



PARKANON KUIVASJÄRVEN
VALUMA-ALUEEN
KUNNOSTUSTARPEEN ARVIOINTI

Mirjami Kuoppala

Opinnäytetyö
Helmikuu 2015
Environmental Engineering

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Environmental Engineering - koulutusohjelma

KUOPPALA, MIRJAMI:

Parkanon Kuivasjärven valuma-alueen kunnostustarpeen arviointi

Opinnäytetyö 88 sivua, joista liitteitä 17 sivua
Helmikuu 2015

Kuivasjärvi sijaitsee Parkanon kaupungin pohjoispuolella Pirkanmaalla. Järvi on tyypillinen esimerkki Suomen matalista, runsashumuksisista järvistä, joiden uhkana on rehevöityminen. Järven keskisyvyys on noin 3.5 metriä ja pinta-ala noin 6.4 km². Sitä ympäröi neljä osavaluma-aluetta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on noin 172 km². Valuma-alueella harjoitetaan maa- ja metsätaloutta sekä turvetuotantoa. Vuonna 2013 järvessä havaittiin jälleen kerran runsasta leväkasvustoa. Sen seurauksena asukkaat perustivat Parkanon Kuivasjärven kansanliikkeen rehevöitynyttä järveä pelastamaan. Kansanliike halusi mm. selvittää valuma-alueelta tulevan kuorman ja sen mahdollisen kunnostustarpeen.

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään, aiheuttaako Kuivasjärven valuma-alue sellaisia kemiallisin menetelmin mitattavissa olevia kuormituksia, jotka selittävät asukkaiden huomiot järven tilan huonontumisesta. Ympäristökuormitus pyrittiin selvittämään osavaluma-alue-tarkkuudella.

Tulokset osoittivat, että Kuivasjärvi on vuosien saatossa rehevöitynyt ihmisen toiminnan seurauksena. Täten valuma-alueen kunnostaminen on perusteltua. Kuormitustutkimuksen löydökset tulevat toimimaan Kuivasjärven valuma-alueen kunnostussuunnitelman perustana. Mittaushetkellä suurimmat kuormittajat olivat maa- ja metsätalous, jotka tuottivat merkittävät kiintoaine- ja ravinnekuormat. Koska kuormitusmittaus tehtiin vain kerran, vuotuista kuormitusta ei tässä tutkimuksessa pystytty arvioimaan. Siten myöskään vuotuista kuormitusosuutta eri maankäyttömuotojen välillä ei pystytty arvioimaan.

Asiasanat: järven valuma-alue, kunnostustarpeen arviointi, kuormitus, Kuivasjärvi, kemiallinen tila

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Environmental Engineering

KUOPPALA, MIRJAMI:

Evaluation of Remediation Needs for the Catchment Area of Lake Kuivasjärvi in Parkano, Finland

Bachelor's thesis 88 pages, appendices 17 pages
February 2015

Lake Kuivasjärvi is located near the city of Parkano in Western Finland. It's is a typical example of Finnish lakes, which in general are shallow and high in humus content. Due to these factors, they tend to eutrophicate easily. The surface area of lake Kuivasjärvi is around 6.4 square kilometers and the average depth is around 3.5 meters. The catchment area of the lake is 172 square kilometers and it consists of four sub-catchments. The main land uses of the catchment area are agriculture, forestry and peat production. In 2013, the lake suffered a heavy algal bloom; in response to this, residents established a movement to combat eutrophication. Among the first things they did was to set up a project to find out the pollutant load running from the catchment area into the lake. The goal was to start remediation of the catchment area if needed.

The aim of this thesis was to figure out the pollutant load of the catchment area of lake Kuivasjärvi by using chemical methods of limnology. The idea was to define the load for each sub-catchment and to find out whether the lake is eutrophicated or not.

The results of the study indicated that the lake is eutrophicated and thus it would be sensible to make a remediation plan for the catchment area based on the results. The findings of the study show that at the time the measurements were taken, the biggest load came from agriculture and forestry, which together produced a considerable amount of nutrients and suspended solids. But as the measurements of loads were performed only once, neither the annual load of the catchment area nor the contribution made by different types of land use can be reliably calculated.

Key words: the catchment of lake, load, analysis of remediation need, Kuivasjärvi, chemical methods of limnology

ALKUSANAT

Tätä työtä tehdessäni olen pyytänyt ja saanut korvaamatonta apua ja opastusta useilta eri tahoilta. Joskus olen saanut apua jopa pyytämättä. Teille kaikille, jotka teitte tästä projektista onnistuneen, lämmin kiitos avusta ja tuesta! Myöskin heille, joita alla ei ole erikseen mainittu.

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen toiminnanjohtaja Jukka Mattila ystävällisesti lainasi käyttööni limnologisia mittausvälineitä, joita ilman Kuivasjärven mittaukset eivät olisi onnistuneet. Hän myös antoi henkilökuntansa käyttää aikaansa mittauslaitteiston käyttämisen perehdyttämiseeni. Sain henkilökunnalta monia hyviä käytännön vinkkejä mittausten toteuttamiseen ja näytteiden keräämiseen, joiden ansiosta mittauksistani tuli luotettavampia. Erityiskiitos vesistötutkija Hanna Alajoelle, jota usein lähestyin kysymyksineni ja aina sain vastauksen.

Kuivasjärven kansanliikkeen edustaja Tapio Kalli oli vankkumaton tuki maastossa mittauksia tehdessäni ja vesinäytteitä kerätessäni. Hänen paikallistietonsa ansioista mittauspisteet löytyivät aina nopeasti. Kevätjällekin oli turvallista mennä kokeneen kalamiehen kanssa, joka myös ystävällisesti kairasi jäähän reiät näytteenottoja varten ja järjesti käyttöömmme potkurit jäällä liikkumisen helpottamiseksi - ja kesällä veneen. Näytteenoton onnistumista edesauttoivat myös Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen näytteenottajien käytännön ohjeistukset. Ylitarkastaja Anu Peltosen opastuksella sain perehtyä muun muassa Suomen virallisiin järven tyypitys- ja luokittelumetodeihin erityisesti Kuivasjärven osalta.

Tampereen ammattikorkeakoulun lehtorit opastivat minua kukin omalla erikoisosaamisalueellaan; Juho Linna tilastomatematiikka, Mika Nieminen limnologia (tammikuusta 2015 lähtien), Eeva Sundström paikkatietojärjestelmät, Hilda Szabo kemia (laboratorioanalyysit). Eveliina Asikainen toimi opinnäytetyöni ohjaajana. Hänen ansiostaan raporttini on nyt luettavampi, kuin mitä se ilman hänen työpanostaan olisi ollut. Opiskelijakollegani Juha Le Tortorec:n avulla valuma-alueen mittaukset sujuivat joutuisammin ja ilman Michael Kloet:n apua ja laboratoriohenkilökunnan neuvoja en olisi saanut laboratorio-osuutta ajoissa valmiiksi. Näytteitä oli paljon analysoitavaksi ja aikaa vähän.

Vanhemmilleni, veljilleni ja tyttärelleni erityisen iso kiitos kannustuksesta ja tuesta opintojeni ja opinnäytetyöni aikana. Te teitte tästä matkasta mahdollisen.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
1.1.	Kuivasjärvi.....	8
1.1.1	Kuivasjärven ja sen valuma-alueen maankäyttö.....	9
1.2.	Opinnäytetyön tausta ja tavoite.....	12
2	EETTINEN TAUSTA.....	14
2.1.	Veden lämpötilan kerrostuneisuus.....	14
2.2.	Veden laadun mittareita.....	16
2.2.1	Happipitoisuus ja happikyllästysaste.....	16
2.2.2	Happamuus eli pH.....	17
2.2.3	Ravinteet.....	18
2.2.4	Sähkönjohtavuus ja suolapitoisuus (saliniteetti).....	22
2.2.5	Kiintoaine.....	22
2.2.6	Kemiallinen hapen kulutus (Chemical Oxygen Demand, COD).....	23
2.2.7	Sameus, väri ja näkösyvyys.....	24
2.3.	Kuormitus.....	25
2.3.1	Ulkoinen kuormitus.....	25
2.3.2	Sisäinen kuormitus.....	25
3	TUTKIMUSALUEEN MÄÄRITTELY SEKÄ MITTAUSMENETELMIEN JA OLOSUHTEIDEN KUVAUS.....	26
3.1.	Näytteenottopisteet.....	26
3.1.1	Kuivasjärvi.....	28
3.1.2	Kuivasjärven osavaluma-alueet.....	28
3.2.	Näytteenottostrategia.....	29
3.2.1	Mittausten ajoitus ja luotettavuus.....	30
3.2.2	Mitatut suureet.....	31
3.2.3	Käytetyt menetit.....	32
4	TULOKSET.....	35
4.1.	Kuivasjärvi.....	35
4.1.1	Happipitoisuus ja happikyllästysaste.....	35
4.1.2	Happamuus (pH).....	38
4.1.3	Ravinteet.....	39
4.1.4	Sähkönjohtavuus ja suolaisuus.....	44
4.1.5	Kiintoaine ja kemiallinen hapen kulutus (COD).....	45
4.1.6	Väri, sameus ja näkösyvyys.....	48
4.2.	Kuivasjärven valuma-alue.....	49
4.2.1	Pitoisuudet.....	49

4.2.2 Kuormituslaskelmat	51
5 TULOSTEN TARKASTELU	56
5.1. Järven tila	56
5.1.1 Ravinteet	56
5.1.2 Kiintoaine	58
5.1.3 Kemiallinen hapen kulutus (COD _{Cr})	59
5.1.4 Näkösyvyys, väri ja sameus	59
5.1.5 Happitilanne	60
5.1.6 Sähkönjohtavuus ja suolaisuus	61
5.1.7 Happamuus eli pH	61
5.2. Kuormitus	63
5.2.1 Ravinteet	63
5.2.2 Kiintoaine ja kemiallinen hapen kulutus	64
5.3. Loppuyhteenveto	65
LÄHTEET	67
LIITTEET	71
Liite 1. Kuivasjärvi ja sen valuma-alueet	71
Liite 2. Suomen ympäristökeskuksen raportoimat mittaustulokset, Kuivasjärvi	74
Liite 3. Kuivasjärven ja sen valuma-alueen näytteenottopaikkojen koordinaatit	78
Liite 4. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen testausseleste	79
Liite 5. Kuivasjärven valuma-alueen mittauspisteiden uomat mittaushetkellä	81
Liite 6. Oppinnäytetyön mittaustuloksia	85

1 JOHDANTO

Suomen sisävesien luontotyypeistä 40% on arvioitu uhanalaisiksi. Virtaavat vedet, kuten joet ja purot, ovat uhanalaistuneet järviä ja lampia voimakkaammin. Tämä selittyy valuma-alueiden voimistuneilla maa- ja metsätalouden toimenpiteillä sekä erilaisten vesi- ja rantarakentamisen lisääntymisellä. Suomen järvien pinta-alasta vain muutama prosentti kuuluu uhanalaisiin järvityyppeihin, mutta jopa 90 % on luokiteltu silmälläpidettäviin. Muun muassa järvien rehevöityminen ja kiintoainekuormituksen aiheuttama pohjien liettyminen ovat yksi syy korkeaan silmälläpidettävyyssasteeseen (Suomen ympäristökeskus, 2013).

Rehevöityminen on yleistä erityisesti matalissa järvissä. Lisääntyneen ravinnekuormituksen, sademäärien vaihteluiden ja valumavesien (erityisesti sulamisvesien) tuomien kiintoaineiden vaikutukset näkyvät nopeammin pienissä ja matalissa kuin suurissa ja syvissä järvissä. Rehevöitymisalttiutta lisäävät veden kerrostuneisuus talvisin ja kesäisin sekä talvella järvet kattava jääpeite, joka estää hapen pääsyn järven ekosysteemiin (Rehevöityminen; Sarvilinna ym., 2010, 7-11).

Valuma-alueen maankäytöllä on ollut suurin merkitys Suomen sisävesien heikentyneeseen tilanteeseen. Maa- ja metsätalouden toimenpiteet (esim. lannoitukset, ojitukset, hakkuut) ja turvetuotanto ovat aiheuttaneet virtaamamuutoksia, jotka ovat lisänneet valuma-alueen valuntaa. Esimerkiksi puuston vähentyminen pienentää haihduntaa, jonka seurauksena valunta kasvaa ja metsäojituksilla on tulvia lisäävä vaikutus. Samoin soiden ojitus nopeuttaa virtaamista luonnontilaiseen suoalueeseen verrattuna. Lisääntynyt valunta nostaa orgaanisen aineen, kiintoaineen ja ravinteiden kuormitusta vesistöissä. Tästä johtuen on myös valuma-alueiden maankäytön suunnittelu aiheellista sisällyttää vesistöjen suojelu- ja kunnostussuunnitelmiin (Särkkä, 1996, 134-135; Suomen ympäristökeskus, 2013).

1.1. Kuivasjärvi

Kuivasjärvi sijaitsee Länsi-Suomessa, Pirkanmaan maakunnassa, Parkanon kaupungin pohjoisosassa (kuvio 1). Järven koordinaatit ovat pohjoinen (ETRS-TM35FIN):

6896544, itäinen (ETRS-TM35FIN): 291760 (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Järvi on runsashumuksinen ja sen ekologinen tila on tyydyttävä ja kemiallinen tila hyvä. Pinta-alaltaan järvi on noin 6.4 km^2 ja keskisyvyydeltään noin 3.5 m. Järven syvin kohta on noin 15,7 m ja tilavuus noin $22450 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ (Peltonen, 2014; Suomen ympäristökeskus, 2014a). Järven luokitus ja tyypitys perustuu Suomen ympäristöhallinnon ekologisen ja kemiallisen tilan luokittelun ohjeistukseen pintavesille (Aroviita ym., 2012).



KUVIO 1. Parkanon kaupunki, Suomi. Kaupungin sijainti on merkitty punaisella pisteellä (© Wikimedia Commons).

1.1.1 Kuivasjärven ja sen valuma-alueen maankäyttö

Rantaviivaa Kuivasjärvellä on noin 24,5 km (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Järven ranta-alueet ovat suurimmaksi osaksi joko metsien tai peltojen peitossa. Peltoalueet keskittyvät järven länsipuolelle ja pohjoispäähän. Rakennettua ympäristöä kuten kesämökkejä ja ympärivuotiseen asumiseen tarkoitettuja rakennuksia on tasaisesti ympäri koko järven (kuvio 2).



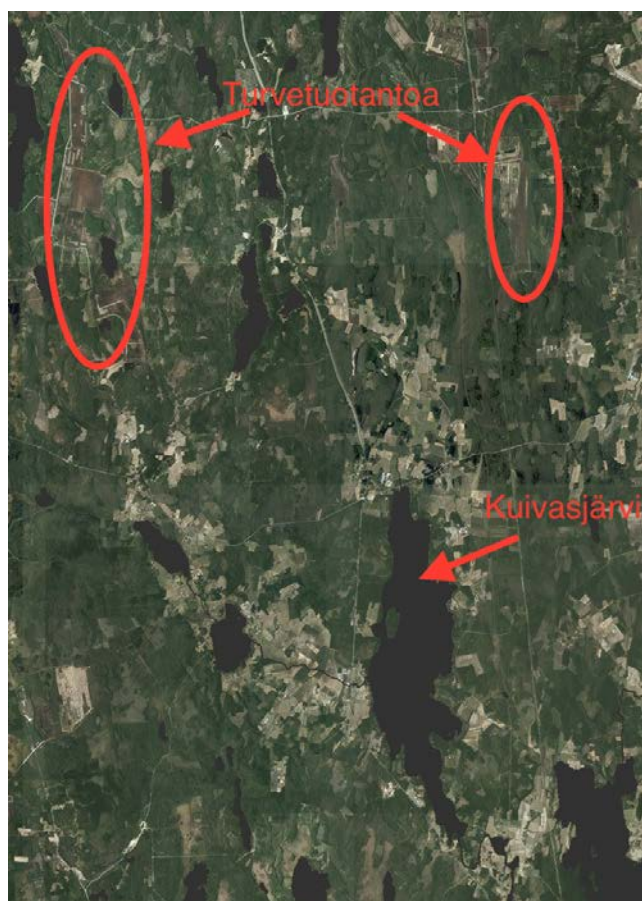
KUVIO 2. Kuivasjärven ranta-alueiden maankäyttö. Keltaiset alueet ovat peltoja, valkoiset metsää, mustat ja vihreät pienet neliöt rakennuksia (maastokartta, ©Maanmittauslaitos).

Järvellä on neljä osavaluma-aluetta (liite 1), joista ns. lähivaluma-alueen (35.561) koko on n. 39,0 km². Nivusjärven osavaluma-alue (35.562) on kooltaan n. 6,0 km², Vatajanjoen osavaluma-alue (35.563) n. 96,0 km² ja Vääräjoen osavaluma-alue (35.564) n. 31,0 km² (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Valuma-alueella on maa- ja metsätalouden lisäksi myös turvetuotantoa. Koko valuma-alueen pinta-alasta noin neljällä prosentilla harjoitetaan turvetuotantoa, maatalouden osuus on noin seitsemän prosenttia ja metsätalouden noin 76 prosenttia. Säännöstelemättömät luonnonvesialueet peittävät noin seitsemän prosenttia koko valuma-alueen pinta-alasta. Osavaluma-alueella suurin osa kaikkien pinta-alasta on metsää. Nivusjärven osavaluma-alueen pinta-alasta säännöstelemättömät luonnonvesialueet kattavat toiseksi suurimman alueen. Muilla osavaluma-alueilla peltoalueet peittävät toiseksi suurimman osuuden maapinta-alasta. Tosin Vatajanjoen osavaluma-alueella säännöstelemättömien luonnonvesien osuus on yhtä suuri kuin peltojen. Turvetuotannossa olevat suoalueet kattavat kolmanneksi suurimman pinta-alasuuden Vatajanjoen, Vääräjoen ja Nivusjärven osavaluma-alueilla (taulukko 1, kuvio 3).

TAULUKKO 1. Kuivasjärven osavaluma-alueiden vesistön kuormitusta aiheuttava maankäyttö neliökilometreinä (km²) sekä prosentuaalisena osuutena (%) ilmoitettuna, (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Valuma-alue / maankäyttöluokan pinta-ala km2 (%)	Lähivaluma-alue (35.561)	Nivusjärven valuma- alue (35.562)	Vatajanjoen valuma- alue (35.563)	Vääräjoen valuma- alue (35.564)
Metsä	25,38 km2 (65%)	5,08 (84)	77,61 (81)	24,89 (81)
Pelto	3,57 (9)	0,03 (0,4)	5,87 (6)	2,9 (10)
Turvetuotanto	0,74 (2)	0,18 (3)	5,22 (5)	1,21 (4)
Käytöstä poistuneet maatalousmaat	0,79 (2)	0	1,32 (1)	0,82 (3)
Monivuotiset nurmet ja niityt	0,01 (0,03)	0	0,08 (0,1)	0,01 (0,04)
Erillispientalojen alueet	0,32 (1)	0,01 (0,1)	0,33 (0,3)	0,18 (0,6)
Säännöstelemättömät luonnonvedet	6,81 (18)	0,69 (11)	4,35 (5)	0,09 (0,3)
Yhteensä	38,8	6,0	95,9	30,7



KUVIO 3. Kuivasjärven osavaluma-alueiden maankäyttö ilmakuvana. Geometriset, ruskeat, suorakaiteita muistuttavat alueet ovat turvetuotantoalueita, vaaleat geometriset alueet peltoa, vihreät alueet metsää ja mustat alueet vettä (ortokuva, ©Maanmittauslaitos).

1.2. Opinnäytetyön tausta ja tavoite

Kesällä 2013 Kuivasjärveä kohtasi aikaisempia vuosia runsaampi leväkukinta, jonka seurauksena Kuivasjärven asukkaat perustivat Parkanon Kuivasjärven kansanliikkeen järven tilaa kohentaakseen. Järven lähipiirin asukkaat olivat jo vuosia olleet tyytymättömiä järven kuntoon, sillä heidän mielestään järvi oli vuosien saatossa rehevöitynyt, mikä oli laskenut muun muassa järven virkistys- ja kalastusarvoa (Lumimuutos, 2014). Kuivasjärven kansanliike tilasi valuma-alueen kuormitusselvityksen opinnäytetyönä v. 2014. Projekti on saanut EU:n Leader rahoitusta (Pettinen, 2013).

Ensimmäiset Suomen ympäristökeskuksen tallentamat limnologiset mittaustulokset Kuivasjärvestä ovat vuodelta 1963 (Suomen ympäristökeskus, 2014a, liite 2). Mittausten perusteella muun muassa hapen kulutuksen, kokonaistypen ja sameuden trendi näyttäisi olevan kasvava, joskin vaihtelua on jonkin verran. Ainoastaan sameuden korrelaatio on tilastollisesti merkittävä. Mittausjakson aikana (viimeisten 50 vuoden) päällysveden kasvukauden sameus on ollut korkeimmillaan vuonna 2003, hapen kulutus (permanganaatti) vuonna 2012 ja kokonaistyyppi vuonna 2007. Näkösyvyys on pienentynyt noin metrin vuosien 1963 ja 2013 välisenä aikana. Kokonaisfosforin trendi sitä vastoin näyttäisi olevan laskeva, mutta siinäkin on ollut vaihtelua eikä korrelaatio ole tilastollisesti merkittävä. Päällysveden kasvukauden pienin kokonaisfosforipitoisuus on mitattu vuonna 2008 ja suurin vuonna 2004.

Tämä opinnäytetyö pyrkii selvittämään, aiheuttaako Kuivasjärven valuma-alue sellaisia kemiallisin menetelmin mitattavissa olevia kuormituksia, jotka selittävät asukkaiden huomioiden järven tilan huonontumisesta. Ympäristökuormitus pyrittiin selvittämään osavalmu-alue tarkkuudella. Kuormitustutkimuksen löydöksiä käytetään Kuivasjärven valuma-alueen kunnostussuunnitelman perustana. Valuma-alueen kunnostussuunnitelman on tarkoitus tukea jo tehtyä järven kunnostussuunnitelmaa, joka on parhaillaan aluehallintoviraston arvioitavana (Suunnittelutoimisto Vesmann, 2009). Kuivasjärven kansanliikkeen tarkoituksena on kunnostaa ensin valuma-alue ja sen jälkeen paneutua järven kunnostustoimenpiteisiin, mikäli niitä vielä tarvitaan.

Kuivasjärvi on hyvä esimerkki Suomelle tyypillisistä suhteellisen matalista järvistä, joiden ongelmana on rehevöityminen. Täten tehdystä tutkimuksesta on todennäköisesti apua myös muiden vastaavien järvien valuma-alueiden kuormitustutkimustarpeita arvioitaessa.

2 EETTINEN TAUSTA

2.1. Veden lämpötilan kerrostuneisuus

Suomessa vallitsee neljän vuodenajan ilmasto eli viileä (boreaalinen) ilmasto missä on selkeästi havaittavissa vuodenajanvaihtelut talvi, kevät, kesä ja syksy. Tyypillisesti vuodenaikojen väliset lämpötilaerot ovat suuret. Samainen neljään erilaiseen lämpötilajaksoon jakautuminen tapahtuu myös Suomen järvissä. Puhutaan dimiktisestä kerrostumatyypistä, missä on selkeästi havaittavissa kaksi täyskierto- ja kaksi kerrostuneisuusjaksoa; talvikerrostuneisuus, kevättäyskierto, kesäkerrostuneisuus ja syystäyskierto (Särkkä, 1996, 34-35, 37).

Jos järvi on matala ja tuulille altis selkeää kesäkerrostuneisuutta ei pääse syntymään tuulen sekoittaessa vesimassaa. Tuulen sekoittava vaikutus saattaa ulottua jopa 15 metrin syvyyteen jos järvellä on tarpeeksi pitkä avoin ulappa, missä tuuli pääsee vapaasti puhaltamaan (Seppänen, 1984). Jos ulapan pituus on 5 km ja tuuli puhaltaa järven pisinmän pituusakselin suuntaisesti, voi sekoittava vaikutus ylettyä noin 10 metrin syvyyteen (Håkanson & Jansson, 2002).

Talvi- ja kesäkerrostuneisuuden aikana syväkhöissä järvissä on erotettavissa kolme erilämpöistä vesikerrostumaa, sillä veden fyysisistä ominaisuuksista johtuen erilämpöiset vesikerrostumat eivät kerrostuneisuuden aikana sekoitu keskenään. Ylimpänä sijaitsevassa päällysvesikerroksessa (epilimnion) lämpötila laskee vain vähän syvemmälle mentäessä. Päällysvesikerroksen alapuolella on harppauskerros (metalimnion), jossa veden lämpötila laskee nopeasti useita asteita. Alimmaisena sijaitsevassa alusvesikerroksessa (hypolimnion) lämpötila pysyy jälleen miltei tasaisena laskien vain hieman syvemmälle mentäessä. Kesällä kolmen eri vesikerrostuman lämpötilaerot ovat suuret. Päällysveden lämpötila saattaa olla yli +20 astetta alusveden ollessa minimissään +4 asteista. Talvella lämpötilaerot ovat pienempiä vesikerrostosten välillä ja lämpötilakerrostuneisuus on käänteinen kesän kerrostuneisuuteen verrattuna jääpeitteestä johtuen. Alusveden normaali lämpötila talvella on n. +3 – 4 C, kun se päällysvesikerroksessa jää n. +1 - 2 asteeseen (Särkkä, 1996, 34-35).

