Sisävedet

Suomen pinta-alasta kymmenesosa on järviä, joita yhdistää puot ja joet. Ihmisen vaikutus näkyy kaikilla vesialueilla happamoitumisena, rehevöitymisena ja saastumisena. Vesistöjä käytetään monella eri tavalla hyödyksi, esimerkiksi vedenottoon, energiantuotantoon ja virkistyskäyttöön. (Lahti & Rönkä 2008, 134.)

Suurin osa Suomen järvistä on pieniä, matalia, happamia ja humuspitoisia, mutta reheviä lintujärviä ja kirkkaita selkävesiä on maassamme myös. Järviä voidaan luokitella happamuuden sekä ravinne-, humusaine- ja kalkkipitoisuuden mukaan. Ravinnetoisuuden mukaan järviä on oligotrofisia, eli niukkaravinteisiä karuja, ja eutrofisia, eli runsasravinteisiä reheviä. Järvivesien tärkeimpiä tuottajia ovat kasviplanktonin levät, syanobakteerit, vesikasvit ja päällylevät, kun taas virtavesissä oma perustuotanto on vähäistä ja ravintoketju alkaa hajottajista. Myös jokiekosysteemi voi olla omavarainen, mikäli vesi on kirkasta, valo pääsee pohjaan asti ja ravinteita valuu ylävirrasta. Virtaveden luonnonympäristöön vaikuttaa yläjuoksun valuma-alueen maankäyttö ja virtaaman voimakkuus. Jokivesistöjen luonnon monimuotoisuutta häiritsevät koskien perkuut kivistä, jokien pakottaminen uusiin uomiin ja turvetuotanto, joka aiheuttaa voimakasta jokiveden samentumista. (Lahti & Rönkä 2008, 135–136.)

2.2 Vesiensuojelu

Suomen pinta-alan 390 903 neliökilometristä on noin yhdeksän prosenttia sisävesiä (Tilastokeskus 2012). Tämä pitää sisällään 187 888 yli viiden aarin kokoista järveä ja lampea sekä 25 000 kilometriä jokia. Vedenpintaa on Suomessa paljon, mutta vettä vain noin 235 kuutiokilometriä, sama määrä virtaa esimerkiksi Amazon-joessa kahden viikon aikana. Suomen vesistöt ovat matalia, koska jääkaudet ovat kuluttaneet kallioperää. Mataluus aiheuttaa sen, että vesistöt ovat herkkiä pilaantumaa: jo pienikin määrä ravinteita, hapanta laskeumaa tai muita haitallisia aineita voi horjuttaa vesiekosysteemiä, kun vettä on vähän. (Suomen ympäristökeskus 2012a.) Sisävesien kautta haitta-aineet päätyvät lopulta myös meriin: Suomenselältä ja suurimmalta osin Maanselkää Pohjanlahteen ja Salpausselältä Suomenlahteen. Pohjoisimmasta Lapista valumavedet päätyvät Jäämereen, itäiseltä Koillismaalta Barentsinmereen sekä Vienanmereen ja Itä-Suomen läänistä valumavedet päätyvät

Laatokan kautta Suomenlahdelle. (Berninger, Tapio & Willamo 1996, 37–38.)

Vesistöjen pilaantumiseen herättiin Suomessa vasta sotien jälkeen 1950-luvulla, mutta aikaisimpia hydrologisia seurantoja ja tutkimuksia tehtiin jo 1800-luvulla. Tutkimuksista ensimmäinen sijoittui Saimaalle, jossa järven veden korkeutta alettiin seurata vuonna 1847 Lauritsalan asteikolla. Seuranta kehittyi ja laajeni tultaessa 1900-luvulle ja vuosisatojen taitteessa tehtiin ensimmäiset vesistöjen tilaa tai niiden eliöyhteisöä kuvaillleet tutkimukset. Alkuun tutkimukset toteutettiin yliopistoissa, mutta vuonna 1908 perustettiin tutkimustoimintaa varten Hydrologinen toimisto vuoden 1899 suurtulvan jälkimainingeissa. (Kettunen, Mäkelä & Heinonen 2008, 9.)

Elinkeinoelämän elpymisen ja monipuolistumisen aikaan alkaen 1960-luvulta vesi- ja vesistötutkimukset yleistyivät ja 1.4.1962 tuli voimaan ensimmäinen vesilainsäädäntö tutkimus- ja seurantavelvoitteineen. Uuden lain myötä vesiensuojeluviranomaiset, maataloushallituksen vesiensuojelutoimisto ja maanviljelysinsinööripöytäalut aloittivat vesitutkimukset ja vesistöjen laatua selvittävät seurannat. Viime vuosikymmenet näytteenoton luotettavuus on lisääntynyt näytteenottomenetelmien ja -käytäntöjen kehityksen sekä näytteenottajien ammattitaidon parantumisen myötä. Nykyisin EU:n vesidirektiivi ohjaa yhä yhdenmukaisempaan ja laadullisesti parempaan vesistötutkimukseen kansainvälisten näytteenostostandardien avulla. (Kettunen ym. 2008, 9.)

Tehokas yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesien käsittely on alentanut pintavesien ja Itämeren kuormitusta, mutta vesien tilassa on yhä parantamisen varaa. Ihmisten toiminta aiheuttaa poikkeuksetta haitallista kuormitusta pinta- ja pohjavesien tilaan. Erilaisia tilaa heikentäviä toiminnan seurauksia ovat luonnonolosuhteista poikkeavat ainevirrat kuten kiintoaines, happea kuluttava, rehevöittävä, happamoittava ja myrkyllinen aines, lämpökuormitus sekä vesiekosysteemien ja pohjavesimuodostumien hydrologisten ja rakenteellisten olosuhteiden muuttaminen. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86 velvoittaa pistekuormittajat osallistumaan vesientarkkailuun, mutta hajakuormituksen osalta arviointi tapahtuu kokeellisesti, laskennallisesti tai erilaisten mallien avulla. Kuormitusta on parhaiten vähennetty teollisuudessa, yhdyskunnissa ja kalankasvatuksessa, kun taas maa- ja metsätaloudessa sekä haja-asutuksessa kuormituksen vähentäminen on ollut hitaampaa ja haasteellisempaa. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Valtioneuvosto hyväksyi 23.11.2006 periaatepäätöksen ”Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015”. Ohjelma koskee sisävesiä, rannikkovesiä sekä pohjavesiä ja siinä määritellään toimenpiteitä joiden tavoitteena on vesistön hyvä tila ja hyvän tilan ylläpitäminen. Periaatepäätös on linjassa alueellisten vesienhoitosuunnitelmien kanssa ja se tukee myös EU:n meristrategiadirektiivin ja Itämeren maiden yhteisen Itämeren suojelua

koskevan toimintaohjelman laatimista ja toimeenpanoa. (Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015 2007, 7–8.)

Sisävesiä pyritään suojelemaan myös erilaisilla suojelualueilla, kuten luonnon- ja kansallispuistoissa sekä lintuvesiin ja rantojen suojeleluohjelmiin perustuvilla suojelualueilla. Suojelualueet eivät kuitenkaan ratkaise rehevöitymis-, pilaantumis- ja säännöstelyongelmia, vaan ongelmien ennaltaehkäisy olisi kaikkein oleellisinta. Myös luonnon elvytystoimenpiteitä, kuten ojien luonnonmukaistamisia, toteutetaan jossain määrin. (Lahti & Rönkä 2006, 142.)

2.3 Vedenlaatuun vaikuttavia tekijöitä

Järvi- ja jokivesien kemiallinen laatu vaihtelee useiden eri tekijöiden mukaan, jotka vaikuttavat joko pitkäaikaisesti tai hetkellisesti. Vaihtelevuutta aiheuttavia tekijöitä ovat sääolosuhteet, valuma-alueen maa- ja kallioperän laatu sekä morfometriset tekijät, järven biologiset toiminnot ja ihmisen aiheuttamat tekijät. Eri ajankohtina järven eri osissa voivat olosuhteet muuttua paljonkin ja erilaiset tekijät vaikuttavat toisiinsa eri tavoin. Edellä mainitusta syystä yhdenkään järven tai joen vedenlaatu ei pysy aina samanlaisena. (Hämeen ELY 2012a.)

Sääolosuhteiden vuosittaiset ja vuodenaikaiset vaihtelut vaikuttavat merkittävästi luonnonvesien laatuun. Näitä vaihteluita ovat mm. sadannan määrä, keväisten sulamisvesien määrä, lämpötila, tuuli, järvien jäätymisajankohta, lumipeitteen paksuus, jääpeitteisen ajan pituus ja valaistusolot. (Hämeen ELY 2012a.)

Ihmisen toimista merkittävimpiä järven tilaan vaikuttavia tekijöitä on hajakuormitus, eli järven valuma-alueen maaperän muokkaus ja lannoitus maa- ja metsätaloudessa sekä haja-asutusalueen jätevesien laskeminen (Lyytimäki & Hakala 2008, 52). Valuma-alueella maa- ja kallioperän laadulla on tästä johtuen iso vaikutus vesistöjen laatuun. Järviältä morfometriset tekijät, kuten järven muoto, koko, järviältä avonaisuus ja syvyyssuhteet vaikuttavat myös. (Hämeen ELY 2012a.)

Erilaisten biologisten toimintojen, kuten hengityksen, fotosynteesin ja eritystoimintojen, määrä ja aktiivisuus järvessä vaikuttavat veden fysikaalisiin ja kemiallisiin tekijöihin. Hyvänä esimerkkinä tiheä planktonvesikasvusto, joka heikentää valon pääsyä veteen ja näin ollen veden pH-luku voi mennä reilusti emäksisen puolelle fotosynteesissä. Biologinen toiminta vaikuttaa myös muun muassa hapenkulutukseen ja ionimuotoisten ravinteiden määrään. (Hämeen ELY 2012a.)

Hiilenkierron kannalta järvet ovat tärkeä osa ekosysteemiä, kun maaekosysteemistä järveen huuhtoutunut orgaaninen aine hajoaa muodostaen ilmastoa lämmittäviä kasvihuonekaasuja: metaania ja hiilidioksidia. Osa hiilestä varastoituu järven pohjasedimenttiin. Hiili esiintyy vesistöissä orgaanisessa ja epäorgaanisessa muodossa. Orgaanista hiiltä tulee järven perustuotannosta tai sitä voi huuhtoutua järven valuma-alueelta, kasvillisuudesta tai maaperästä. Epäorgaanista hiiltä tavataan

järvessä liuenneina karbonaateina, bikarbonaateina tai kaasuina: metaanina tai hiilidioksidina. Maaperän rapautuminen synnyttää bikarbonaattia, mutta hiilidioksidi on seurausta pääasiallisesti orgaanisen aineen hajoamisesta. Epäorgaanisen hiilen pitoisuudet kasvavat asutuilla alueilla maanviljelyksen myötä. (Suomen ympäristökeskus 2010.)

2.3.1 Kuormituslähteet

Merkittävimmät vesistöjen kuormituslähteet ovat maatalouden, metsätalouden ja turvetuotannon kuivatusvedet, yhdyskuntien, teollisuuden ja eläintuotannon jätevedet, kalankasvatuksen sekä haja- ja loma-asutuksen päästöt sekä taajamien, kaivosten ja jätteenkäsittelyalueiden hule- ja kuivatusvedet. Myös järven sisäinen kuormitus voi olla voimakas huonokuntoisesta sedimentistä johtuen, joka taas on usein seurausta pitkäaikaisesta ulkoisesta kuormituksesta. Myös vesistön ympärillä olevat pilaantuneet maa-alueet ovat merkittävä kuormituslähde. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Vesistöjä kuormittavat yllämainittujen lisäksi ilmalaskeuma, joka voi aiheuttaa vesistön happamoitumista, ja luonnonhuuhtouma. Luonnonhuuhtouma tarkoittaa sitä vesistöön kulkeutuvaa ainevirtaa, joka luontaisesti päättyy vesistöön ilman ihmisen toimintaa. (Suomen ympäristökeskus 2011.)

Laaja-alaisimmin vesistöjen tilaa heikentävät haja- ja pistelähteistä lähtöisin oleva rehevöittävien aineiden, fosforin ja typen, kuormitus. Fosforin osalta yli kolme neljäsosaa ja typen osalta puolet ihmisen aiheuttamasta kokonaiskuormituksesta syntyy hajakuormituksesta. Fosforin, kuten myös typen, osalta ihmisen aiheuttama kuormitus ohittaa luonnonhuuhtouman valtakunnan tasolla. (Suomen ympäristökeskus 2012a.)

Suomessa vuonna 2011 pistemäistä kuormitusta syntyi massa- ja paperiteollisuudesta, muusta teollisuudesta, yhdyskunnista, kalankasvatuksesta, turkistarhauksesta ja turvetuotannosta niin että fosforin osuus oli 468 tonnia vuodessa, joka on 11,7 prosenttia kokonaisfosforikuormituksesta, ja typen osuus 15 542 tonnia vuodessa, joka on 22,3 prosenttia typen kokonaiskuormituksesta (Taulukko 1) (Suomen ympäristökeskus 2012b).

Hajakuormitusta syntyi maataloudesta, metsätaloudesta ja haja-asutuksesta josta fosforia oli 3 336 tonnia vuodessa, joka tarkoittaa 83,3 prosenttia kokonaisfosforikuormituksesta ja typpeä oli 45 253 tonnia vuodessa, joka on 65 prosenttia typen kokonaiskuormituksesta. Lisäksi kuormitusta aiheutui laskeumasta arviolta 200 tonnia fosforia, eli viisi prosenttia kokonaisfosforikuormituksesta, ja 8 800 tonnia typpeä, eli 12,6 prosenttia kokonaistypin kuormituksesta, sekä luonnonhuuhtoumasta arviolta 1 600 tonnia fosforia ja 41 500 tonnia typpeä, jonka osuutta ei ole laskettu kokonaiskuormitukseen (Taulukko 1, s. 6). (Suomen ympäristökeskus 2012b.)

Taulukko 1. Ravinnekuormitus päästölähteittäin ja luonnonhuuhtouma (SYKE 2012)

Päästölähteet	Fosfori (t/a)	Typpi (t/a)	Fosfori2 (%)	Typpi(%)
Pistemäinen kuormitus				
Massa- ja paperiteollisuus	156	2 527	3,9	3,6
Muu teollisuus	18	889	0,4	1,3
Yhdyskunnat	155	10 573	3,9	15,2
Kalankasvatus	74	599	1,8	0,9
Turkistarhaus	45	430	1,1	0,6
Turvetuotanto	20	524	0,5	0,8
Pistemäinen kuormitus yhteensä	468	15 542	11,7	22,3
Hajakuormitus				
Maatalous	2 750	39 500	68,7	56,8
Haja-asutus	355	2 500	8,9	3,6
Metsätalous	231	3 253	5,8	4,7
Hajakuormitus yhteensä	3 336	45 253	83,3	65
Laskeuma	200	8 800	5	12,6
Kuormitus yhteensä	4 004	69 595	100	100
Luonnon huuhtouma	1 600	41 500		
Teollisuus, kalankasvatus ja yhdyskunnat v. 2011.				
Tiedot perustuvat VAHTI-tietojärjestelmän tietoihin 28.9.2012.				
Muut päästölähteet ja luonnon huuhtouma SYKEN laskema arvio.				

Järven sisäisen kuormituksen arviointi on hankalaa, koska sedimentin ja veden ainevirta on kaksisuuntainen. Paras tapa on määrittää yhtälön muut tekijät. Yleisimmin sisäisen kuormituksen kasvu pystytään toteamaan siinä vaiheessa, kun tietyn ravinteiden pitoisuus ei laske, tai pahimmillaan kohoa, vaikka ulkoinen kuormitus olisi saatu loppumaan. Kun järven tila on tasapainossa, ravinnepitoisuus pysyy lähes samana, vaikka järveen tulisivatkin enemmän ravinteita, mitä sieltä valuu pois. Tällaisessa tapauksessa järven pohjasedimentti toimii ravinteiden sitojana ja varastona. Hyväkuntoisessa järvessä nettoravennesiirtymä on vedestä kohti sedimenttiä. (Eloranta 2005, 25.)

Järven nopea rehevöityminen voi selittyä sedimenttiin varastoituneiden ravinteiden purkautumisesta takaisin vesifaasiin, johon syynä voi olla diffuusio, sekoitusvirtaukset, tai kalojen aiheuttama pohjan pölyäminen, bioturbaatio. Kun sisäinen kuormitus ylittää sedimentoituvan fosforin määrän, kohoa fosforipitoisuus vedessä, joka taas aiheuttaa tuotannon nopean lisääntymisen jonka myötä kehittyä happikatoja. Tästä syntyy kierre, joka heikentää järven tilaa rehevöitymisellä. (Eloranta 2005, 25.)

Sisäinen kuormitus vaihtelee vuodenaikojen mukaan, ja pahin tilanne on yleensä kevättalvella ja kesäkerrostuneisuuden loppuvaiheessa, kun sedimentin ja tämän päällä olevan vesimassan happitilanne on heikko. Kuormituksen määrä ja merkitys eivät ole vakaita saman järven sisällä, vaan niihin vaikuttavat hapettoman kauden kesto ja sen aikana vapautunut ravinnemäärä. Riippuen järven hapettoman osuuden, esimerkiksi syvänteiden, koosta suhteessa koko järven tilavuuteen, ei sisäinen kuormitus

välttämättä kasva suureksi, mutta mikäli matalassa järvessä laaja ala menee kerralla hapettomaan tilaan, voi sisäisen kuormituksen vaikutus olla todella suuri. (Eloranta 2005, 25.)

2.3.2 Ravinteet

Ravinteella tarkoitetaan kasvin maasta, ilmasta tai vedestä ottamia kasviravinteita, jotka ovat välttämättömiä kasvin kasvun kannalta. Kasviravinteista tärkeimpiä veden tuotannon ja rehevöitymisen kannalta ovat pääkasviravinteet typpi ja fosfori ja niiden epäorgaaniset muodot nitraatti, nitriitti, ammonium sekä fosfaatti. (Särkkä 1996, 64–68.)

Typpi on alkuaine, jota jokainen eliö tarvitsee muun muassa DNA:n ja proteiinien valmistamiseen ja siitä on yleensä pulaa, koska suurin osa eliöistä ei kykene biologiseen typensidontaan. Alkuaineena typpi on useiden ekosysteemien minimiravinne, jonka puute rajoittaa perustuotantoa. (Lahti & Rönkä 2008, 22.) Minimiravinne tarkoittaa suhteellisesti vähiten saatavilla olevaa kasvutekijää, joka määrää kasvien tuotannon suuruuden (Berninger ym. 1996, 71). Typpi eroaa muista ravinteista siinä että se on alkuperältään kaasu, jota on luennut ilmakehästä veteen. Ilmakehästä luennutta tyyppiä kutsutaan molekulaariseksi tyyppiä ja järvessä sitä pystyy hyväksikäyttämään vain eräät sinilevät. Tyyppiä esiintyy vedessä erilaisina orgaanisina yhdisteinä: liuenneina, liukenemattomina ja kolloidisina, tai liuenneina epäorgaanisina yhdisteinä: ammoniumina, nitraattina, nitriittinä, vapaana tyypinä ja ammoniakkinä. (Hämeen ELY 2012b.)

Ammoniumtyppi päättyy vesistöihin typpipitoisten orgaanisten aineiden hajoamistuotteena, lannoitteista ja teollisuuden sekä asutuksen jätevesistä. Tätä typen yhdistettä on myös luonnonvesissä normaalisti kymmenestä muutamaan sataan mikrogrammaa litrassa. Yli 1000 mikrogrammaa litrassa pitoisuudet viittaavat jätevesipäästöihin. Vesistössä ammonium hapettuu nitraatiksi, siihen kuluu happea ja näin ollen myös veden pH-arvo laskee. Järven hapettomissa syvänteissä ammoniumtypen määrä voi olla useita milligrammoja litrassa. Levästä käyttää ammoniumtyppiä ravinteenaan. Veden pH:n kohotessa ammoniumtyppi muuttuu myrkylliseen muotoon, ammoniakiksi, joka voi pahimmillaan johtaa kalakuolemiin, joskin se on vesistöissämme harvinaista vesistöjen luontaisen happamuuden takia. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011a.)

Nitraattityppiä esiintyy luonnonvesissä muutamasta kymmenestä muutamaan sataan mikrogrammaan litrassa. Nitraattityppipitoisuudet, jotka kohoavat useisiin milligrammoihin litrassa, viittaavat jätevesipäästöihin, useimmiten lannoitevalumiin. Mikäli levätuotanto vesistössä on voimakasta, saattaa nitraatti kulua loppuun ja jos myös ammoniumtyppi on lopussa alkaa kehittyä sinileväkukintoja. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011b.) Ammoniumtypestä muodostuu hapettamalla nitraattia, mikäli olosuhteet ovat hapelliset. Jos nitraatti loppuu järven alusvedestä, kehittyy voimakas happivaje. Nitriittityppipitoisuudet luonnonvesissä ovat yleensä pienet ja runsaampi pitoisuus esiintymä viittaa jätevesipäästöihin tai myrkyvaikutuksiin (Pohjois-Pohjanmaan ELY

2011c.) Kokonaistyyppi tarkoittaa veden sisältämän typen kokonaismäärää ja sen mittayksikkö ilmoitetaan $\mu\text{g/l}$. Typpikuormituksen tyypillisimpiä lähteitä ovat maa- ja metsätalous, asutuksen jätevedet sekä turvetuotanto, lisäksi tyyppiä valuu ympäristöön jonkin verran myös teollisuuden jätevesistä. (Hämeen ELY 2012b.)

Fosforia on eliöiden DNA:ssa, solukalvon fosfolipideissä ja solun energiatalousyhdisteissä. Luonnossa fosfori esiintyy lähinnä fosfaatteina ja se on typen ohella minimiravinne. Sitä esiintyy luontaisesti vesistöissä pieninä pitoisuuksina fosforihapon suoloina sekä sitoutuneena erilaisiksi yhdisteiksi. (Lahti & Rönkä 2008, 25.) Apatiitti on tunnetuin luonnon fosforimineraali. Sisävesissä fosfori esiintyy tyypillisesti liuenneena fosfaattifosforina sekä orgaanisena fosforina, eli sitoutuneena kuolleeseen tai elävään eloperäiseen ainekseen. Fosfaattifosforin pitoisuudet ovat alhaisia luonnonvesissä ja suuret pitoisuudet viittaavat suoriin jätevesipäästöihin. PO_2 -ionin tehokas pidättäminen maahiukkasiin estää fosfaattihuuhtoumat pelloilta ja muilta alueilta. Korkeiden fosforipitoisuuksien seurauksena voi olla runsaiden leväkukintojen syntyminen. Fosfaattifosforia ilmenee talviaikaan enemmän, koska kesän kasvukaudella levät hyödyntävät vapaan fosfaatin nopeasti ja näin myös fosfaattia esiintyy enemmän alusvedessä, kuin pintavesissä. (Pohjois-Pohjanmaan ELY 2011d.)

Tuottajat ottavat fosfaatit kasvuympäristöstä, josta ne siirtyvät kuluttajille ja hajottajien kautta takaisin maaperään tai veteen tuottajien uudelleenkäyttöön. Fosforin päätyessä maaekosysteemistä meriin, se varastoituu siellä sedimenttikiviin. Sedimenttikivet voivat nousta maanpinnalle alttiiksi rapautumiselle ja luonnonhuuhtouman mukana fosfori lähtee jälleen liikkeelle. (Lahti & Rönkä 2008, 25.)

Kokonaisfosfori tarkoittaa fosforin eri muotojen kokonaismäärää, jonka vesi sisältää. Fosfori on se ravinne, jonka mukaan järven rehevyystaso määritellään. Kokonaisfosforin mittayksikkö on $\mu\text{g/l}$. Fosforipitoisuudet makeissa vesissä vaihtelevat suuresti karuimpien järvien $5 \mu\text{g/l}$ rehevien, ihmisen kuormittamien järvien $100 \mu\text{g/l}$. Useimpien luonnontilaisten järvien kokonaisfosforipitoisuus on $10\text{--}50 \mu\text{g/l}$. Kokonaisfosforin keskiarvopitoisuus Suomen järvissä on $23 \mu\text{g/l}$ ja uomissa $60 \mu\text{g/l}$. Saman järven pitoisuudet vaihtelevat sääolojen ja vuodenajan mukaan. Fosfori on suurin syy vesistöjen rehevöitymiseen ja se kulkeutuu vesistöihin suurimmaksi osaksi ihmisen toiminnan seurauksena, pääasiassa maa- ja metsätalouden sekä asutuksen jätevesien myötä, mutta myös teollisuudella, turvetuotannolla ja kalankasvatuksella on merkitystä tässä suhteessa. (Hämeen ELY 2011.)

Näiden yllä esiteltyjen ravinteiden lisäksi vesiekosysteemi tarvitsee toimiakseen muitakin ravinteita, kuten piin (Si), joka on typen ja fosforin jälkeen tärkein perustuotantoa rajoittava ravinne vesistöissä. Vesikierrossa pii tunnetaan kuitenkin vielä heikosti, mutta on havaittu, että piin määrä on vähäinen rehevissä vesistöissä. (Suomen ympäristökeskus 2004.)

2.3.3 Säännöstely

Vesistöjen säännöstely tarkoittaa vesistön tai siihen kuuluvan osan vedenkorkeuden muuttamista virtaamaa säätelemällä, patoja ja voimalaitosrakenteita hyödyntäen. Säännöstelyn seurauksena on luonnontilan menettäminen, koska vedenkorkeusvaihtelut eivät noudata enää luontaista rytmiä ja riippuen vesienkäyttömuodosta, säännöstelystä voi olla haittaa tai hyötyä. Alkujaan vesistöjen säännöstely aloitettiin maatalousmaan tarpeen vuoksi, tulvavesiltä suojautumiseksi ja sähköntarpeen tyydyttämiseksi. Nykyisistä säännöstelyistä suurin osa on aloitettu 1950- ja 1960-luvuilla. (Pirkanmaan ELY 2011a.)

Säännöstelyllä kevättalven vedenkorkeudet laskevat ja tulvahuiput pienenevät, alimmat kesävedenkorkeudet taas nousevat, jolloin vedenkorkeuden lasku pienenee ja myös syysvedenkorkeudet nousevat. Säännöstellyissä vesistöissä vedenkorkeuden vuodenaikojen välinen vaihtelu on luonnontilaisia vähäisempää ja säännönmukaisempaa. Kevättalven vedenkorkeuden laskemista kutsutaan kevätkuopaksi ja se on merkittävin muutos verrattuna luonnontilaan. Kevätkuoppaa hyödynnetään energiantuotannossa, koska kuopantekovaiheessa energiantarve on suurimmillaan. Kesävedenkorkeuksien kannalta säännöstelyllä pystytään vaikuttamaan vesistön virkistyskäyttöön siten, ettei vedenkorkeutta lasketa liian alhaiseksi. (Pirkanmaan ELY 2011b.)

Vesistöjen säännöstelyä toteutetaan vesilain mukaisten säännöstelylupien puitteissa. Säännöstelyssä käytetään apuna laskennallisia, sääennusteisiin pohjautuvia vesistömallia, joiden avulla arvioidaan juoksutuksen tarvetta ympärivuotisesti. Vesistömallit eivät kuitenkaan ole täysin luotettavia. Vesiolot voivat muuttua jatkuvasti, eikä kulunut kausi välttämättä kerro mitään tulevasta. Sulamisvesien määrää keväällä voidaan arvioida lumen vesiarvon perusteella, mutta lumen sulamisolosuhteet ja kevätsateet voivat muuttaa kuivaksi ennustetun kevään märäksi. (Pirkanmaan ELY 2011c.)

Vesistön säännöstely vaikuttaa luonnoneliöstöön ja -kasvistoon monin eri tavoin: osa eliöstöstä kärsii säännöstelystä elinalueiden määrän vähenemisellä vedenpinnan alenemisen vuoksi, muun muassa hauki, jonka lisääntymisen kannalta saraikko on keskeistä kasvustoa (Pirkanmaan ELY 2010). Kasvillisuus ja paikallaan elävät pohjaeläimet, esimerkiksi madot ja nilviäiset, kärsivät säännöstelystä enemmän kuin liikkuvat, vain osan elämästään pohjalla elävät eläimet kuten hyönteiset. Lintujen pesinnän kannalta pahinta on nopeat muutokset vedenkorkeudessa, jolloin pesät ovat vaarassa tuhoutua. Rantakasveista ilmaversoiset, kuten kortteikko ja ruovikko, hyötyvät alhaisista vedenpinnoista, kun taas kokonaan vedessä kasvavat, muun muassa saraikko, kapenee alhaisesta vedenpinnasta johtuen, kun sille suotuisa biotooppi on yhä pienempialainen. (Särkkä 1996, 134.)

Säännöstely vaikuttaa myös järven virkistyskäyttöominaisuuksiin. Mikäli vedenkorkeus nousee liikaa, heikkenee rannan virkistyskäyttömahdollisuus ja tulvariski kasvaa. Jos vedenkorkeus laskee liikaa, hankaloituu laiturien käyttö ja veneily. Nykyisin säännöstely on toiminut niin hyvin, ettei haittavaikutuksia virkistyskäytölle juuri ilmene,

mutta mikäli siirryttäisiin luonnonmukaisiin vedenkorkeuksiin, syntyisi vahinkoa rantarakennuksille ja rannoille, joiden korkeustasot on laskettu säännöstelyn mukaan. Pääsääntöisesti säännöstelyssä ovat vastakkain virkistyskäyttö ja luonnonympäristön säilyminen. Säännöstelyllä on vaikea päästä tilanteeseen, jossa tilanteesta hyötyvät luonto ja ihmiset yhtä aikaa. (Pirkanmaan ELY 2010.)

2.3.4 Vuodenajat ja sää

Vuodenaikojen vaihtelu ja säätilat vaikuttavat ravinteiden kulkuun. Tulva- ja hulevedet kuljettavat mukanaan ravinteita valuma-alueelta. Kovat tuulet taas sekoittavat vesimassaa. Valaistus ja tuuliolosuhteet vaikuttavat lämpökerrostuneisuuteen ja sen myötä järven happioloihin yhdessä järven pinta-alan ja syvyysuhteiden kanssa. Järven pysyvät tekijät yhdessä vuodenaikojen mukaan vaihtuvien tekijöiden kanssa vaikuttavat eliöstöön. (Lyytimäki & Hakala 2008, 50.)

2.3.5 Lämpötilakerrostuneisuus

Lämpötilakerrostuneisuudessa on neljä vuodenaikaisjakamaa: kevättäyskierto, kesäkerrostuneisuus, syystäyskierto ja talvikerrostuneisuus. Lämpötilakerrostuneisuus tarkoittaa erilämpöisten vesien tiheyseroja, jotka synnyttävät vesien kerrostuneisuuden. Vesi on tiheintä +4 °C ja laskee lähestyttäessä jäätymispistettä ollen 0 °C 0,99987 kg/l. Tämän myötä kylmin vesi on talvella pinnassa ja lämmin lähellä pohjaa, jossa lämpötila voi olla jopa 5–6 °C. Kesällä tilanne on päinvastainen, jolloin kylmin vesi on lähimpänä pohjaa ja lämpimin pinnassa. (Särkkä 1996, 34–35.) Järven kerrostuneisuus vaikuttaa sen happioloihin ja tätä myötä järven sisäisen kuormituksen määrään ja järven tilan kehitykseen (Eloranta 2005, 23).

Syksyä kohden erityisesti suurissa järvissä vesi sekoittuu ja jäähtyy pitkään ennen jäiden tuloa ja vesikerrosten tiheyserot ovat tällöin pienet. Talvisin jäistä johtuen vesi ei sekoitu tuulesta. Veden kerrostuneisuuteen vaikuttaa sääolojen lisäksi järven pinta-ala ja suojaisuus tuulelta. Keväällä jäiden lähdettyä kevättäyskierto alkaa heti ensimmäisten tuulisten päivien aikana auringonvalon lämmittäessä koko vesimassaa ja täyskierron sitä sekoittaessa. Tyynellä säällä sekoittumista ei pääse tapahtumaan ja vain pintavesi lämpenee. Pitkän tyynen ajanjakson seurauksena voi olla pysyvä kerrostuneisuus, meromiktia, koska veden tiheyserot kasvavat niin suuriksi, etteivät kerrokset enää sekoitu keskenään tuulen voimasta. Veden pintakerroksen tullessa raskaaksi, tuulet paksuunnuttavat sen. (Eloranta 2005, 22.)

Alusveden (hypolimnion) lämpötilan kohoaminen on kiinni kerrostuneisuuden alkua edeltävän ajanjakson pituudesta sekä alkukesän sääoloista. Päällisveden (epilimnion) ja alusveden välissä olevaa vesikerrosta kutsutaan välivedeksi (metalimnion). Veden lämpötila muuttuu nopeasti välivedessä syvemmälle mentäessä. (Särkkä 1996, 35.) Lämpötilakerrostuneisuuden, morfometrian ja valaistusolojen tuntemus on

edellytys päälly- ja alusveden tilavuussuhteiden määrittämiselle. Olosuhteiltaan samankaltainen järvi saattaa olla lämpötilakerrostuneisuuden osalta täysin erilainen. (Eloranta 2005, 23.)

Karkeasti arvioiden voidaan esittää, että suojaisassa järvessä, jonne ei juuri tule valuma-alueelta virtauksia, tai jonka vesi on humuspitoista, lämpökerrostuneisuus kehittyy nopeasti alkukesästä ja lämpimän kerroksen paksuus jää ohueksi, jolloin viileävetisen alusveden tilavuusosuus kasvaa suuremmaksi. Järven ollessa kirkasvetinen ja tuulille altis, jää kerrostuneisuus heikoksi ja päällysveden osuus on isompi kuin alusveden ja näin alusveteen kohdistuva kuorma kasvaa. Tällaisissa järvissä kerrostuneisuutta ei muodostu välttämättä lainkaan, tai se purkautuu kesken kesän tuulten takia. (Eloranta 2005, 23.)

2.3.6 Happi ja happikato

Happi (O) on kaikille eliölajeille välttämätön alkuaine soluhengityksen vuoksi. Vesiin happi päätyy liukenemalla ilmakehästä tai tuottajien fotosynteesistä. Maapallon eliöillä hapesta ei yleensä ole pulaa, mutta hapettomia eliöyhteisöjä löytyy suoturpeesta, kallioperästä sekä tilapäisesti merensyvänteistä ja rehevöityneistä järvistä varsinkin tuotantokauden ulkopuolisena aikana. (Lahti & Rönkä 2008, 24.) Edellä mainittua tilannetta kutsutaan happikadoksi, joka tarkoittaa vesiekosysteemin hapen loppuunkulumista. Hajoamistoiminta, kuten kuolleen kasvi- ja levämassan hajoaminen, kuluttaa happea ja tämä muodostaa herkästi happikatoja etenkin matalissa ja rehevissä järvissä. Happikatojen myötä tapahtuva rehevöityminen voimistaa kasvihuoneilmiötä, kun hapettomissa oloissa tapahtuva hajoaminen muodostaa metaania. (Hakala & Lyytimäki 2008, 48.)

Järven pintavesien hapettuminen avovesikaudella ei ole ongelma edes rehevissä tai kovan kuormituksen järvissä, koska silloin järvi saa happea riittävästi suoraan ilmasta ja levien sekä kasvien yhteyttämisestä, fotosynteesistä. Happiongelma alkaa kehittymään alimmissa vesikerroksissa, joihin happi ei enää kierrä täyskiertojen päättymisen jälkeen. (Eloranta 2005, 23.)

Hapen kannalta matalien järvien tilanne on syviä järviä parempi, sillä avovesikaudella matalat järvet saavat happea alimpiinkin kerroksiin aika-ajoin. Happiongelmaisen järven kannalta talviajan pituus jääpeitteineen on kriittinen, koska happea ei pääse järveen lainkaan ilmakehästä. Vesimassan pienetkin lämpötilaerot voivat olla ratkaisevia kevättalven happikadon suhteen ja tästä syystä järven jäätymisajankohdalla on iso merkitys. Talviaikainen hapentarve korostuu järven aikaisen ja nopean jäätyneen talvena, sillä syksyn täyskierto ja veden ja sedimentin hajotustoiminta hyvähappisissa oloissa jää vajavaisiksi. Järven talvinen hapenkulutus on kuitenkin huomattavasti vähäisempää kuin kesäinen, koska hajotustoiminta hidastuu kylmässä vedessä ja syysveteen liukenee ilmasta enemmän happea talven varalle paremmin, kuin mitä kesän lämpimään veteen. (Eloranta 2005, 23.)

2.3.7 Järven eliö- ja kasvitoiminta

Eliötoiminnan merkitys järven vedenlaatuun on ilmennyt ravintoketjukurmuksen, eli biomanipulaation, myötä jossa säädellään tuotantotasoa niin, että haitalliseksi koettua levämäärää säädellään poistamalla kaloja. Osa kalalajeista käyttää ravinnokseen eläinplanktonia, joka taas syö leviä. Järvien biomanipulaatiossa pyritään poistamaan eläinplanktonia syöviä kaloja, jotta eläinplanktonkanta säilyisi tehokkaana levien poiston kannalta. Kalat myös pölyttävät pohjasedimenttiä ja sen arvellaan olevan jopa vaikuttavampi tekijä järven tilan kannalta, kuin eläinplanktonin levälaidunnus. (Eloranta 2005, 25–26.)

Kesäisin rehevissä järvissä ilmenee hapen ylituotantoa, kun kaikki yhteyttävät eliöt tuottavat happea. Tämä hapen ylituotto taas kuluttaa veden sisältämän epäorgaanisen hiilen, hiilidioksidin ja bikarbonaatin hyvin vähiin, jolloin veden pH nousee jopa tasolle 9–10, emäksinen, ja veden sisältämä ammoniumtyppi alkaa kehittää eliöstölle myrkyllistä ammoniakkaa. Emäksisistä oloista johtuen hiili muuttuu tuotantoa rajoittavaksi tekijäksi kuten fosfori ja typpi ja sen myötä sinilevät saavat etumatkaa, koska pystyvät hyödyntämään muita levälajeja paremmin pienemmät hiilipitoisuudet. (Eloranta 2005, 26.)

Rehevissä järvissä vesikasvillisuuden poiston ajatellaan olevan tarpeellinen toimenpide, mutta vain osittainen poisto on perusteltua ja sekin lähinnä vain virkistyskäytön kannalta. Vesikasvien poisto vie vain hieman ravinteita pois järvestä, sillä isot vesikasvit ottavat ravinteensa pohjasedimentistä, eivät suoraan vedestä ja näin ollen järven ravinnekuormitusta ei saada pienennettyä niitoilla. Pahimmassa tapauksessa vesikasvien poisto voi aiheuttaa haitallisia muutoksia järven tilassa. Rantakasvillisuus toimii ravinnesuodattimena maan ja rantavesien välillä ja kasvusto myös vaimentaa aallokkoa estäen pohja-aineksen huuhtoutumisen ravinteineen ulapalle. Jos rantakasvillisuus poistetaan, päätyvät ravinteet ennen pitkää lisäämään happea kuluttavan orgaanisen aineksen kulutusta. (Eloranta 2005, 26–27.)