Kevään ja syksyn alkaessa tapahtuu järvessä eri vesikerrosten sekoittuminen lämpötila-erojen hävitessä. Tällöin kerrostuneisuusjaksojen aikana syntyneet happipitoisuuserot tasoittuvat pinnan ja pohjan välillä. Keväällä jään sulaessa aurinko lämmittää päällysvesikerroksen samaan lämpötilaan ensin harppauskerroksen ja sitten alusveden kanssa, jolloin vesimassat sekoittuvat. Kevättäyskierron aikana järven vesimassa lämpenee kauttaaltaan n. +8 asteeseen. Syystäyskierto alkaa alkusyksyllä jolloin ilmojen viilentyessä järven päällysveden lämpötila laskee. Kylmetessään veden tiheys kasvaa ja se muuttuu raskaammaksi painuen pohjaa kohden ollen raskaimmillaan +4 asteisena. Pikkuhiljaa koko järven vesimassa saavuttaa saman lämpötilan, jolloin täyskierto on valmis. Syyskierron aikana koko vesimassa viilenee aluksi n. +10 asteeseen kylmeten sitten edelleen (Särkkä, 1996, 34-37).

Päällysveden alaisiin vesikerrostumiin ei happea kulkeudu kevät- tai syyskierron jälkeen. Kesällä happea liukenee jatkuvasti ainoastaan päällysveteen ja myös happea tuottava yhteyttäminen tapahtuu runsashumuksisissa järvissä ainoastaan päällysvedessä. Talvella happea ei liukene edes päällysveteen jääpeitteen vuoksi eikä happea tuottavaa yhteyttämistä juurikaan tapahdu. Tästä johtuen harppauskerroksen ja alusveden kevät- ja syystäyskierron aikana saavutetut happipitoisuudet pienenevät kesän ja talven aikana. Talvella pienenee myös päällysveden happipitoisuus. Happea kuluu vesistössä pääasiallisesti eliöstön hengitykseen sekä orgaanisen aineksen hajotukseen. Happea kuluttavaa eliöstöä löytyy jokaisesta vesikerrostumasta, hajotustoimintaa tapahtuu lähinnä pohjassa kuluttaen ainoastaan alusveden happivarastoja (Särkkä, 1996, 126-127).

Kun järven orgaanisen aineksen määrä on suuri ja alusveden tilavuus pieni, alusveden happi saattaa loppua aiheuttaen järveen ns. happikadon. Vesistön orgaaninen aines voi olla peräisin kahdesta eri lähteestä, vesiekosysteemeissä syntyneestä perustuotannosta (autoktoninen aines) tai siihen muualta kulkeutuneesta kuormasta (alloktoninen aines). Mikäli järven perustuotanto on runsasta, järven pohjaan vajoaa kesän aikana huomattavat määrät kuollutta kasvustoa lisäten pohjassa tapahtuvaa hajotustoimintaa. Suomessa ulkoista orgaanista kuormitusta tavallisimmin lisää maaperästä huuhtoutunut aines sekä ihmisen toiminnasta syntyneet tuotteet kuten esim. puunjalostusteollisuuden jätteet (Särkkä, 1996, 52-54).

2.2. Veden laadun mittareita

2.2.1 Happipitoisuus ja happikyllästysaste

Happi on elintärkeä alkuaine myös vesiekosysteemin eliöstölle. Hapen puute voi pahimmillaan johtaa kalojen joukkokuolemiin. Yleisempi seuraus alusveden ja syvänteiden happivajeesta on runsashappisia elinolosuhteita suosivien kalalajien kuten lohikalojen katoaminen vesistöstä ja korvautuminen vähempihappisissa olosuhteissa selviävillä lajeilla kuten särjillä. Sama ilmiö tapahtuu vesikasveille sekä sedimentin eliöstölle (Särkkä, 1996, 127). Happipitoisuuden seuranta onkin yksi tärkeimmistä limnologisista mittareista vesistön tilaa tutkittaessa.

Mittaustuloksissa on kuitenkin otettava huomioon mittausajankohta, sillä veden lämpötila vaikuttaa happipitoisuuteen. Mitä kylmempää vesi on, sitä paremmin happi veteen ilmasta liukenee. Veden lämpötilavaikutus happipitoisuuteen otetaan huomioon ilmoittamalla happikyllästysaste. Kyllästysaste kertoo prosentteina sen, miten paljon happea on veteen liuennut mittaushetken lämpötilan maksimihappipitoisuudesta. Kyllästysastetta ei voida laskea, jos ei tiedetä miten paljon happea maksimissaan voi liueta tietyn asteeseen veteen. Normaalina happikyllästysasteena pidetään 80 – 90%, joka saavutetaan +0.5 – 1.0 °C vedessä happipitoisuudella 12 – 13 mg O₂ / l. Sama kyllästysaste, 80 – 90%, saavutetaan jo 8 – 9 mg O₂ / l happipitoisuudella veden lämpötilan ollessa +18 – 20 °C. Päälysveden happipitoisuus voi olla yli 100%, jos yhteyttämistoiminta on vilkasta. Esim. runsaat leväkasvustot tuottavat yhteyttäessään runsaasti happea päälysveteen, mikä ei haihdu heti ilmaan nostaen kyllästysasteen yli 100 %. Päälysvedessä esiintyvä happivajaus (happikyllästysaste alle 80%) on yleistä pienissä, matalissa ja rehevissä järvissä tai metsäteollisuuden kuormittamilla alueilla (Oravainen, 1999, 4-8).

Koska veden lämpötila vaikuttaa hapen liukoisuuteen on happipitoisuusmittausten tuloksia tulkittaessa syytä huomioda happikyllästysaste ennen johtopäätösten vetämistä. Muita huomioonotettavia asioita ovat mm. syvänteiden tilavuus sekä veden virtaussuunta. Talvisaikaan hapen kulutuksen ollessa pienempää happivajaukset näkyvät yleensä vasta virtauksen alapäässä. Tilavuudeltaan pienet ja muodoltaan kartiomaiset syvänteet

saattavat luontaisestikin kärsiä happivajeesta ilman, että järvi olisi rehevöitynyt (Oravainen, 1999, 4–8; Ulvi ym., 2005, 20).

Puhtaan järven alusveden happipitoisuus on kerrostuneisuusjakson lopussakin 4 – 8 mg/l (Oravainen, 1999, 4). Happikato vesistössä vallitsee, jos happipitoisuus on alle 0.5 mg/l (Särkkä, 1996, 66). Mikäli vesistö on altis happikadolle, sen todennäköisin esiintymisajankohta on joko loppupalvesta ennen kevätkierron alkua tai loppukesästä ennen syyskierron alkua (Oravainen, 1999, 4; Vuori ym., 2006, 40-41).

2.2.2 Happamuus eli pH

Happamuus eli pH luku ilmoittaa mitatun aineen happamuusasteen. Asteikko on välillä 0 - 14 missä arvo 7 tarkoittaa neutraalia. Kun pH arvo on pienempi kuin 7, mitattava aine on hapanta. Mitä pienempi pH luku on sitä suurempi on happamuusaste. Arvon ollessa suurempi kuin 7 aine on emäksistä. Mitä suurempi pH arvo, sitä emäksisempää aine on (Timberlake ym., 2011, 458-459).

Suomen sisävesissä pH on yleensä välillä 6.5 – 6.8 eli lievästi hapanta (Oravainen, 1999, 12). Suovoittoisilta valuma-alueilta valuvat vedet saattavat olla luonnostaan hyvinkin happamia. Suotyyppistä riippuen pH vaihtelee alle 4.0:sta 7.5:een (Vasander, 1998, 10).

Vesiekosysteemien happamuus ei ole tasainen läpi vuoden vaan se vaihtelee vuodenaikojen mukaan ollen talvella hieman happamempaa kuin kesällä. Syynä vaihteluun on yleensä kesän levätuotannosta johtuva päällysveden pH tason lievä nousu. Happamuuseroja on myös syvyysuunnassa siten, että pohjaa kohti mentäessä happamuus kasvaa. Yleisin syy happamuuden kasvuun alusvedessä on orgaanisen aineen hajotustoiminta veden talvi- ja kesäkerrostuneisuuden aikana (Oravainen, 1999, 12).

pH vaikuttaa merkittävästi vesistön eliöstöön, sen monimuotoisuuteen. Suurimmalle osalle vesistön eliöstöä optimaalinen pH on välillä 6.0 – 8.0 (Oravainen, 1999, 12). pH 4.0:n tietämällä suurin osa lajeista kuolee. Hapan vesi liuottaa myös mm. raskasmetalleja ja alumiinia sedimentistä, mikä vahingoittaa vesistön ekosysteemiä (Särkkä, 1996, 60).

2.2.3 Ravinteet

Minimiravinne

Kasveille välttämättömien ravinteiden runsaus säätelee tuotannon suuruutta. Minimitekiä eli ravinne, jota on saatavilla vähiten suhteessa tarpeeseen, määrää tuotannon suuruuden. Minimiravinteiden pitoisuuden nousu nostaa tuottavuutta ja on usein pääasiallinen syy rehevöitymiseen. Vesistön pääkasviravinteet ovat typpi ja fosfori, joista fosforin pitoisuudet ovat yleensä pienempiä. Typpikin voi esiintyä minimiravinteena, jos esim. fosforia tai piitä on eroosion tai likaantumisen vuoksi runsaasti (Särkkä, 1996, 63–67).

Minimiravinne määritellään laskemalla ravinnesuhteita. Tähän on kolme eri mahdollisuutta. Kokonaisravinnesuhdeluku saadaan jakamalla kasvukauden päällysveden kokonaistyyppipitoisuus kokonaisfosforipitoisuudella (TN:TP). Fosfori on rajoittava tekijä, jos kokonaisravinnesuhdeluku on yli 17. Kun suhdeluku on alle 10, typpi on rajoittava tekijä, mutta jos suhdeluku on välillä 10 – 17 sekä typpi että fosfori voivat säädellä tuotannon suuruutta. Mineraaliravinnesuhdeluku saadaan jakamalla ammoniumtypen ja nitriitti- ja nitraattitypen summa fosfaattifosforilla $((\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_{23}\text{-N}) / \text{PO}_4\text{-P})$. Fosfori on rajoittava tekijä, jos suhdeluku on yli 12. Typpi on rajoittava tekijä, jos suhdeluku on alle 5 mutta jos suhdeluku on välillä 5 – 12 sekä typpi että fosfori voivat olla minimiravinteita. Mineraaliravinnesuhdetta pidetään herkempänä ravinteiden rajoittavuuden kuvaajana kuin kokonaisravinnesuhdetta, koska se kuvaa kasveille välittömästi käyttökelpoisten ravinteiden suhdetta. Ravinteiden tasapainosuhteessa kokonaisravinteiden määrää verrataan välittömästi käyttökelpoisten ravinteiden määrään $((\text{TN:TP}) / ((\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_{23}\text{-N}) / \text{PO}_4\text{-P}))$. Fosfori on minitekiä, kun ravinteiden tasapainosuhte on alle 1. Kun suhte on yli 1, typpi on tuotantoa rajoittava tekijä (Pietiläinen, 1999, 10–11).

Tasapainosuhte ei sovellu kovinkaan hyvin minimiravinteiden arvioimiseen Suomen tummissa sisävesissä, koska typpi on suurimmaksi osaksi sitoutunut humukseen eikä siten ole kasvien helposti käytettävissä. Myös kokonaisravinnesuhteen perusteella Suomen järvet arvioidaan liian helposti fosforirajoitteisiksi. Täten luotettavin tapa päätellä minimiravinne on laskea mineraaliravinnesuhde (Pietiläinen, 1999, 16–21).

Fosfori (P)

Fosfori esiintyy sisävesissä eri muodoissa esim. liuenneena fosfaattifosforina tai pohjan sedimentissä rautaan sitoutuneena yhdisteenä. Fosfaattifosfori on ainoa fosforimuoto, jota kasviplankton ja korkeammat vesikasvit voivat käyttää. Ainoastaan levät pystyvät hyödyntämään sitoutunutta fosforia. Entsyymitoimintansa avulla ne vapauttavat orgaanisiin molekyyleihin sitoutunutta fosforia käyttöönsä sekä varastoivat ylimääräisen fosforin polyfosfaattina. Tästä johtuen leväkukintoja saattaa esiintyä vaikka vapaan fosfaattifosforin määrä olisi vähäinen (Särkkä, 1996, 63-64).

Fosforin kiertonopeus eli aika, joka kuluu vedessä olevan vapaan fosforin siirtymisestä kasviplanktoniin saattaa lyhimillään olla vain muutamia minutteja. Tästä syystä vedestä mitatut fosforipitoisuudet eivät kerro koko totuutta. Mittaushetken pitoisuudet eivät ehkä ole muuttuneet aikaisemmista mutta esim. kalaverkot ovat alkaneet limoittua levien määrän kasvettua. Tuotannon kasvu jo sinällään kertoo ravinnepitoisuuden noususta (Särkkä, 1996, 65).

Fosforia on vesistössä yleensä vähiten päällysvedessä ja eniten alusvedessä fosforin sedimentoitumisesta ja alusvedessä tapahtuvasta hajotustoiminnasta johtuen. Fosforipitoisuuksien äkillinen nousu päällysvedessä edellyttää veden korkeaa pH arvoa (9 – 10), jolloin ylemmistä sedimenteistä vapautuu fosforia. Kohonnut pH on usein seurausta levien yhteyttämistoiminnasta. Toinen mahdollinen syy fosforin äkilliseen nousuun päällysvedessä on jätevesikuormitus (Oravainen, 1999, 18-19). Myös alusvedessä vallitseva happikato vapauttaa sedimenttiin sitoutuneita ravinteita takaisin veteen (Särkkä, 1996, 66).

Fosfaattifosforia ei kasvillisuuden tuotantokauden aikana mittauksissa juuri löydy, koska kasviplankton käyttää sen tehokkaasti hyväkseen. Talvisin tuotannon ollessa minimissään fosfaattifosforia saattaa järvissä esiintyä 5-10 µg PO₄-P/l. Rehevissä järvissä pitoisuudet saattavat olla jopa 20-50 µg PO₄-P/l (Oravainen, 1999, 19). Virtaavissa vesissä ja pohjavesissä fosfaattipitoisuudet ovat tavallisesti korkeammat kuin järvivesissä (Särkkä, 1996, 64).

Suomen ympäristöhallinto on määritellyt runsashumuksisen järven päällysveden (0 – 2 m) kokonaisfosforin luokkarajat kasvukaudella mitattuna (kesä – syyskuu). Veden laatu

on erittäin hyvä, kun päällysveden kokonaisfosforipitoisuus on pienempi kuin 30 µg/l. Hyväksi luokitellaan 30 – 45 µg/l pitoisuudet. Veden laatu on tyydyttävä kun pitoisuus on välillä 45 – 65 µg/l, välttävä välillä 65 – 120 µg/l ja huono pitoisuuden ollessa suurempi kuin 120 µg/l (Aroviita ym., 2012, 57). OECD:n rehevyysluokittelun mukaan järvi, jonka kokonaisfosforipitoisuus on alle 10 µg/l on oligotrofinen eli karu, mesotrofinen kun pitoisuus on välillä 10 – 35 µg/l, eutrofinen eli rehevöitynyt kun pitoisuus on välillä 35 – 100 µg/l ja hypertrofinen eli ylirehevä kun pitoisuus on suurempi kuin 100 µg/l (Pietiläinen ym., 1999, 13).

Virtaaville vesille on määritelty kokonaisfosforin vuosittaisten keskiarvojen luokkarajat, kun näytteenottoja on vähintään neljä vuodessa. Esim. pienillä turvemaiden joilla veden laatu on erittäin hyvä, kun kokonaisfosforipitoisuus on pienempi kuin 20 µg/l. Hyväksi luokitellaan 20 – 40 µg/l pitoisuudet. Laatu on tyydyttävä, kun pitoisuus on välillä 40 – 60 µg/l, välttävä välillä 60 – 90 µg/l ja huono pitoisuuden ollessa suurempi kuin 90 µg/l (Aroviita ym., 2012, 50).

Fosfori kiinnittyy tehokkaasti maaperän hiukkasten pinnalle eikä siten liiku herkästi pohjaveden mukana. Eroosion aiheuttama hiukkasten liikkuminen esim. vesistön valuma-alueelta nostaa vesistön fosforipitoisuuksia. Muita merkittäviä vesistön fosforipitoisuuksien kasvattajia ovat maa- ja metsätalous sekä asutuksen ja teollisuuden jätevedet (Särkkä, 1996, 65, 134).

Typpi (N)

Vedessä on aina typpeä (N). Suurin osa typestä on kaasumaisessa muodossa. Liuenneena sitä esiintyy ammoniumina (NH_4^+), nitraattina (NO_3^-), nitriittinä (NO_2^-), ureana ja liuenneina orgaanisina yhdisteinä (Särkkä, 1996, 66). Kokonaistyyppi, jota yleisesti mitataan, sisältää kaikki eri typen esiintymismuodot (Oravainen, 1999, 19). Typpipitoisuuksia voi nostaa valuma-alueen voimakas maankäyttö kuten maa- ja metsätalous sekä turvetuotanto (Särkkä, 1996, 126, 134-135).

Kasvillisuuden tuotantokauden aikana typen määrä on luonnostaan pienempi kuin syksyllä ja talvella, sillä kasvit käyttävät typpeä kasvuunsa. Myös ulkoinen luontainen kuormitus on syksyisin ja loppupalvesta suurempi kuin tuotantokaudella. Erityisesti sadvedet ja lumen sulamisvedet tuovat mukanaan typpeä vesistöön. Lumi sisältää enem-

män typpiyhdisteitä kuin sadevesi, joten keväällä sulamisvesien aikaan typpipitoisuudet saattavat kasvaa muita vuodenaikoja suuremmiksi (Särkkä, 1996, 66).

Nitraattia on luonnontilaisessa vesistössä normaalisti eniten typen epäorgaanisista muodoista. Se liukenee helposti veteen ja huuhtoutuu siten sadeveden ja sulamisvesien mukana vesistöön. Metsäpalot, tulvat ja hakkuut lisäävät vesistön nitraattipitoisuutta samoin maanviljely ja eroosiota aiheuttava maankäyttö. Kasvit käyttävät hyväkseen ensisijaisesti ammoniumia, mikäli sitä on saatavilla riittävästi mutta ne pystyvät hyödyntämään myös nitraattia (Särkkä, 1996, 66–67).

Suomen ympäristöhallinnon mukaan järven veden laatu on erittäin hyvä, kun päällysveden kokonaistyppipitoisuus kasvukaudella on pienempi kuin 590 µg/l. Hyväksi luokitellaan 590 – 750 µg/l pitoisuudet. Veden laatu on tyydyttävä, kun pitoisuus on välillä 750 – 1100 µg/l, välttävä välillä 1100 – 1800 µg/l ja huono pitoisuuden ollessa suurempi kuin 1800 µg/l (Aroviita ym., 2012, 57).

Myös joille on määritelty veden laatua kuvaavat kokonaistypen raja-arvot. Näytteenottoja on oltava vähintään neljä vuodessa, joista lasketaan vuosittaiset keskiarvot. Esim. pienillä turvemaiden joilla veden laatu on erittäin hyvä, kun kokonaistyppipitoisuuden keskiarvo on pienempi kuin 450 µg/l. Hyväksi luokitellaan 450 – 900 µg/l pitoisuudet. Veden laatu on tyydyttävä kun pitoisuus on välillä 900 – 1500 µg/l, välttävä välillä 1500 – 2500 µg/l ja huono pitoisuuden ollessa suurempi kuin 2500 µg/l (Aroviita ym., 2012, 50). Viljellyillä alueilla virtaavien jokien ja ojien kokonaistyppipitoisuudet saattavat olla 2000 - 4000 µg/l, jopa yli 5000 µg/l (Oravainen, 1999, 20).

Ammoniumtyppi (NH₄-N)

Ammoniumtyppipitoisuus on luonnonvesissä yleensä pieni. Päällysvesissä normaali pitoisuus on 10-30 µgNH₄ -N/l, pohjavesissä hieman enemmän. Korkea pitoisuus, yli 100 µgNH₄-N/l kertoo yleensä jätevesikuormituksesta tai happivajeesta. Myös turvesoiden valumavesistä on mitattu hyvinkin korkeita arvoja (100-300 µgNH₄ -N/l), (Oravainen, 1999, 21). Turvesoiden lisäksi ammoniumpitoisuuksia voivat nostaa karjan päästöt ilmakehään sekä karjanlannasta ja väkilannoitteista tapahtuva haihdunta (Särkkä, 1996, 134).

Kaloille myrkyllistä vapaata ammoniakkia (NH_3) muodostuu pH:n ollessa suurempi kuin 8 eli emäksisessä ympäristössä, missä ammoniumtyppi pelkistyy ammoniakiksi (Oravainen, 1999, 21). Ammoniumtyppiyhdisteet voivat myös pienentää veden happipitoisuutta (Särkkä, 1996, 126).

2.2.4 Sähkönjohtavuus ja suolapitoisuus (saliniteetti)

Luonnossa vesi ei ole koskaan täysin puhdasta vaan siihen on liennut maaperästä, ilmakehästä, vesistön pohjasta ja veden eliöstöstä erilaisia alkuaineita kuten kalsiumia, magnesiumia, kaliumia, natriumia, rautaa, mangaania, piitä, fosforia, typpeä jne. Sähkönjohtavuus kertoo näiden sähköä johtavien liuenneiden aineiden määrän vedessä. Mitä suurempi sähkönjohtavuus on, sitä suurempi määrä suoloja (elektrolyyttejä) vedessä liikkuu. Suomen sisävesissä johtokyky on noin 5 – 13 mS/m (Särkkä, 1996, 25, 50). Sähkönjohtavuus on yleensä päällysvedessä pienempi kuin alusvedessä. Varsinkin talvella alusveden sähkönjohtavuus kohoaa päällysveteen verrattuna (Oravainen, 1999, 10).

Jätevedet ja lannoitus lisäävät suolojen määrää vedessä. Jäteveden sähkönjohtavuus on yleensä välillä 50 – 100 mS/m. Voimakkaasti lannoitetuilla alueilla sähkönjohtavuus on n. 15 – 20 mS/m. Suuri sähkönjohtavuuden muutos syvänteiden alusvesissä on tunnusomaista jäteveden kerääntyessä pohjaan, joten sähkönjohtavuudella voi myös seurata jäteveden kulkeutumista (Oravainen, 1999, 10-11). Sähkönjohtavuutta voidaan käyttää myös yhtenä rehevyyden mittarina, koska ravinteet nostavat elektronien määrää vedessä (Särkkä, 1996, 126).

Saliniteetti eli suolapitoisuus on sisävesissä yleensä alle 1 promillen (alle 1 g/l, ppt), mutta Suomessa se on normaalisti vielä pienempi noin 0.015 – 0.1 ppt (Särkkä, 1996, 25, 50). Saliniteetti ei siksi juurikaan nosta sähkönjohtavuutta Suomen sisävesissä.

2.2.5 Kiintoaine

Kiintoaineen määrä kertoo vesistössä olevan hiukkasmaisen aineen määrän – sekä orgaanisen että epäorgaanisen. Se voi pitää sisällään esim. humusta, saviainesta ja bio-

massaa kuten leviä ja siten esimerkiksi voimakas eroosio, leväkukinta tai jätevesikuoritus lisäävät kiintoainepitoisuutta. Kiintoaineen määrä talvisin on normaalisti suurin alusvedessä hiukkasten sedimentoitua pohjaan kun taas kesällä esim. leväkukinnat saattavat nostaa päällysveden kiintoainepitoisuuksia. Jokien ja ojien kiintoainepitoisuudet vaihtelevat suuresti riippuen uoman maaperän tyypistä ja virtaaman voimakkuudesta (Oravainen, 1999, 9). Mitä suurempi virtaama sitä runsaampi on kiintoaineen määrä maaperän tyypin ollessa sama. Voimakas maankäyttö kuten hakkuut, ojitukset, turpeenosto ja maanviljely lisäävät valuman määrää ja eroosionopeutta lisäten siten myös kiintoaineen määrää (Särkkä, 1996, 134–135). Kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1 mg/l (Oravainen, 1999, 9). Humuspitoisissa järvissä kiintoainepitoisuudet ovat suuremmat seuraillen väriarvoja (Särkkä, 1996, 71).