Rantavyöhykkeen vesikasvuston ja matalien järvien kasvillisuuden mittava vähentäminen poistaa päällysväestöltä kasvualustat, jolloin näiden kasvuun vaatimat ravinteet jäävät kasviplanktonin käyttöön, mikä tarkoittaa, että isojen kasvien poisto aiheuttaa suoraan kasviplanktoniin kuuluvien sinilevien huomattavaa lisääntymistä. Vesikasvien niitto voi matalissa järvissä aiheuttaa myös kasviplanktonin kasvua valomäärän lisääntymisen vuoksi. Vesikasvien niiton jälkeen pohjiin jää kasveista jopa yli puolet: maavarret, eli juurakot, jotka jatkavat toimintaansa pumpaten ravinteita katkaistun varren kautta suoraan veteen. (Eloranta 2005, 27.)

2.4 Vesistön rehevöityminen ja rehevyysluokkien määrittely

Arviolta joka kymmenennessä Suomen järvistä tavataan rehevöitymisen merkkejä ja noin puolet järviin kohdistuvasta ravinnepäästökuormituksesta on peräisin peltoviljelmästä. Rehevöitymisen alussa perustuotanto kasvaa,

mutta vähitellen voimakas rehevöityminen johtaa luonnon monimuotoisuuden kaventumiseen. (Lahti & Rönkä 2006, 138.)

Rehevöitymisellä tarkoitetaan perustuotannon kasvua ekosysteemissä ja kun ekosysteemiin päätyy aiempaa enemmän ravinteita, johtaa se rehevöitymiseen. Rehevöitymistä minimiravinteiden lisäksi aiheuttavat myös eloperäisen aineksen, kuten turpeen ja ulosteen päätyminen vesistöön. Luonnossa luonnollinen rehevöityminen ei ole vaarallista, päinvastoin, rehevöityminen voimistaa elämää ja siitä voi olla hyötyä. Useat Suomen lintuvedet ovat osittain ihmisen rehevöittämiä. Hyötyjä enemmän rehevöitymisellä on kuitenkin haittapuolia: ravinteiden lisääntyessä esimerkiksi niukkaravinteisuutta suosivat eliölajit häviävät lopulta. (Lahti & Rönkä 2008, 28.) Pääosin vesistöjen rehevöityminen koetaan negatiivisena ilmiönä, sillä lajien häviämisen lisäksi rehevöityminen voimistaa tiiviin rantakasvillisuuden kehittymistä, roskakalojen lisääntymistä ja sinilevien syntyä (Hakala & Lyytimäki 2008, 46).

Järven rehevyysaste, eli trofia-aste, voidaan määrittellä planktonin perustuottajien, biomassan tai klorofyllipitoisuuden, määrän tai niiden tuotantoaktiivisuuden mukaan. Biomassan määrä vaihtelee samassa järvestä eri vuodenaikojen välillä, joten rehevyystyyppin analysointi vaatii useita tutkimuskertoja kesäkaudella, talvinäytteistä ei voi rehevyysastetta määrittellä lainkaan. (Eloranta 2005, 15.)

Kasviplanktonin biomassaa tutkitaan käänteismikroskoopilla laskien planktonyksiköiden kolonioiden ja rihmojen määrä määrättyssä vesitilavuudessa. Kun yksikön tilavuus on saatu selville, saadaan laskettua myös kokonaisbiomassa. Klorofyllianalyysi on käänteismikroskooppitekniikkaa nopeampi ja tarkempi ja näin ollen paras olemassa oleva keino selvittää järven rehevyystaso kasviplanktonista, vaikka sekin keino on altis vuodenaikojen vaihtelulle. Planktonin tuotantoaktiivisuuden, eli perustuotannon, mittaaminen on työlästä ja kallista ja tuloksien luotettavuuteen vaikuttaa heikentävästi moni muuttuja, kuten näytteenottopäivän sääolosuhteet ja veden lämpötila. (Eloranta 2005, 15.)

Useimmiten järven rehevyystaso määritellään kuitenkin kokonaisfosforipitoisuuden mukaan. Vesistön kokonaisfosforipitoisuus riippuu järven tyyppistä, esimerkiksi pitkäviipymäisessä, isossa järvestä ulappa-alueen fosforipitoisuus kasvaa syksyllä, saavuttaa huippunsa talvella ja laskee kevätkesällä. Lyhytviipymäisessä järvestä fosforihuippu saatetaan saavuttaa vasta alkukesästä ja toistamiseen syksyllä. Rankan sisäisen kuormituksen järvet tavoittavat fosforipitoisuushuippunsa useimmiten vasta loppukesästä. Järvet luokitellaan rehevyystason mukaan oligotrofisiin, eli karuihin ja eutrofisiin, eli reheviin. Eri tahojen, kuten OECD:n ja Yhteisöpohjoismaisen järvitutkimuksen, määrittelemissä luokitusrajoissa on hieman eroavaisuuksia. (Eloranta 2005, 15.)

Vesistöjen rehevöitymisen torjunta on hankalaa, koska rehevöitymistä aiheuttavat ravinteet ovat suurimmilta osin peräisin hajakuormituslähteistä ja vaikka itse kuormituslähteen päästöt olisi saatu minimiin,

rehevöityminen voi jatkaa sisäisen kuormituksen kautta. Järvikunnostustoimenpiteet ovat kuitenkin kalliita ja paras keino on pyrkiä estämään ravinteiden karkaaminen alkulähteillä muun muassa puhdistamalla jätevedet mahdollisimman hyvin sekä käyttämällä esimerkiksi peltoviljelyssä suojavyöhykkeitä. Lisäksi järven valuma-alueen uomien varrelle voidaan tehdä esimerkiksi kosteikko- ja laskeutusaltaita. (Lahti & Rönkä 2008, 30.)

2.5 Valuma-alue

Jokaisella vesialueen kohteella on oma valuma-alue, esimerkiksi joella, jonka ohi alueelta huuhtoutuvat aineet kulkevat. Joissain yhteyksissä voidaan puhua myös kauko- ja lähivaluma-alueista, joista ensimmäinen tarkoittaa koko tulouoman valuma-aluetta ja jälkimmäinen aluetta, josta vedet valuvat ilman virtaavaa uomaa järveen. (Berninger ym. 1996, 70.) Valuma-alue on vesistöalue jota rajaa vedenjakaja, eli maaston korkeimmat kohdat. Alue voidaan rajata maastokartalta ja tarpeen mukaan se voidaan myös käydä tarkastamassa maastossa. Vesistöalueen muodostavat valuma-alueella sijaitsevat järvet, lammet ja joet. Lähettäessä selvittämään vesistön tilaa, on valuma-alueen kartoitus tärkeää ulkoisen kuormituksen selvityksen kannalta. Vedenlaatuun vaikuttavat valuma-alueen ominaisuudet, kuten maaperä, kallioperä ja korkeussuhteet sekä maankäyttö. (Uudenmaan ympäristökeskus 2010.)

Valuma-alueen maankäyttö ja maaperä ratkaisevat onko järvi kirkasvetinen ja karu vai ruskeavetinen ja rehevä (Laukkanen 2005, 148). Valuma-alueen maaperän laatu ratkaisee, minkä verran ravinteita päätyy vesistöön niin luonnonhuuhtoumana, kuin ihmistoiminnan kuormituksen seurauksena: savimaa on herkkää eroosiolle, turvemailta liukenee vesistöihin humusaineita ja taas moreeni on hapanta ja vähäravinteista. Kallioperä vaikuttaa maanpinnan korkeussuhteisiin sekä veden virtaussuuntaan ja -nopeuteen. Korkeussuhteet kertovat maanpinnan vaihtelusta, mäkisyydestä ja tasaisuudesta ja määrittävät näin, minkälainen vesistö alueella on. Kallio- ja maaperän altaat synnyttävät järviä ja lampia kun taas alavalla maalla on puroja ja jokia jotka virtaavat ennen pitkää kohti merta. (Uudenmaan ympäristökeskus 2010.)

Maankäyttö jaetaan yleensä metsiin, peltoihin ja asutukseen ja maankäytön voi arvioida maastokartan perusteella kymmenen prosentin tarkkuudella. Kasvavasta metsästä lähtöisin oleva vesi on yleensä puhdasta ja vähäravinteista kun taas hakkuiden jälkeen ravinteita ja humusaineita kulkeutuu vesistöihin enemmän. Peltoviljelystä karkaa vesistöjä kuormittavia ravinteita. Taajama-asutuksen jätevedet päätyvät puhdistuksen jälkeen vesistöihin ja puhdistuksesta huolimatta vesiin jää jonkin verran ravinteita ja eloperäistä ainesta, joka on havaittavissa puhdistetun veden purkualueen rehevöitymisenä. Haja-asutuksesta vesistöihin päätyy vielä jossain määrin käsittelemättömiä jätevesiä ja muun muassa ihmisten ulosteet nostattavat vesistön bakteeripitoisuuksia. (Uudenmaan ympäristökeskus 2010.)

2.6 Laskennallinen ulkoinen kuormitus ja VEPS 2.0

Järven laskennallisen ulkoisen kuormituksen selvittämiseksi tulee tietää seuraavat muuttujat: uomien virtaama, l/s, ja vedenlaatutiedot, µg/l, joiden osalta kuormitus halutaan selvittää. Virtaamamittaustuloksista ja vedenlaatutiedoista lasketaan ainevirtaama, µg/s, ja muutetaan muotoon kg/v. Mikäli virtaamamittauksia ei ole tehty, voidaan virtaama arvioida laskemalla valuma-alueen pinta-ala, km², ja valita valuma-alueen kannalta samankaltainen verrokkivesistö, jonne virtaamamittaukset on olemassa ja käyttää tämän verrokin keskiarvovirtaamaa. (Mallén 2006.)

Ulkaisen kuormituksen laskukaava: valuma m³/v * vedenlaatu (esim. tyyppi) mg/m³ : 1 000 000 = kg/v (Mallén 2006).

Vesistökuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä, VEPS, on Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) kehittämä ja ylläpitämä järjestelmä, jonka avulla voidaan arvioida maa- ja metsätalouden, haja-asutuksen, luonnonhuhouman, laskeuman, pistekuormituksen, hulevesien, turvetuotannon ja loma-asutuksen aiheuttama kuormitus. Järjestelmä tuottaa tietoa vesistöalueeseen kohdistuvasta kuormituksesta, kuormituksen jakautumisesta eri kuormituslähteisiin sekä joidenkin kuormituslähteiden osalta tietoa kuormituksen ajallisesta muutoksesta. (Suomen ympäristökeskus 2006.)

VEPS-järjestelmä käyttää hyödykseen ympäristöhallinnon tietokantoja, kuten VAHTI, valvonta- ja kuormitustietojärjestelmä, sekä maankäyttöaineisto SLICES, Separated Land Use/Land Cover Information System. Se laskee kuormituksen käyttäen malleihin ja mittauksiin perustuvia arvioita eri kuormituslähteistä. VEPS:n tuottama tieto sopii käytettäväksi taustatietona ja suuntaa antavana tietona erilaisiin selvityksiin, se ei kuitenkaan anna tarkkaa ravinnekuormitustietoa, koska järjestelmä ei vertaa arvioiteja alueen mitattuihin tietoihin. (Suomen ympäristökeskus 2006.)

2.7 Viestinnän tärkeys vesistökunnostushankkeissa

”Inhimillinen viestintä on keino solmia ja ylläpitää yhteyttä ihmisten kesken. Viestintätaito on syvimmiltään kykyä ilmaista itseään tarkoittamallaan tavalla ja kykyä vastaanottaa ja tulkita viestejä oikein.” (Repo & Nuutinen 2008, 8.)

Vesistökunnostuksen onnistuminen on pitkälti kiinni ihmisten aktiivisuudesta ja osallistumishalusta, koska valtion julkista rahoitusta ei ole saatavilla kunnostushankkeita varten tarpeeksi ja toisaalta valtiolla ei katsota olevan velvollisuutta kunnostushankkeiden toteuttajana. Kunnostushankkeiden rahoittajina toimivat yleensä kunnat, yritykset, yhdistykset ja paikalliset asukkaat. Kunnostushankkeet ovat myös riippuvaisia talkoovoimista ja näin paikallisten asukkaiden ja kesämökkiläisten mukanaolo kunnostushankkeissa on hankkeen toteutumisen kannalta äärimmäisen tärkeää. (Rotko & Lyytimäki 2004, 7.)

Vesistökuunnostushanke koskettaa siis yleensä suurta ihmisjoukkoa ja hankkeen onnistumisen kannalta sujuva yhteistyö ja tiedonkulun toimivuus ovat keskeisessä osassa työtä. Joissain tapauksissa hanke ei välttämättä tarvitse viestintää, mutta useimmiten vesistökuunnostushankkeen laajan sidosryhmän vuoksi on myös paljon eräviä näkökantoja ongelman olemassaolosta, laajuudesta ja ratkaisukeinoista. Sidosryhmän vuorovaikutuksen toimivuudella on tärkeä rooli kuunnostushankkeen onnistumisessa sillä hanke voi aiheuttaa muun muassa ennakkoluuloja toteutumisensa suhteen, koska hankkeiden tulokset eivät ole nähtävissä välttämättä vielä vuosienkaan päästä toteutuksesta. Sujuva ja avoin vuorovaikutus edesauttavat paitsi hankkeen onnistumista, myös käynnistymistä, varainhankintaa, talkoohengen syntymistä ja yleistä hyväksyntää hankkeelle. (Lähtenmäki & Rotko 2005, 7–8.)

Onnistuneen vuorovaikutuksen työkalu on viestinnän huolellinen suunnittelu ja toteutus. Viestinnän on oltava joustavaa ja monipuolista, sillä kaikille tahoille ei onnistu samanlainen viestintä. Viestinnän tarkoitus kuunnostushankkeissa on antaa ajankohtaista informaatiota ja kannustaa ihmisiä osallistumaan talkoihin. Isoin haaste vesistökuunnostukseen liittyvässä viestinnässä ja vuorovaikutuksessa on tarpeellisen tutkimustiedon antaminen siitä kiinnostuneille ymmärrettävästi. Eri kohderyhmien tunnistaminen ja näiden tarpeiden huomioiminen on tärkeä osa suunnittelua, sillä viestin perillemenemiseksi sanoman selkeys ja havainnollistaminen ovat keskeisessä roolissa viestintätyötä. (Lähtenmäki & Rotko 2005, 10.)

Hyvin suunniteltu viestintä edesauttaa suunnitteilla olevaa hanketta eteenpäin ja tämän lisäksi se voi parhaimmillaan myös lisätä yleistä ympäristötietoutta, parantaa suunnitelmien ja ohjelmien laatua osallisilta saatavan palautteen, tietojen ja kokemusten kautta, edesauttaa laajempaa hyväksyntää ja sitoutumista hankkeisiin yleisesti, lisätä läpinäkyvyyttä ja luovuutta ja ehkäistä ennen kaikkea väärinkäsityksiä, aikataulun venymistä ja oikeusprosessien määrää. (Rotko & Lyytimäki 2004, 7.)

Viestinnän toteutuskeinoja on useita, yleisimpänä joukkoviestintä paikallis- ja muiden lehtien avulla, tiedotustilaisuudet ja radio- ja televisiouutisointi. Useasti hankkeen toteuttaja julkaisee myös tiedotteita, esitteitä, julkaisuja, postereita ja multimediaesityksiä hankkeesta. Vesistökuunnostushankkeiden puolesta voidaan järjestää myös näyttelyitä, työnäytöksiä, esittelytauluja maastoon, seminaareja sekä erilaisia tempauksia ja hanketta voidaan esitellä tapahtumissa. Hankkeen markkinointia ja varainhankintaa varten voidaan painattaa oheismateriaalia. Vuorovaikutuksen lisäämiseksi hankkeen tutkimusvaiheessa voidaan kerätä palautetta, haastatella sidosryhmiä ja järjestää kyselyitä. Myös henkilökohtainen viestintä puhelinsoitoin, tapaamisin ja kirjein voi olla tarpeen sekä viestiminen elektronisesti internetin ja sähköpostin välityksellä. Osallistavina viestintämenetelminä voidaan hyödyntää koulutustilaisuuksia, kyläsuunnitelmia, kohdekiertoja ja erilaisia teemaan liittyviä kilpailuja. Yleisön lisäksi raportointi hankkeen rahoittajien ja viranomaisten suuntaan on tärkeää,

unohtamatta laajempaa yhteistyötä, jossa tietotaitoa voidaan jakaa myös ulkomaisille yhteistyötahoille. (Rotko & Lyytimäki 2010, 10.)

3 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyön tutkimusaineisto koostuu kentällä otetuista vesinäytteistä, kentällä tehdyistä virtaamamittauksista, aiemmin eri tahojen teettämistä vesinäytetuloksista ja valuma-alueen pinta-alan selvittämisestä.

Tutkimusmenetelmät perustuivat laboratorioon menevien näytteiden osalta vedenlaatustandardeihin, S::can Spectro::lyser -kenttämittarilla tutkittujen näytteiden osalta laitteen omaan jokivesiin sopivaan mittaushjelmaan ja virtaamamittausten osalta siivikoilla mitattuihin virtaamatuloksiin ja niiden vientiin tietokoneohjelmaan, joka laskee virtaaman. Valuma-alueen pinta-ala selvitettiin Metsähallituksen Retkikartta.fi-palvelun alueenmittaustyökalan avulla.

3.1 Loppijärven sijainti ja ominaispiirteet

Loppijärvi sijaitsee Kanta-Hämeen maakunnassa, Lopen kunnassa, Lopen kirkonkylän taajaman eteläpuolella ja se kuuluu Kokemäenjoen ja taas siihen kuuluvan Tervajoen vesistöalueeseen. Järven valuma-alueen pinta-ala on 82,23 neliökilometriä. Vesipinta-alaa Loppijärvessä on 1178 hehtaaria, saaria järvellä on 25 mukaan lukien pienimmätkin luodot ja rantaviivaa on 46 kilometriä. Järven keskisyvyys on vain 1,75 metriä järven suurimman syvyyden ollessa 6,71 metriä. (Hämeen ELY 2012c.)

Loppijärvi on haasteellinen vesistö ravinnekuormituksen kannalta monen eri tekijän vuoksi. Se on humuspitoinen, matala ja pinta-alaltaan laaja järvi, jolloin se on erityisen herkkä erilaisille tekijöille, kuten sääolosuhteille, valuma-alueen maa- ja kallioperän laadulle, morfometrisille piirteille, biologisille toiminnoille, valuma-alueen alueidenkäytölle ja sisäiselle kuormitukselle. Loppijärvessä on ainoastaan yksi syvänealue, eikä kesäkerrostuneisuutta tapahdu mataluudesta johtuen lainkaan. Toisaalta mataluudesta johtuen kesäisin ei ole Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen tutkijan, Reijo Oravaisen, mukaan tavattu happikatoja, sillä vesi saa riittävän hapen ilmasta. Vaikka talvi 2011–2012 oli ollut edellisvuosia leudompi ja jäät tulivat vasta myöhään syksyllä, kehittyi järven happitilanne silti huonoksi tuotantokauden ulkopuolella, koska vesimassat olivat jääneet ennen jäiden tuloa lämpimiksi, joka lisää hapenkulutusta talvella. (Oravainen 1999, 4.)

Järveä kuormittaa varsinkin maatalouden hajakuormitus ja sen lisäksi valuma-alueella on suopitoisia maita ja metsää, haja- ja vapaa-ajan asutusta ja alueella sijaitsee myös Lopen kirkonkylän keskustaajama. Kokonaisuutta tarkastellessa ja pohtiessa järven mahdollista sisäistä kuormitusta, myös alueidenkäytön historialla on varmasti oma merkityksensä. Lopella, kuten monessa muussakin kunnassa, keskustaajaman jätevedet juoksutettiin aikaisemmin puhdistamattomina suoraan järveen. Tämän jälkeen toiminnassa oli jätevedenpuhdistamo vuosina 1975–2002. Jätevedenpuhdistamon toiminta loppui siirtoviemäriverkoston valmistuttua Lopelta Riihimäelle vuonna 2002. (Keto & Sammalkorpi n.d., 3.)

Vuonna 2008 Loppijärvestä tehtiin säännöstelyselvitys. Ympäristöhallinnon VEPS-tietojärjestelmällä tehdyn arvion mukaan Loppijärveen laskeva fosfori jakautuu kuormituslähteittäin seuraavanlaisesti (Kuvio 1): maatalous 54 prosenttia, luonnonhuuhtouma 25 prosenttia, haja-asutus 20 prosenttia, metsätalous 1 prosentti ja turvetuotanto 0 prosenttia (Keto & Sammalkorpi n.d., 10).



Kuvio 1. Loppijärven fosforikuormitus kuormituslähteittäin (%)

Tervakoski Oy on säännöstellyt Loppijärveä vuodesta 1973 alkaen paperitehtaiden vedenoton turvaamiseksi. Säännöstelyä toteutetaan Nummistenjoen vanhan vesivoimalaitoksen patorakennelmien avulla (Keto & Sammalkorpi n.d., 3).

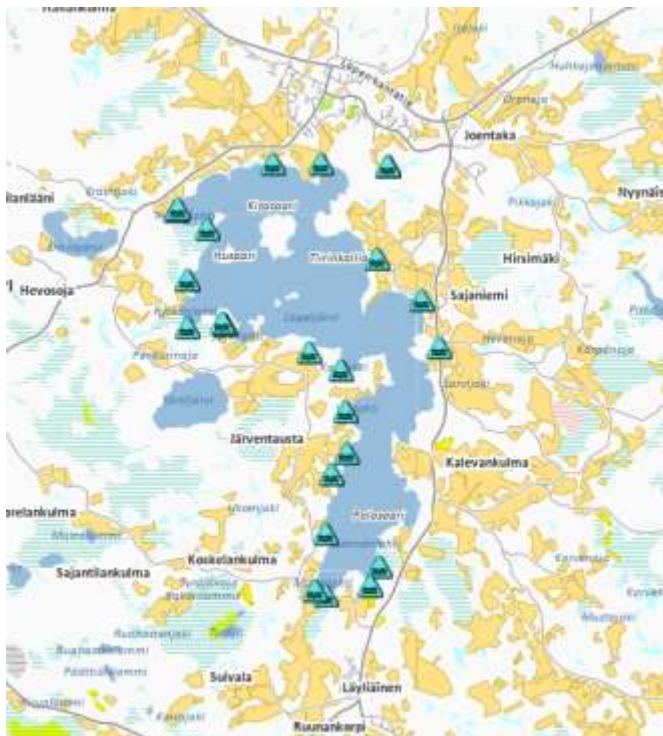
3.1.1 Aikaisemmat tutkimukset alueella

Loppijärven sisäistä fysikaalis-kemiallista vedenlaatua on tarkkaillut vuodesta 1962 lähtien lähinnä Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys, mutta tämän opinnäytetyön kaltaista laajaa ulkoisen kuormituksen selvitystyötä ei ole aiemmin tehty. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys on hoitanut myös järveen laskevan Sarvijoen velvoitetarkkailua, joka liittyy kyseenomaisen uoman varrella sijaitsevaan turvetuotantoalueeseen. Tervakoski Oy on suorittanut järven säännöstelyyn liittyvää velvoitetarkkailua Nummistenjoen osalta alkaen vuodesta 1973. Velvoitetarkkailuohjelmaan liittyen, järvellä tehtiin vuonna 2006 kasvillisuustutkimus, sekä vuosina 2007 ja 2010 pohjaeläintutkimus. Velvoitetarkkailuohjelmaan kuuluu myös kalastuskirjanpito ja -tiedustelu. Loppijärvi oli myös mukana Kanta-Hämeen järvet kestäväan kehitykseen, JÄRKI-hankkeessa, jonka puitteissa järven ravinnekuormitusta selvitettiin. (Jutila 2006, 31.)

Ulkoista kuormitusta on tarkkailtu muutaman järveen laskevan uoman osalta myös Lopen kunnan ympäristönsuojeluyksikön toimesta ja lisäksi Loppijärven ystävät Ry on tehnyt omatoimisia tutkimuksia liittyen järven tilaan (Loppijärven ystävät n.d.).

3.1.2 Tutkimuskohteiden valinta

Tutkimuskohteet valittiin yhdessä Vanajavesikeskuksen vesistöasiantuntija Suvi Mäkelän ja pääsihteerin Sanni Manninen Johansenin kanssa selvitystyön aloituskokouksessa Hämeen liitossa joulukuussa 2011. Valinnat tehtiin karttapiirroksen avulla, jossa näkyy järveen laskevat ja sieltä lähtevät uomat. Tutkimuskohteita valittiin yhteensä 22 ja ne sijoittuivat tasaisesti ympäri järveä (Kuva 1). Tutkimuskohteista suurin osa oli pieniä uomia, neljä isompaa ja yksi järvestä pois laskeva, Nummistenjoki.



Kuva 1. Loppijärvi ja valuma-alue näytteenottopisteineen

3.1.3 Näytteenotto

Kenttätyöskentelyä pohjustettiin tutustumalla Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) julkaisuun Vesistötietoa näytteenottajille. Julkaisu on tehty oppaaksi vesinäytteenottajille Ilpo Kettusen, Ari Mäkelän ja Pertti Heinosen toimesta.

Vesinäytteet otettiin muovisilla, desinfioituilla laboratorion näytteenottopuolloilla (Kuva 2, s. 21). Jokaisesta näytteenottokohteesta otettiin näytettä kahteen pulloon, toinen laboratoriotutkimuksia varten ja toinen S::can Spectro::lyser -kenttämittaria varten. Veden virtaamaa näytteenottokohteissa tutkittiin mekaanisella virtaamamittarilla ja lämpötilat mitattiin digitaalisella kenttämittarilla. Virtaamamittauksia oli tekemässä Hämeen elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskuksen(Hämeen ELY-keskus) kenttäimestari Kari Ranta-Aho.



Kuva 2. Näytepulloja vesinäytteeseen

Vesi- ja virtaamanäytteenottokertoja oli yhteensä neljä. Ensimmäisen kerran näytteitä haettiin helmikuun lopulla 2012, toisen kerran toukokuun alussa 2012, kolmannen kerran elokuun alussa 2012 ja neljännen kerran joulukuun alussa 2012. Lähtökohta neljälle näytteenottokerralle oli saada mahdollisimman kattava otos koko vuoden ravinnepäästöille.

Ensimmäinen näytteenotto oli selkeä talvinäytteenotto, jolloin näytteet otettiin jään läpi kairaamalla ja tuuraamalla sopivan kokoinen näytteenottoaukko. Olosuhteet olivat haastavat, aivan kaikkiin suunniteltuihin kohteisiin ei päästy ja melkein kolmannes kohteista oli umpijäässä pohjaa myöden. Kohteisiin pääsyä hankaloitti maateitse lumen vuoksi tukossa olevat reitit ja järven jäätä pitkin oli paikoitellen mahdotonta liikkua moottorikelkoin, koska jään ja lumipeitteen väliin oli kertynyt vesikerros ja näin pohja upotti. Virtaamanäytteitä saatiin ainoastaan kahdesta uomasta, muissa kohteissa oli joko liian vähän vettä, tai vesi ei virrannut riittävästi. Toisella näytteenottokerralla kohteisiin mentiin kevään oletettavasti korkeimpien vedenkorkeuksien aikaan ja vesinäytteitä saatiin melkein kaikista kohteista. Tältä näytteenottokerralta saatiin myös parhaiten virtaamamittaustuloksia. Kolmannella näytteenottokerralla kohteisiin lähdettiin vedenkorkeuksien ollessa oletettavasti kuluneen kesän alimmilla tasoilla. Vesinäytteitä saatiin hieman yli puolesta kohteista, mutta virtaamanäytteitä ei saatu kuin kahdesta uomasta, muissa kohteissa oli joko liian vähän vettä, tai vesi ei virrannut riittävästi. Viimeinen näytteenotto oli syysnäytteenotto, jolloin kohteisiin mentiin talven yllätettyä edellisenä viikonloppuna ja vesinäytteitä saatiin 2/3 osasta kohteista, virtaamanäyte vain yhdestä uomasta.

3.2 Tutkimuskohteet

Seuraavassa on lueteltu kaikki Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyön näytteenottokohteet ja luettelon jälkeen tekstistä löytyy aluekuvaukset näytteenottopisteistä. Alun perin näytteenottopisteitä

valittiin 22, mutta väärän karttatulkinnan vuoksi tutkimuksessa huomioituja kohteita oli yhteensä 23 ja viimeisellä näytteenotokerralla otettiin lisäksi ylimääräinen näyte Lopen kirkonkylän uimarannalla sijaitsevan laskeutusaltaan jälkeisestä vedestä. Näytteenottokohteet:

- Sarvijoki
- Järvisuo
- Järvimäen oja
- Rahkasuo
- Mustalahden pikkuoja
- Pikkusuon oja
- Uksenjoki
- Kulonnokka
- Viulahti
- Koulahti
- Kotiniemi
- Särkilahti
- Rytkönlahti
- Penkurinoja
- Rantasuo
- Torkinsuo
- Kuljunlahti
- Kirkonkylän uimaranta
- Kyyniönlahti
- Nummistenjoki
- Kitinoja
- Pälsi
- Erävisjoki

Sarvijoen näytteenottopiste sijaitsee Loppijärven itäpuolella Sajaniemen kylässä. Sarvijoki on yksi isoimpia järveen laskevia uomia ja sen valuma-alue on 8,2 neliökilometrin suuruinen. Valuma-alueesta suurin osa on maatalousalaa ja lisäksi alueella sijaitsee turvetuotantoalue. Valuma-alueen alkupäässä on myös luonnontilaisia suoalueita. Näyte kohteesta otettiin jokaisella näytteenotokerralla kunnallisen siirtoviemärin välipumppaamon ja Sajatien alittavan siltarummun väliltä (Kuva 3).



Kuva 3. Sarvijoki

Järvisuon näytteenottopiste sijaitsee Läyliäisten uimarannan läheisyydessä Loppijärven eteläpään kaakkoispuolella. Valuma-alue on 0,5 neliökilometrin kokoinen ja koostuu suoalueesta, jota ympäröi maatalousala pohjois- ja itäreunoilla ja eteläreunalla Peronmäen kuusimetsä. Näytteet otettiin aivan suon eteläisimmästä ojasta.

Järvimäen oja on valuma-alueeltaan 0,3 neliökilometrin kokoinen laskuoja, joka sijaitsee järven eteläpäässä Peronmäen eteläpuolella alavalla alueella ja valuma-alueella on haja- ja loma-asutusta aivan Loppijärven rannan tuntumassa sekä maatalousalaa valuma-alueen alkupäässä. Vesi- ja virtaamanäytteet otettiin Kaunisniementieltä katsottuna ojarummun vierestä järven puolelta.

Rahkasuon näytteenottopiste sijaitsee järven eteläpäässä ja uoman valuma-alue on 1,2 neliökilometrin kokoinen. Valuma-alueella on maa- ja metsätaloutta sekä suoalue. Ensimmäinen saatu näyte otettiin noin 30 metrin päässä Loppijärven rannasta, jolloin myös havaittiin, ettei uoma laske järveen asti.

Mustalahden pikkuojan näytteenottopiste sijaitsee järven eteläpäässä ja on valuma-alueeltaan 0,15 neliökilometrin kokoinen. Valuma-alueen alkupäässä on maatalousaluetta. Näytteet otettiin noin 20 metrin päässä rannasta

Pikkusuonojan näytteenottopiste sijaitsee järven eteläpään lounaisosassa ja 0,35 neliökilometrin kokoisella valuma-alueella on pääosin metsätaloutta, jonkin verran myös maataloutta sekä näiden lisäksi luonnonmetsää. Valuma-alueen länsiosan jälkeen alkaa luonnonsuojelualue. Tämä uoma on ainoita luonnonmukaisia puroja joita järveen laskee (Kuva 4). Uoman järveen laskevan pään ympäristö on aarnimetsää, jolla saattaisi olla luonnonsuojelullista arvoa. Näytteet otettiin noin 20 metrin päässä järven rannasta.



Kuva 4. Luonnonmukainen Pikkusuon oja

Uksenjoki sijaitsee Loppijärven eteläpuoliskon lounaisosassa ja on yksi isoimmista järveen laskevista uomista leveydeltään ja yli 12 neliökilometrin valuma-alueeltaan. Valuma-alueella on maa- ja metsätaloutta, luonnonmetsää, soita, sekä luonnonsuojelualue. Näytteitä otettiin noin 20 metrin päästä sekä 140 metrin päästä rannasta

Kulonnokan näytteenottopiste sijaitsee järven eteläpuoliskon länsireunalla ja on valuma-alueeltaan vain 0,02 neliökilometriä. Pienellä valuma-alueella on luonnonmetsää ja maatalousalaa. Näyte otettiin Kulonnokantien varresta vajaan 100 metrin päässä järvestä.

Viulahden näytteenottopiste sijaitsee Loppijärven eteläpään luoteisosassa ja on valuma-alueeltaan 0,2 neliökilometrin kokoinen. Alueella on maa- ja metsätaloutta (Kuva 5). Näytteet otettiin noin 120 metrin päässä rannasta.



Kuva 5. Viulahti

Koulahden näytteenottopiste sijaitsee järven pohjoisosan eteläreunassa alavalla alueella ja valuma-alueella sillä on 0,15 neliökilometrin verran. Alueella on vapaa-ajan asutusta sekä maa- ja metsätaloutta. Näytteet otettiin noin 20 metrin päässä järvestä.

Kotiniemen näytteenottopiste sijaitsee järven pohjoisosan eteläreunassa ja uoman valuma-alue on 0,25 neliökilometriä. Valuma-alueella on peltoviljelyä ja jonkin verran haja-asutusta. Näytteitä Kotiniemestä ei saatu yhdelläkään näytteenottokerralla, koska uomassa ei ollut lainkaan vettä.

Särkilahden ja Rytkönlahden näytteenottopisteet sijaitsevat myös järven pohjoisosan eteläreunassa ja uoman valuma-alue on 0,12 neliökilometriä. Valuma-alueella on maanviljelysalaa, sekä hevosia. Vesi- ja virtaamanäytteitä ei saatu otettua lainkaan, sillä jokaisella näytteenottokerralla uoma oli kuiva.

Penkurinoja on yksi Loppijärven isoimpia uomia leveydeltään ja 6,5 neliökilometrin valuma-alueeltaan ja se sijaitsee järven pohjoisosan lounaisnurkassa. Valuma-alueella on pääosin metsätaloutta, sekä suoalueita, mutta siihen kuuluu myös yksi Lopen luonnonsuojelualueista, Komion luonnonsuojelualue ja retkeilyreitti, Luutasuon Samo. Näytteet Penkurinojasta otettiin noin 90 metrin päässä järvestä, Rytköntien ojarummun kohdalta (Kuva 6, s. 25).



Kuva 6. Penkurinoja

Rantasuon näytteenottokohde sijaitsee järven pohjoisosan länsilaidalla ja valuma-alueella sillä on 0,7 neliökilometriä. Valuma-alue koostuu suoalueesta ja metsästä, sekä valuma-alueen alkupäässä sijaitsevasta pellostä. Näytteet otettiin noin 60 metrin päässä järvestä.

Torkinsuon näytteenottopiste sijaitsee myös järven pohjoisosan länsireunalla. Sen valuma-alue on 0,15 neliökilometriä ja valuma-alue koostuu suo- ja metsäalueesta. Näytteet otettiin noin 20 metrin päässä järvestä.

Kuljunlahden näytteenottouoma sijaitsee Loppijärven pohjoisosan luoteisreunalla Lopen kunnan venevalkaman läheisyydessä. Valuma-alue on vain 0,1 neliökilometriä ja alueella on maanviljelystä ja metsää. Näytteet otettiin noin 20 metrin päässä järvestä.

Kirkonkylän uimarannan näytteenottopiste sijaitsee Loppijärven pohjoisosan pohjoispäässä Uimarannantien varressa. Tämän kohteen valuma-alue on 0,3 neliökilometriä ja alue koostuu maanviljelyalasta. Näytteet otettiin noin 250 metrin päässä rannasta ennen alueelle sijoitettua laskeutusallasta. Viimeisellä näytteenottokerralla otettiin lisänäyte myös uimarannalla sijaitsevan laskeutusaltan jälkeen.

Kyyniönlahden näytteenottopiste sijaitsee järven pohjoisosan koillislaidalla. Sen valuma-alue on 1,5 neliökilometriä ja alueeseen kuuluu osa Lopen kirkonkylän keskustaajamasta sekä maanviljelysalaa ja metsää (Kuva 7, s. 26). Valuma-alueella sijaitsee myös osa Pikkukorkeen ja Isokorkeen ulkoilureiteistä. Tällä valuma-alueella sijaitsee myös Lopen kunnan entinen jätevedenpuhdistamo ja osa ranta-alueesta on Museoviraston suojelemaa perinnemaisemaa. Kyyniönlahteen on keväällä 2013 valmistunut 0,5 hehtaarin kokoinen kosteikkoalue. Näytteet Kyyniönlahdella otettiin noin 200 metrin päässä järvestä.



Kuva 7. Kyyniönlahti. Taustalla Lopen kirkonkylän keskustaajama

Nummistenjoki on ainoa Loppijärveltä pois laskeva uoma, jonka ravinne päästöjä selvitettiin ulkoisen kuormituksen selvityksessä. Joki sijaitsee järven pohjoisosan koillisosassa ja laskee Kesijärveen ja sieltä Tervajokea pitkin Kernaalanjärveen. Valuma-alueena lasku-uomalle on koko Loppijärvi ja sen valuma-alue, yhteensä 94 neliökilometriä. Näytteet otettiin patoaltaasta ennen koskea. Virtaamanäytteitä ei ollut tarpeen ottaa, sillä virtaamatiedot saatiin suoraan padon säännöstelyä hoitavalta taholta.

Kitinojan näytteenottopiste sijaitsee järven pohjoisosan länsirannalla ja sen valuma-alue on kooltaan 1,1 neliökilometriä. Uoma on loppumatkalta luonnontilaista puroa, mutta valuma-alueella on maa- ja metsätaloutta. Näytteet otettiin noin 150 metrin päässä järvestä.

Kohde Pälsi sijaitsee Loppijärven pohjoisosan kaakkoisreunalla ja sen valuma-alue on 0,7 neliökilometriä. Valuma-alue pitää sisällään maa- ja metsätalousaluetta. Näytteet otettiin noin 70 metrin päässä Loppijärven rannasta.

Erävisjärvestä Loppijärveen laskeva Erävisjoki sijaitsee Loppijärven pohjoispuolen länsireunalla ja sen valuma-alue on järveen laskevista uomista suurin, kokonaisuudessaan 14 neliökilometriä. Valuma-alue pitää sisällään pääosin maa- ja metsätaloutta sekä suoalueita. Väärien karttatulkintojen ja sen myötä inhimillisen erehdyksen vuoksi tästä uomasta ei otettu lainkaan näytteitä, mutta kuormituslaskelmaa varten hyödynnettiin Lopen ympäristöpäällikkö Juha Viinikan saman vuoden (2012) aikana ottamia vesinäytetuloksia.