Kiintoaine sedimentoituu järven pohjalle, missä sen orgaaninen aines hajotetaan. Hajo-
tustoiminta kuluttaa happea ja siten runsas kiintoaineen määrä lisää hapenkulutusta alusvedessä ja pohjasedimentissä. Mitä paksumpi sedimentaatiokerros sitä suurempi on alusveden ja syvänteiden happivajeen riski kesä- ja talvikerrostuneisuuden aikana. Happivaje puolestaan aiheuttaa sedimenttiin sitoutuneiden ravinteiden liukeamista veteen ja siten sisäistä kuormitusta kiihdyttäen järven rehevöitymistä. Paksuuntunut sedimentaatiokerros lisää myös metaanin muodostumista pohjassa. Metaania sisältävät kaasukuplat voivat nostaa mukanaan pohjan lietehiukkasia mikä osaltaan kiihdyttää rehevöitymistä. Jos järvi on matala, pohjan hydrostaattinen paine on pieni jolloin metaanikuplat lähtevät herkästi lietteestä (Särkkä, 1996, 74, 125-127).

2.2.6 Kemiallinen hapen kulutus (Chemical Oxygen Demand, COD)

Kemiallinen hapen kulutus (COD) mittaa orgaanisen aineen hajottamiseen tarvittavan hapen määrän. Mitä suurempi on COD-arvo, sitä enemmän vedessä on orgaanista ainesta ja sitä todennäköisempää on happivajeen syntyminen vesistöön (Särkkä, 1996, 73, 126).

Valuma-alueen maaperä vaikuttaa COD-arvoihin mm. eri maaperätyyppien erilaisen eroosioherkkyyden vuoksi. Myös eroosiota lisäävät toimenpiteet kuten hakkuut, ojitukset, maanviljely nostavat COD-arvoja. Tyypillisenä esimerkkinä eroosion vaikutuksesta

on kasvanut humuksen määrä vesistössä. Humus on orgaanista ainesta, joka osaltaan nostaa COD-arvoja (Särkkä, 1996, 72, 134–135; Oravainen, 1999, 16).

Suomessa sisävesien hapen kulutusta on yleensä mitattu permanganaatti -hapetinta käyttäen (COD_{Mn}). Huomattavasti vahvempaa dikromaattihapetinta käytetään ensisijaisesti jätevesien hapen kulutukseen määrittämiseen (COD_{Cr}). Eri hapettimella saadut COD-arvot eivät ole keskenään verrattavissa, sillä voimakkaampi hapetin antaa suuremmat COD-arvot (Oravainen, 1999, 15).

2.2.7 Sameus, väri ja näkösyvyys

Näkösyvyydellä kuvataan veden valonläpäisevyyttä. Yleisin tapa näkösyvyyden mittaamiseen on Secchi-levy. Syvyys, missä veteen laskettu Secchi-levy juuri häipyy näkyvistä on ns. veden näkösyvyys eli läpinäkyvyys. Näkösyvyys on tavallisesti suurempi talvella kuin kesällä. Suomen vesistöissä näkösyvyys on yleensä 1 – 4 metriä. Mitä suurempi näkösyvyys, sitä kirkkaampi vesi. Kirkas vesi mahdollistaa auringon valon kulkeutumisen syvemmälle veteen. Mitä syvemmälle valo tunkeutuu, sitä paksumpi on järven tuottava kerros. Järvissä näkösyvyys on suurempi kuin virtaavissa vesissä (Tyystjärvi-Muuronen, 1985, 15; Särkkä, 1996, 32).

Näkösyvyyteen vaikuttavat veden väri, sameus ja kiintoainepitoisuus (Vuori, 2006, 39). Väriluku mittaa veden ruskeutta. Suomessa veden ruskea väri yleensä aiheutuu humuksesta, mistä johtuen värilukua pidetäänkin Suomessa humusmäärän mittarina. Mitä enemmän vedessä on humusta, sitä korkeampi on väriluku. Kirkkaan veden väriluku on välillä 5 - 15 mgPt/l, lievästi humuksisen 20 - 40 mgPt/l ja humuksisen 50 - 100 mgPt/l. Silmämääräisestikin havaittavan, erittäin ruskean veden väriluku on välillä 100 – 200 mgPt/l. Näin ruskea vesi on tyypillistä suoalueiden vesistöille (Oravainen, 1999, 14). Kun väriluku on yli 80 mgPt/l näkösyvyys on yleensä alle 1.25 m (Särkkä, 1998, 73).

Sameusluku kertoo veden sameuden määrän. Yleensä järven päänlyysvesi on kesällä sameampaa kuin talvella levätuotannon vuoksi. Virtaava vesi on puolestaan useimmiten sameampaa kuin seisova eroosiovaikutuksen vuoksi. Kun vesi on kirkasta, sen sameusluku on alle 1.0 FTU (Formazine Turbidity Unit). Lievästi rehevöityneen järvised

sameusluku on välillä 1 – 5 FTU (Oravainen, 1999, 8). Yksi FTU yksikkö vastaa yhtä NTU (Nephelometric Turbidity Unit) yksikköä (Daly, 2007, 8).

2.3. Kuormitus

2.3.1 Ulkoinen kuormitus

Järven ulkopuolelta järveen päätyvää ongelmallista ainetta kutsutaan ulkoiseksi kuormitukseksi. Se voi valua järveen sen valuma-alueelta tai laskeutua lumi- tai vesisateen mukana. Hapan laskeuma on hyvä esimerkki sateen mukana saapuneesta ympäristöongelmasta. Myös tuuli voi kuljettaa mukanaan saasteita, jotka kuormittavat vesistöä. Ulkoista kuormitusta aiheuttaa myös puhdistamattomien jätevesien laskeminen vesistöön (Särkkä, 1996, 125; Ulvi ym., 2005, 23-25).

Ulkoinen kuormitus voi olla tyypiltään joko piste- tai hajakuormitusta. Esim. tehtaiden päästöt luokitellaan pistekuormitukseksi, koska päästöjen lähteet ja päästökohdat ovat selvästi nimettävissä, paikannettavissa ja mitattavissa (esim. tehtaan jätevesiputki). Sekä alueellisesti että määrällisesti vaikeammin määriteltävä kuormituslähde luokitellaan hajakuormitukseksi. Tällaisia ovat muun muassa maa- ja metsätalouden voimakkaan maankäytön aiheuttamat kuormitukset. Ulkoinen kuormitus näkyy ensimmäisenä pitoisuuksien nousuna järven päällysvedessä (Särkkä, 1996, 125; Ulvi ym., 2005, 23-25).

2.3.2 Sisäinen kuormitus

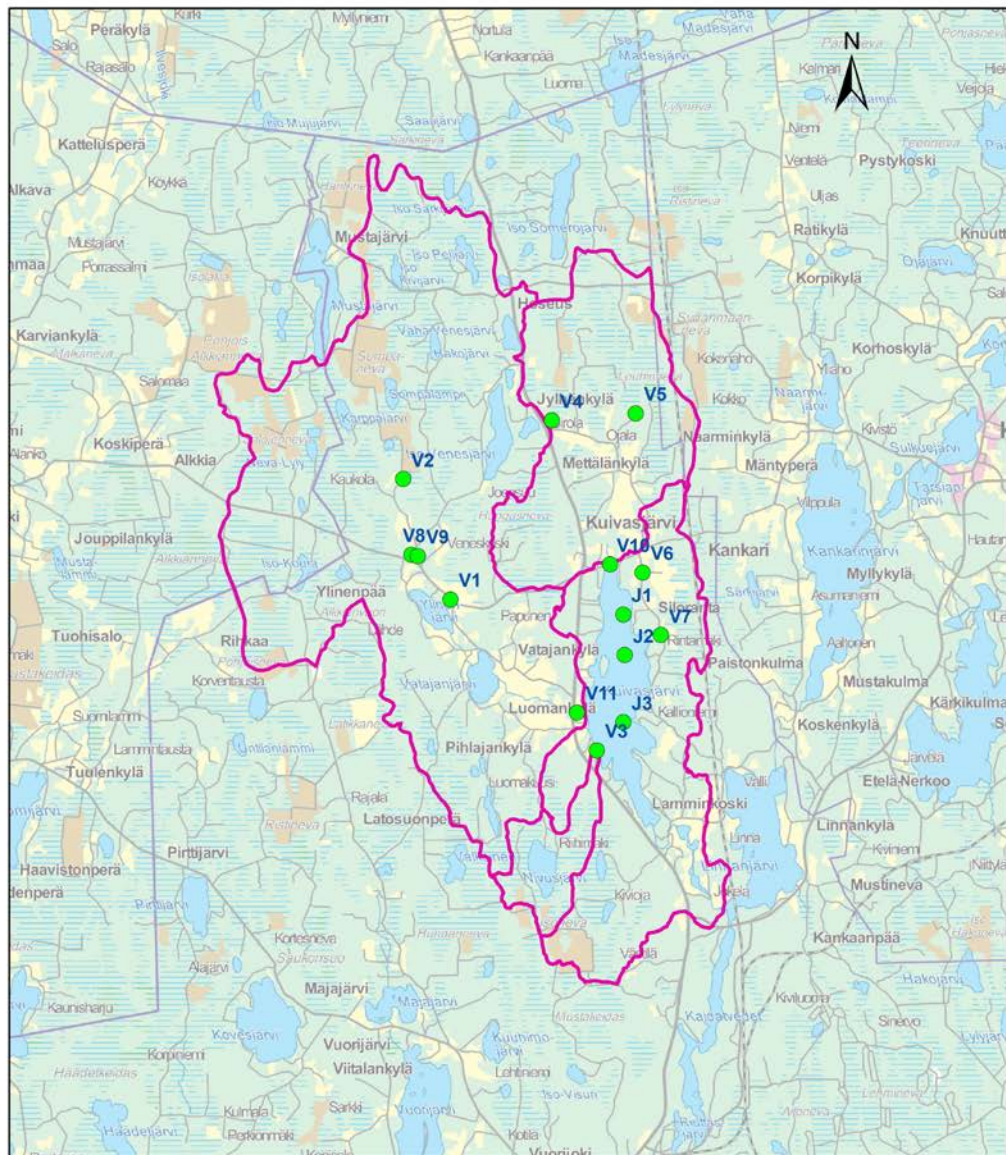
Hapettomassa tai erittäin vähähappisessa alusvedessä järven sedimenttiin sitoutuneet ravinteet alkavat liueta takaisin veteen. Tätä ilmiötä kutsutaan järven sisäiseksi kuormitukseksi. Sisäinen kuormitus näkyy ensisijaisesti järven alusveden kohonneina pitoisuuksina (Särkkä, 1996, 66; Ulvi ym., 2005, 23-25).

3 TUTKIMUSALUEEN MÄÄRITTELY SEKÄ MITTAUSMENETELMIEN JA OLOSUHTEIDEN KUVAUS

3.1. Näytteenottopisteet

Tutkimuksen painopiste oli Kuivasjärven valuma-alue kattaen järven kaikki neljä osavaluma-aluetta. Tutkimukseen kuuluneista 14 näytteenottopisteestä yksitoista sijaitsi valuma-alueella ja kolme Kuivasjärvessä (kuvio 4, liite 3). Näytteenottopisteet painottuivat järven pohjoispäähän sekä sen lähiympäristöön, sillä asukkaiden mukaan järven rehevöitymisongelma on suurin järven pohjoispäässä.

Tutkimuksessa käytetyt mittauspisteet, Kuivasjärvi



- Mittauspisteet
- Kuivasjärven valuma-alueet

0 1,5 3 6 Kilometers

KUVIO 4. Kuivasjärven ja sen valuma-alueen näytteenottoaikat.

3.1.1 Kuivasjärvi

Järven näytteenottopisteet edustavat järven syvimpiä syvänteitä. Kaksi niistä sijaitsee järven pohjois- ja keskiosassa (J1, J2), kolmas lähempänä järven eteläpäästä (J3). Mittausta syvänteistä pohjoisin (J1) on matalin, syvyydeltään 11.6 metriä ja eteläisin (J3) syvin ulottuen 14.2 metriin keskimmäisen (J2) jäädessä myös syvyydeltään näiden kahden väliin eli 13.6 metriin. Mittauspiste J2 sijaitsee samassa syvänteessä kuin Suomen ympäristökeskuksen seurantapiste (liite 1).

3.1.2 Kuivasjärven osavaluma-alueet

Osavaluma-alueiden näytteenottopisteet sijoitettiin siten, että ne mittaavat kaikkia alueen tärkeimpiä maankäytön kuormitustyypppejä eli metsä- ja maataloutta sekä turvetuotantoa. Mitä enemmän maankäyttöön liittyviä erilaisia aktiviteetteja alueelta löytyy ja mitä suurempi osavaluma-alue on, sitä useampia näytteenottopisteitä alueelle sijoitettiin.

Esimerkiksi Nivusjärven osavaluma-alueella on vain yksi mittauspiste (V3) Kuivasjärven laskevan joen kohdalla lähellä Kuivasjärven rantaa. Nivusjärven osavaluma-alue on pienin Kuivasjärven osavaluma-alueista eikä alueella ole ihmisen maankäytön toimienpiteistä johtuvaa kuormituksen nousua, mitä olisi syytä tutkia (taulukko 1). Aluetta voidaan siten pitää lähes luonnontilaisena ja yhden mittauspisteen katsottiin alueelle riittävän.

Vatajanjoen osavaluma-alueelle sijoitettiin 5 mittauspistettä (V1, V2, V8, V9 ja V11), koska se on suurin Kuivasjärven neljästä osavaluma-alueesta ja sisältää kaikki Kuivasjärven tärkeimpiä maankäytön kuormitustyypppejä eli maatalous-, turvetuotanto- ja metsätalousalueita (taulukko 1). Mittauspiste V2 mittaa veden tilaa turvetuotantoalueelta lähtevästä vedestä, V8 sisältää kuormitusta myös muutamalta peltoalueelta mutta painopiste on edelleen turvetuotannossa ja metsätaloudessa. Mittauspisteen V1 kuormitus syntyy pääasiallisesti maataloudesta ja pisteen V9 metsätaloudesta. Mainittujen mittauspisteiden V1, V2, V8 ja V9 vedet laskevat kaikki Ylisenjärveen. Mittauspiste V11 mittaa Vatajanjoen osavaluma-alueen laskuojan pitoisuuksia keräten koko valuma-

alueen vedet yhteen juuri ennen Kuivasjärveen virtaamista. Se pitää siten sisällään myöskin Ylisenjärven ja Kuivasjärven väliseltä alueelta syntyneen kuorman.

Vääräjoen osavaluma-alue on miltei samankokoinen kuin lähivaluma-alue mutta alueiden välillä on selvä ero maankäytössä. Vääräjoen osavaluma-alue sisältää runsaasti turvetuotantoalueita ja on Vatajanjoen osavaluma-alueen lisäksi toinen Kuivasjärven pääasiallisista turvetuotantoalueista. Alueen pinta-alaan suhteutettuna eli prosentuaalisesti tällä osavaluma-alueella on myös eniten maataloutta (taulukko 1). Yllämainituista seikoista johtuen Vääräjoen osavaluma-alueelle sijoitettiin 3 mittauspistettä (V4, V5 ja V10). Mittauspisteistä kaksi (V4 ja V5) mittaa turvetuotannosta syntynyttä kuormaa, mittauspiste V10 kertoo koko valuma-alueen kuorman mukaan lukien maatalouden aiheuttaman kuorman.

Lähivaluma-alueen kuormitus syntyy suurimmaksi osaksi maa- ja metsätaloudesta. Turvetuotantoa alueella ei juurikaan ole (taulukko 1). Mittauspisteitä alueelle sijoitettiin vain kaksi (V6 ja V7), koska kuivuudesta johtuen muut tarkoitukseen sopivat uomat eivät olleet mitattavissa. Molemmat mittauspisteistä sijaitsevat Kuivasjärven rannan tuntumassa peltojen alapuolella pitäen siten sisällään sekä maataloudesta aiheutuneen kuorman että mahdollisen metsätaloudesta aiheutuneen kuorman. Mittauspisteiden perusteella ei voida päätellä kuormitusten osuutta eri maankäyttötyyppien välillä.

3.2. Näytteenottostrategia

Vesinäytteiden otossa noudatettiin standardia SFS-EN ISO 5667-3 (Suomen standardoimisliitto SFS, 2013). Kuivasjärven näytteenottopaikoista kerättiin 3 vesinäytettä kustakin syvänteestä syvyyksistä 1 metri pinnasta, 5 metriä pinnasta ja noin 1 metri pohjasta. Valuma-alueen näytteenottopisteistä kerättiin yksi vesinäyte kustakin noin 0.2 metrin syvyydestä.

YSI Professional Plus laitteella (YSI Inc., 2013a) mitatut suureet mitattiin Kuivasjärven näytteenottopisteistä metrin välein alkaen 1 metri pinnasta ja päättyen noin 1 metrin etäisyydelle pohjasta. Valuma-alueen näytteenottopisteistä lukemat otettiin vain kerran kustakin noin 0.2 metrin syvyydestä.

Maastossa tehtyjen mittausten lisäksi teetettiin muutamasta elokuussa otetusta järvi-vesinäytteestä happi- sekä sähkönjohtavuusanalyysi Kokemäenjoen Vesistön vesiensuojeluyhdistyksellä (liite 5). KVVY:n tekemät analyysit osoittivat, että YSI Professional Plus (YSI Inc., 2013a) mittauslaitteella mitatut tulokset olivat luotettavia. Kyseistä mittauslaitetta käytettiin Kuivasjärven mittaamiseen sekä talvella että kesällä. Valuma-alueen mittaamisessa oli käytössä eri mittauslaite.

3.2.1 Mittausten ajoitus ja luotettavuus

Kuivasjärvi

Järvestä tehdyillä mittauksilla haluttiin saada kuva valuma-alue tutkimuksen aikaisesta järven tilasta juuri ennen järven kevät- ja syyskierron alkua. Mikäli vesistössä esiintyy happikatoa, se näkyy selkeimmin juuri ennen täyskiertojen alkua (Särkkä, 1996, 51–55; Oravainen, 1999, 4). Tästä syystä mittauksia tehtiin kahtena eri vuodenaikana. Ensimmäinen mittauskierros tehtiin talvella jään vielä peittäessä järven eli ennen kevätkierron alkamista. Toinen mittauskierros tehtiin loppukesästä juuri ennen järven syyskierron alkamista. Mittausajankohdat olivat maaliskuu 2014 ja elokuu 2014. Talvella mittaukset tehtiin jään päältä kairaamalla reikä jäähän, kesällä mittaukset suoritettiin veneestä käsin. Järvestä mitattavat suureet sekä mittauspaikat olivat molemmilla mittauskerroilla miltei samat (taulukko 2, liite 3). Elokuussa venettä liikuttanut kova tuuli aiheutti mittauspaikkojen lopullisissa sijainneissa epätarkkuutta.

Kuivasjärven valuma-alue

Tavoitteena oli saada kuorma huippuvirtaaman ajalta, mutta koska sääolosuhteet olivat alueella poikkeukselliset koko mittausvuonna, huippuvirtaaman aikaista kuormitusta ei mittaustuloksiin saatu. Poikkeuksellisen lyhyt ja vähäluminen talvi sekä kuiva, vähäsateinen kevät aiheuttivat normaalia kuivemman kevään, jolloin myöskin keväälle tyypilliset tulvat jäivät tulematta (Suomen ympäristökeskus, 2014b; Suomen ympäristökeskus, 2015).

Optimiajankohta huippukuorman mittaamiselle on kevättulvien aikaan ennen kasvukauden alkua tai syystulvien aikaan kasvukauden jo loputtua (Alajoki, 2014). Mittaukset ajoitettiin ensimmäiseen runsaampaan sadeaikaan, mutta vesimäärä mitattavissa uomissa ei tuolloin ollut lähelläkään tulva-ajan volyyymiä. Mittaushetkellä uomista otetut ku-

vat auttavat hahmottamaan mittaushetken vesimäärää sekä uoman tyyppin lähiympäristöineen (liite 6). Kesäkuussa, mittaushetkellä, pelloilla jo kasvoi orastava vilja, joka sitoi osan kuormasta. Normaalaa pienempi sademäärä ja jo kasvussa oleva vilja pelloilla sekä muu kasvusto pienensivät mitattavan kuorman suuruutta huippukuormitukseen verrattuna.

Koska kuormitusmittaukset tehtiin vain kerran, koko vuoden kuormitusarviota ei voitu laskea (Frisk ym., 1981). Myöskään Suomen ympäristöhallinnon asettamia pitoisuuksien luokkarajoja pienille joille ja ojille ei voida verrata tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin, sillä luokkarajat perustuvat useamman mittaustuloksen keskiarvoihin (Arovii- ta ym., 2012, 50). Koska kuitenkin haluttiin saada käsitys mittaushetkellä Kuivasjärveen laskevasta kuormasta, tehdyissä mittauksissa mitattiin myös osavaluma-alueiden mitta-uspisteiden virtaaman suuruus.

3.2.2 Mitatut suureet

Kuivasjärvestä ja sen osavaluma-alueilta mitatut suureet eivät olleet täysin samat (taulukko 2). Esim. näkösyvyyttä ei mitattu osavaluma-alueilta, koska yleinen käytäntö on, että matalista uomista sitä ei mitata. Veden virtaama tarvitaan valuma-alueen kuormituksen laskemiseen, mistä syystä se mitattiin osavaluma-alueilta mutta ei järvestä. Ammoniumtyypen mahdollinen nousu viittaa mm. jätevesipäästöihin, lannoitteiden huuhtoutumiseen tai turvetuotantosoiden valumavesiin, joten katsottiin olevan aiheellista tutkia sen pitoisuuksia valuma-alueella (Särkkä, 1996, 126; Oravainen, 1999, 21). Käytettävissä olleet mittauslaitteet eivät mahdollistaneet ammoniumtyypen mittaamista järvestä.

TAULUKKO 2. Kuivasjärvestä ja sen osavaluma-alueista mitatut suureet.

Suure / mittauskohde	Kuivasjärvi maaliskuu 2014	Kuivasjärvi elokuu 2014	Valuma- alue kesäkuu 2014
Näkösyvyys	x	x	
Veden lämpötila	x	x	x
Liukoinen happi	x	x	x
Hapen kyllästysaste	x		x
Suolaisuus	x	x	x
Sähkönjohtavuus	x	x	x
pH	x	x	x
Väri		x	x
Sameus		x	x
Kiintoaine	x	x	x
Kemiallinen hapen kulutus (COD)	x	x	x
Kokonaistyyppi	x	x	x
Nitraattityppi	x	x	x
Ammoniumtyppi			x
Kokonaisfosfori	x	x	x
Fosfaattifosfori	x	x	x
Virtaama			x

3.2.3 Käytetyt menetit

Maastossa tehdyt mittaukset

Maastossa Kuivasjärvestä ja sen osavaluma-alueilta mitattujen suureiden - liuennut happi, hapen kyllästysaste, pH, lämpötila, sähkönjohtavuus, suolaisuus ja ammoniumtyppi – mittaamiseen käytettiin kannettavaa YSI Professional Plus laitetta (YSI Inc., 2013a). Osavaluma-alueiden mittauksissa oli käytössä myös saman valmistajan ProODO laite (YSI Inc., 2013b), jolla mitattiin liuennut happi.

Veden sameus mitattiin maastossa HACH 2100P ISO kannettavalla sameusmittarilla (HACH Lange, 2012) laitteen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Veden väri mitattiin HACH LANGE DR 2800 spektrometrilaitteella (Keison International Ltd., 2014) maastossa. Mittauksessa käytettiin metodologiaa 8025 'Color, True and Apparent, Platinum-Cobalt Standard Method' (HACH Company, 2007, 229). Mittausväli oli 15 – 500 yksikköä. Näytteistä mitattiin todellinen väri eli näytteet suodatettiin ennen mittausta.

Veden näkösyvyys mitattiin Secchi levyn avulla, jonka halkaisija oli 20 cm. Halkaisijaltaan 20 cm:n levy on yleisimmin käytetty levyn koko sisävesien näkösyvyyden mittaamiseen (Secchi Dipin, 2009).

Vesinäytteiden keräämiseen Kuivasjärvestä käytettiin manuaalisesti toimivaa Limnos vedenkerääjää (GWM-Engineering Oy). Valuma-alueelta vesinäytteet kerättiin suoraan näytepulloihin, koska näytteenottosyvyys oli vain 0.2 m.

Veden virtaaman mittaamiseen valuma-alueella käytettiin SonTek:n valmistamaa FlowTracker laitetta. Laite pystyy mittaamaan virtaaman hyvinkin matalasta vedestä, minimi syvyys 2 cm. Mittausväli on myös kohtuullisen laaja 0.001m/s - 4.0 m/s (Son-Tek, 2014). Lisäksi laite on kannettava eikä vaadi patojen rakentamista virtaaman mittaamiseksi. Haapamaan (2013) tekemän tutkimuksen mukaan FlowTrackerin mittaustulokset vastaavat muiden testattujen akustisten mittareiden tuloksia. FlowTracker soveltuu erinomaisesti Kuivasjärven valuma-alueen virtaamien mittaamiseen, sillä suurin osa mitatuista uomista oli matalia, virtaamien vaihteluväli oli suuri, eikä niissä ollut valmiiksi rakennettuja patoja virtaamamittausta varten. Laite testattiin valmistajan ohjeiden mukaisesti ennen mittausten suorittamista.

Laboratorioanalyysit

Kiintoaineen mittauksessa noudatettiin standardia SFS-EN 872 (Suomen standardoimisliitto SFS, 2005). Analyysi suoritettiin laboratoriossa suodattamalla 400 ml vettä analysoitavasta vesinäytteestä.