4 TUTKITUT VEDENLAADUN MUUTTUJAT

Loppijärven vesinäytteistä kokonaistyyppipitoisuus ja kokonaisfosforipitoisuus tutkittiin Lammin biologisessa laboratoriossa. Sameus, orgaaninen kokonaishiili, liennut orgaaninen hiili ja typen nitraatti selvitettiin S::can Spectro::lyser -kenttämittarilla ja veden virtaama mitattiin kahdella erikokoisella siivikolla sekä lämpötila digitaalisella kenttämittarilla.

4.1 Kokonaistyyppi

Kokonaistyyppi, kok N, ilmoittaa veden kokonaistyyppipitoisuuden ja se määriteltiin vedestä Lachatin QuickChem 8000 FIA, Flow injection analysis -laitteella, menetelmällä QuickChem METHOD 10-107-04-1-I Determination of total nitrogen by flow injection analysis colorimetry. Menetelmä perustuu vedenlaatustandardiin SFS-EN ISO 11905-1:1995, jonka mukaan tyyppi määritellään peroksidisulfaattihapetuksella. Flow injection analysis -laitteen toiminta perustuu siihen, että näytevesi liikkuu letkuissa pumpun avulla ja näytteen liikkuaessa siihen sekoittuu reagensseja, jotka kokonaistyyppiä tutkittaessa sisältävät puskuriliuosta, sulfanilamidia ja naphtyl-reagenssia. (Ilola, sähköpostiviesti 22.4.2013.)

Käytännössä määrittely tapahtuu seuraavanlaisesti: näytevettä laitetaan paineenkestävään suljettavaan astiaan ja siihen lisätään natriumhydroksidia, boorihappoa ja kaliumperoksidisulfaattia sisältävää hapetusliuosta. Seos laitetaan 140 asteiseen autoklaaviin 45 minuutin ajaksi 1 barin paineeseen ja tällä menetelmällä näytteestä saadaan eri yhdisteissä sitoutuneena oleva tyyppi mitattavaan nitraattimuotoon. Tämän jälkeen nitraattimuotoinen tyyppi laitetaan QuickChem-laitteeseen kokonaistyyppimääritystä varten. Mittaustulos saadaan värireaktiolla, jonka voimakkuutta mitataan spektrofotometri. (Ilola, sähköpostiviesti 22.4.2013.)

Luonnonvesissä kokonaistyyppipitoisuus ilmoitetaan mittayksiköllä $\mu\text{g/l}$. Tyyppipitoisuus kirkkaissa luonnonvesissä on 200–500 $\mu\text{g/l}$, humuspitoisissa vesissä 400–800 $\mu\text{g/l}$ ja todella ruskeissa vesissä tyypillisesti yli 1000 $\mu\text{g/l}$. (Oravainen 1999, 19.)

4.2 Kokonaisfosfori

Kokonaisfosfori, kok P, ilmoittaa veden sisältämän kokonaisfosforipitoisuuden ja se määriteltiin vedestä myös Lachatin QuickChem 8000 FIA-laitteella. Menetelmä kokonaisfosforille oli QuickChem METHOD 10-115-01-1-F Total Phosphorus in Persulfate Digests, joka perustuu standardiin SFS-EN ISO 6878:1996. Kuten kokonaistyyppi, niin kokonaisfosforikin määritettiin peroksidisulfaattihapetuksella, mutta sillä erotuksella, että autoklaavikäsittelyssä, saadakseen eri yhdisteisiin sitoutunut fosfori mitattavaan ortofosfaattimuotoon, hapetusliuoksena käytettiin kaliumperoksidisulfaattia ja rikkihappoa ja itse fosforimääritystä varten FIA-laitteen reagensseina käytettiin ascorbiinihappoa,

kaliumantimonitratraattia, ammoniummolybdaattia ja rikkihappoa. (Iola, sähköpostiviesti 22.4.2013).

Kokonaisfosforin mittayksikkö luonnontilaisissa järvissä on $\mu\text{g/l}$. Karujen vesien kokonaisfosforipitoisuus jää alle $10 \mu\text{g/l}$, lievästi rehevissä järvissä se on $10\text{--}20 \mu\text{g/l}$. Järvi määritellään reheväksi, jos pitoisuus on yli $20 \mu\text{g/l}$. Erittäin rehevä järvi on pitoisuuksiltaan $50 \mu\text{g/l}$ ja ylirehevä yli $100 \mu\text{g/l}$ (Oravainen 1999, 17.)

4.3 Sameus

Veden sameusarvo FTU, Formazin Turbidity Units, kuvaa veden sameutta. Kirkas vesi on FTU-arvoltaan alle 1,0, lievästi samea vesi on arvoltaan $1\text{--}5$ ja sameus on nousussa kun se on välillä $5\text{--}10$. Jokivesissä tavataan voimakkaamman eroosion takia jopa yli 100 FTU:n arvoja. (Oravainen 1999, 8.)

4.4 Orgaaninen kokonaishiili

Vesinäytteiden orgaaninen kokonaishiili TOC, Total Organic Carbon, sisältää liunneen orgaanisen hiilen DOC:n, Dissolved Organic Carbon, ja partikkelimaisen orgaanisen hiilen POC:n, Particulate Organic Carbon. Mikäli partikkelimaisen orgaanisen hiilen pitoisuus vesinäytteessä on suuri, viittaa se humuspitoiseen järveen. (Pohjois-Pohjanmaan ELY, 2011e.)

Kuormitus selvityksessä orgaaninen kokonaishiili toimi taustatietona, mutta siitä annettiin myös selonteko Pro Agrian järjestämässä tilakäyntitapahtumassa Loppijärven valuma-alueen maanviljelijöille.

4.5 Liennut orgaaninen hiili

Vesinäytteiden liennut orgaaninen hiili DOC, Dissolved Organic Carbon, kertoo tarkimmin veden humuspitoisuuden. (Pohjois-Pohjanmaan ELY, 2011e.) Liennut orgaaninen hiili toimi Loppijärven kuormitus selvityksessä lähinnä taustatietona.

4.6 Typen nitraatti

Avovesikauden aikaan vesistön typen nitraattipitoisuudet $\text{NO}_3\text{-N}$, ovat pienet, jopa alle $5 \mu\text{g/l}$, mutta tuotantokauden ulkopuolisena aikana suurin osa veden kokonaistypestä on nitraattia ja pitoisuudet jopa $500\text{--}1000 \mu\text{g/l}$. Nitraatin pienet pitoisuudet viittaavat aktiiviseen levätuotantoon ja mikäli vesistössä esiintyy paljon fosforia, ovat sinileväkukinnot hyvin todennäköisiä. (Oravainen 1999, 20.)

Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyössä nitraattitiedot kerättiin taustatiedoiksi.

4.7 Veden virtaama

Virtaamamittauksia tehtiin kahdella erikokoisella siivikolla, pienoissiivikolla OTT C2 (Kuva 8.) ja normaalsiivikolla OTT C31. Siivikon valinta riippui uoman koosta. Pienoissiivikko tarvitsee toimiakseen vettä kuusi senttimetriä ja normaalsiivikko 20 senttimetriä. Virtaamamittauksista vastasi Hämeen ELY-keskuksen kenttäestari Kari Ranta-Aho. (Ranta-Aho, sähköpostiviesti 8.4.2013.)

Veden virtaama on oleellinen laskettaessa ulkoisen kuormituksen kokonaismääriä. Virtaama ilmoitetaan tyypillisimmin yksikössä m^3/s (Ranta-Aho, sähköpostiviesti 8.4.2013).



Kuva 8. Pienoissiivikko OTT C2 ja uoman leveyden mittaaminen virtaamamittauksien laskentaa varten

4.8 Veden lämpötila

Vesinäytteidenoton yhteydessä mitataan yleensä aina myös veden lämpötila muun muassa happikyllästysasteen sekä järven kerrostuneisuustilanteen arvioimiseksi. Veden lämpötilan mittaus on vesistöntarkkailun perusmäärityksiä. (Oravainen 1999, 1.)

Veden lämpötila mitattiin näytteenottouomista ELY-keskuksen kenttämittarilla ja lämpötilan yksikkö on $^{\circ}\text{C}$. Loppijärven tilaa tutkittaessa veden lämpötiloja seurattiin taustatiedoksi ja siltä varalta mikäli lämpötilan suhteen olisi ilmennyt yllätyksiä.

5 TULOKSET

Seuraavassa esitellään Loppijärven kuormitus selvityksen tuloksia käymällä läpi vuoden keskiarvoravinnepitoisuudet ja muita erilaisia muuttujia uomittain, kuten sameus, orgaaninen kokonaishiili, liuennut orgaaninen hiili, typen nitraatti ja veden lämpötila. Lisäksi kokonaistypen ja kokonaisfosforin osalta esitellään laskennallinen kuormitus kilomäärittäin. Kuten tuloksista tullaan näkemään, korkeat ravinnepitoisuudet eivät vielä yksinään kerro vuosittaisesta kuormitusmäärästä, vaan kokonaiskuormitukseen vaikuttavat myös vuotuinen virtaama ja valuma-alueen koko. Kaikki tulokset esitetään laskevasti suurimmista pitoisuuksista/kilomääristä pienimpiin.

Laskennallinen kilokuormitus vuodessa saatiin selville laskukaavalla, jossa laskettiin ensin uoman valuma neljännesvuodessa. Tämän jälkeen laskettiin ravinnekohtainen kilokuormitus neljännesvuodessa kertomalla valuma vesinäytteen ravinnepitoisuudella ja jaettiin luku 1 000 000:lla, jotta saatiin kilogrammoja. Lopuksi laskettiin yhteen kaikki neljännesvuositulokset, josta koostui uomien yksittäinen kuormitus ja laskemalla kaikkien uomien tulokset yhteen, saatiin koko järven vuotuinen ulkoinen ravinnekuormitus. Esimerkkinä Uksenjoen kokonaistyyppikuormitus:

$$12,13 \text{ km}^2 * 5,16 \text{ l/s} * 31\,536 / 4 = 493\,506,51 \text{ m}^3$$

$$493\,506,51 \text{ m}^3 * 1\,200 \text{ mg/m}^3 / 1\,000\,000 = 592,21 \text{ kg}$$

$$493\,506,51 \text{ m}^3 * 1\,100 \text{ mg/m}^3 / 1\,000\,000 = 542,86 \text{ kg}$$

$$493\,506,51 \text{ m}^3 * 671 \text{ mg/m}^3 / 1\,000\,000 = 331,14 \text{ kg}$$

$$493\,506,51 \text{ m}^3 * 1\,140 \text{ mg/m}^3 / 1\,000\,000 = 562,60 \text{ kg}$$

$$592,21 \text{ kg} + 542,86 \text{ kg} + 331,14 \text{ kg} + 562,60 \text{ kg} = \underline{2028,21 \text{ kg}}$$

Kokonaiskilomääriin vaikutti eniten uoman valuma-alueen ja uoman koko, sekä maankäyttö valuma-alueella. Kaikista uomista ei saatu vesinäytteitä jokaisella näytteenotokerralla uomien ollessa kuivia, hankalien olosuhteiden vuoksi tai liian vähäisen vesimäärän takia. Kolmesta uomasta ei näytteitä saatu yhdelläkään näytteenotokerralla uomien ollessa kokonaan kuivia. Nämä kolme uomaa olivat: Rytönlahti, Särkilähti ja Kotiniemi.

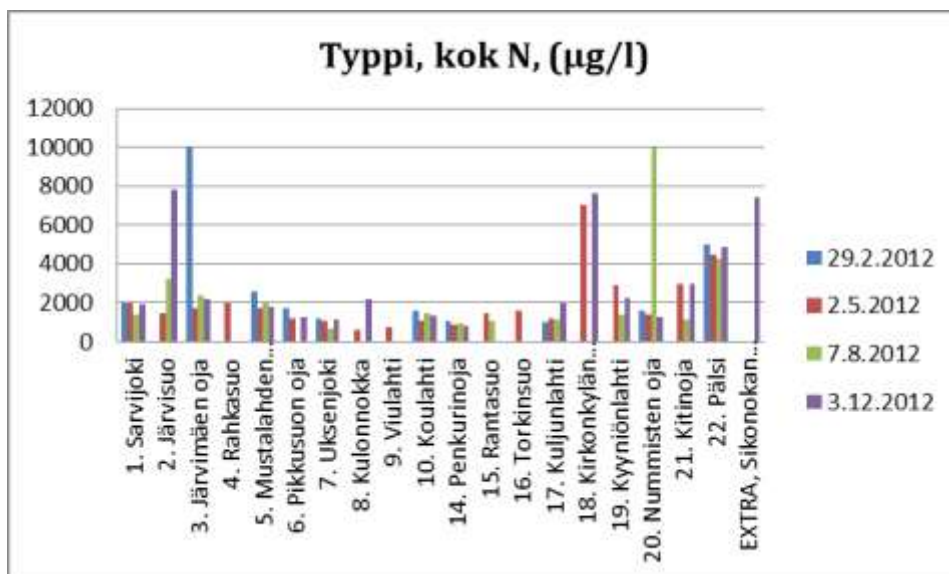
Virtaamanäytteitä saatiin valitettavan vähän, joko vähäisen tai olemattoman vesimäärän, tai virtaaman takia, koska vesi seisoj järven pinnan tasolla. Virtaamamittausten puuttuessa, kuormituslaskelmaa tehtäessä käytettiin verrokkina Vihdin Teerensuon valumaa, joka oli keskiarvoltaan 5,16 l/s. Teerensuon uoma valikoitui Vanajavesikeskuksen Suvi Mäkelän toimesta verrokkiksi, koska se vastasi keskimääräisesti ominaisuuksiltaan Loppijärven uomia.

Työn kannalta tärkeimmät tulokset ovat typen ja fosforin kuormitusmäärät. Muut tutkitut vedenlaadun muuttujat toimivat taustatietona koko Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyölle.

Kohteen Erävisjoki osalta oli saatavilla ainoastaan Lopen kunnan ympäristönsuojeluyksikön typpi- ja fosforipitoisuudet. Lisäksi viimeisellä näytteenottokerralla oli mukana yksi lisäkohde, Kirkonkylän uimarannalla sijaitsevan laskeutusaltaan jälkeinen näytteenottopiste.

5.1 Kokonaistyyppi

Kuviossa 2 sivulla 31 ja liitteessä 1 esitellään keskimääräiset kokonaistyyppipitoisuudet, kok N, jotka olivat vuonna 2012 uomittain seuraavanlaiset: Pälsi 4 675,00 µg/l, Järvimäen oja 4 073,50 µg/l, Kirkonkylän uimaranta 3 650,00 µg/l, Järvisuo 3 141,00 µg/l, Mustalahden pikkuoja 2 018,50 µg/l, Sarvijoki 1 841,75 µg/l, Koivikkopuro 1 782,25 µg/l, Kyyniönlahti 1 643,00 µg/l, Koulahti 1 375,50 µg/l, Kuljunlahti 1 346,75 µg/l, Pikkusuon oja 1 125,00 µg/l, Uksenjoki 1 027,75 µg/l, Penkurinoja 934,25 µg/l, Kulonokka 700,00 µg/l, Rantasuo 645,75 µg/l, Rahkasuo 500,00 µg/l, Torkinsuo 400,00 µg/l ja Viulahti 180,00 µg/l. Lisäkohteen tyyppipitoisuus oli viimeisenä näytteenottokertana 7 400,00 µg/l.

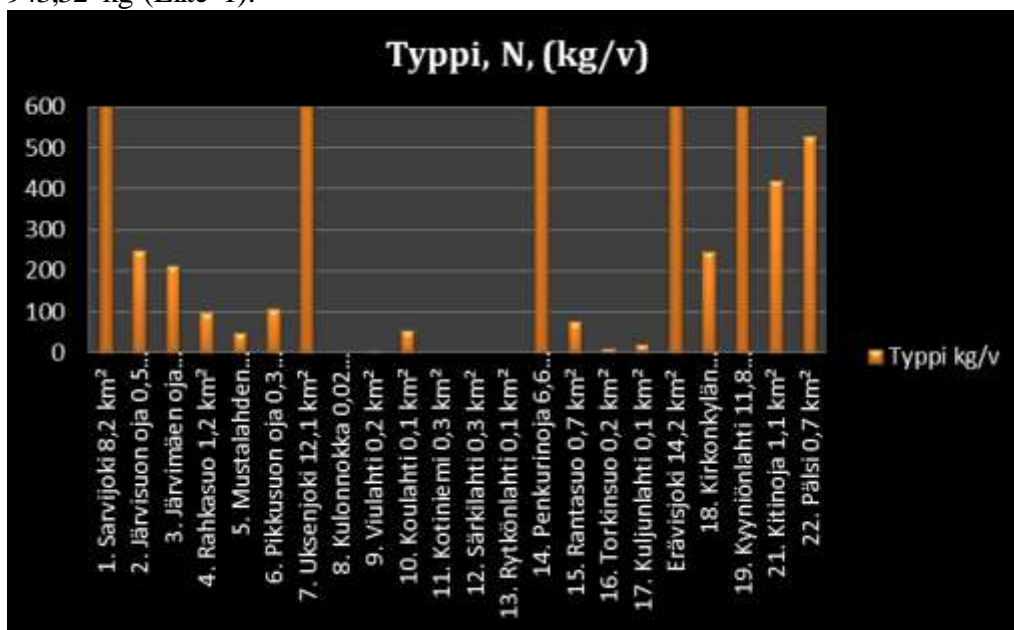


Kuvio 2. Kokonaistyyppipitoisuudet vesinäytteissä (µg/l)

Loppijärveen laskevien uomien kokonaistyyppipäästö vuodelta 2012 oli kaikenkaikkiaan 14 630 kg. Suurimmat tyyppipäästöt tulivat luonnollisesti ison valuma-alueen ja leveän uoman laskuojista, jotka sijaitsevat maa- ja metsätalousalueella: Sarvijoki 3 883,87 kg, Erävisjoki 2 879,64 kg, Uksenjoki 2 028,81 kg ja Penkurinoja 1 573,88 kg, sekä Lopen kirkonkylän keskustaaajaman alueella virtaavasta Kyyniönlahteen laskevasta uomasta 2 190,26 kg. Pienemmät uomat, jotka sijaitsivat maatalous- ja haja-asutusalueella tulivat seuraavina: Pälsi 528,87 kg, Kitinoja 419,81 kg, Järvisuon oja 249,06 kg, Kirkonkylän uimarannan oja 244,45 kg ja Järvimäen oja 213,20 kg. Pienimmät kuormitusmäärät olivat pääosin niin ikään pienen valuma-alueen uomista ja/sekä suopitoisella alueella: Pikkusuon oja 107,35 kg, Rahkasuo 97,88 kg, Rantasuo 74,99 kg, Koulahti 52,80 kg, Mustalahden pikkuoja 48,98 kg, Kuljunlahti 19,79 kg,

Torkinsuo 9,81 kg, Viulahti 5,14 kg ja Kulonnokka 2,35 kg (Liite 1; Kuvio 3, s. 32).

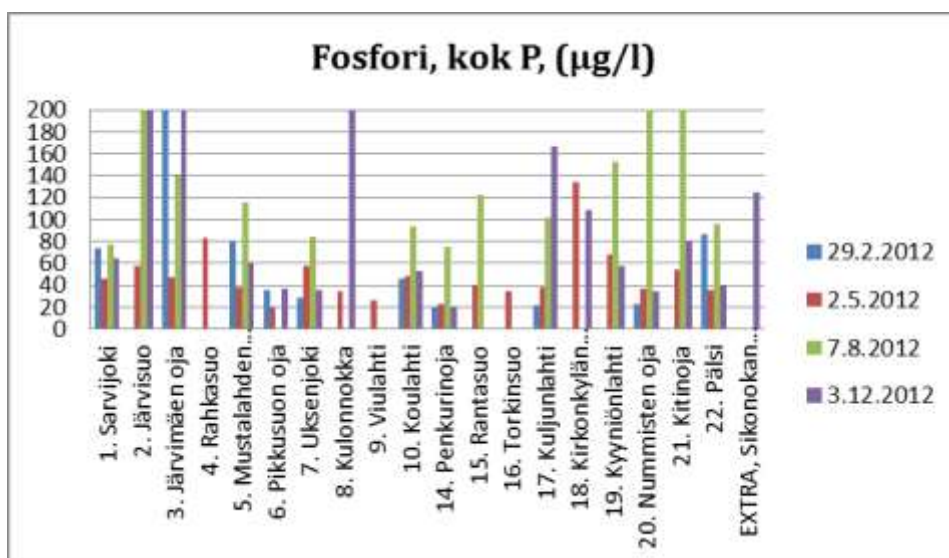
Järvestä poislaskevan Nummistenjoen keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus oli 3 565,00 µg/l ja kokonaistyyppikuormitus oli 60 943,32 kg (Liite 1).



Kuvio 3. Typen ravinne päästö (kg/v)

5.2 Kokonaisfosfori

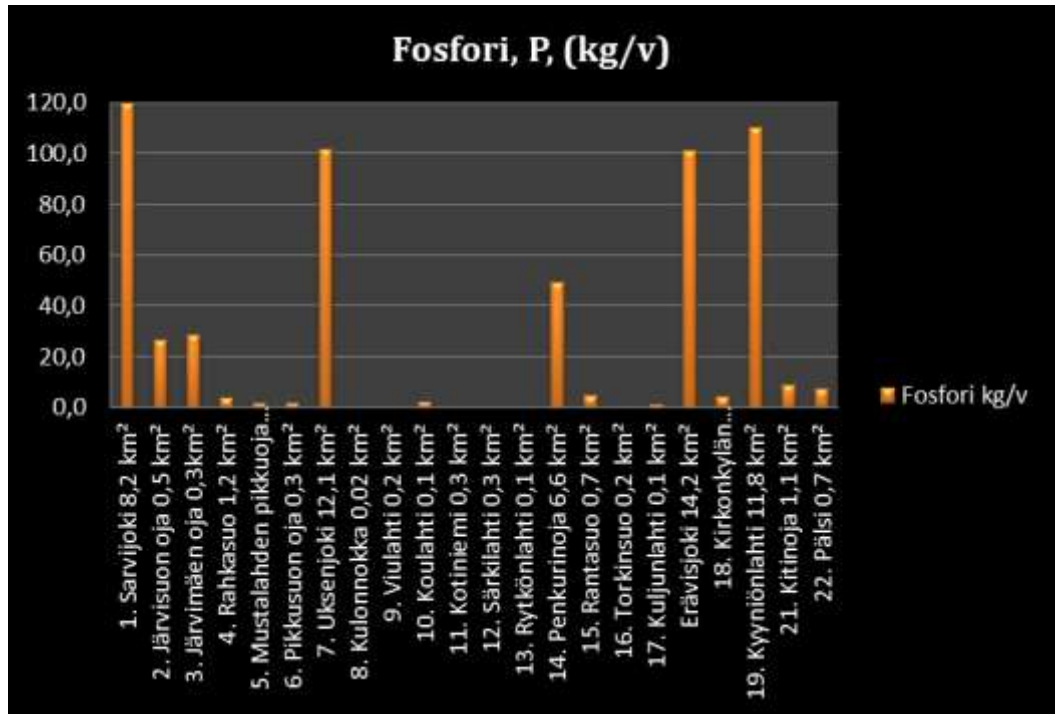
Kuviossa 4 ja liitteessä 1 esitellään keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet, kok P, jotka olivat vuonna 2012 uomittain seuraavanlaiset: Järvimäen oja 551,00 µg/l, Järvisuo 333,00 µg/l, Kulonnokka 108,50 µg/l, Koivikkopuro 93,75 µg/l, Kuljunlahti 81,75 µg/l, Mustalahden pikkuoja 73,50 µg/l, Kyyniönlahti 69,25 µg/l, Sarvijoki 65,25 µg/l, Pälsi 64,75 µg/l, Kirkonkylän uimaranta 60,50 µg/l, Koulahti 60 µg/l, Uksenjoki 51,50 µg/l, Rantasuo 40,50 µg/l, Penkurinoja 34,50 µg/l, Pikkusuon oja 32,25 µg/l, Rahkasuo 20,75 µg/l, Torkinsuo 8,50 µg/l ja Viulahti 6,50 µg/l. Lisäkohteen fosforipitoisuus oli 125,00 µg/l.



Kuvio 4. Kokonaisfosforipitoisuudet vesinäytteissä (µg/l)

Kokonaisfosforipäästö Loppijärveen laskevista uomista oli yhteensä 575,32 kg vuonna 2012. Suurimmat fosforipäästöt tulivat suunnilleen samoista uomista, kuin suurimmat tyypipäästötkin, pienin eroavaisuuksin. Pahimmat fosforikuormittajat olivat: Sarvijoki 119,83 kg, Kyyნიönlahti 110,35 kg, Uksenjoki 101,66 kg ja Erävisjoki 101,36 kg. Seuraavaksi suurimpiin kuormituslähteisiin oli selkeä ero: Penkurinoja 49,43 kg, Järvimäen oja 28,83 kg ja Järvisuon oja 26,41 kg. Loput uomat jäivät alle 10 fosforikilogramman vuodessa: Kitinoja 9,08 kg, Pälsi 7,32 kg, Rantasuo 4,70 kg, Kirkonkylän uimaranta 4,18 kg, Rahkasuo 4,06 kg, Koulahti 2,30 kg, Pikkusuon oja 2,04 kg, Mustalahden pikkuoja 1,78 kg, Kuljunlahti 1,2 kg, Viulahti 0,43 kg, Kulonnokka 0,37 kg ja Torkinsuo 0,21 kg (Kuvio 5; Liite 1).

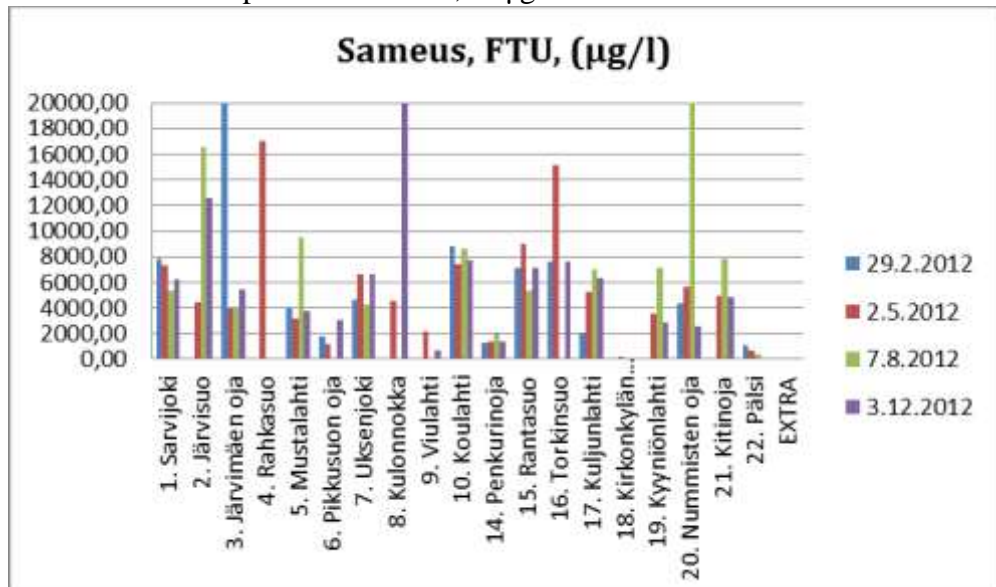
Nummistenjoen keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli 111,00 µg/l ja lähtevä kokonaisfosforikuorma oli 1 540,53 kg (Liite 1).



Kuvio 5. Fosforin ravinnepäästö (kg/v)

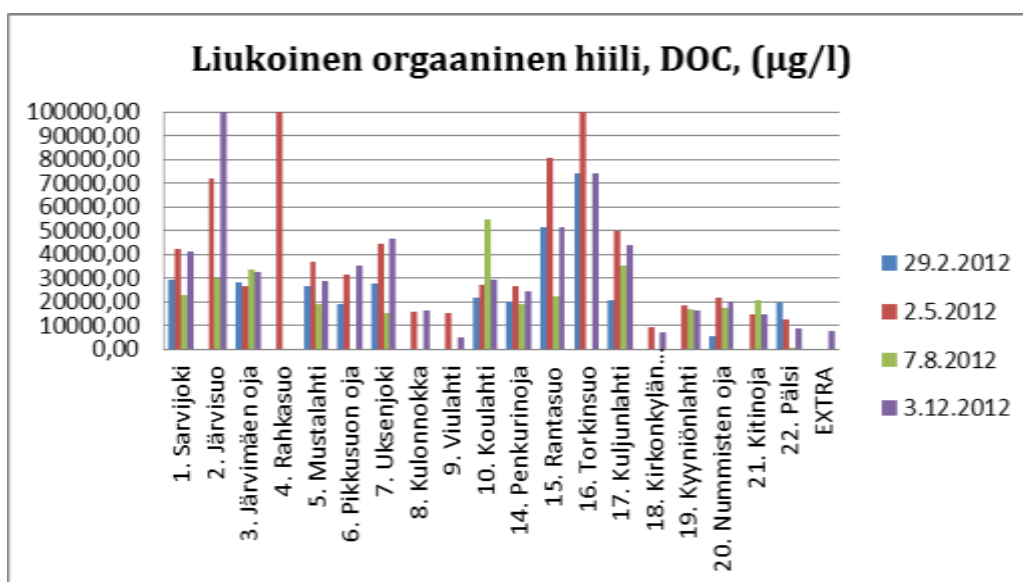
5.3 Muut tutkitut vedenlaadun muuttujat

Kuviossa 6 sivulla 34 ja liitteessä 2 esitellään vesinäytteiden sameuspitoisuudet, FTU, jotka olivat keskiarvoltaan seuraavanlaiset: Nummistenjoki 45 325,01 µg/l, Järvimäen oja 20 533,33 µg/l, Järvisuo 8 400,00 µg/l, Koulahti 8 150,00 µg/l, Torkinsuo 7 583,33 µg/l, Rantasuo 7 166,67 µg/l, Sarvijoki 6 683,33 µg/l, Kulonnokka 6 391,67 µg/l, Uksenjoki 5 550,00 µg/l, Kuljunlahti 5 166,68 µg/l, Mustalahti 5 108,33 µg/l, Kitinoja 4 416,67 µg/l, Rahkasuo 4 266,67 µg/l, Kyyniönlahti 3 383,32 µg/l, Penkurinoja 1 525,00 µg/l, Pikkusuon oja 1 516,67 µg/l, Viulahti 711,11 µg/l, Pälsi 575,00 µg/l, Kirkonkylän uimaranta 58,33 µg/l. Lisäkohteen FTU-pitoisuus oli 100,00 µg/l.



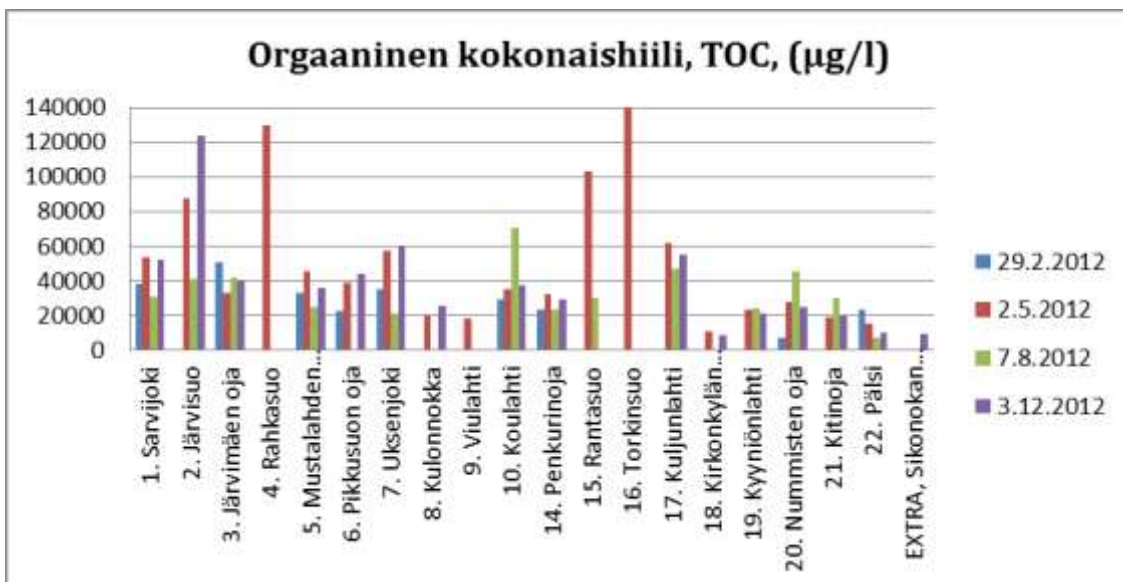
Kuvio 6. Sameuspitoisuus ($\mu\text{g/l}$)

Liitteessä 2 ja kuviossa 7 käydään läpi vesinäytteiden liukoisesta orgaanisesta hiilestä, DOC, keskiarvopitoisuudet jotka olivat seuraavalla tavalla vuonna 2012: Torkinsuo 73 916,67 $\mu\text{g/l}$, Rantasuo 51 533,34 $\mu\text{g/l}$, Järvisuo 50 566,68 $\mu\text{g/l}$, Kuljunlahti 37 375,09 $\mu\text{g/l}$, Sarvijoki 33 733,33 $\mu\text{g/l}$, Uksenjoki 33 383,33 $\mu\text{g/l}$, Koulahti 32 983,33 $\mu\text{g/l}$, Järvimäen oja 30 166,68 $\mu\text{g/l}$, Mustalahden pikkuoja 27 791,67 $\mu\text{g/l}$, Rahkasuo 25 458,33 $\mu\text{g/l}$, Penkurinoja 22 350,09 $\mu\text{g/l}$, Pikkusuon oja 21 400,00 $\mu\text{g/l}$, Nummistenjoki 16 081,25 $\mu\text{g/l}$, Kyyniönlahti 12 766,75 $\mu\text{g/l}$, Kitinoja 12 458,25 $\mu\text{g/l}$, Pälsi 10 126,31 $\mu\text{g/l}$, Kulonnokka 7 941,67 $\mu\text{g/l}$, Viulahti 5 033,33 $\mu\text{g/l}$, Kirkonkylän uimaranta 4 091,68 $\mu\text{g/l}$. Lisäkohteen DOC-pitoisuus oli 7 600,00 $\mu\text{g/l}$.



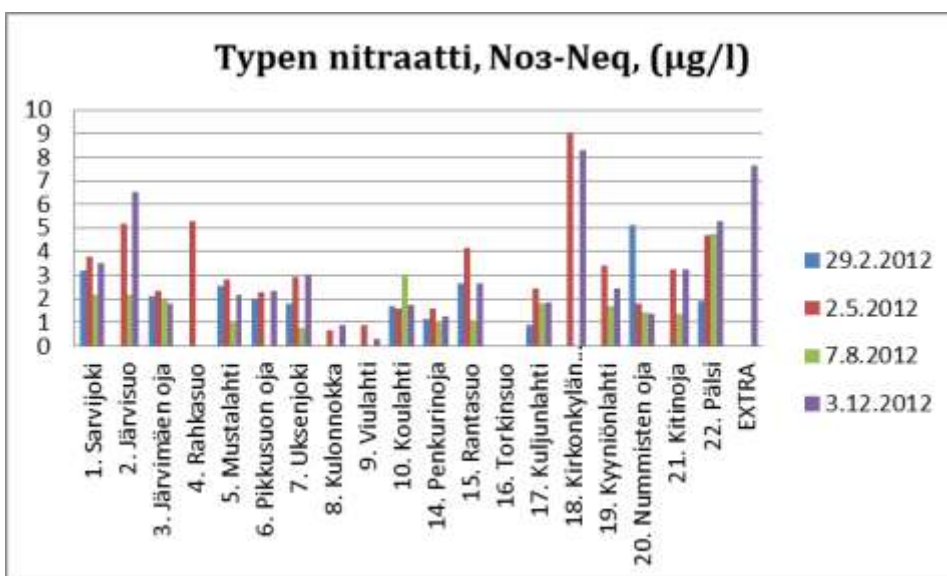
Kuvio 7. Liukoinen orgaaninen hiili ($\mu\text{g/l}$)

Kuviossa 8 sivulla 35 ja liitteessä 2 esitetään vesinäytteiden orgaanisen kokonaishiilen, TOC, keskiarvopitoisuudet: Torkinsuo 98 383,33 $\mu\text{g/l}$, Rantasuo 66 383,33 $\mu\text{g/l}$, Järvisuo 63 158,32 $\mu\text{g/l}$, Kuljunlahti 47 175,01 $\mu\text{g/l}$, Sarvijoki 43 625,00 $\mu\text{g/l}$, Uksenjoki 43 300,00 $\mu\text{g/l}$, Koulahti 42 933,33 $\mu\text{g/l}$, Järvimäen oja 41 491,67 $\mu\text{g/l}$, Mustalahden pikkuoja 34 775,00 $\mu\text{g/l}$, Rahkasuo 32 433,33 $\mu\text{g/l}$, Penkurinoja 27 216,67 $\mu\text{g/l}$, Pikkusuon oja 26 466,67 $\mu\text{g/l}$, Nummistenjoki 26 375,08 $\mu\text{g/l}$, Kyyniönlahti 17 133,42 $\mu\text{g/l}$, Kitinoja 17 108,25 $\mu\text{g/l}$, Pälsi 14 041,58 $\mu\text{g/l}$, Kulonnokka 11 491,67 $\mu\text{g/l}$, Viulahti 6 144,44 $\mu\text{g/l}$, Kirkonkylän uimaranta 4 791,68 $\mu\text{g/l}$. Lisäkohteen DOC-pitoisuus oli 9 000,00 $\mu\text{g/l}$.



Kuvio 8. Orgaaninen kokonaishiili (µg/l)

Vesinäytteiden keskiarvoiset typen nitraattipitoisuudet, $\text{NO}_3\text{-Neq}$, esitellään liitteessä 2 ja kuviossa 9 sivulla 36. Tulokset olivat seuraavanlaiset: Kirkonkylän uimaranta 4,32 µg/l, Pälsi 4,15 µg/l, Järvisuo 3,47 µg/l, Sarvijoki 3,16 µg/l, Rantasuo 2,64 µg/l, Nummisten joki 2,43 µg/l, Mustalahden pikkuoja 2,13 µg/l, Uksenjoki 2,11 µg/l, Järvimäen oja 2,05 µg/l, Koulahti 2,03 µg/l, Kitinoja 1,98 µg/l, Kynniölahti 1,89 µg/l, Kuljunlahti 1,76 µg/l, Pikkusuon oja 1,66 µg/l, Rahkasuo 1,33 µg/l, Penkurinoja 1,25 µg/l, Kulonnoikka 0,39 µg/l ja Viulahti 0,29 µg/l. Torkinsuon yhden näytteenoton osalta S::can Spectro::lyser antoi virheilmoituksen, eikä Torkinsuolta ole lainkaan typen nitraattipitoisuusarvoa. Lisäkohteen $\text{NO}_3\text{-Neq}$ -pitoisuus oli 7,67 µg/l.