Kokonaisfosfori ja fosfaattifosforimääritykset tehtiin HACH LANGE DR 2800 spektrometrilaitteella (Keison International Ltd., 2014) laboratoriossa. Valuma-alueen näytteitä analysoitaessa käytettiin HACH LANGE LCK 349 metodia (HACH Lange, 2013), joka mittaa 0.05 – 1.5 mg/l kokonaisfosforipitoisuuksia. Osa valuma-alueiden näytteiden pitoisuuksista jäi alle 0.05 mg/l, joten niiden kokonaisfosforipitoisuuksia ei pystytty määrittämään. Järvinäytteitä analysoitaessa metodi vaihdettiin LCS 349 metodiin, joka mittaa pienempiä kokonaisfosforipitoisuuksia, 0.01-0.5 mg/l (HACH Lange, 2004). Maaliskuun järvivesinäytteistä ja valuma-alueen vesinäytteistä ei pystytty fosfaattifosforia mittaamaan näytteiden säilytysmetodin ja analyysimetodin yhteensopimattomuuden vuoksi.

Kemiallinen hapen kulutus eli COD määritettiin HACH LANGE DR 2800 spektrometrilaitteella (Keison International Ltd., 2014) laboratoriossa. Näytteiden analysoinnissa käytettiin HACH Lange LCK 414 metodia (HACH Lange, 2001), joka mittasi pitoisuudet 5 – 60 mg O₂/l.

Kokonaistypen mittauksessa noudatettiin standardia EN 25663 (European Committee for Standardization, 1993), josta hieman poikettiin laboratoriovaatimusten vuoksi. Analyysissä käytetty näytemäärä oli 200 ml jokaisesta analysoitavasta vesinäytteestä. Järvestä maaliskuussa otetut näytteet suodatettiin ennen analyysiä. Osaa elokuussa otetuista järvinäytteistä ja valuma-alueelta otetuista näytteistä ei suodatettu.

Nitraattityppi mitattiin HACH LANGE DR 2800 spektrometrilaitteella (Keison International Ltd., 2014) laboratoriossa. Analyysissä käytettiin metodia 8192 'Cadmium Reduction Method' (HACH Company, 2007, 399), joka mittaa pitoisuudet 0.01 – 0.50 mg/l. Maaliskuun järvivesinäytteistä ja valuma-alueen näytteistä ei pystytty nitraattityppiä mittaamaan näytteiden säilytysmetodin ja analyysimetodin yhteensopimattomuuden vuoksi.

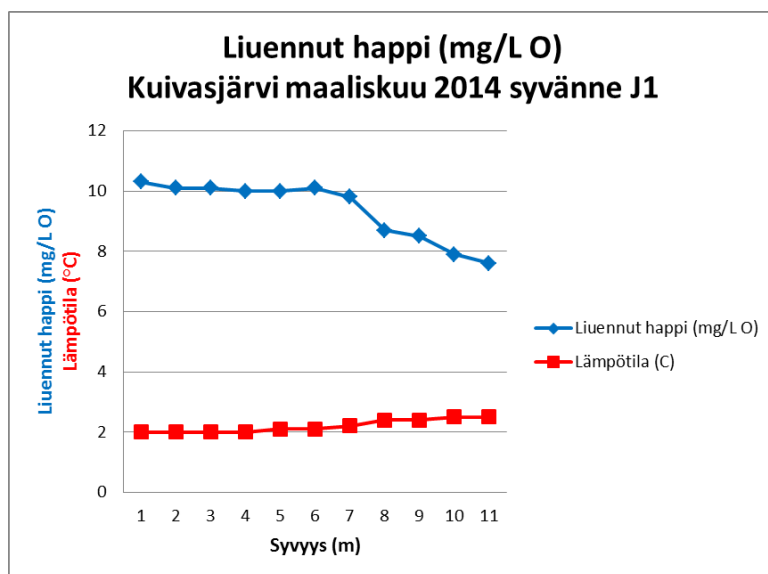
4 TULOKSET

4.1. Kuivasjärvi

4.1.1 Happipitoisuus ja happikyllästysaste

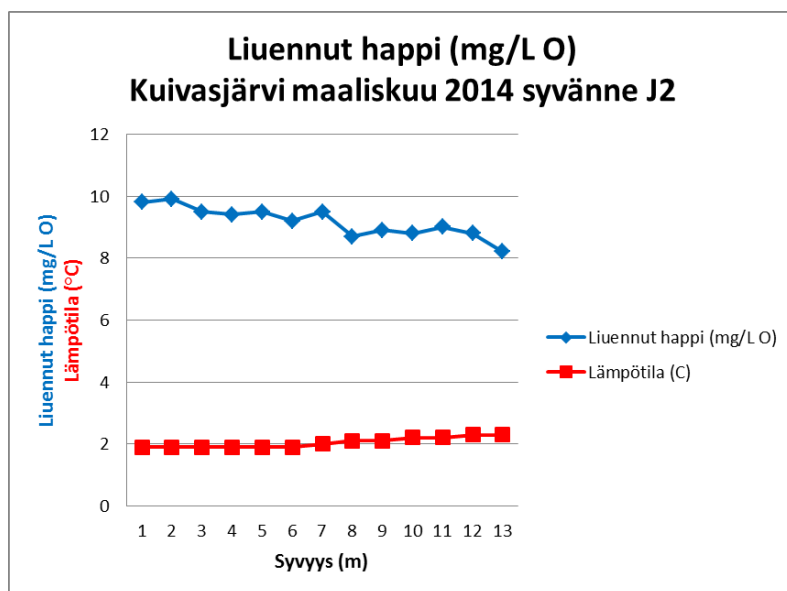
Kuivasjärven syvänteiden lämpötila maaliskuussa 2014 vaihteli kaikissa syvänteissä välillä 1.9 – 2.6 °C eikä niissä ollut havaittavissa selkeää veden kerrostuneisuutta pinnan ja pohjan välillä (kuviot 4, 5, 6).

Liuenneen hapen määrä mittauspisteessä J1 vaihteli välillä 10.3 – 7.6 mg/l O₂. Happipitoisuus oli tasainen seitsemään metriin asti pudoten sitten. Pitoisuus pieneni miltei lineaarisesti seitsemästä metristä alaspäin ja oli pohjassa 7.6 mg/l O₂ (kuvio 5). Happikyllästysaste vaihteli välillä 74 – 55 % ja sen muutos oli lähes identtinen happipitoisuuden muutoksen kanssa (liite 7). Lämpötila vaihteli välillä 2.0 – 2.5 °C.



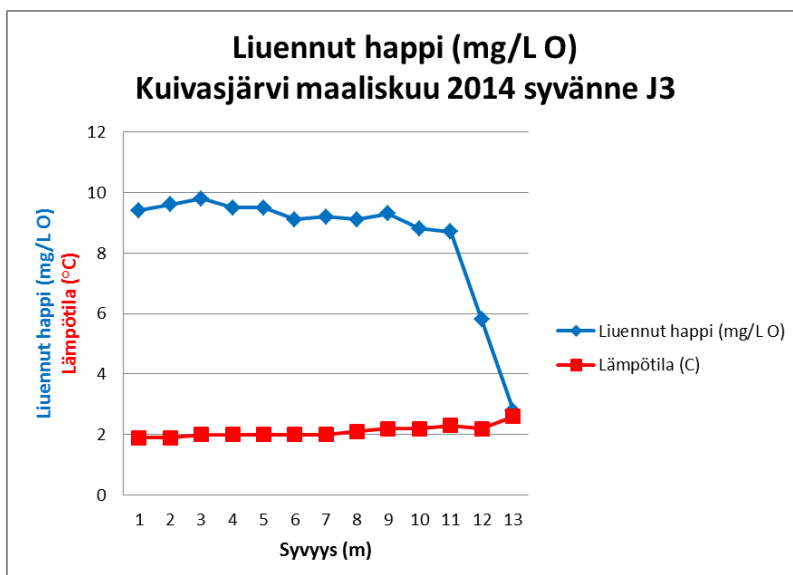
KUVIO 5. Happipitoisuus syvänteessä J1 maaliskuussa 2014.

Liuenneen hapen määrä mittauspisteessä J2 vaihteli välillä 9.9 – 8.2 mg/l O₂. Happipitoisuus laski hitaasti seitsemään metriin asti kunnes putosi hieman nopeammin seitsemän ja kahdeksan metrin välillä. Kahdeksan ja 11 metrin välillä happipitoisuus oli tasainen, mutta putosi jälleen 11 ja 13 metrin välillä saavuttaen pohjassa pitoisuuden 8.2 mg/l O₂ (kuvio 6). Happikyllästysaste vaihteli välillä 72 – 60 % (liite 7) ja lämpötila välillä 1.9 – 2.3 °C.



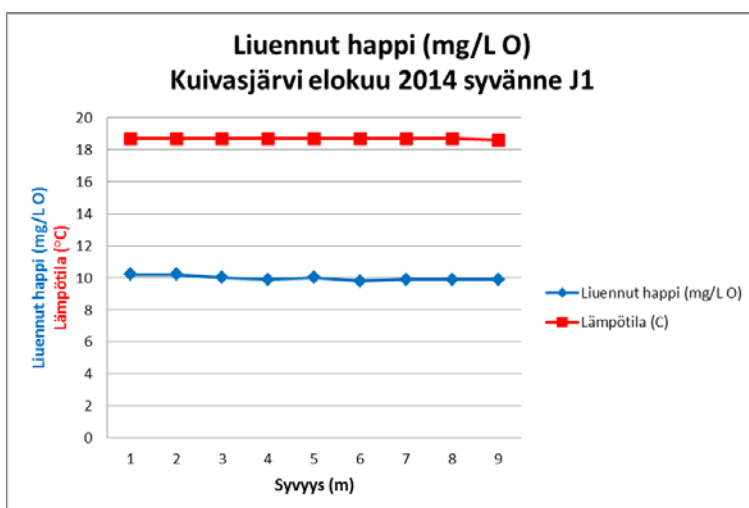
KUVIO 6. Happipitoisuus syvänteessä J2 maaliskuussa 2014.

Liuenneen hapen määrä mittauspisteessä J3 vaihteli välillä 9.8 – 2.8 mg/l O₂. Happipitoisuus oli miltei tasainen viiteen metriin asti. Viiden ja yhdentoista metrin välillä happipitoisuus laski jonkin verran, minkä jälkeen tapahtui jyrkkä pudotus viimeisten kahden metrin aikana (kuvio 7). Happikyllästysaste mittauspisteessä vaihteli välillä 71 – 20 % (liite 7) ja lämpötila välillä 1.9 – 2.6 °C.



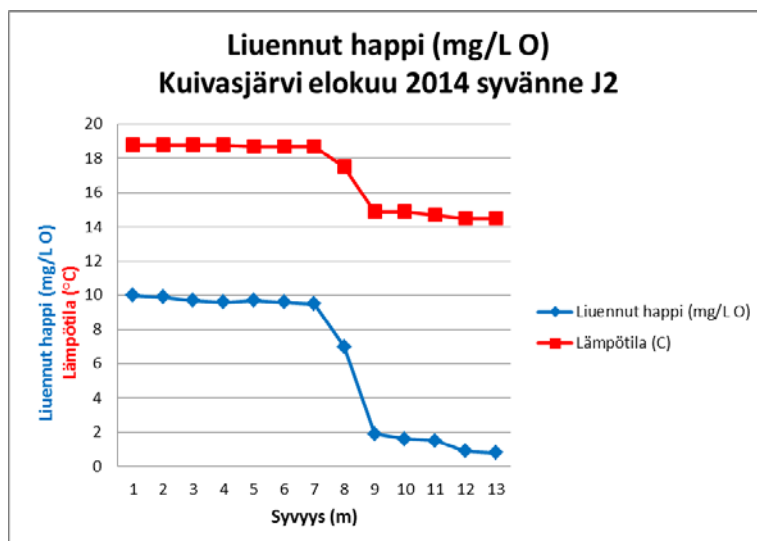
KUVIO 7. Happipitoisuus syvänteessä J3 maaliskuussa 2014.

Elokuussa 2014 syvänteissä J2 ja J3 oli havaittavissa selkeä harppauskerros eli vesi oli kerrostunut. Lämpötila vaihteli syvänteissä J2 ja J3 välillä 18.8 – 14.3 °C (kuviot 8, 9). Syvänteessä J1 harppauskerrosta ei ollut havaittavissa, vaan veden lämpötila oli miltei sama läpi koko vesipatjan (18.7 – 18.6 °C). Myös liuenneen hapen määrä oli mittauspisteessä J1 suhteellisen tasainen, 10.2 – 9.8 mg/L O₂ (kuvio 8). Happikyllästysaste vaihteli välillä 108 – 113 % (liite 7).



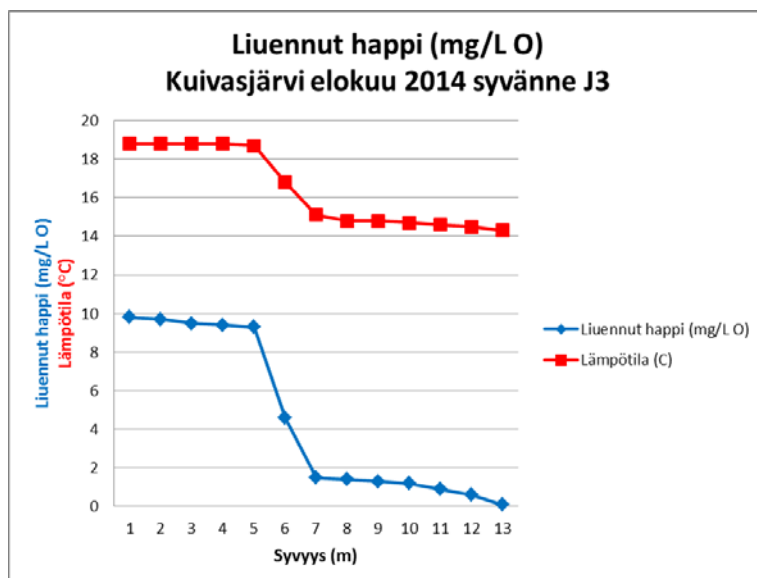
KUVIO 8. Happipitoisuus syvänteessä J1 elokuussa 2014.

Liuenneen hapen määrä mittauspisteessä J2 vaihteli välillä 10.0 – 0.8 mg/l O₂. Happipitoisuus oli tasainen seitsemään metriin asti, putosi jyrkästi seitsemän ja yhdeksän metrin välillä (harppauskerroksessa) ja laski edelleen loivasti yhdeksän ja kolmentoista metrin välillä (kuvio 9). Happikyllästysaste vaihteli välillä 8 – 112 % (liite 7).



KUVIO 9. Happipitoisuus syvänteessä J2 elokuussa 2014.

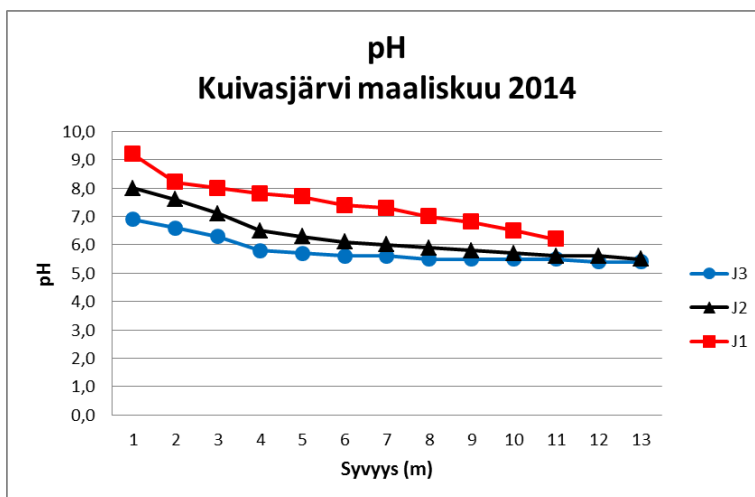
Liuenneen hapen määrä mittauspisteessä J3 vaihteli välillä 9.8 – 0.1 mg/l O₂. Happipitoisuus laski loivasti viiteen metriin asti, putosi jyrkästi viiden ja seitsemän metrin välillä (harppauskerroksessa) ja laski edelleen seitsemän ja kolmentoista metrin välillä (kuvio 10). Happikyllästysaste vaihteli välillä 1 – 109 % (liite 7).



KUVIO 10. Happipitoisuus syvänteessä J3 elokuussa 2014.

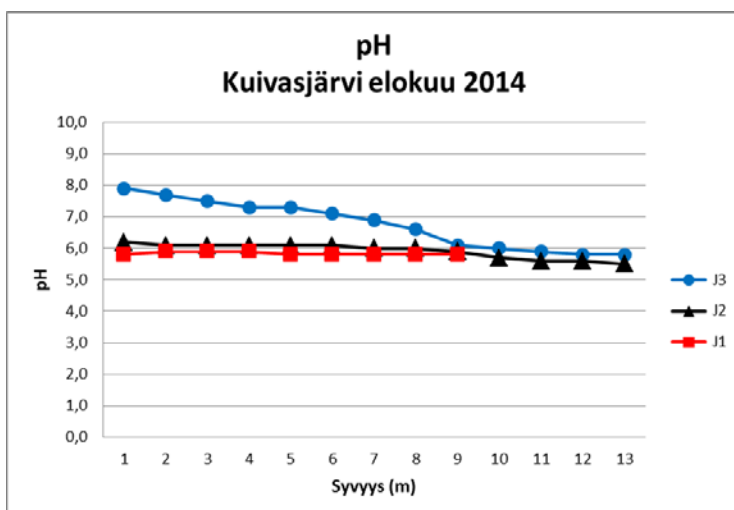
4.1.2 Happamuus (pH)

Maaliskuussa 2014 Kuivasjärven syvänteiden pH oli suurin pinnassa laskien pohjaa kohti. Syvänteessä J1 pH oli välillä 9.2 – 6.2, syvänteessä J2 8.0 – 5.5 ja syvänteessä J3 6.9 – 5.4 (kuvio 11).



KUVIO 11. pH tulokset Kuivasjärveltä 18.03.2014.

Myös elokuussa 2014 pH laski pohjaa kohti syvänteissä J2 ja J3. Syvänteessä J1 pH oli miltei sama läpi koko vesipatjan (pH 5.9 – 5.8). Syvänteessä J2 pH oli välillä 6.2 – 5.5 ja syvänteessä J3 välillä 7.9 – 5.8 (kuvio 12).



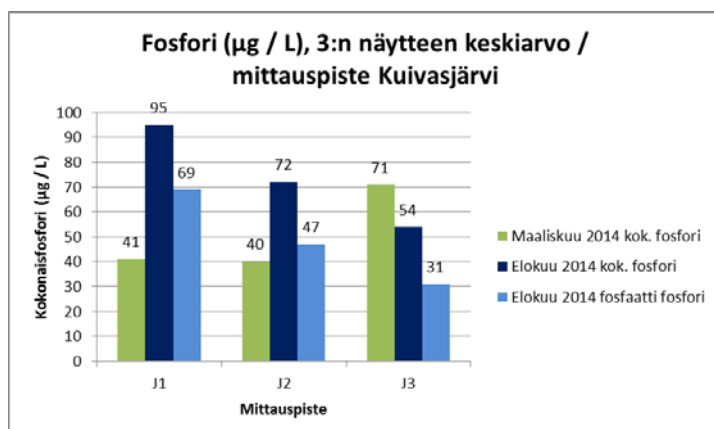
KUVIO 12. pH tulokset Kuivasjärveltä 18.08.2014.

4.1.3 Ravinteet

Fosfori

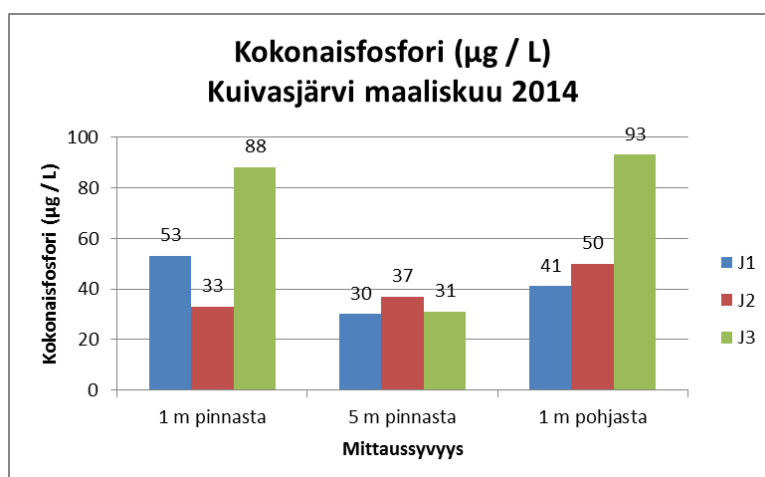
Mittauspisteiden J1 ja J2 kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot olivat elokuussa korkeammat kuin maaliskuussa. Mittauspisteessä J3 keskiarvopitoisuudet olivat korkeimmat maaliskuussa. Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat maaliskuussa välillä 40 – 71 µg/l ja elokuussa välillä 54 – 95 µg/l. Elokuun fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvot olivat kaikissa mittauspisteissä noin 2/3 elokuun kokonaisfosforipitoi-

suuksien keskiarvoista. Fosfaattifosforipitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat välillä 31 – 69 $\mu\text{g/l}$ (kuvio 13).



KUVIO 13. Maalis- ja elokuun kokonaisfosforipitoisuuksien ja elokuun fosfaattifosforin keskiarvolukemat kolmesta eri näytteenottopisteestä (J1, J2, J3) Kuivasjärveltä vuonna 2014.

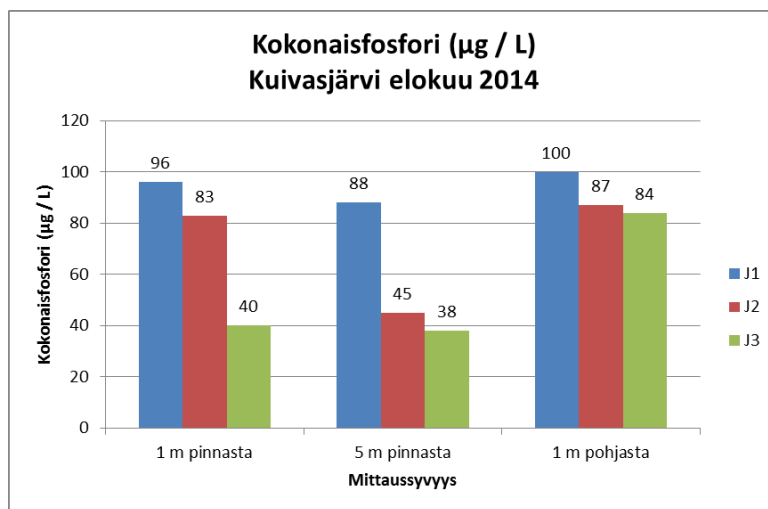
Kokonaisfosforipitoisuudet olivat maaliskuussa korkeimmat joko päällysvedessä (J1) tai alusvedessä (J2, J3). Pitoisuusvaihtelu oli lineaarista pisteessä J2, kun taas pisteissä J1 ja J3 pitoisuuskäyrä on U-kirjaimen mallinen. Korkeimmat pitoisuudet, kaikkia mittauspisteitä toisiinsa verrattaessa, mitattiin pisteestä J3. Kokonaisfosforin vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 30 – 53 $\mu\text{g/l}$, mittauspisteessä J2 33 – 50 $\mu\text{g/l}$ ja mittauspisteessä J3 31 – 93 $\mu\text{g/l}$ (kuvio 14).



KUVIO 14. Veden kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven syvänteissä (J1, J2, J3) maaliskuussa 2014.

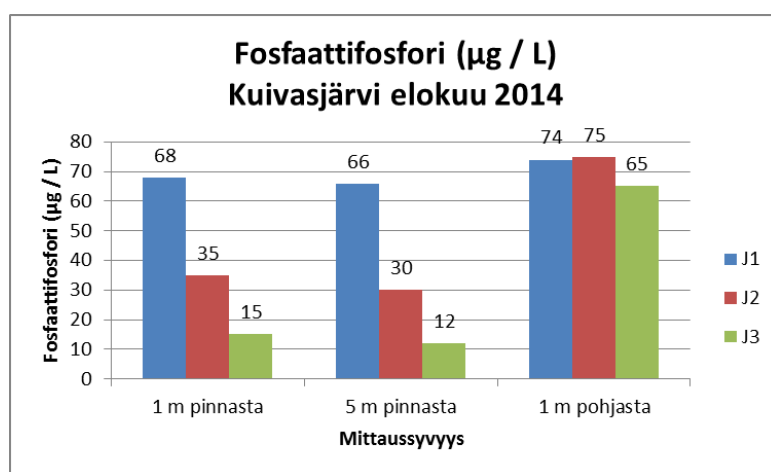
Kokonaisfosforipitoisuudet olivat elokuussa korkeimmat alusvedessä kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Pisteessä J1 pitoisuudet olivat kaikissa mitatuissa syvyyksissä miltei samansuuruiset. Myös pisteessä J2 päällysveden pitoisuus oli miltei samansuuruinen kuin

sen alusveden. Kaikkein korkeimmat pitoisuudet, mitattiin pisteestä J1. Kokonaisfosforin vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 88 – 100 µg/l, mittauspisteessä J2 45 – 87 µg/l ja mittauspisteessä J3 38 – 84 µg/l (kuvio 15).