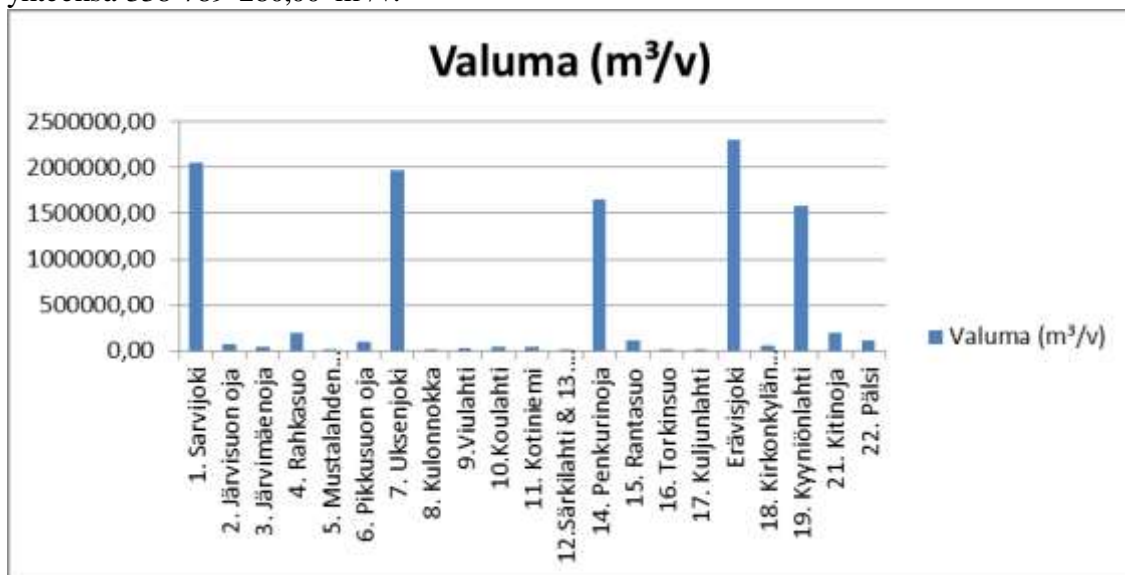
Kuvio 9. Typen nitraatti (µg/l)

Virtaamatuloksia saatiin 29.2.2012 vain Nummistenjoelta, jossa virtaama oli 0,9600 m³/s ja Penkurinojalta, jossa virtaama oli 0,0700 m³/s. 2.5.2012 oli paras näytteenottokerta virtaamanäytteiden kannalta, tällöin saimme

tuloksia seuraavasti: Nummistenjoki 2,3600 m³/s, Sarvijoki 0,1327 m³/s, Penkurinoja 0,0715 m³/s, Kyyniönlahti 0,0187 m³/s, Kitinoja 0,0115 m³/s, Koulahti 0,0034 m³/s, Kirkonkylän uimaranta 0,0026 m³/s, Viulahti 0,0021 m³/s. 7.8.2012 virtaamatuloksia saatiin jälleen vain kahdesta kohteesta: Nummistenjoki 0,1000 m³/s ja Kitinoja 0,0014 m³/s ja 3.12.2012 virtaamatulos saatiin ainoastaan Nummistenjoesta: 1,5000 m³/s.

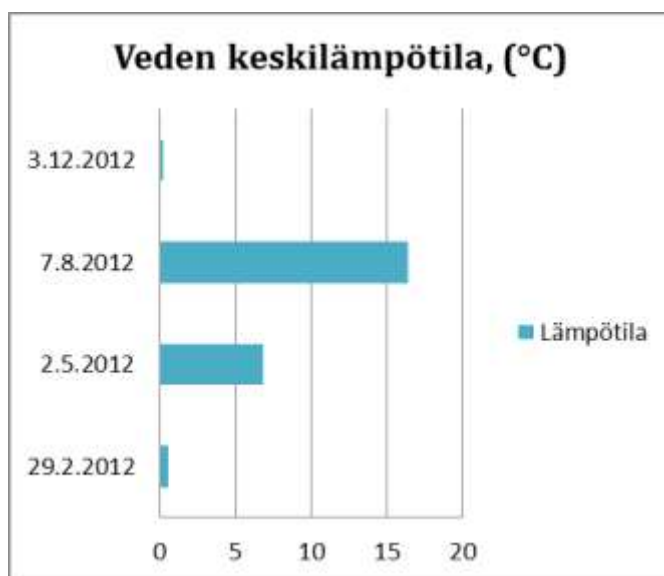
Kuvio 10 sivulla 37 esittää Loppijärveen laskevien uomien kokonaisvalumaa. Arvio vuotuisista kokonaisvirtaamista saatiin suurimmilta osin laskennallisesti ja tulokset ovat seuraavanlaiset: Erävisjoki 2 303 708,58 m³/v, Sarvijoki 2 047 580,45 m³/v, Uksenjoki 1 974 026,03 m³/v, Penkurinoja 1 648 112,91 m³/v, Kyyniönlahti 1 587 553,78 m³/v, Rahkasuo 195 759,09 m³/v, Kitinoja 191 935,03 m³/v, Rantasuo 116 130,38 m³/v, Pälsi 113 125,00 m³/v, Pikkusuon oja 96 466,20 m³/v, Järvisuon oja 79 294,15 m³/v, Kirkonkylän uimaranta 60 350,75 m³/v, Järvimäen oja 52 338,95 m³/v, Koulahti 42 694,31 m³/v, Kotiniemi 41 820,19 m³/v, Viulahti 28 570,09 m³/v, Torkinsuo 24 526,68 m³/v, Mustalahden pikkuoja 24 263,88 m³/v, Särkilahti & Rytönlahti 20 084,59 m³/v, Kuljunlahti 14 690,72 m³/v ja Kulonnokka 3 363,54 m³/v.

Vuoden kokonaisvirtaama uomista Loppijärveen oli yhteensä 10 666 395,28 m³/v ja Nummistenjoen kautta poistuva kokonaisvirtaama oli yhteensä 338 789 280,00 m³/v.



Kuvio 10. Loppijärveen laskevien uomien kokonaisvaluma vuonna 2012

Suurimmat veden lämpötilavaihtelut olivat kevät- ja loppukesän näytteenottoissa, talvi- ja syysnäytteenottojen lämpötilaerot olivat pienemmät (Kuvio 11).



Kuvio 11. Veden lämpötila (°C)

Ensimmäisen näytteenottokerran uomavesien keskilämpötila oli 0,6 °C ja vaihteluväli eri uomien välillä 0,2–1,6 °C. Toisen näytteenottokerran keskilämpötila oli 6,8 °C ja lämpötilavaihtelu välillä 3,3–10,2 °C. Kolmannen näytteenottokerran vesien keskilämpötila oli 16,4 °C vaihteluvälin ollessa 11,9–18,2 °C. Viimeisen näytteenottokerran keskilämpötila näytteenottokehteissa oli 0,2 °C ja vaihtelu oli 0,1–0,3 °C välillä.

6 POHDINTA

Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyö osoittaa, että Loppijärvellä on voimakasta ulkoista kuormitusta. Mitään yksittäistä päästökohdetta ei kuitenkaan tutkimusten perusteella löytynyt, vaan ravinnepäästöjä valui vesistöön tasaisesti järven koko valuma-alueelta riippuen lähinnä valuma-alueen koosta. Koska osa kuormituslaskelmista perustui virtaamien osalta verrokkiin, ovat tulokset niiltä osin arvioita, joskin hyvin suuntaa antavia, kun yhtenä oleellisena osana koko tutkimusta oli kokonaiskuvan hahmottaminen järven ulkoisen kuormituksen määrästä.

Vesinäytteenottojen ravinnepitoisuustuloksista selviää, että Valtion ympäristöhallinnon mukaisen vesistön rehevyysmääritystaulukon mukaan Loppijärveen laskevien uomien typpipitoisuudet asettuivat vähän alle puolissa kohteista rehevyystasoltaan rehevään, eli välille 600–1500 µg/l ja yli puolessa tasoltaan erittäin rehevään, eli yli 1500 µg/l. Näytteistä 20 ylitti pitoisuuden 2 000 µg/l ja pahin pitoisuuslukema oli 10 000 µg/l. Typpipitoisuuden mukaan yksikään näyte ei yltänyt karun tai edes lievästi rehevän rajoihin, joka tarkoittaisi pientä määrää typpeä näytevedessä.

Vastaavasti fosforin osalta suurin osa vesinäytteistä asettui rehevälle tasolle, joka ympäristöhallinnon taulukossa fosforin osalta tarkoittaa 25–100 µg/l ja joka osoittaa tyydyttävää tai välttävää vedenlaatua. Vain muutamassa näytteenottopisteessä fosforipitoisuustulokset olivat lievästi rehevällä tasolla, 15–25 µg/l, kertoen hyvälaatuisesta vedestä ja ainoassakaan kohteessa vedenlaatu ei ollut erinomainen, joka edellyttäisi pitoisuuksilta alle 15µg/l lukemia. Laatuluokaltaan huonoja kohteita oli kaiken kaikkiaan neljäsosa kaikista näytteenottopaikoista ja hälyttäviä kokonaisfosforipitoisuuksia mitattiin jopa seitsemästä näytteestä, näissä pitoisuudet olivat jopa yli 200 µg/l ja pahimmillaan jopa 1800 µg/l.

Uomien keskimääräiset sameustasot olivat yli puolessa kohteista Valtion ympäristöhallinnon sameustaulukon mukaan arvoltaan yli 5 FTU, joka tarkoittaa että sameus on nousussa, kolmasosassa kohteista sameus oli välillä 1–5 FTU, joka tarkoittaa lievästi sameaa vettä ja vajaa kolmasosa näytteistä ylsi tasolle kirkas, eli arvo oli alle 1 FTU. Sameuspitoisuus kertoo eroosiosta ja Loppijärven valuma-alueella se vaikuttaisi olevan voimakasta.

Humuspitoisuutta indikoivat orgaanisen kokonaishiilen keskiarvopitoisuudet olivat Loppijärveen laskevissa uomissa korkeita. Valtion ympäristöhallinnon mukaan pitoisuudet vaihtelevat järvi- ja jokivesissä yleensä 2–10 mg/l välillä ja suoalueella pitoisuus voi olla jopa 1000 mg/l. Loppijärveen laskevista uomista kuitenkin 17 näytteenottopisteessä keskiarvopitoisuus oli reilusti yli 10 mg/l ja vain kolmessa näytteenottopisteessä alle 10 mg/l.

Typen nitraattipitoisuuksista löytyi erikoisuus: normaalisti tuotantokauden ulkopuolella nitraattipitoisuudet nousevat jopa 1000 µg/l, mutta nyt nitraattipitoisuudet jäivät muutamaa avovesikauden näytettä lukuun ottamatta kaikki alle pitoisuuden 5 µg/l. Vain avovesikaudella alle 5µg/l

pitoisuudet ovat normaaleja. Poikkeukselliset tulokset osoittavat, että sinileväkukinnot ovat mahdollisia myös talvisaikaan, varsinkin siinä tapauksessa, mikäli vesistössä on myös fosforia.

Vesinäytteiden oton ohella mitatuista vesilämpötiloista ei paljastunut mitään merkittävää, lämpötila vaihteli jonkin verran avovesikauden aikaan lähinnä paikan ja virtaaman mukaan, jäiden aikaan erot olivat pienemmät.

Vaikka järven ulkoinen ravinnekuormitus on voimakasta, selviää aiemmista tutkimuksista, joissa on tarkkailtu isoimpia lasku-uomia läpi 2000-luvun, ettei kuormituspitoisuudet ole kuitenkaan merkittävästi muuttuneet, jos ollenkaan. Järveen laskeva vuoden 2012 kokonaisravinnekuorma oli typen osalta 14 630,92 kilogrammaa ja fosforin osalta 575,32 kilogrammaa ja järvestä poistuva kuorma oli typen osalta 60 943,32 kilogrammaa ja fosforin osalta 1 540,53 kilogrammaa. Edellä kerrotuista kokonaistuloksista voidaan tulla johtopäätökseen, että Loppijärvellä on ulkoisen kuormituksen lisäksi voimakasta sisäistä kuormitusta.

Loppijärven tilan voidaan olettaa olevan huono, vaikkei sen sisäistä kuormitusta ole vielä tutkittu. Huonosta tilasta kertovat vuosittaiset sinileväkukinnot kesäisin ja nyt ulkoisen kuormituksen selvityksessä arvioitu laskennallinen kuormitus. Saatujen tulosten mukaan järvestä poistuu Nummistenjoen kautta lähes kolminkertainen määrä fosforia ja nelinkertainen määrä typpeä siihen verrattuna, mitä järveen valuma-alueen uomista valuu. Tämä antaa vahvaa osviittaa järven sisäisestä kuormituksesta.

Vesistöjen kunnostus lähtee kuitenkin siitä, että ulkoista kuormitusta pyritään vähentämään ja Loppijärvellä siihen on selkeä tarve. Jo pelkästään vesinäytteiden sameustasoista ja humuspitoisuuksista voi päätellä, että valuma-alueella on tarvetta kiinnittää huomiota maankäyttöön eroosion vuoksi.

Tämän opinnäytetyön yksi tavoite oli löytää Loppijärveen laskevista uomista ne kriittisimmät kuormituspisteet, joihin voitaisiin sijoittaa laskeutusaltaat ja fosforinerotin, jotka on jo aiemmin päätetty järveen investoida. Tavoite saavutettiin ja selkeästi pahimmat ulkoista kuormitusta aiheuttavat uomat olivat ison valuma-alueen uomia: Sarvijoki, Kyyniönlahti, Erävisjoki, Penkurinoja ja Uksenjoki. Näistä Kyyniönlahteen on tätä opinnäytetyötä kirjoittaessani valmistunut kosteikkoallas kevään 2013 aikana.

Tutkimustulosten valossa kannattaa pidättäytyä vielä toistaiseksi fosforinerottimen sijoittamis päätöksestä, sillä erot fosforipitoisuuksissa olivat pahimpien kuormitusta aiheuttavien uomien suhteen hyvin pienet. Vaihtoehtoisesti voisikin harkita, että kunnostustoimenpidesuunnitelmia tehtäessä lähdettäisiin liikkeelle siitä, että jokaiseen edellä mainittuun voimakkaan kuormituksen uomaan teetetäisi laskeutusallas, ehkä osin fosforinerottimen kustannuksella. Tämän lisäksi tulisi jatkaa vuosittaista vesien ravinnepitoisuustarkkailua ainakin isojen uomien osalta.

Sidosryhmien, muun muassa järven ranta-asukkaiden, kanssa käytyjen keskustelujen myötä selvisi, että järven tila olisi muuttunut radikaalisti viimeisen kahden vuoden aikana. Koska Loppijärvellä on viimeisenä kahtena kesänä suoritettu laaja-alaisia niittoja ja tämänkin opinnäytetyön teoriaosuudessa on selitetty niittojen todennäköinen haitallinen vaikutus järven biologiseen tilaan, tulisi myös niitoista pidättäytyä siksi aikaa kunnes järven tilasta saadaan lisätietoa. Nyt tehdyn tutkimuksen tulokset antavat ehdottomasti aihetta jatkotutkimuksille ja alustavia suunnitelmia tulevaisuuden varalle on jo olemassa järven sisäisen kuormituksen selvitystyöstä pohjasedimenttinäytteenottoineen.

Siinä tapauksessa että järven sisäinen kuormitus jatkotutkimusten perusteella on niin voimakasta, mitä sen arvellaan olevan, on tilanne hankalempi. Järven sisäisen kuormituksen kunnostustoimet ovat paitsi kalliita, mutta niihin ryhtyminen on myös pitkällisen lupaprosessin takana riippuen hieman toimenpiteestä. Toisaalta luonnonympäristön kannalta Loppijärven rehevöityminen ei ole sinänsä pahasta, vaan rehevöityminen lisääi jopa luonnon monimuotoisuutta varsinkin kun otetaan huomioon järven nykytila, jossa järvellä ei esiinny tietojen mukaan alkuperäislajeja, jotka eivät menestyisi rehevän tilan järvessä. Tässä tapauksessa järven virkistyskäytölliset ominaisuudet kuitenkin vaikeutuisivat muun muassa mahdollisen umpeenkasvun myötä, kun järvellä liikkuminen hankaloituisi.

Jatkoa suunniteltaessa on hyvä myös tehostaa vuoropuhelua ja tiedottamista eri sidosryhmien välillä. Aiheena järven kuormitus on poikkeuksetta tunteita herättävä ja kuten tätä opinnäytetyötä tehdessä huomattiin, voi vääränlainen uutisointi aiheuttaa tarpeetonta kuohuntaa. Järvitutkimusten ja järvikunnostushankkeiden tavoitteena on lähtökohtaisesti kaikille parempi ja puhtaampi ympäristö, vaikka eri sidosryhmillä voikin olla lähtökohtaisesti hyvinkin erilaiset intressit taustalla.

7 OMAN OPPIMISEN ARVIOINTI

Olen aina ajatellut opinnäytetyön olevan yksi keskeisimpiä opintoihin liittyviä tuotoksia, parhaimmillaan tulevaisuuden työnhakua edesauttava portfolio ja näin ollen motivaatio opinnäytetyön tekoon oli helppo löytää. Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyö oli monipuolinen, yhteisöllisesti vaikutuksellinen ja sen tekeminen edesauttoi ammatillista kehittymistä ja kasvua. Työssä yhdistyi käytännön kenttätyö, mielenkiintoinen aihe ja paikallisuus. Työ vaati ja kehitti oma-aloitteisuutta, pitkäjänteisyyttä ja kentäkokeiden haastavuuden osalta myös määrätietoisuutta. Opinnäytetyössä tutuksi tuli myös Exceltaulukkolaskentaohjelma, joka oli avainasemassa tulosten koostamisessa. Tekemällä oppii parhaiten ja koen, että myös Exceltaulukkolaskentaohjelman haasteet avautuivat sen myötä, että oli olemassa selkeä tutkimuskohde. Minulle on selkeästi helpompaa sisäistää asia käytännön tarpeen kautta, kun halutaan selvittää jotain konkreettista asiaa.

Opinnäytetyön yksi ongelmakohta oli näytteenottoajanjakson vuoksi pakostikin pitkä aikataulu, mitä pidin alkuun hyvänä asiana. Hyvänä puolena pitkässä aikataulussa oli se, että näytteenottojen välillä oli hyvin aikaa työstää muita opintoja valmiiksi, mutta huonona puolena oli aikataulutuksen ongelmallisuus. Valmistumispäivän lähestyessä työn raportoinnin kanssa tuli kiire. Teoriapuolen koostaminen olisi aivan ehdottomasti pitänyt aloittaa pikkuhiljaa samaan aikaan kun käytännön kokeita suoritettiin. Tämä olisi varmasti helpottanut kokonaisuuden hahmottamista varhaisemmassa vaiheessa ja antanut taustatietoa työn toteuttamiselle, vaikka tutkimustulosten ja käytännön työn kannalta sillä ei olisi ollutkaan suurta merkitystä. Haastavaa teoriapuolen osalta oli myös aiheen rajaus, jonka vuoksi raportoinnin aloittaminen tuotti vaikeuksia.