KUVIO 15. Veden kokonaisfosforipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven syvänteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

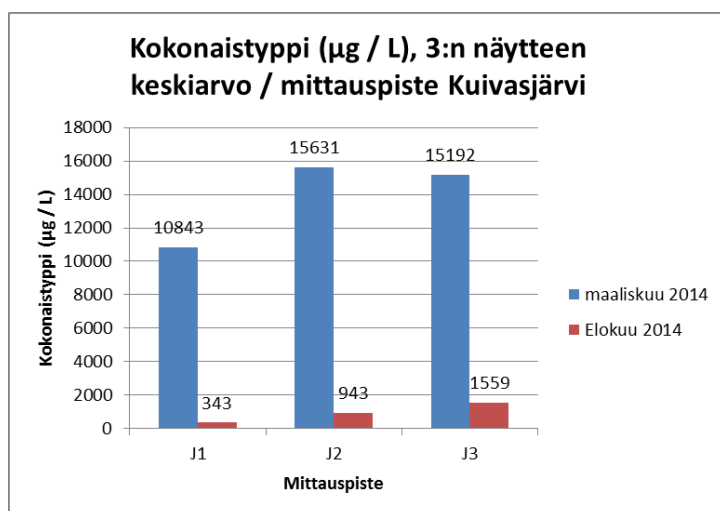
Fosfaattifosforipitoisuudet olivat elokuussa korkeimmat alusvedessä kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Piste J1 pitoisuudet olivat kaikissa mitatuissa syvyyksissä miltei samansuuruiset. Pisteissä J2 ja J3 alusveden pitoisuus oli selvästi korkeampi kuin muissa mittauspisteissä. Kaikkein korkeimmat pitoisuudet mitattiin pisteestä J2. Fosfaattifosforin vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 66 – 74 µg/l, mittauspisteessä J2 30 – 75 µg/l ja mittauspisteessä J3 12 – 65 µg/l (kuvio 16).



KUVIO 16. Veden fosfaattifosforipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven syvänteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

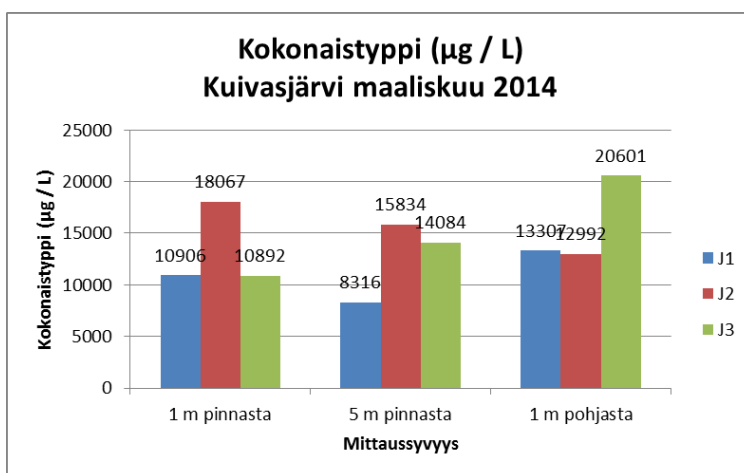
Typpi

Kaikkien kolmen mittauspisteen kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvot olivat selvästi korkeammat maaliskuussa kuin elokuussa. Kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat maaliskuussa välillä 10 843 – 15 631 µg/l ja elokuussa välillä 343 – 1 559 µg/l. Korkeimmat keskiarvopitoisuudet mitattiin maaliskuussa mittauspisteestä J2, elokuussa mittauspisteestä J3 (kuvio 17).



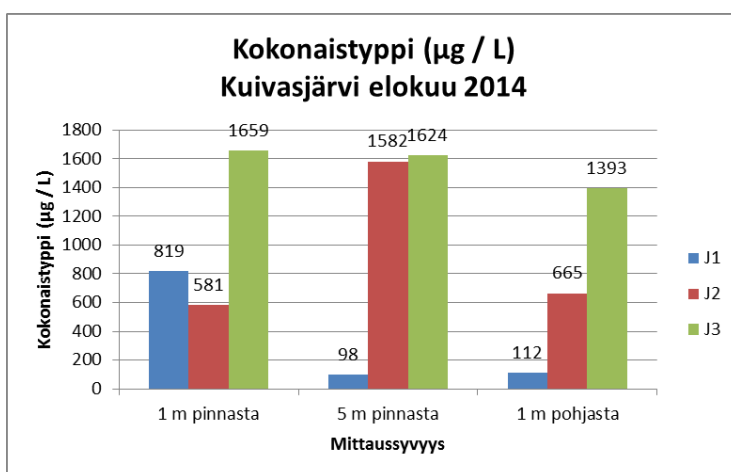
KUVIO 17. Kokonaistyyppipitoisuuksien keskiarvolukemat maaliskuussa ja elokuussa 2014.

Kokonaistyyppipitoisuudet olivat maaliskuussa korkeimmat joko päällysvedessä (J2) tai alusvedessä (J1, J3). Pitoisuusvaihtelu oli lineaarista pisteissä J2 ja J3, kun taas pisteessä J1 pitoisuuskäyrä oli U-kirjaimen mallinen. Kaikkein korkeimmat pitoisuudet mitattiin pisteestä J3. Kokonaistypen vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 8 316 – 13 307 µg/l, mittauspisteessä J2 12 992 – 18 067 µg/l ja mittauspisteessä J3 10 892 – 20 601 µg/l (kuvio 18).



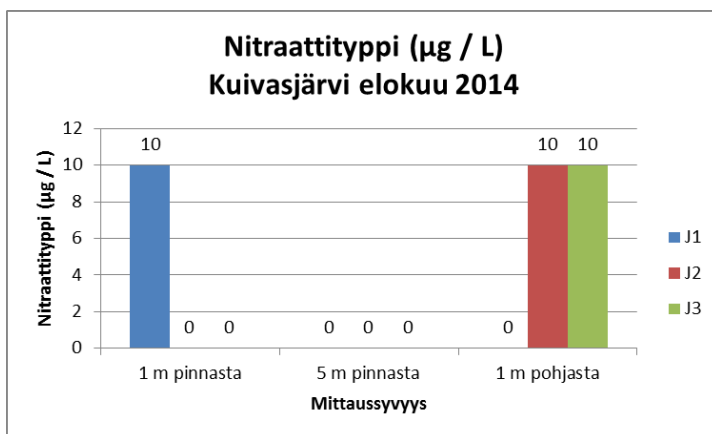
KUVIO 18. Kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) maaliskuussa 2014.

Kokonaistyyppipitoisuudet olivat elokuussa korkeimmat joko päänlyysvedessä (J1, J3) tai viiden metrin syvyydessä (J2). Kaikkein korkeimmat pitoisuudet mitattiin pisteestä J3. Kokonaistyyppien vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 98 – 819 µg/l, mittauspisteessä J2 581 – 1 582 µg/l ja mittauspisteessä J3 1 393 – 1 659 µg/l (kuvio 19).



KUVIO 19. Kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014. Huomaa pitoisuusmitta-asteikon ero maaliskuun ja elokuun pitoisuusdiagrammien välillä (kuviot 18 ja 19).

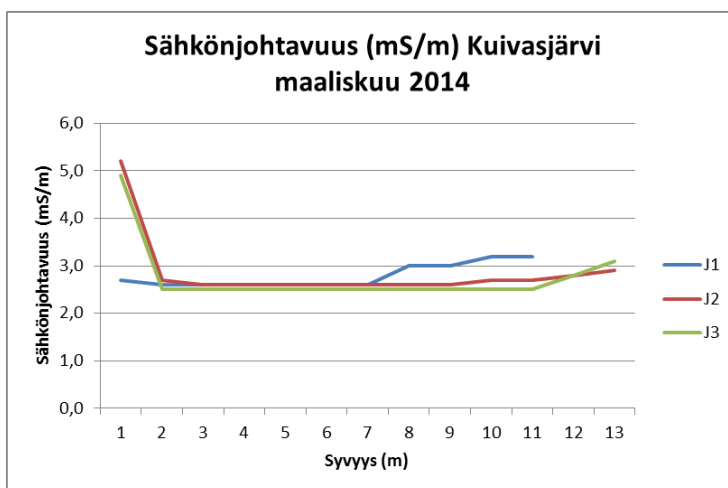
Nitratityypipitoisuudet olivat elokuussa korkeimmat joko päänlyysvedessä (J1) tai alusvedessä (J2, J3). Nitratityyppeä ei esiintynyt ollenkaan viiden metrin syvyydessä yhdessääkään mittauspisteessä. Nitratityypin vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 0 – 10,04 µg/l, mittauspisteessä J2 0 – 10,08 µg/l ja mittauspisteessä J3 0 – 10,34 µg/l (kuvio 20).



KUVIO 20. Nitraattityppipitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

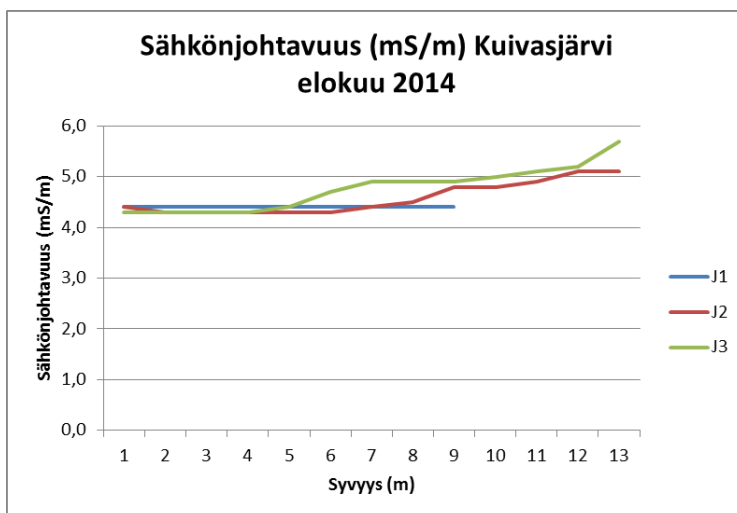
4.1.4 Sähkönjohtavuus ja suolaisuus

Veden sähkönjohtavuus oli maaliskuussa melko tasainen läpi koko vesipatjan mittauspisteessä J1. Mittauspisteissä J2 ja J3 sähkönjohtavuus vaihteli jonkin verran erityisesti 1 - 2 metrin syvyydessä. Korkeimmat lukemat mitattiin pisteiden J2 ja J3 päällysvedestä. Sähkönjohtavuuden vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 2.7 – 3.2 mS/m, mittauspisteessä J2 2.6 – 5.2 mS/m ja mittauspisteessä J3 2.5 – 4.9 mS/m (kuvio 21).



KUVIO 21. Sähkönjohtavuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) maaliskuussa 2014.

Sähkönjohtavuus oli elokuussa tasainen läpi koko vesipatjan mittauspisteessä J1 (4.4 mS/m). Mittauspisteissä J2 ja J3 sähkönjohtavuus nousi jonkin verran viiden ja kolmen metrin välillä. Korkeimmat lukemat mitattiin pisteen J3 alusvedestä. Sähkönjohtavuus vaihteli välillä oli 4.3 – 5.1 mS/m mittauspisteessä J2 ja mittauspisteessä J3 välillä 4.3 – 5.7 mS/m (kuvio 22).



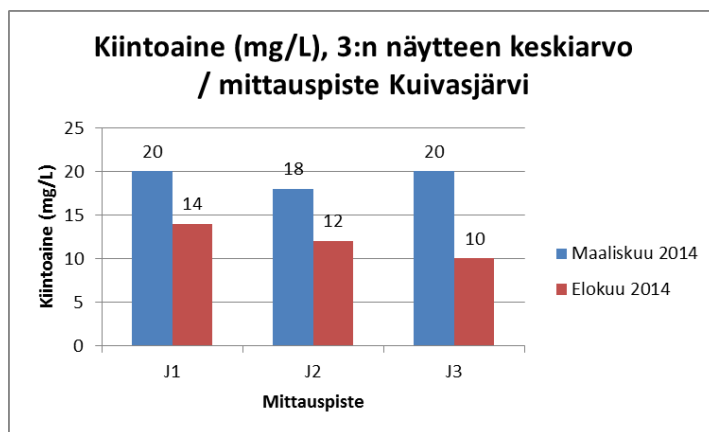
KUVIO 22. Sähkönjohtavuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

Kuivasjärven saliniteetti eli suolapitoisuus mitattiin maaliskuussa 2014 mittauspisteistä J1, J2 ja J3 metrin välein. Arvot olivat välillä 0.02 – 0.04 ppt.

4.1.5 Kiintoaine ja kemiallinen hapen kulutus (COD)

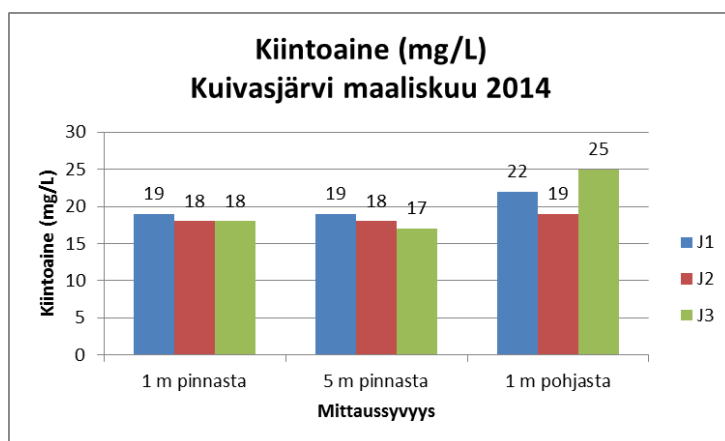
Kiintoaine

Kaikkien mittauspisteiden (J1, J2, J3) kiintoainepitoisuuksien keskiarvot olivat selvästi korkeammat maaliskuussa kuin elokuussa. Kiintoainepitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat maaliskuussa välillä 18 – 20 mg/l ja elokuussa välillä 10 – 14 mg/l. Korkeimmat keskiarvopitoisuudet mitattiin maaliskuussa mittauspisteistä J1 ja J3, elokuussa mittauspisteestä J1 (kuvio 23).



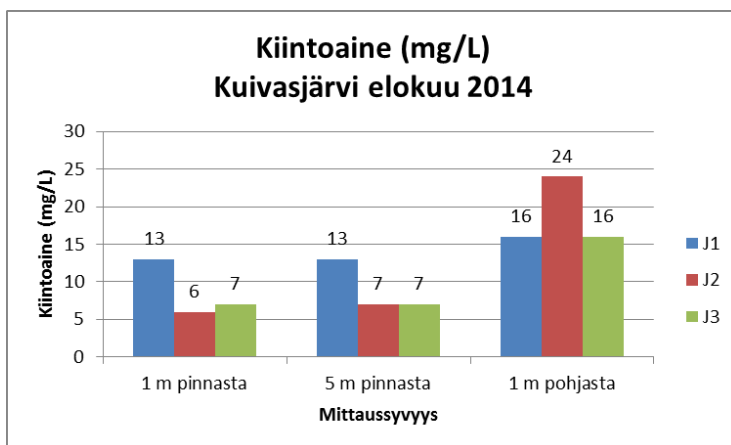
KUVIO 23. Kiintoaineen keskiarvolukemat maaliskuussa ja elokuussa 2014.

Kiintoainepitoisuudet olivat maaliskuussa melko tasaiset läpi koko vesipatjan kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kaikissa mittauspisteissä alusvedestä. Kiintoaineen vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 19 – 22 mg/l, mittauspisteessä J2 18 – 19 mg/l ja mittauspisteessä J3 17 – 25 mg/l (kuvio 24).



KUVIO 24. Kiintoainepitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) maaliskuussa 2014.

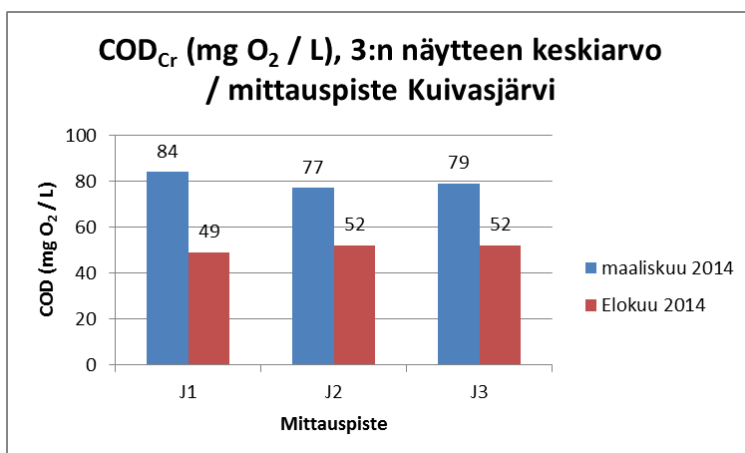
Elokuussa kiintoainepitoisuudet vaihtelivat selvästi päällys –ja alusveden välillä kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin kaikissa mittauspisteissä alusvedestä. Kiintoaineen vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 13 – 16 mg/l, mittauspisteessä J2 6 – 24 mg/l ja mittauspisteessä J3 7 – 16 mg/l (kuvio 25).



KUVIO 25. Kiintoainepitoisuuden vaihtelu syvyyden suhteen Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

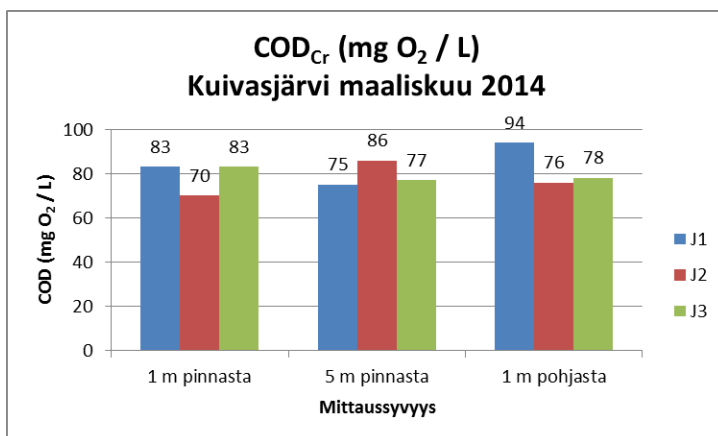
Kemiallinen hapen kulutus (COD)

Kemiallisen hapen kulutuksen (COD) keskiarvot olivat selvästi korkeammat maaliskuussa kuin elokuussa kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). COD keskiarvot vaihtelivat maaliskuussa välillä 77 – 84 mg O₂/l ja elokuussa välillä 49 – 52 mg/l. Korkeimmat keskiarvot mitattiin maaliskuussa mittauspisteestä J1, elokuussa mittauspisteistä J2 ja J3 mutta erot eivät olleet suuria (kuvio 26).



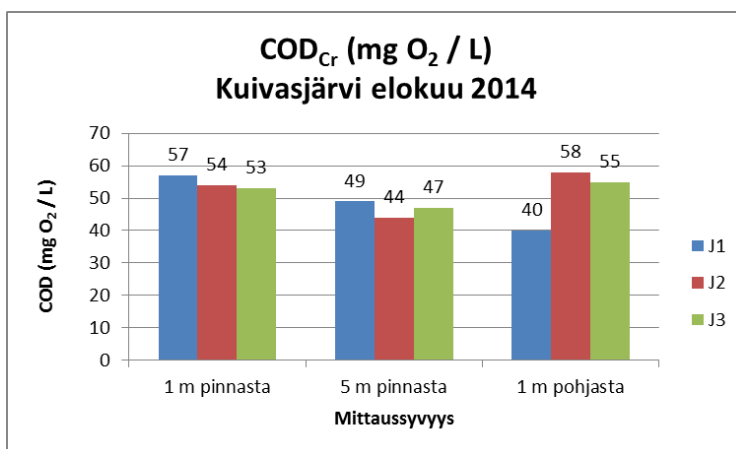
KUVIO 26. Kemiallisen hapen kulutuksen (COD) keskiarvolukemat maaliskuussa ja elokuussa 2014.

Kemiallinen hapen kulutus oli maaliskuussa melko tasaista läpi koko vesipatjan kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Korkeimmat lukemat mitattiin pisteessä J1 alusvedestä, pisteessä J2 viiden metrin syvyydestä ja pisteessä J3 päällyksvedestä. COD:n vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 75 – 94 mg O₂/l, mittauspisteessä J2 70 – 86 mg O₂/l ja mittauspisteessä J3 77 – 83 mg O₂/l (kuvio 27).



KUVIO 27. Kemiallisen hapenkulutuksen syvyyden mukainen vaihtelu Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) maaliskuussa 2014.

Kemiallinen hapen kulutus oli myös elokuussa melko tasainen läpi koko vesipatjan kaikissa mittauspisteissä (J1, J2, J3). Korkeimmat lukemat mitattiin pisteessä J1 päänlyysvedestä ja pisteistä J2, J3 alusvedestä. COD:n vaihteluväli oli mittauspisteessä J1 40 – 57 mg O₂/l, mittauspisteessä J2 44 – 58 mg O₂/l ja mittauspisteessä J3 47 – 55 mg O₂/l (kuvio 28).



KUVIO 28. Kemiallisen hapenkulutuksen syvyyden mukainen vaihtelu Kuivasjärven mittauspisteissä (J1, J2, J3) elokuussa 2014.

4.1.6 Väri, sameus ja näkösyvyys

Maaliskuussa 2014 näkösyvyys kaikissa mittauspisteissä oli 0.6 metriä. Elokuun tuloksissa näkösyvyys vaihteli välillä 0.7 – 0.8 metriä, sameus välillä 6.0 – 9.8 NTU ja väri välillä 148 – 159 PtCo (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Kuivasjärven syvänteistä mitatut väri, sameus ja näkösyvyysarvot maaliskuun ja elokuun 2014.

Mittauspiste	Mittauspvm	Väri (PtCo)	Sameus (NTU)	Näkösyvyys (m)
J1	18.3.2014	-	-	0,6
J2	18.3.2014	-	-	0,6
J3	18.3.2014	-	-	0,6
J1	22.8.2014	148	6,0	0,7
J2	18.8.2014	159	6,5	0,8
J3	18.8.2014	148	9,8	0,8

4.2. Kuivasjärven valuma-alue

4.2.1 Pitoisuudet

Ravinteet

Kokonaisfosforin ja -typen sekä ammoniumtypen pitoisuudet vaihtelivat eri osavaluma-alueiden välillä. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin lähivaluma-alueelta kaikkien ravinteiden osalta (liite 6).

Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) kokonaisfosforipitoisuuden vaihteluväli oli alle 50 – 70 µg/l, kokonaistypen 378 – 1 285 µg/l ja ammoniumtypen 100 – 200 µg/l. Korkeimmat kokonaisfosforipitoisuudet Vatajanjoen osavaluma-alueelta mitattiin pisteistä V1 ja V9. Korkeimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin pisteistä V2 ja V11 ja ammoniumtyypipitoisuudet pisteistä V1 ja V11. Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) kokonaisfosforipitoisuuden vaihteluväli oli alle 50 – 88 µg/l, kokonaistypen 403 – 805 µg/l ja ammoniumtypen 100 – 200 µg/l. Korkeimmat kokonaisfosforipitoisuudet Vääräjoen osavaluma-alueelta mitattiin pisteistä V4 ja V5. Korkeimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin pisteestä V10 ja ammoniumtyypipitoisuudet pisteestä V4. Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) kokonaisfosforipitoisuuden vaihteluväli oli 111 – 239 µg/l, kokonaistypen 1 456 – 1 470 µg/l ja ammoniumtypen 100 – 400 µg/l. Korkeimmat kokonaisfosforipitoisuudet lähivaluma-alueelta mitattiin pisteestä V6. Korkeimmat kokonaistyyppipitoisuudet mitattiin pisteestä V7 ja ammoniumtyypipitoisuudet pisteestä V6. Nivusjärven osavaluma-alueella oli vain yksi mittauspiste (V3). Sen kokonaisfosforipitoisuus oli alle 50 µg/l, kokonaistyyppipitoisuus 221 µg/l ja ammoniumtyypipitoisuus 100 µg/l (liite 6).

Kiintoaine ja COD_{Cr}

Kiintoaineen määrä ja kemiallisen hapen kulutuksen suuruus vaihtelivat eri osavaluma-alueiden välillä. Selvästi korkeimmat kiintoainemäärät mitattiin Vatajanjoen osavaluma-alueelta ja suurin kemiallisen hapen kulutus lähivaluma-alueelta. Vääräjoen osavaluma-alueen COD_{Cr} arvot olivat miltei samaa suuruusluokkaa lähivaluma-alueen kanssa (liite 6).

Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) kiintoaineen määrä vaihteli välillä 2.5 – 10.8 mg/l. Korkeimmat kiintoainemäärät mitattiin pisteistä V9 ja V11. Kemiallinen hapen kulutus vaihteli välillä 67 – 91 mg O₂/l ja oli suurin pisteissä V1, V2 ja V8. Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) kiintoaineen määrä vaihteli välillä 1.4 – 4.3 mg/l. Korkeimmat kiintoainemäärät mitattiin pisteestä V4. Kemiallinen hapen kulutus vaihteli välillä 100 – 141 mg O₂/l ja oli suurin pisteessä V5. Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) kiintoaineen määrä vaihteli välillä 2.3 – 5.1 mg/l. Korkeimmat kiintoainemäärät mitattiin pisteestä V6. Kemiallinen hapen kulutus vaihteli välillä 117 – 146 mg O₂/l ja oli suurin pisteessä V7. Nivusjärven osavaluma-alueella mittauspisteen (V3) kiintoaineen määrä oli 1.3 mg/l ja kemiallinen hapen kulutus 62 mg O₂/l (liite 6).

Sähkönjohtavuus ja suolaisuus

Sähkönjohtavuus ja suolaisuus vaihtelivat hieman eri osavaluma-alueiden välillä. Suurimmat arvot molemmista suureista mitattiin lähivaluma-alueelta (liite 6).

Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) sähkönjohtavuus vaihteli välillä 2.0 – 3.9 mS/m. Suurin sähkönjohtavuus oli pisteissä V1 ja V2. Suolaisuus vaihteli välillä 0.01 – 0.02 ppt ja oli suurin pisteissä V1 ja V2. Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) sähkönjohtavuus vaihteli välillä 3.0 – 3.8 mS/m. Suurin sähkönjohtavuus oli pisteessä V10. Suolaisuus oli 0.02 ppt jokaisessa mittauspisteessä. Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) sähkönjohtavuus vaihteli välillä 3.4 – 5.7 mS/m. Suurin sähkönjohtavuus oli pisteessä V6. Suolaisuus vaihteli välillä 0.02 – 0.03 ppt ja oli suurin pisteissä V6. Nivusjärven osavaluma-alueella mittauspisteen (V3) sähkönjohtavuus oli 1.9 mS/m ja suolaisuus 0.01 ppt (liite 6).

Väri ja sameus

Väriluku ja sameus vaihtelivat eri osavaluma-alueiden välillä. Selvästi suurimmat arvot molemmista suureista mitattiin lähivaluma-alueelta (liite 6).

Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) väriluku vaihteli välillä 232 – 316 PtCo. Suurin väriluku mitattiin pisteestä V8. Sameus vaihteli välillä 3.1 – 6.1 NTU ja oli suurin pisteessä V9. Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) väriluku vaihteli välillä 296 – 397 PtCo. Suurin väriluku mitattiin pisteestä V4. Sameus vaihteli välillä 3.0 – 4.0 NTU ja oli suurin pisteissä V5 ja V10. Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) väriluku vaihteli välillä 598 – 602 PtCo. Suurin väriluku mitattiin pisteestä V7. Sameus vaihteli välillä 16.5 – 5.0 NTU ja oli suurin pisteissä V6. Nivusjärven osavaluma-alueella mittauspisteen (V3) väriluku oli 247 PtCo ja sameus 2.8 NTU (liite 6).

pH ja happipitoisuus

Kaikissa mittauspisteissä pH oli alle 6.0. Selvästi happaminta vesi oli Nivusjärven osavaluma-alueella. Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) happamuus vaihteli välillä 5.0 – 5.9. Matalin pH arvo Vatajanjoen osavaluma-alueella mitattiin pisteestä V8. Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) happamuus vaihteli välillä 5.1 – 5.6. Matalin pH arvo Vääräjoen osavaluma-alueella mitattiin pisteestä V4. Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) happamuus vaihteli välillä 5.6 – 5.9. Matalin pH arvo lähivaluma-alueella mitattiin pisteestä V7. Nivusjärven osavaluma-alueella mittauspisteen (V3) pH arvo oli 4.3 (liite 6).

Happikyllästysaste oli osavaluma-alueiden mittauspisteissä välillä 83.4 – 123.4 %. Liennut happi oli välillä 7.8 – 11.1 mg/l (liite 6).

4.2.2 Kuormituslaskelmat

Ravinnekuormitus

Kokonaisfosforin ja -typen sekä ammoniumtypen kuormitukset vaihtelivat eri osavaluma-alueiden välillä. Selvästi suurimmat kuormat mitattiin Vatajanjoen valuma-alueelta kaikkien ravinteiden osalta, mistä valui 85.5 % koko valuma-alueelta mitatusista kokonaisfosforikuormasta, 91.8 % kokonaistyyppikuormasta ja 92.8 % ammoniumtyypikuor-

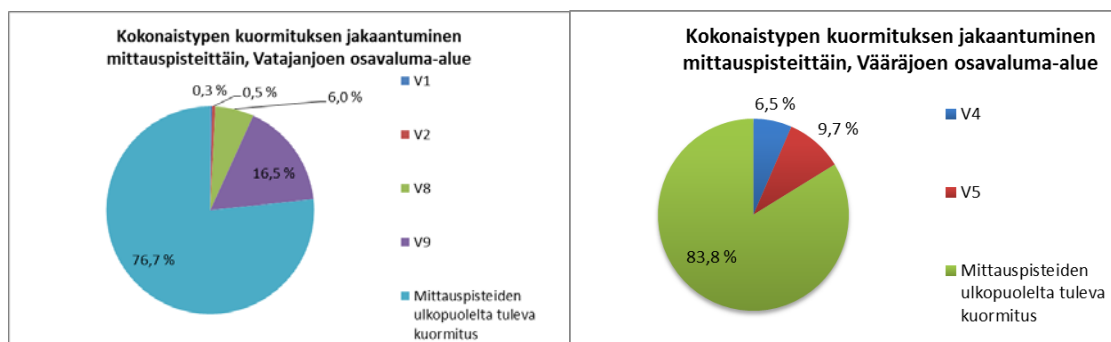
masta. Toiseksi suurin kuormittaja oli Vääräjoen osavaluma-alue, mistä valui 9.6 % koko valuma-alueelta mitatusta kokonaisfosforikuormasta, 7.1 % kokonaistyyppikuormasta ja 4.9 % ammoniumtyypikuormasta (taulukko 6).

Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) kokonaisfosforikuorma vaihteli välillä alle 0.03 – alle 7.1 kg/päivä, kokonaistyyppikuorma välillä 0.5 – 159.6 kg/päivä ja ammoniumtyypikuorma välillä 0.06 – 28.5 kg/päivä (liite 6). Pisteiden V1, V2, V8 ja V9 kautta virtasi 66.4 % koko osavaluma-alueen kokonaisfosforikuormasta, mistä 46.7 % mitattiin pisteestä V9. Kolmannes (33.6%) kokonaisfosforikuormasta tuli pisteiden V9 ja V11 väliseltä alueelta (kuvio 31). Osavaluma-alueen kokonaistyyppikuormasta virtasi 23.3 % pisteiden V1, V2, V8 ja V9 kautta, mistä yli puolet mitattiin pisteestä V9. Noin 77 % kokonaistyyppikuormasta tuli pisteiden V9 ja V11 väliseltä alueelta (kuvio 29). Ammoniumtyypikuormasta virtasi 28.3 % pisteiden V1, V2, V8 ja V9 kautta, mistä noin 2/3 osaa mitattiin pisteestä V9. Noin 72 % ammoniumtyypikuormasta tuli pisteiden V9 ja V11 väliseltä alueelta (kuvio 30).

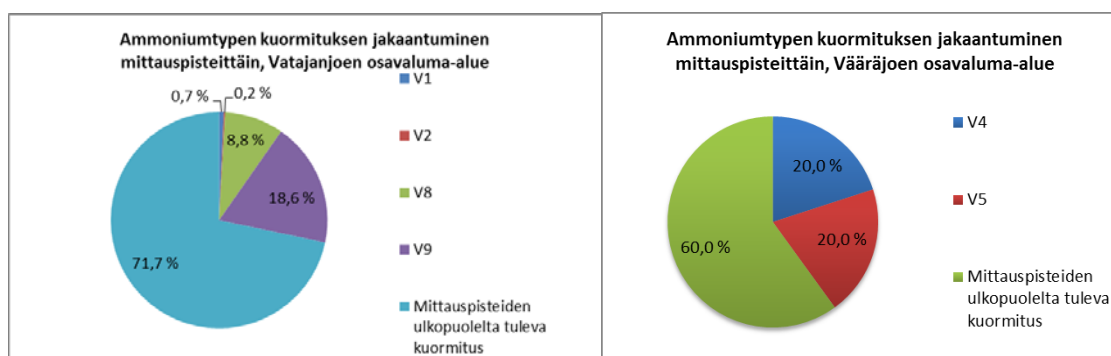
Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) kokonaisfosforikuorma vaihteli välillä 0.1 – alle 0.8 kg/päivä, kokonaistyyppikuorma 0.8 – 12.4 kg/päivä ja ammoniumtyypikuorma 0.3 – 1.5 kg/päivä (liite 6). Mittauspisteiden V4 ja V5 kautta virtasi noin 50 % osavaluma-alueen kokonaisfosforikuormasta. Puolet fosforikuormasta tuli siten pisteen V10 ja pisteiden V4 ja V5 väliseltä alueelta (kuvio 31). Osavaluma-alueen kokonaistyyppikuormasta virtasi noin 16.2 % pisteiden V4 ja V5 kautta ja reilu 80 % pisteen V10 ja pisteiden V4 ja V5 väliseltä alueelta (kuvio 29). Ammoniumtyypikuormasta virtasi noin 40 % pisteiden V4 ja V5 kautta ja 60 % pisteen V10 ja pisteiden V4 ja V5 väliseltä alueelta (kuvio 30).

Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) kokonaisfosforikuorma vaihteli välillä 0.01 – 0.08 kg/päivä, kokonaistyyppikuorma välillä 0.1 – 0.5 kg/päivä ja ammoniumtyypikuorma välillä 0.005 – 0.1 kg/päivä. Suurimmat kokonaisfosfori-, kokonaistyyppi- ja ammoniumtyypikuormat lähivaluma-alueelta mitattiin pisteestä V6 (liite 6).

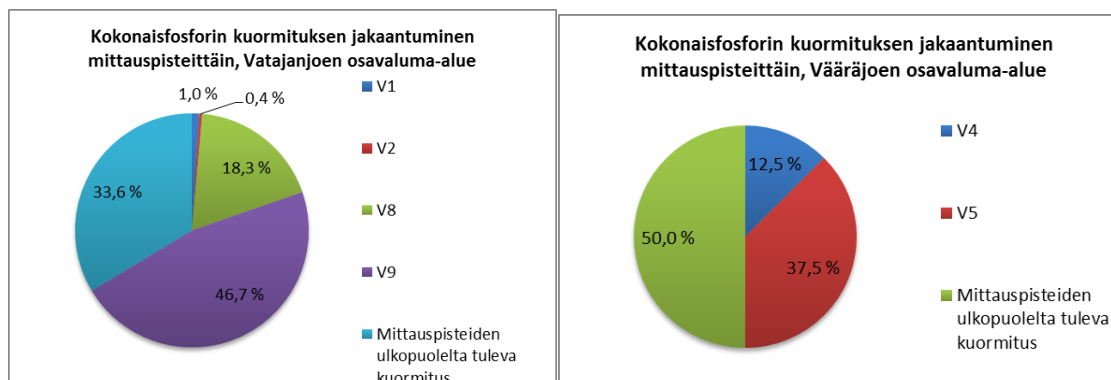
Nivusjärven osavaluma-alueen mittauspisteen (V3) kokonaisfosforikuorma oli alle 0.3 kg/päivä, kokonaistyyppikuorma 1.3 kg/päivä ja ammoniumtyypikuorma 0.6 kg/päivä (liite 6).



KUVIO 29. Kokonaistypen kuormituksen prosentuaalinen jakaantuminen mittauspisteittäin Vatajanjoen ja Vääräjoen osavalmu-alueilla kesäkuussa 2014.



KUVIO 30. Ammoniumtypen kuormituksen prosentuaalinen jakaantuminen mittauspisteittäin Vatajanjoen ja Vääräjoen osavalmu-alueilla kesäkuussa 2014.



KUVIO 31. Kokonaisfosforin kuormituksen prosentuaalinen jakaantuminen mittauspisteittäin Vatajanjoen ja Vääräjoen osavalmu-alueilla kesäkuussa 2014.

TAULUKKO 6. Osavaluma-alueiden kuormituksen prosentuaalinen osuus koko valuma-alueelta mitatusta kuormituksesta kesäkuussa 2014. Osavaluma-alueiden summa on noin 100 %, sillä osavaluma-alueiden prosenttiosuudet ovat likiarvoja. Nivusjärven osavaluma-aluetta kutsutaan taulukossa nimellä 'Va2', Vatajanjoen osa-valuma-aluetta nimellä 'Va3', Vääräjoen osa-valuma-aluetta nimellä 'Va4' ja lähivaluma-aluetta nimellä 'Va1'.

Valuma-alue	Kokonaistyyppi, % osuus	Ammoniumtyppi, % osuus	Kokonaisfosfori, % osuus	Kiintoaine, % osuus	COD _{Cr} , % osuus
Va1	0,3	0,3	1,1	0,2	0,4
Va2	0,7	2,0	3,6	0,8	3,3
Va3	91,8	92,8	85,5	96,4	83,0
Va4	7,1	4,9	9,6	2,7	13,4

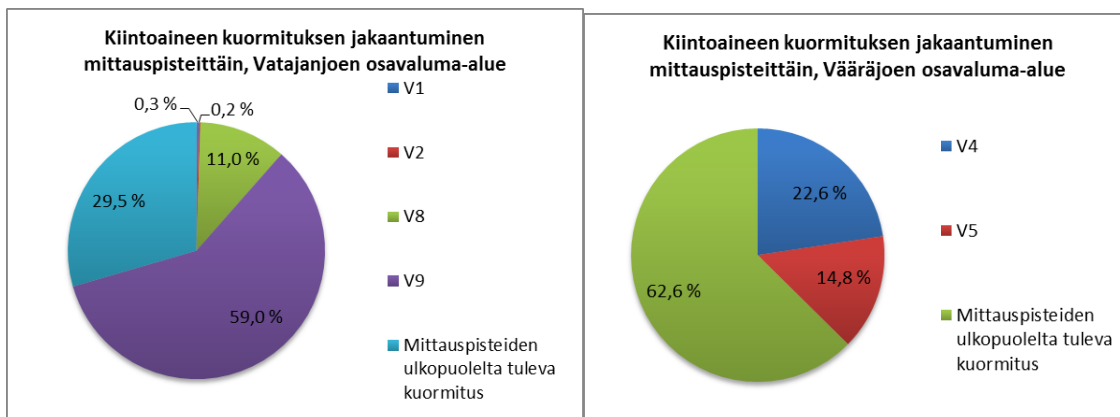
Kiintoaine ja COD_{Cr} - kuormitus

Kiintoainekuorma ja kemiallisen hapen kulutuksen suuruus vaihtelivat eri osavaluma-alueiden välillä. Selvästi suurin COD_{Cr} – ja kiintoainekuormitus mitattiin Vatajanjoen osavaluma-alueelta, mistä valui 96,4 % koko valuma-alueelta mitatusta kiintoainekuormasta ja 83 % COD_{Cr} –kuormasta. Toiseksi suurin kuormittaja oli Vääräjoen osavaluma-alue, mistä valui 2,7 % koko valuma-alueelta mitatusta kiintoainekuormasta ja 13,4 % COD_{Cr} –kuormasta (taulukko 6).

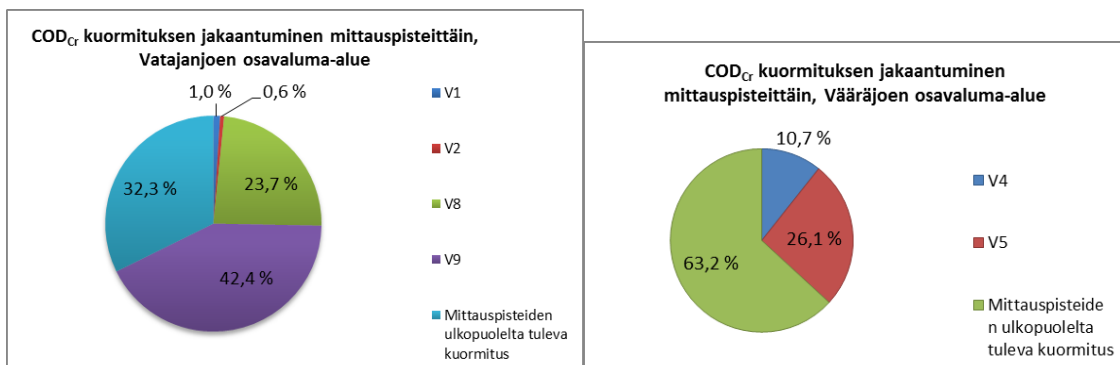
Vatajanjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V1, V2, V8, V9, V11) kiintoainekuorma vaihteli välillä 1.5 – 961.6 kg/päivä. COD_{Cr} -kuorma vaihteli välillä 53.5 – 9 561.7 kg O₂/päivä (liite 6). Mittauspisteiden V1, V2, V8 ja V9 kautta virtasi noin 70.3 % koko osavaluma-alueen kiintoainekuormasta ja noin 67.1 % COD_{Cr} –kuormasta. Noin kolmannes sekä kiintoaine- että COD_{Cr} –kuormasta tuli pisteiden V9 ja V11 väliseltä alueelta (kuviot 32, 33).

Vääräjoen osavaluma-alueen mittauspisteiden (V4, V5, V10) kiintoainekuorma vaihteli välillä 4.0 – 27.0 kg/päivä ja COD_{Cr} -kuorma välillä 165.4 – 1 540.5 kg O₂/päivä (liite 6). Mittauspisteiden V4 ja V5 kautta virtasi noin 37.4 % osavaluma-alueen kiintoainekuormasta ja noin 36.8 % COD_{Cr} –kuormasta. Noin 2/3 osaa sekä kiintoaine- että COD_{Cr} –kuormasta valui pisteen V10 ja pisteiden V4 ja V5 väliseltä alueelta (kuviot 32, 33).

Lähivaluma-alueen mittauspisteiden (V6, V7) kiintoainekuorma vaihteli välillä 0.1 – 1.7 kg/päivä ja COD_{Cr} -kuorma välillä 7.6 – 39.4 kg O₂/päivä. Suurimmat COD_{Cr} - ja kiintoainekuormat lähivaluma-alueelta mitattiin pisteestä V6. Nivusjärven osavaluma-alueen mittauspisteen (V3) kiintoainekuorma oli 7.6 kg/päivä ja COD_{Cr} -kuorma 376.2 kg O₂/päivä (liite 6).



KUVIO 32. Kiintoaineen kuormituksen prosentuaalinen jakaantuminen mittauspisteittäin Vatajanjoen ja Vääräjoen osavaluma-alueilla kesäkuussa 2014.



KUVIO 33. Kemiallisen hapen kulutuksen prosentuaalinen jakaantuminen mittauspisteittäin Vatajanjoen ja Vääräjoen osavaluma-alueilla kesäkuussa 2014.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1. Järven tila

5.1.1 Ravinteet

Järven veden laatu

Kolmesta mittauspisteestä lasketun päällysveden keskiarvopitoisuuden mukaan Kuivasjärven veden laatu oli loppukesästä 2014 kokonaisfosforin perusteella 'välttävä' (keskiarvo 73 µg/l) ja kokonaistypen perusteella 'tydyttävä' (keskiarvo 1 020 µg/l), kun käytetään Suomen ympäristökeskuksen asettamia raja-arvoja (Aroviita ym., 2012, 57). OECD:n fosforipitoisuuksiin perustuvan rehevyysluokittelun mukaan Kuivasjärvi kuuluu reheviin järviin (Pietiläinen ym., 1999, 13).

Minimiravinne

Tuotantokauden ravinnepitoisuuksia keskenään verrattaessa kokonaistyyppiä on päällysvedessä kaikissa syvänteissä enemmän kuin kokonaisfosforia. Kokonaisravannesuhde päällysveden kokonaistyyppi- ja -fosforipitoisuuksien keskiarvoja käytettäessä oli elokuussa noin 14 (1020 µg/l : 73 µg/l). Saadun kokonaisravannesuhdeluvun perusteella sekä fosfori että typpi voivat säädellä Kuivasjärven tuotantoa (PN-rajoitteinen). Mineraaliravannesuhde eli tässä tapauksessa nitraattitypen ja fosfaattifosforin pitoisuuksien suhde oli elokuun päällysvesipitoisuuksien keskiarvoilla noin 0.1 (3.3 / 39.3 (µg/l)). Tämän perusteella typpi on järven minimiravinne (N-rajoitteinen), (Pietiläinen ym., 1999, 11, 16-21).

Koska mineraaliravannesuhde perustuu vain nitraattityyppeen, saatu suhdeluku ei täysin kuvaa todellista tilannetta. Tosin nitriittitypen puuttuminen ei suhdelukuihin merkittävästi vaikuta, sillä nitriittitypen pitoisuudet ovat yleensä hyvin pieniä, noin 1-10 µg NO₂-N/l. Pienet pitoisuudet johtuvat siitä, että nitriittityppi ei ole pysyvä yhdiste (Oravainen, 1999, 21). Ammoniumtypen määrän olisi pitänyt olla vähintään 180 µg/l, että suhdeluvun muutoksella olisi ollut merkitystä (suhdeluku > 5). Näin korkea pitoisuus on epätodennäköistä, sillä vuosina 2007 – 2013 Kuivasjärven päällysvedestä mitatuista ammoniumtyppipitoisuuksista korkein oli 54 µg/l (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Saatujen suhdelukujen oikeellisuutta puoltavat myös useat tutkimukset, joiden mukaan

rehevät järvet ovat mineraaliravintoesuhteen perusteella keskimäärin typpirajoitteisia (N-rajoitteisia) ja kokonaisravintoesuhteen perusteella sekä typpi- että fosforirajoitteisia (PN-rajoitteisia), (Pietiläinen ym., 1999, 18-19).

Fosfaattifosforia ei pitäisi kasvukaudella (kesä – syyskuu) päällysvedestä löytyä lainkaan kasvillisuuden käyttäessä sen välittömästi ravinnokseen (Oravainen, 1999, 19). Elokuulla otetuista vesinäytteistä fosfaattifosforia kuitenkin löytyi jokaisesta mittauspisteestä, vieläpä runsaasti. Järven pohjoispäässä arvot ylittivät selvästi jopa talvikauden pitoisuusrajat rehevälle järvelle (Oravainen, 1999, 19). Kun otetaan huomioon myös nitraattitypen täydellinen puuttuminen kahden mitatun syvänteen päällysvedestä samana ajankohtana sekä lasketut ravintoesuhdeluvut voidaan todeta, että Kuivasjärven minimiravinne oli loppukesästä 2014 typpi.

Kun typpi on minimiravinteena ja fosforipitoisuudet ovat korkeat, on tapahtunut joko voimakasta eroosiota ja/tai vesistön likaantumista (Särkkä, 1996, 66). Kuivasjärvessä rehevöityminen näkyi selkeimmin järven pohjois- ja keskiosassa.

Ulkoista vai sisäistä kuormitusta?

Fosforia on vesistössä yleensä vähiten päällysvedessä ja eniten alusvedessä fosforin sedimentoitumisesta johtuen. Päällysveden fosforipitoisuudet ovat pienimmillään talvella (Oravainen, 1999, 18–19). Kuivasjärvessä maaliskuun ja elokuun kokonaisfosforipitoisuudet olivat kuitenkin päällysvedessä joko samaa tasoa alusveden pitoisuuksien kanssa tai korkeammat. Järven eteläpäässä mitatut pitoisuudet olivat jopa korkeammat maaliskuussa kuin elokuussa.

Päällysveden korkeat fosforipitoisuudet johtuvat yleensä joko emäksisestä ympäristöstä (pH 9 – 10) tai ulkoisesta kuormituksesta (Oravainen, 1999, 19). Mittauspisteistä ainoastaan pohjoisimmassa syvänteessä mitattiin maaliskuussa päällysvedestä pH arvon 9 ylittävä luku. Korkean päällysvedestä mitatun fosforikuorman aiheuttaja on siten suurimmaksi osaksi järven ulkopuolelta tuleva kuormitus. Korkeat fosforipitoisuudet alusvesissä kertovat myös merkittävästä järven sisäisestä kuormituksesta. Tätä ilmiötä selittää alusvedessä todettu happivaje sekä maalis- että elokuussa, sillä happivaje kiihdyttää sisäistä kuormitusta (Särkkä, 1996, 66).

Kuivasjärveen kohdistuvasta sekä sisäisestä että ulkoisesta ravinnekuormituksesta kertovat myös elokuussa mitatut huomattavat fosfaattifosforipitoisuudet ja mittavat läpi vuoden esiintyvät typpipitoisuudet sekä päällys- että alusvesissä.

5.1.2 Kiintoaine

Ensimmäiset Suomen ympäristökeskuksen tietokannoista löytyvät mittaukset Kuivasjärven kiintoainepitoisuuksista ovat vuodelta 1987. Vuodesta 1991 alkaen kiintoainepitoisuuksia on mitattu vuosittain. Vuodesta 1999 lähtien ainoastaan päällysvedestä (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Historiallista mittausaineistoa ja nykytilannetta vertailtaessa maaliskuun alusveden kiintoainemäärä oli yhtä suuri, kuin vuonna 1999 mitattu. Päällysveden kiintoainemäärä sitä vastoin oli noin yhdeksän kertaa suurempi, kuin historiallinen maksimiarvo vuosilta 2013 ja 2014, jolloin kiintoainepitoisuus oli 2 mg/l. Päällysvesien talviajan kiintoainemäärät vuosina 1987 – 2014 ovat vaihdelleet välillä 0.1 – 2.0 mg/l, alusvesien välillä 1.0 - 22.0 mg/l vuosina 1987 – 1999 (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Huomioitavaa on kiintoainemäärän suuri ero (noin 18 mg/l) päällysvedestä vuonna 2014 helmikuussa (2.0 mg/l) ja 2014 maaliskuussa mitatun arvon välillä (22 mg/l, kolmen mittauspisteen keskiarvo). Phillipsin (2000) mukaan kiintoaineen aiheuttama kuormitus on jaksottaista, mistä johtuen noin 90% vuosittaisesta kiintoainekuormasta valuu noin yhden kuukauden aikana (10% aikana vuodesta). Ehkä maaliskuun mittausajankohta osui tuon 10% kohdalle. Aikainen kevät sulamisvesineen selittää osaksi maaliskuun suurta kiintoainemäärää.

Elokuussa mitattu päällysveden kiintoainemäärä oli yhtä suuri kuin vuonna 2013 mitattu mutta alusveden kiintoainemäärä oli noin 2.7 kertaa suurempi, kuin historiallinen maksimi vuodelta 1996. Päällysvesien kasvukauden kiintoainemäärät vuosina 1987 – 2013 ovat vaihdelleet välillä 1.0 – 9.0 mg/l, alusvesien välillä 2.0 - 7.0 mg/l (vuosina 1991 – 1998), (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Elokuussa 2014 päällysveden kiintoainemäärä oli noin 9 mg/l ja alusveden noin 19 mg/l (kolmen mittauspisteen keskiarvo).

Talvella kiintoaines oli tasaisesti jakautunut pinnan ja pohjan välillä kun taas kesällä päällys- ja alusveden pitoisuuksien välillä oli selvä ero kiintoaineen painoutuessa

alusveteen. Maaliskuun kiintoainepitoisuudet - tasainen jakautuminen läpi koko vesipatjan, päällysveden korkeat kiintoainemäärät ja suuri ero helmi- ja maaliskuun 2014 päällysveden tuloksissa - viittaavat siihen, että valumavesiä oli virrannut järveen runsaammin hieman ennen maaliskuun vesinäytteiden keräämistä. Maaliskuussa 2014 kiintoaineen määrä oli myös selvästi suurempi kuin elokuussa, mikä osoittaa mittausajankohdan vaikuttavan kiintoainekuormaan merkittävästi.

5.1.3 Kemiaallinen hapen kulutus (COD_{Cr})

Kemiaallinen hapen kulutus oli maaliskuussa suurempi kuin elokuussa. Sekä talvella että kesällä kulutus oli tasaisen korkea kaikissa syvänteissä läpi koko vesipatjan. Suomen ympäristökeskus (2014) on mitannut hapen kulutuksen käyttäen dikromaattihapetinta vuosina 2007 – 2008, joten tämän ajanjakson luvut ovat vertailukelpoisia tässä tutkimuksessa mitattujen arvojen kanssa. Hapen kulutus oli noin kaksi kertaa suurempaa sekä maaliskuussa että elokuussa 2014 (kolmen mittauspisteen keskiarvo) kuin historialliset maksimiarvot vastaavina ajankohtina. Kaksinkertainen hapen kulutus viittaisi järven orgaanisen aineen määrän kaksinkertaistumiseen vuodesta 2007.

5.1.4 Näkösyvyys, väri ja sameus

Yleensä näkösyvyys on talvella suurempi kuin kesällä (Särkkä, 1996, 32). Kuivasjärvessä näkösyvyys oli maaliskuussa noin 20 cm pienempi kuin elokuussa 2014. Näkösyvyyteen vaikuttavat veden väri, sameus ja kiintoaineen määrä. Ainoastaan kiintoaine mitattiin sekä maaliskuussa että elokuussa. Kiintoaineen määrä oli päällysvedessä selvästi suurempi maaliskuussa kuin elokuussa, mikä selittää maaliskuun pienemmän näkösyvyyden. Väriluvun perusteella järven vesi on erittäin ruskeaa ja mitatut sameusluvut kertovat järven olevan rehevä (taulukko 3), (Oravainen, 1999, 8, 14).

Ensimmäinen Kuivasjärvestä tehty näkösyvyyshavainto on vuodelta 1963, jolloin syyskuun näkösyvyys oli 1.7 metriä. Kesän näkösyvyys on vaihdellut vuosina 1963 – 2013 0.6 – 1.7 metriin (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Elokussa 2014 mitattu näkösyvyys ei siten ole ollut pienin, mutta huomattavaa on, että vuosien 1963 - 2014 välillä näkösyvyys on pienentynyt noin yhden metrin mikä tarkoittaa muun muassa järven

tuottavan kerroksen paksuuden pienenemistä. Näkösyvyyden pieneneminen on myös yksi merkki järven rehevöitymisestä (Tyystjärvi-Muuronen, 1985, 15; Sarvilinna ym., 2010, 11).

Kasvukauden päällysveden väriluku on vaihdellut vuosina 1963 – 2013 välillä 80 – 250 mg Pt/l ja sameus vuosina 1991 – 2013 välillä 1.5 – 7.2 FNU (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Elokuussa 2014 mitattu väriluvun kolmen mittauspisteen keskiarvo on noin 100 yksikköä pienempi, kuin historiallinen maksimiarvo vuodelta 2012 ja sameuden kolmen mittauspisteen keskiarvo hieman suurempi kuin historiallinen maksimiarvo vuodelta 2003. Historiallista aineistoa vertailemalla näyttäisi siltä, että suurin syy näkösyvyyden pienenemiseen on voimakkaasti lisääntynyt kiintoaineen määrä.

5.1.5 Happitilanne

Ensimmäinen Kuivasjärvestä tehty happipitoisuusmittaus on vuodelta 1963. Vuosien 1963 – 2013 aikana hapen kyllästysaste on ollut alle 20 % talvella 12 kertaa. Ensimmäisen kerran vuonna 1966 ja viimeisen vuonna 2013. Hapen kyllästysaste on ollut jopa 0 % vuosina 1993 ja 1999. Kasvukaudella hapen kyllästysaste on alittanut 20 % 4 kertaa, joista ensimmäinen vuonna 1996 ja viimeinen vuonna 2011 (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Historiallisen aineiston mukaan happivajetta ei ole esiintynyt samana vuonna sekä talvi- että kasvukaudella. Vuonna 2014 järven eteläpää kärsi happivajeesta sekä talvella että kasvukaudella, järven keskiosa vain kasvukaudella.

Talvi 2014

Järven vesi oli maaliskuussa 2014 sekoittunut, joten happea oli kulkeutunut myös alusveteen tavallista enemmän. Siitä huolimatta järven eteläpäässä oli selkeä happivaje sekä alus- että päällysvedessä. Happitilanne järven pohjoispään ja keskiosan syvänteissä oli mittaushetkellä alusveden talviarvoksi hyvä (Oravainen, 1999, 4-8).

Kiintoaine- ja ravinnemäärät sekä kemiallinen hapen kulutus (COD) ja veden lämpötila vaikuttavat veden happipitoisuuteen. Kohonneet määrät lisäävät happivajeen mahdollisuutta erityisesti silloin, kun vesi on kerrostunut. Yllämainitut suuret ravinteita lukuunottamatta olivat samaa suuruusluokkaa kaikkien mittauspisteiden alusvesissä. Ravinteiden määrä oli selvästi korkeampi eteläisimmässä syvänteessä kuin muissa syvän-

teissä. Mitatuista syvänteistä eteläisin saattaa myös luontaisesti kärsiä happivajeesta syvänteen muodon, pienen tilavuuden ja sijainnin vuoksi (Oravainen, 1999, 4-9). Kuivasjärvi virtaa pohjois - eteläsuunnassa, joten hapen määrä on todennäköisesti pienentynyt luontaisesti matkalla järven pohjoispäästä eteläisimpään syvänteeseen. Eteläisin syvänteen on myös syvin ja tilavuudeltaan pienekkö. Suuri ravinnekuorma ehkä kärjisti tilannetta ja oli todennäköisesti syy siihen, miksi happivaje eteläisimmässä syvänteessä oli maaliskuussa 2014 niin selkeä.

Kasvukausi 2014

Elokuussa 2014 järven keski- ja eteläosien vesi oli selvästi kerrostunut ja näissä syvänteissä vallitsi selvä happivaje. Järven pohjoisosassa kerrostuneisuutta ei ollut eikä myöskään happivajetta. Myös ravinnekuorma sekä kemiallisen hapen kulutus olivat pienemmät järven pohjoispäässä kuin keski- ja eteläosassa. Yllämainittujen tekijöiden yhteisvaikutus selittää järven pohjoispään paremman happitilanteen kasvukaudella.

5.1.6 Sähkönjohtavuus ja suolaisuus

Mitatuista veden laadun indikaattoreista suolaisuus- ja sähkönjohtavuusarvot olivat Suomen sisävesille tyypilliset sekä maaliskuun että elokuun mittauksissa (Särkkä, 1996; Oravainen, 1999). Sähkönjohtavuus kasvaa yleensä pohjaa kohti mentäessä varsinkin talvella (Oravainen, 1999, 10), mikä ei pitänyt paikkaansa Kuivasjärven kohdalla. Järven päällyksvedessä todettiin maaliskuussa suurempi sähkönjohtavuus kuin alusvedessä, minkä aiheuttajana on mitä ilmeisemmin järveen kohdistunut ulkoinen kuormitus. Poikkeuksellisen lyhyt ja lämmin talvi (Suomen ympäristökeskus, 2014b) luultavasti aikaisti kevätkalun alkamista, mikä näkyi mm. kohonneina päällyksiveden sähkönjohtavuusarvoina. Järveen kohdistuneesta ulkoisesta kuormituksesta kertovat myöskin maaliskuussa mitatut päällyksiveden korkeat kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforiarvot sekä kiintoainepitoisuudet.

5.1.7 Happamuus eli pH

Järven eliöstölle optimaalinen pH 6 – 8 (Oravainen, 1999, 12) ylittyi järven pohjoispäässä (päällyksvedessä) ja alittui järven keski- ja eteläosassa (välikerroksessa ja alusve-

dessä) maaliskuussa 2014. Elokuussa 2014 järvestä ei mitattu pH 8 ylittäviä arvoja, mutta pH 6 alittui kautta koko järven. Pohjoispäässä pH 6 alittui koko vesipatjassa, järven keski- ja eteläosissa optimiraja alittui vain alusvesissä.

Yleensä vesi on talvella happamempaa kuin kesällä johtuen kasvien yhteyttämisestä. Happamuus myös voimistuu pohjaa kohden (Oravainen, 1999, 12). Sekä maaliskuusta että elokuuhun 2014 mittauksissa vesi happamoitui pohjaa kohden mutta päällysvesi oli emäksisempää talvella kuin kesällä. Maaliskuun happamuusarvot päällysvedessä vaihtelivat välillä 6.9 – 9.2 ja alusvedessä välillä 5.4 – 6.2. Elokuussa päällysveden pH:n vaihteluväli oli 5.8 – 7.9 ja alusveden 5.6 – 5.9.

Korkea pH eli emäksisyys on usein seurausta suuresta tuottavuudesta (kasvien yhteyttämistoiminnasta). Tällöin myös veden happikyllästysaste on yli 100 % (Oravainen, 1999, 7). Yhteyttämistoiminta on epätodennäköistä lumen peittämän jään alla, minkä alhainen, 74 % happikyllästysaste vahvistaa. Todennäköisempää on, että jokin ulkoinen kuormitus järven pohjoispäässä aiheutti maaliskuussa päällysveden voimakkaan emäksisyyden. Maa- ja karjataloutta harjoitetaan järven pohjoispäässä, minkä aiheuttama kuormitus, esim. ammoniumyhdisteet, voi olla yksi syy päällysveden voimakkaaseen emäksisyyteen (Särkkä, 1996, 134). Emäksisyyden aiheuttaja ei kuitenkaan tämän tutkimuksen puitteissa selvinnyt. Alhaisille pH arvoille sen sijaan löytyi useampikin mahdollinen lähde. Järven kiintoainekuorma oli korkea. Kiintoaine koostuu mm. humuksesta, joka on luontaisesti hapanta laskien veden pH arvoja veteen valuessaan. Järven valuma-alueella on myös useita suoalueita, joiden vedet laskevat Kuivasjärveen. Soiden vedet ovat luontaisesti happamia, mikä laskee myös vastaanottavan järven pH arvoja.

Ensimmäinen Kuivasjärvestä tehty happamuusmittaus on vuodelta 1963. Talven happamuusarvot päällysvedessä ovat vaihdelleet vuosina 1966 – 2014 välillä 5.3 – 6.7 ja alusvedessä välillä 5.6 – 6.6. Kasvukauden happamuusarvot ovat vaihdelleet vuosina 1963 – 2013 päällysvedessä välillä 6.0 – 6.8 ja alusvedessä välillä 5.3 – 6.8 (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Optimaalinen pH on siten alittunut Kuivasjärvestä aikaisemminkin mutta ei ylittynyt. Kasvukauden päällysveden happamimmat arvot, pH 6.0, on mitattu vuonna 1997 ja talvikauden, pH 5.3, vuonna 1993. Niin emäksisiä päällysveden arvoja, kuin maaliskuussa 2014 saadut, ei ole aikaisemmin mitattu.

5.2. Kuormitus

5.2.1 Ravinteet

Selkeästi suurin kuorma kokonaistypen, ammoniumtypen ja kokonaisfosforin osalta mitattiin Vatajanjoen osavaluma-alueelta. Alueen toiseksi suurin kuormittaja ravinteiden osalta oli Vääräjoen osavaluma-alue, mutta sen tuottama kuorma oli ravinteesta riippuen 9 – 19 kertaa pienempi kuin Vatajanjoen osavaluma-alueen.

Pitoisuus verrattuna kuorman suuruuteen

Valuma-alueen korkeimmat pitoisuudet mitattiin eri pisteistä, kuin korkeimmat kuormat. Ristiriita johtuu virtaaman suuruudesta, joka peltoalueilla ja niin sanottujen 1., 2. ja 3. asteen uomissa oli erittäin pieni mittaushetkellä, tulva-ajan ulkopuolella. Esimerkiksi lähivaluma-alueen peltoalueella sijainneiden mittauspisteiden kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuudet olivat koko valuma-alueen korkeimmat mutta kuormituslaskelmissa ne saivat kaikkein pienimmät arvot. Lähivaluma-alueelta mitattiin myös valuma-alueen suurin ammoniumtyypipitoisuus kun taas suurin ammoniumtyypikuorma mitattiin Vatajanjoen osavaluma-alueelta. Lähivaluma-alueen uomat antoivat kuitenkin viitteitä siitä, että tulva-aikana ojien vedenkorkeus nousee huomattavasti ja siten virtaama niissä tuolloin kasvaa (syvät uomat, joiden pohjalla vähäinen vesimäärä mittaushetkellä). Näin ollen lähivaluma-alueenkin kuormitus saattaa aika-ajoin olla suhteellisen suuri. Samanlainen tilanne oli esimerkiksi Vatajanjoen osavaluma-alueen turvetuotantoalueella sijainneella mittauspisteellä (V2), jonka kokonaistyyppipitoisuus oli huomattavan suuri mutta kuormitus pieni mittaushetken pienestä virtaamasta johtuen.

Ravinteiden kuormituslähteet - Vatajanjoen osavaluma-alue

Mittaushetkellä Vatajanjoen osavaluma-alueen kokonaistyyppi- ja ammoniumtyypikuormasta suurin osa (77 % ja 72 %) tuli alueelta, joka sijoittuu pisteiden V9 ja V11 välille. Tällä alueella sijaitsevat muun muassa Ylinenjärvi ja Vatajanjärvi, joita ympäröivät maa-alueet ovat pääasiallisesti maatalouden käytössä. Toiseksi suurimmat osuudet mitattiin pisteestä V9 (16.8 % ja 18.6 %) ja kolmanneksi suurimmat pisteestä V8 (6.0 % ja 8.8 %). Mittauspiste V8 kerää valumavesiä turvetuotantoalueelta ja pienehköltä maatalousalueelta kun taas piste V9 kerää valumavesiä pääasiallisesti metsätalousalueelta ja pienehköltä maatalousalueelta. Kokonaisfosforin suhteen suurin kuormittaja oli

pisteeseen V9 valumavetensä laskeva alue (46.7 %) ja toiseksi suurin pisteiden V9 ja V11 välinen alue (35 %).

Ravinteiden kuormituslähteet - Vääräjoen osavaluma-alue

Suurin osa kaikista mitatuista ravintoainekuormista Vääräjoen osavaluma-alueella tuli pisteiden V4 ja V5 sekä pisteen V10 väliseltä alueelta; 84 % mitatusta kokonaistyyppi-kuormasta, 60 % ammoniumtyypikuormasta ja 50 % kokonaisfosforikuormasta. Pääasiallinen maankäyttö tällä alueella on maatalous.

5.2.2 Kiintoaine ja kemiallinen hapen kulutus

Valuma-alueen suurimmat kiintoaine- ja COD -kuormat mitattiin Vatajanjoen osavaluma-alueelta (pisteistä V8 ja V9). Mittaushetkellä pisteen V9 kautta virtasi noin 60 % koko osavaluma-alueen kiintoainekuormasta ja noin 40 % COD-kuormasta, mikä tekee alueesta varteenotettavan kunnostustoimenpidekohteen. Korkea kiintoainekuorma selittää myöskin mittauspisteen V9 korkeat typpi- ja fosforikuormat, sillä ravintoaineet kulkeutuvat pääasiallisesti humukseen sitoutuneena (Särkkä, 1996). Iso Venesjärven vesi virtaa pisteen V9 kautta, mikä todennäköisesti aiheuttaa suuremman virtaaman ja kiintoaineen määrän pisteeseen V8 verrattuna. Noin 30 % kiintoainekuormasta ja 32 % COD-kuormasta tuli pisteiden V9 ja V11 väliseltä alueelta, jonka pääasiallinen maankäyttö on maatalous.

Valuma-alueen toiseksi korkeimmat COD- ja kiintoainekuormat mitattiin Vääräjoen osavaluma-alueelta, mutta sen tuottama kuorma oli suureesta riippuen 6 – 36 kertaa pienempi kuin Vatajanjoen osavaluma-alueen. Noin 60 % Vääräjoen osavaluma-alueen COD- ja kiintoainekuormasta tuli pisteen V10 ja pisteiden V4 ja V5 väliseltä alueelta, jonka pääasiallinen maankäyttö on maatalous.

Kiintoainekuormituksen lähdettä ei voi kuitenkaan päätellä ainoastaan mittauspisteiden sijainnin perusteella, vaan kiintoainenäytteet olisi analysoitava. Kiintoainenäytteestä löytyvät erilaiset maaperätyypit auttavat kartoittamaan eri kuormituslähteiden osuuden kokonaiskuormasta (Phillips ym., 2000).

5.3. Loppuyhteenveto

Se mihin järven ja sen valuma-alueen kunnostustoimilla pyritään, pitäisi pohjautua siihen, millainen järvi on alkujaan ollut. Alkujaankin rehevää järveä ei kannata eikä voi 'kunnostaa' kirkasvetiseksi järveksi. Ylikunnostamista ei siis suositella, ainoastaan järven tilan palauttamista alkuperäiseen tilaansa (Ulvi ym., 2005). Kuivasjärveä on tutkittu noin 50 vuotta (Suomen ympäristökeskus, 2014a). Nyt tehtyjä vesianalyysyjä ja historiatietoja vertailemalla sekä valuma-alueen maankäyttöä tutkimalla voidaan sanoa, että Kuivasjärvi on vuosien saatossa rehevöitynyt ihmisen toiminnan seurauksena. Tästä syystä valuma-alueen kunnostussuunnitelma on perusteltua tehdä.

Vuotuista kokonaiskuormaa, eri kuormituslähteiden osuutta vuotuisesta kokonaiskuormituksesta ja niin sanottua alueen ominaiskuormitusta ei tämän tutkimuksen puitteissa pystytty arvioimaan, koska mittaukset suoritettiin vain kerran. Kuormitus on kausittaista, joten mittausajankohdalla on merkittävä vaikutus eri maankäyttömuotojen kuormittavuuteen sillä virtausnopeuden vuodenaikaisvaihtelut voivat olla suuria. Myös kuivumista voi tapahtua ajoittain, säännöllisesti tai epäsäännöllisesti. Vuotuisen kuormituksen selvittäminen vaatisikin jatkuvaa seurantaa ja useita mittauksia eri vuodenaikoina (Särkkä, 1996, 114; Phillips ym., 2000; Ulvi ym., 2005; Finér ym. 2010; Väisänen ym., 2010, 18). Kesäkuun mittaushetkellä maa- ja metsätalous olivat merkittävimpiä kuormituksen lähteitä. Vuositasolla kuormitus syntyy kuitenkin eri maankäyttömuotojen yhteisvaikutuksesta, jossa eri maankäyttömuotojen kuormittavuus vaihtelee mittausajankohdasta riippuen.

Merkittävät kiintoaine- ja ravinnekuormat kiihdyttävät rehevöitymistä (Särkkä, 1996, 66). Kesäkuussa 2014 tehty valuma-alueen kuormitusmittaus toi esille Kuivasjärveen mittaushetkellä valuvan huomattavan kiintoaine- ja ravinnekuorman. Koska mittauksia ei tehty huippuvalunnan aikana, voitaneen olettaa, että kuormitus voi jopa kasvaa runsaamman sadannan aikana. Järven rehevöitymisen hillitsemiseksi ja virkistyskäytön parantamiseksi järven valuma-alueelta valuvaa kiintoaine- ja ravinnekuormaa tulisi siten pienentää.

Selvästi suurin järven kuormittaja mittaushetkellä oli Vatajanjoen osavaluma-alue, mistä kunnostustoimet olisi hyvä aloittaa. Vääräjoen osavaluma-alue oli toiseksi suurin kuormittaja ja lähivaluma-alueelta mitattiin korkeimmat pitoisuudet kaikista suureista

kiintoainetta lukuunottamatta. Osavaluma-alueilla harjoitetaan maanviljelystä, turvetuotantoa ja metsätaloutta, joiden seurauksena maa jää paljaaksi joko ajoittain lyhyiden jaksojen ajaksi tai pidempien, vuosia kestävien jaksojen ajaksi. Kun kasvillisuus ei ole sitomassa maa-ainesta ja ravinteita, kuormitus nousee oleellisesti runsaamman sadannan aikana. Säätyypiltään erilaisten vuosien, erityisesti talvien, vaikutus kuormituksen suuruuteen on huomattava varsinkin peltovoittoisella maatalousalueella. Kunnostustoimenpiteissä tulisi ottaa huomioon lämpimien, vesisateisiin painottuvan ja siten vähälumisten talvien mahdollisuus sekä niiden kuormitusta lisäävä vaikutus (Väisänen ym., 2010, 18). Koska Vääräjoen osavaluma-alueella ja lähivaluma-alueella on laajoja ajoittain kasvillisuudesta paljaita alueita, on näidenkin osavaluma-alueiden kunnostaminen tarpeellista.

Kunnostustoimenpiteinä voisi harkita ainakin suojavyöhykkeiden rakentamista pelloille ja kiintoaineksen kulkeutumista estävien rakenteiden tekemistä metsäojiiin. Peltojen jättäminen sängelle syksyisin on helppo ja tehokas menetelmä erityisesti kiintoainekuorman pienentämiseksi. Myös niin sanottu suorakylvömenetelmä pienentää maataloudesta syntyvää kiintoainekuormitusta ja vähentää tuottajan työtunteja sekä polttoainekulutusta (Ulvi ym., 2005, 142-249; Väisänen ym., 2010, 18).

Valuma-alueen kunnostustoimenpiteiden valmistuttua olisi hyvä tehdä jatkuvaa ja ennalta suunniteltua seuranta, jonka avulla kunnostusmenetelmien toimiminen tai toimimattomuus voitaisiin osoittaa (Ulvi ym. 2005, 64-69). Erityisesti valuma-alueen ravinne- ja kiintoainekuormaa, järven ravinne- ja kiintoainepitoisuuksia sekä järven pH arvojen kehitystä olisi hyvä seurata. Mikäli järveen kohdistuva kiintoainekuorma pienenee, järven happamien pH arvojen pitäisi nousta lähemmäksi neutraalia pH arvoa. Järven pohjoispäässä maaliskuussa havaitun korkean emäksisyyden aiheuttaja olisi myös hyvä selvittää tai ainakin suorittaa seurantamittauksia. On mahdollista, että todettu emäksisyys oli vain kertaluontoinen ongelma, mutta jos se on toistuvaa, asia täytyisi korjata.