Opinnäytetyön tekoon valmistautumisen kannalta olisi ollut hyvä, että tietokannoista tiedon etsintä olisi ollut paremmin hallinnassa, kuten myös lähdeviittaustekniikka. Työharjoittelut, aiempi työkokemus ja yhteiskunnallinen vaikuttaminen edesauttoivat opinnäytetyön onnistumisessa, koska työskentelyn keskeisenä osana oli kommunikointi yhteistyötahojen kesken. Koko opinnäytetyön helpoin osuus oli käytännön asioiden järjestely, käytännön työt ja kommunikointi sidosryhmien kanssa. Tämän opinnäytetyön teko vahvisti ammatillista osaamista näillä osa-alueilla.

Loppijärven ulkoinen kuormitus selvitys sai huomattavaa näkyvyyttä koko Kanta-Hämeen maakunnan alueella niin paikallismedioissa, kuin kansallisessakin mediassa. Tämä kertoo työn ajankohtaisuudesta ja kiinnostavuudesta. Yleisesti ottaen vesistöjen tila herättää aina myös voimakkaita tunteita, jonka myötä keskustelu voi kärjistyä tulehdusheräksi. Näin kävi myös Loppijärven kuormitus selvityksen kanssa, koska uutisointia aiheesta tulkittiin sidosryhmissä eri tavoin, kuin oli ajateltu. Tiedottamista tuleekin suunnitella hyvin etukäteen, jotta väärinymmärryksiltä voidaan välttyä.

Median lisäksi esittelin opinnäytetyön tuloksia useaan otteeseen myös muille sidosryhmille, valuma-alueella sijaitsevien maatilojen maatilayrittäjille, järven suojeluyhdistykselle, järven osakaskunnille, kunnan edustajille, järven virkistyskäyttäjille ja muille kuntalaisille. Esiintymiset mediassa ja eri tapahtumissa opinnäytetyön tiimoilta olivat omiaan harjaannuttamaan ammatilliselta näkökantilta omaa vakuuttavuutta seistä työnsä tulosten takana ja antaa asiantuntijalausuntoja yleisölle.

Opinnäytetyönä Loppijärven ulkoisen kuormituksen selvitystyö onnistui lopulta yli odotusten, työvaiheet sujuivat käytännön puolen osalta suunnitellusti ja lopputulos oli toivotunlainen: tutkimuskysymykseen pystyttiin vastaamaan. Kyseessä oli ajankohtainen, käytännönläheinen työ, jonka tuloksia voidaan konkreettisesti hyödyntää paikallisen ja merkittävän ympäristökohteen tilan parantamisessa ja jatkotutkimuksissa.

LÄHTEET

- Berninger, K., Tapio, P. & Willamo, R. 1996. Ympäristönsuojelun perusteet. Helsinki: Gaudeamus.
- Caldecott, J. 2007. Water. The causes, costs and future of a global crisis. Virgin Books, Random House, London.
- Eloranta, P. 2005. Järvien kunnostuksenlimnologiset perusteet. Teoksessa Lakso, E. & Ulvi, T. (toim.) Järvien kunnostus. Helsinki: Edita Prima Oy. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=32238&lan=fi>
- Hämeen ELY. 2012a. Vedenlaatu. Viitattu 16.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=7687&lan=fi>
- Hämeen ELY. 2012b. Typpi vedenlaatua kuvaavana muuttujana. Viitattu 24.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=17449&lan=fi>
- Hämeen ELY. 2012c. Loppijärvi. Viitattu 15.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=26364&lan=fi>
- Hämeen ELY. 2011. Fosfori vedenlaatua kuvaavana muuttujana. Viitattu 23.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=373497&lan=FI>
- Iola, R. 22.4.2013. Kysymyksiä (Loppijärvi vesinäytteenotot). Vastaanottaja Reija Laurila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 25.4.2013.
- Jutila, H. 2006. JÄRKI-hankkeen järvien hoito- ja käyttösuunnitelmat. Hämeenlinna: Hämeenlinnan seudullinen ympäristötoimi.
- Keto, A. & Sammalkorpi, I. n.d. Loppijärven säännöstelyn kehittämismahdollisuudet ja kunnostustarpeen arviointi. SYKE.
- Kettunen, I. Mäkelä, A. & Heinonen, P. 2008. Ympäristöopas. Vesistötietoa näytteenottajille. Helsinki: Edita Prima Oy. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=102212&lan=fi>
- Lahti, K. & Rönkä, A. 2008. Biologia. Ympäristöekologia. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Loppijärven ystävät. n.d. Loppijärven omatoiminen seuranta. Viitattu 3.5.2013. <http://www.loppijarvenystavat.fi/seuranta.html>
- Lyytimäki, J. & Hakala, H. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. Helsinki: Gaudeamus.
- Lähteenmäki, H. & Rotko, P. 2005. Eväitä vuorovaikutteiseen viestintään vesistöjen kunnostus- ja säännöstelyhankkeissa. Vantaa: Dark Oy.

Mallén, S. 2006. Kanajärven kuormitus selvitys ja hoitosuunnitelma. Hämeen ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Oravainen, R. 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. Tampere: Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.

Pirkanmaan ELY. 2011a. Vesistöjen säännöstely. Viitattu 28.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=191264>

Pirkanmaan ELY. 2011b. Miten säännöstely muuttaa vedenkorkeuksia. Viitattu 2.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=19356&lan=fi>

Pirkanmaan ELY. 2011c. Säännöstelyjen toteutus. Viitattu 2.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=19353&lan=fi>

Pirkanmaan ELY. 2010. Osaselvitykset, säännöstelyjen vaikutukset vesistön käyttäjiin. Viitattu 3.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=19363&lan=fi>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011a. Ammoniumtyppi. Viitattu 25.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=387209&lan=FI>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011b. Nitraattityppi. Viitattu 25.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=387207&lan=FI>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011c. Nitriittityppi. Viitattu 26.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=387208&lan=FI>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011d. Fosfaattifosfori. Viitattu 23.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=387205&lan=FI>

Pohjois-Pohjanmaan ELY. 2011e. Miten humuspitoisuutta mitataan. Viitattu 12.4.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=11694&lan=fi>

Ranta-Aho, K. 8.4.2013. Moi! Virtaamamittarista (Loppijärvi). Vastaanottaja Reija Laurila. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 10.4.2013.

Repo, I. & Nuutinen, T. 2008. Viestintätaito. Opas aikuisopiskelun ja työelämän vuorovaikutustilanteisiin. Keuruu: Otava.

Rotko, P. & Lyytimäki J. 2004. Viestintä vesistöjen kunnostuksessa. Innostaminen, uutisointi ja sosiaalinen pääoma. Helsinki: Oy Edita Ab.

Suomen ympäristökeskus. 2012a. Pintavedet. Viitattu 14.3.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=106&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2012b. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnonhuuhtouma. Viitattu 20.3.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8568&lan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2011. Vesistöjen kuormitus. Viitattu 18.3.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=393808&lan=fi&clan=fi>

Suomen ympäristökeskus. 2010. Järvien rehevöityminen lisää niiden luontaisia hiilidioksidi- ja metaanipäästöjä. Viitattu 18.3.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=358886&lan=FI>

Suomen ympäristökeskus. 2006. Vesistökuormituksen arviointi- ja hallintajärjestelmä VEPS. Viitattu 3.4.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=185329&lan=FI>

Suomen ympäristökeskus. 2004. Piin kierto järvissä ja rannikkovesistöissä: merkitys ravinteiden kierrolle, perustuotannolle sekä paleolimnologialle. Viitattu 28.3.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=98870&lan=fi>

Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö. Limnologian perusteet. Tampere: Gaudeamus.

Tilastokeskus. 2012. Ympäristö ja luonnonvarat. Maantieteellisiä tietoja. Viitattu 14.3.2013. http://tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_alue.html

Uudenmaan ympäristökeskus. 2010. Valuma-alue. Viitattu 3.4.2013.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8550&lan=FI>

Vanajavesikeskus. n.d. Vanajavesikeskuksen taustaa. Viitattu 2.5.2013.
<http://www.vanajavesi.fi/1732>

Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. 2007. Valtioneuvoston periaatepäätös. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=66351&lan=FI>

LOPPIJÄRVEN LASKENNALLINEN KUORMITUS (KG/V) -TAULUKKO

Uoma	Pinta-ala [km ²]	Valuma [l/s]	Valuma [m ³ /v]	Kok N [mg/m ³]	Kok N [kg]	Kok P [mg/m ³]	Kok P [kg]
1. Sarvijoki 1	8,205	5,16	333791,22	2000	667,58	74	24,70
Sarvijoki 2	1	132,7	1046206,80	2000	2092,41	46	48,13
Sarvijoki 3	8,205	5,16	333791,22	1427	476,32	77	25,70
Sarvijoki 4	8,205	5,16	333791,22	1940	647,55	64	21,36
Yhteensä v			2047580,45		3883,87		119,89
2. Järvisuon oja 1	0,487287	5,16	19823,54	0	0	0	0
Järvisuon oja 2	0,487287	5,16	19823,54	1500	29,74	57	1,13
Järvisuon oja 3	0,487287	5,16	19823,54	3264	64,70	300	5,95
Järvisuon oja 4	0,487287	5,16	19823,54	7800	154,62	975	19,33
Yhteensä v			79294,15		249,06		26,40
3. Järvimäenoja 1	0,321639	5,16	13084,74	10000	130,85	1800	23,55
Järvimäenoja 2	0,321639	5,16	13084,74	1700	22,24	47	0,61
Järvimäenoja 3	0,321639	5,16	13084,74	2394	31,32	140	1,83
Järvimäenoja 4	0,321639	5,16	13084,74	2200	28,79	217	2,84
Yhteensä v			52338,95		213,20		28,84
4. Rahkasuo 1	1,203	5,16	48939,77	0	0,00	0	0,00
4. Rahkasuo 2	1,203	5,16	48939,77	2000	97,88	83	4,06
4. Rahkasuo 3	1,203	5,16	48939,77	0	0,00	0	0,00
4. Rahkasuo 4	1,203	5,16	48939,77	0	0,00	0	0,00
Yhteensä v			195759,09		97,88		4,06
5. Mustalahden pikkuoja 1	0,149109	5,16	6065,97	2600	15,77	79	0,48
Mustalahden pikkuoja 2	0,149109	5,16	6065,97	1700	10,31	38	0,23
Mustalahden pikkuoja 3	0,149109	5,16	6065,97	1974	11,97	116	0,70
Mustalahden pikkuoja 4	0,149109	5,16	6065,97	1800	10,92	61	0,37
Yhteensä v			24263,88		48,98		1,78
6. Pikkusuon oja 1	0,344683	5,16	14022,20	1700	23,84	35	0,49
6. Pikkusuon oja 2	1	6,9	54399,60	1200	65,28	19	1,03
6. Pikkusuon oja 3	0,344683	5,16	14022,20078	0	0	0	0
6. Pikkusuon oja 4	0,344683	5,16	14022,20	1300,00	18,23	37	0,52
Yhteensä v			96466,20		107,35		2,04
7. Uksenjoki 1	12,130999	5,16	493506,51	1200	592,21	29	14,31
7. Uksenjoki 2	12,130999	5,16	493506,51	1100	542,86	57	28,13
7. Uksenjoki 3	12,130999	5,16	493506,51	671	331,14	84	41,45
7. Uksenjoki 4	12,130999	5,16	493506,51	1140	562,60	36	17,77
Yhteensä v			1974026,03		2028,81		101,66
8. Kulonokka 1	0,02067	5,16	840,89	0	0,00	0	0,00
8. Kulonokka 2	0,02067	5,16	840,89	610	0,51	34	0,03
8. Kulonokka 3	0,02067	5,16	840,89	0	0,00	0	0
8. Kulonokka 4	0,02067	5,16	840,89	2190	1,84	400	0,34
Yhteensä v			3363,54		2,35		0,36
9. Viulahti 1	0,175572	5,16	7142,52	0	0	0	0
9. Viulahti 2	0,175572	5,16	7142,52	720	5,14	26	0,19
9. Viulahti 3	0,175572	5,16	7142,52	0	0	0	0
9. Viulahti 4	0,175572	5,16	7142,52	0	0	0	0
Yhteensä v			28570,09		5,14		0,19
10. Koulahti 1	0,130188	5,16	5296,24	1600	8,47	46	0,24
10. Koulahti 2	1	3,4	26805,60	1100	29,49	48	1,29
10. Koulahti 3	0,130188	5,16	5296,24	1492	7,90	93	0,49
10. Koulahti 4	0,130188	5,16	5296,24	1310	6,94	53	0,28
Yhteensä v			42694,31		52,80		2,30
11. Kotiniemi 1	0,256998	5,16	10455,05	0	0,00	0	0,00
11. Kotiniemi 2	0,256998	5,16	10455,05	0	0,00	0	0,00
11. Kotiniemi 3	0,256998	5,16	10455,05	0	0,00	0	0,00
11. Kotiniemi 4	0,256998	5,16	10455,05	0	0,00	0	0,00
Yhteensä v			41820,19		0,00		0,00

LOPPIJÄRVI Selvitys järven ulkoisesta kuormituksesta

jatkuu

Uoma	Pinta-ala [km ²]	Valuma [l/s]	Valuma [m ³ /v]	Kok N [mg/m ³]	Kok N [kg]	Kok P [mg/m ³]	Kok P [kg]
12.Särkilahdi & 13. Rytkönlahdi 1	0,123426	5,16	5021,15	0	0,00	0	0,00
12.Särkilahdi & 13. Rytkönlahdi 2	0,123426	5,16	5021,15	0	0,00	0	0,00
12.Särkilahdi & 13. Rytkönlahdi 3	0,123426	5,16	5021,15	0	0,00	0	0,00
12.Särkilahdi & 13. Rytkönlahdi 4	0,123426	5,16	5021,15	0	0,00	0	0,00
Yhteensä v			20084,59		0,00		0,00
14. Penkurinoja 1	1	70	551880,00	1100	607,07	20	11,04
14. Penkurinoja 2	1	71,15	560946,60	890	499,24	23	12,90
14. Penkurinoja 3	6,578999	5,16	267643,15	927	248,11	75	20,07
14. Penkurinoja 4	6,578999	5,16	267643,15	820	219,47	20	5,35
Yhteensä v			1648112,91		1573,88		49,37
15. Rantasuo 1	0,713657	5,16	29032,59	0	0,00	0	0,00
15. Rantasuo 2	0,713657	5,16	29032,59	1500	43,55	40	1,16
15. Rantasuo 3	0,713657	5,16	29032,59	1083	31,44	122	3,54
15. Rantasuo 4	0,713657	5,16	29032,59	0	0,00	0	0,00
Yhteensä v			116130,38		74,99		4,70
16. Torkinsuo 1	0,150724	5,16	6131,67	0	0,00	0	0,00
16. Torkinsuo 2	0,150724	5,16	6131,67	1600	9,81	34	0,21
16. Torkinsuo 3	0,150724	5,16	6131,67	0	0,00	0	0,00
16. Torkinsuo 4	0,150724	5,16	6131,67	0	0,00	0	0,00
Yhteensä v			24526,68		9,81		0,21
17. Kuljunlahdi 1	0,090279	5,16	3672,68	1000	3,67	22	0,08
17. Kuljunlahdi 2	0,090279	5,16	3672,68	1200	4,41	38	0,14
17. Kuljunlahdi 3	0,090279	5,16	3672,68	1167	4,29	101	0,37
17. Kuljunlahdi 4	0,090279	5,16	3672,68	2020	7,42	166	0,61
Yhteensä v			14690,72		19,78		1,20
Erävisjoki1	14,157	5,16	1151854,29	1100	1267,04	30	34,56
Erävisjoki2	14,157	5,16	1151854,29	1400	1612,60	58	66,81
Yhteensä v			2303708,58		2879,64		101,36
18. Kirkkonkylän uimaranta 1	0,32654	5,16	13284,12	0	0,00	0	0,00
18. Kirkkonkylän uimaranta 2	1	2,6	20498,40	7000	143,49	134	2,75
18. Kirkkonkylän uimaranta 3	0,32654	5,16	13284,12	0	0,00	0	0,00
18. Kirkkonkylän uimaranta 4	0,32654	5,16	13284,12	7600	100,96	108	1,43
Yhteensä v			60350,75		244,45		4,18
19. Kynniönlahdi 1	11,8	5,16	480040,99	0	0,00	0	0,00
19. Kynniönlahdi 2	1	18,7	147430,80	2900	427,55	68	10,03
19. Kynniönlahdi 3	11,8	5,16	480040,99	1402	673,02	152	72,97
19. Kynniönlahdi 4	11,8	5,16	480040,99	2270	1089,69	57	27,36
Yhteensä v			1587553,78		2190,26		110,35
20. Nummistenoja 1	1	960	7568640,00	1600	12109,82	23	174,08
20. Nummistenoja 2	1	2360	18606240,00	1400	26048,74	37	688,43
20. Nummistenoja 3	1	100	788400,00	10000	7884,00	350	275,94
20. Nummistenoja 4	1	1500	11826000,00	1260	14900,76	34	402,08
Yhteensä v			38789280,00		60943,32		1540,53
21. Kitinoja 1	1,109	5,16	45115,72	0	0,00	0	0,00
21. Kitinoja 2	1	11,5	90666,00	3000	272,00	54	4,90
21. Kitinoja 3	1	1,4	11037,60	1129	12,46	240	2,65
21. Kitinoja 4	1,109	5,16	45115,72	3000	135,35	34	1,53
Yhteensä v			191935,03		419,81		9,08
22. Pälsi 1	0,695188	5,16	28281,25	5000	141,41	87	2,46
22. Pälsi 2	0,695188	5,16	28281,25	4500	127,27	36	1,02
22. Pälsi 3	0,695188	5,16	28281,25	4300	121,61	96	2,71
22. Pälsi 4	0,695188	5,16	28281,25	4900	138,58	40	1,13
Yhteensä v			113125,00		528,86		7,32
KAIKKI YHTEENSÄ			10666395,28		14630,92		575,32

KESKIARVOPITOISUUDET ($\mu\text{G/L}$): SAMEUS, LIUKOINEN ORGAANINEN HIILI DOC, ORGAANINEN KOKONAISHIILI TOC JA TYPEN NITRAATTI ($\text{NO}_3\text{-NEQ}$)-TAULUKKO

Kohde	Sameus ($\mu\text{g/l}$)	DOC ($\mu\text{g/l}$)	TOC ($\mu\text{g/l}$)	No3-Neq ($\mu\text{g/l}$)
1. Sarvijoki	6683,33	337733,33	43625	3,16
2. Järvisuo	8400	50566,68	63158,32	3,47
3. Järvimäen oja	20533,33	30166,68	41491,67	2,05
4. Rahkasuo	4266,67	25458,33	32433,33	1,33
5. Mustalahti	5108,33	27791,67	34775	2,13
6. Pikkusuon oja	1516,67	21400	26466,67	1,66
7. Uksenjoki	5550	33383,33	43300	2,11
8. Kulonnokka	6391,67	7941,67	11491,67	0,39
9. Viulahti	711,11	5033,33	6144,44	0,29
10. Koulahti	8150	32983,33	42933,33	2,03
14. Penkurinoja	1525	22350,09	27216,67	1,25
15. Rantasuo	7166,67	51533,34	66383,33	2,64
16. Torkinsuo	7583,33	73916,67	98383,33	0
17. Kuljunlahti	5166,68	37375,09	47175,01	1,76
18. Kirkonkylän uimaranta	58,33	4091,68	4791,68	4,32
19. Kyyniönlahti	3383,32	12766,75	17133,42	1,89
20. Nummisten oja	45325,01	16081,25	26375,08	2,43
21. Kitinoja	4416,67	12458,25	17108,25	1,98
22. Pälsi	575	10126,31	14041,58	4,15