LÄHTEET

Alajoki, H. Vesistötutkija. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 2014. Miten paljon peltotyöt / kyntö vaikuttaa valuma-alueen kuormituksen mittaamiseen? Sähköpostiviesti. Luettu 24.4.2014.

Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012 – 2013 – päivitettyt arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7 (2012), Suomen Ympäristökeskus, Helsinki 2012.

Daly, J. ISA NorCal President. 2007. What is Turbidity? South Fork Instruments, Inc. The International Society of Automation. Luettu 5.2.2015.
http://www.isanorcal.org/download/tech2007_presentations/turbidity.pdf

European Committee for Standardization. 1993. Eurooppalainen standardi EN 25663. Water quality – Determination of Kjeldahl nitrogen – Method after mineralization with selenium (ISO 5663:1984). Vahvistettu 10.09.1993.

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, E., Koskiahho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy, Helsinki 2010.

Frisk, T. & Kylä-Harakka, T. 1981. Vedenlaatuennusteiden laadinnan perusteet. Vesi-hallitus, Helsinki 1981.

GWM–Engineering Oy. LIMNOS – vedennäytteenotin. Luettu 23.11.2014.
<http://www.gwm-engineering.fi/limnos.htm>

Haapamaa, J. 2013. Nesteen virtausmittausmenetelmät pienissä avouomissa. Savonia-ammattikorkeakoulu, tekniikan ja liikenteen ala. Opinnäytetyö.

HACH Company. 2007. DR 2800 Spectrophotometer Procedures manual. Edition 2. Catalog Number DOC022.53.00725.

HACH LANGE. 2001. COD cuvette test 5-60 mg/L O₂ (product LCK 414). Luettu 3.1.2015. <http://www.hach-lange.co.uk/cod-cuvette-test-5-60-mg-l-o2/product?id=26370291478>

HACH LANGE. 2004. Phosphate (ortho/tot) trace cuvette test 0.01-0.5 mg/L PO₄-P (product LCS 349). Luettu 3.1.2015. <http://www.hach-lange.co.uk/phosphate-ortho-tot-trace-cuvette-test-0-01-0-5-mg-l-po4-p/product?id=26370291649&callback=qs>

HACH LANGE. 2012. 2100P ISO Portable turbidimeter, ISO, EU. Luettu 23.11.2014.
<https://www.hach-lange.co.uk/view/product/EU-4474002/2100P%20ISO?productCode=EU-4474002>

HACH LANGE. 2013. Phosphate (Ortho/Total) cuvette test 0.05-1.5 mg/L PO₄-P (product LCK 349). Luettu 21.8.2014. <http://www.hach-lange.co.uk/phosphate-ortho-total-cuvette-test-0-05-1-5-mg-l-po4-p/product?id=26370291448>

Håkanson, L. & Jansson, M. 2002. Principles of lake sedimentology, The Blackburn press, New Jersey USA. 316 s.

Jyväskylän yliopisto. 2014. Lake Päijänne LTER . Luettu 4.2.2015. http://www.paijanne.org/paijanne/kyllastysaste_lter.php

Keison International Ltd. 2014. Hach Lange DR2800 Laboratory Analysis Spectrophotometer. Luettu 7.1.2015. http://www.keison.co.uk/hachlange_dr2800spectrophotometer.shtml

KVVY. 2014. Kokemäenjoen Vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. Luettu 22.11.2014. <http://www.kvvy.fi/tietosivu.php?sivu=etusivu&kieli=fi>

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

Peltonen A. 2014. Ylitarkastaja. Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Kuivasjärvi projekti. Sähköpostiviesti. Luettu 15.9.2014.

Pettinen, H. 2013. Kuivasjärven kunnostus sai Leader-rahoituksen. Ylä-Satakunta. Luettu 21.11.2014. <http://www.ylasatakunta.fi/uutiset/22-parkano/407-kuivasjarven-kunnostus-sai-leader-rahoituksen>

Phillips, J. M., Russell, M. A. & Walling, D. E. 2000. Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments. Department of Geography, University of Exeter, Exeter, EX4 4RJ, UK. HYDROLOGICAL PROCESSES Hydrol. Process. 14, 2589 - 2602.

Pietiläinen, O-P. & Räike, A. 1999. Typpi ja fosfori Suomen sisävesien minimiravinteina. Suomen ympäristökeskus. Oy Edita Ab, Helsinki 1999.

Rehevöityminen. Biologian ja maantieteen opettajien liitto. Luettu 19.11.2014. https://peda.net/yhdistykset/bmoly/koulutus/eyy/yhteinen_ymparisto/rehev%C3%B6ityminen.

Sarvilinna, A. & Sammalkorpi, I. 2010. Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus. Helsinki 2010.

Secchi Dipin. 2009. The Secchi Disk. Luettu 23.11.2014. <http://www.secchidipin.org/secchi.htm>

Seppänen, H. 1984. Sovellettu limnologia I, Espoo Ota kustantamo. 239 s.

SonTek. 2014. FlowTracker Handheld-adv wading discharge measurement instrument. Features. Luettu 23.11.2014.

<http://www.sontek.com/productsdetail.php?FlowTracker-Handheld-ADV-1>

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2005. Standardi SFS-EN 872.

Water quality. Determination of suspended solids. Method by filtration through glass fibre filters. Vahvistettu 2005, Suomen ympäristökeskus.

Suomen standardisoimisliitto SFS. 2013. Standardi SFS-EN ISO 5667-3. WATER QUALITY. SAMPLING. PART 3: PRESERVATION AND HANDLING OF WATER SAMPLES (ISO 5667-3:2012). Vahvistettu 2013, Suomen ympäristökeskus.

Suomen Ympäristökeskus. 2013. Sisävesi- ja rantaluontotyypit. Luettu

19.11.2014. [http://www.ymparisto.fi/fi-](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyypit/Luontotyypiryhmat/Sisavedet_ja_rannat)

[FI/Luonto/Luontotyypit/Luontotyypiryhmat/Sisavedet_ja_rannat](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Luontotyypit/Luontotyypiryhmat/Sisavedet_ja_rannat).

Suomen ympäristökeskus. 2014a. OIVA, Hertta tietokanta. Kuivasjärven tunnus tietokannassa: 35.561.1.004_001. Luettu 19.11.2014. www.ymparisto.fi.

Suomen ympäristökeskus. 2014b. Vesitilannekatsaukset – tiedotteet. Luettu 1.2.2015.

[http://www.syke.fi/fi-](http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info/Viestintaaineistot/Vesitilannekatsaukset/tiedotelista?n=25994&d=0)

[FI/SYKE_Info/Viestintaaineistot/Vesitilannekatsaukset/tiedotelista?n=25994&d=0](http://www.syke.fi/fi-FI/SYKE_Info/Viestintaaineistot/Vesitilannekatsaukset/tiedotelista?n=25994&d=0)

Suomen ympäristökeskus. 2015. Vesistöjen virtaama Pirkanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen alueella 2014. Luettu 1.2.2015.

<http://www.i3.ymparisto.fi/i3/kktiedote/FIN/2014/virtaama/PIR.htm>

Suunnittelutoimisto Vesmann. 2009. Kuivasjärven kunnostussuunnitelma.

<http://www.vesmann.fi/?sivu=kunnostussuunnitelmat&alasivu=kuivasjarvi>

Särkkä, J. 1996. Järvet ja ympäristö limnologian perusteet. Tammer-Paino Oy, Tampere.

Taanila, A. 2013. Korrelaatio ja sen merkitsevyys. Luettu 4.2.2015.

<https://tilastoapu.wordpress.com/2011/11/01/10-korrelaatio-ja-sen-merkitsevyys/>

Timberlake, K. & Timberlake, W. 2011. Basic Chemistry. Third edition. Pearson Education Inc., publishing as Prentice Hall.

Tyystjärvi-Muuronen, K. 1985. Vesiopas – vedet ja vesiluonto. Suomen Luonnonsuojelun Tuki Oy. Mäntän Kirjapaino Oy, Mänttä, 1985.

Ulvi, T. J. & Lakso, E. 2005. Järvien kunnostus. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy, Helsinki, 2005.

Vasander, H. 1998. Suomen suot. Suoseura ry, Helsinki. Gummeruksen kirjapaino.

Vuori, K-M., Bäck, S., Hellsten, S., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Lax, H-J., Lepistö, L., Londesborough, S., Mitikka, S., Niemelä, P., Niemi, J., Perus, J., Pietiläinen, O-P., Pilke, A., Riihimäki, J., Rissanen, J., Tammi, J., Tolonen, K., Vehanen, T., Vuoristo, H. & Westberg, V. 2006. Suomen pintavesien tyypittelyn ja ekologisen luokittelujärjestelmän perusteet. Suomen ympäristökeskus. Yliopistopaino, Helsinki 2006.

Väisänen, S. & Puustinen, M. 2010. Maatalouden vesistökuormituksen hallinta. Seuranta, mallit ja kustannustehokkaat toimenpiteet vesienhoidon toimenpideohjelmissa. Suomen ympäristökeskus. Edita Prima Oy, Helsinki 2010.

YSI Inc. 2013a. Professional Plus, Description. Luettu 23.11.2014.
<http://www.yei.com/productsdetail.php?Professional-Plus-18>

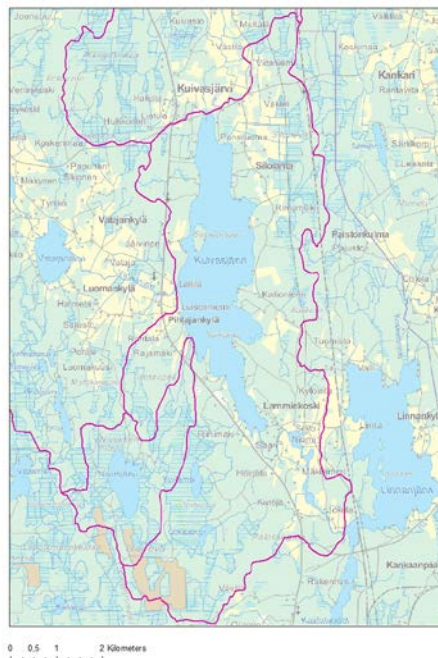
YSI Inc. 2013b. ProODO, Description. Luettu 23.11.2014.
<http://www.yei.com/productsdetail.php?ProODO-19>

LIITTEET

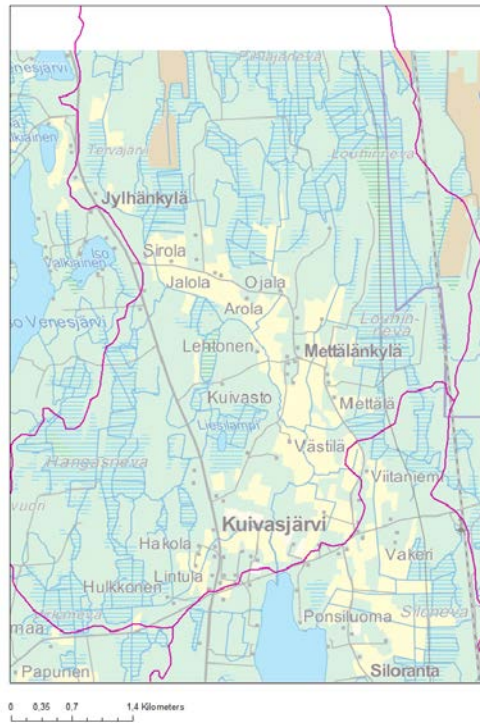
Liite 1. Kuivasjärvi ja sen valuma-alueet



KUVA 1. Kuivasjärvi, Parkano. Kartalla näkyvä punainen piste on Suomen ympäristökeskuksen seurantapiste (näytteenottopiste). Kuva © Suomen Ympäristökeskus.



KUVA 2. Kuivasjärven lähivaluma-alue (35.561). Järveä ympäröivä rajattu alue on lähivaluma-alue. Kuvassa näkyvissä myös kokonaisuudessaan Nivusjärven osavaluma-alue (alhaalla vasemmalla) sekä osia Vatajanjoen ja Vääräjoen osavaluma-alueista.



KUVA 5. Kuivasjärven laskeva Vääräjoen osavaluma-alue (35.564).

Liite 2. Suomen ympäristökeskuksen raportoimat mittaustulokset, Kuivasjärvi

TAULUKKO 1. Kuivasjärven limnologiset mittaustulokset vuosilta 1966 – 2014. Mittausajankohta helmi – maaliskuu, mittaussyvyys 13,0 – 13,5 m. Näytteenottopisteen koordinaatit YK 6900431 - 3292043 (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

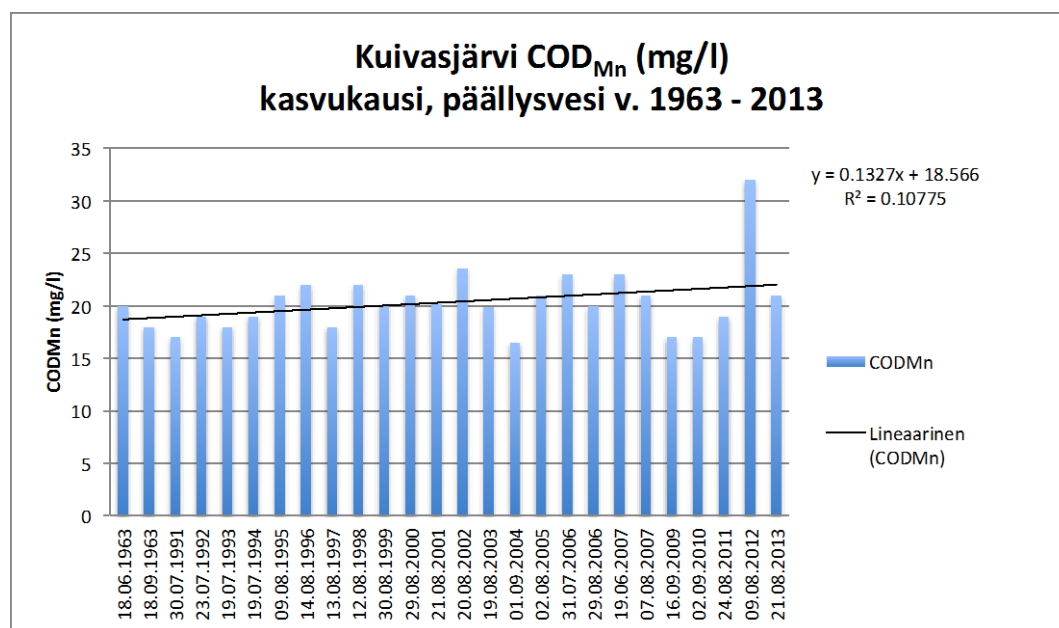
Suure/mitta- uspv	10.3.1966	05.03.1987	24.03.1997	23.03.2006	28.02.2013	20.02.2014
Näkösyvyys (m)	1,4	1,2	1	0,8	0,6	1,2
Lämpötila (°C)	4	3,1	3,1	3,8	3	1,6
Liukoinen happi (mg/l)	2,5	3,7	1,4	2	1,9	9,8
Hapen kyllästysaste (%)	20	28	10	15	14	70
kok. Fosfori (µg/l)	60	56	77	58	78	66
kok. Typpi (µg/l)	800	950	1200	1200		
Kiintoaine (mg/l)		1	3			
Väriluku (mg Pt/l)	180	300		300	400	250
Sameus		1,9	3,8	4,3	7,4	7,9
Sähkönjohtavuus (mS/m)	5	5,9	6,2	6,7	5,4	4,7
pH	6,1	5,6	6	5,9	6,1	6
Veden kerrostuneisuus havaittavissa	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	lämpötilaero vain 1 aste pinnan ja pohjan välillä

TAULUKKO 2. Kuivasjärven limnologiset mittaustulokset vuosilta 1963 – 2013. Mittausajankohta heinä – syyskuu, mittaussyvyys 12,5 – 13,5 m. Näytteenottopisteen koordinaatit YK 6900431 - 3292043 (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Suure/mitta- uspv	18.9.1963	30.07.1991	20.08.2002	24.08.2011	21.08.2013
Näkösyvyys (m)	1,7	1,5		0,9	0,75
Lämpötila (°C)	12,3	15,4	17,9	15,9	17,1
Liukoinen happi (mg/l)	9	3	1,6	0,7	6,5
Hapen kyllästysaste (%)	87	30	17	7	67
kok. Fosfori (µg/l)		55	37	76	46
kok. Typpi (µg/l)	510	910		1000	750
Ammoniumtyppi (µg/l)	100				
Kiintoaine (mg/l)		3,6			
Väriluku (mg Pt/l)	180		180	175	200
Sameus		4,7	4	24	8,3
Sähkönjohtavuus (mS/m)	3,6	5,3	4,4	5,9	3,8
pH	5,3	6,3	6,3	6,5	6,4
Veden kerrostuneisuus havaittavissa	ei	kyllä, mutta lämpötilaerot pieniä	kyllä, mutta lämpötilaerot pieniä	kyllä, mutta lämpötilaerot pieniä	ei

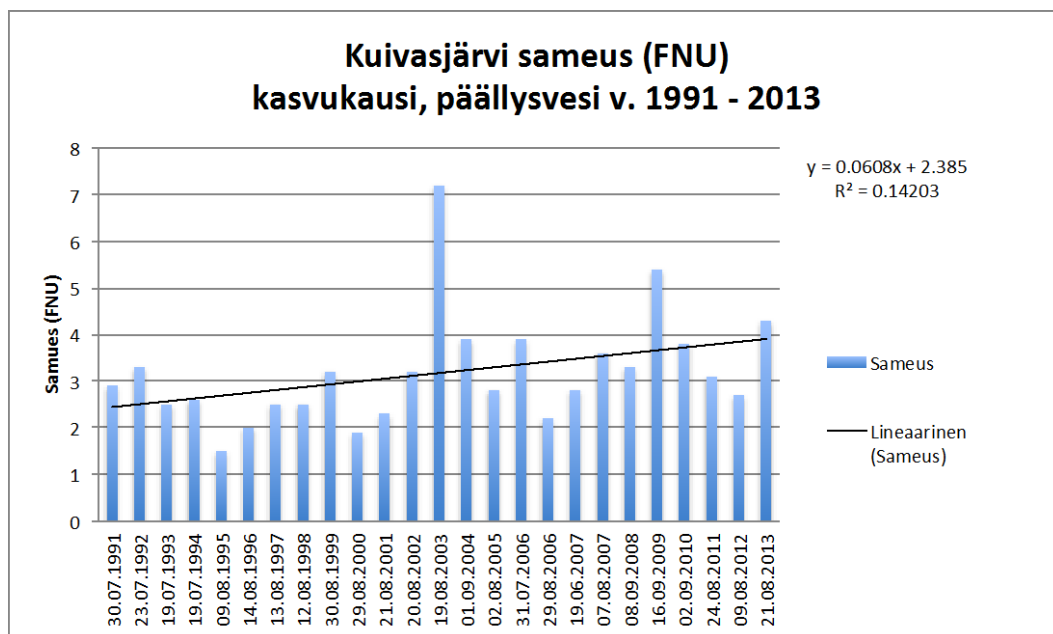
Alla Kuivasjärven historiallisen aineiston neljän suureen - COD, sameus, kokonaistyp-
pi, kokonaisfosfori – trendejä. Kaikille suureille on laskettu tilastollinen merkittävyys
käyttäen yksisuuntaisen p-arvon testiä. Kun p-arvo on pienempi kuin 0.05 korrelaatiota
voidaan kutsua tilastollisesti merkitseväksi (Taanila, 2013).

Kemiallisen hapen kulutuksen (Mn) trendi on otannassa nouseva mutta ajan ja kemialli-
sen hapen kulutuksen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota,
($r=0,3283$, 1-suuntaisen testin p -arvo= $0,051$), (kuvio 1).



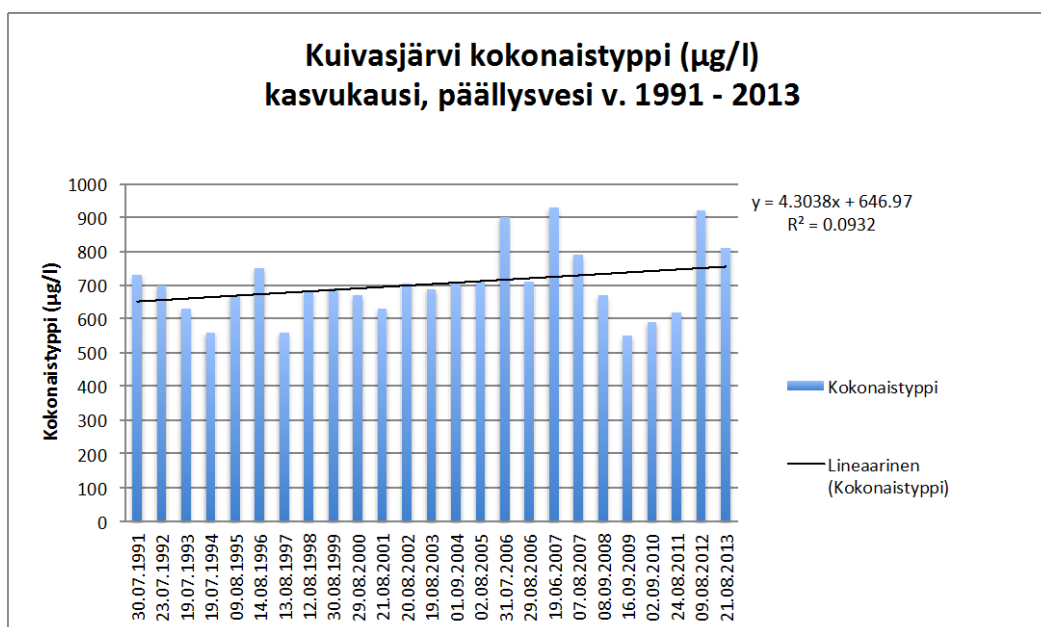
KUVIO 1. Hapen kulutus (COD_{Mn}) Kuivasjärvellä kasvukaudella vuosina 1963 – 2013. Mittaukset tehty päänlysvedestä, 1 metrin syvyydestä (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Sameuden ja ajan välillä on positiivinen korrelaatio, ($r=0,3769$, 1-suuntaisen testin p -
arvo= $0,032$), (kuvio 2).



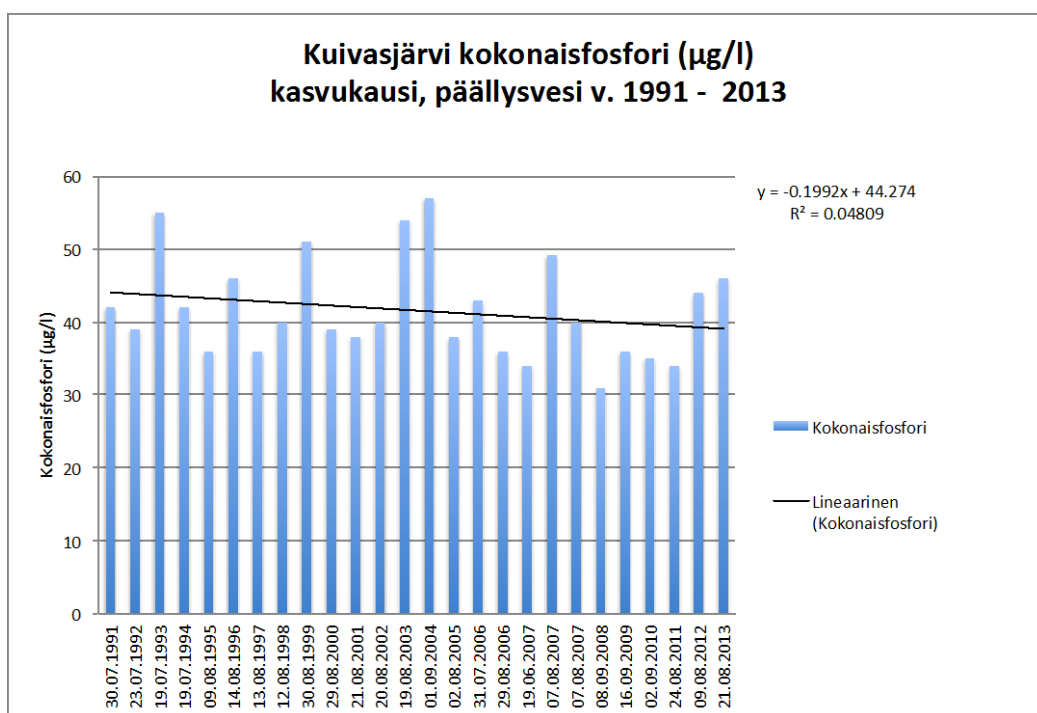
KUVIO 2. Sameus (FNU) Kuivasjärvellä kasvukaudella vuosina 1991 – 2013. Mittaukset tehty päällysvedestä, 1 metrin syvyydestä (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Kokonaistypen trendi on otannassa nouseva mutta ajan ja kokonaistypen välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää positiivista korrelaatiota, ($r=0,3053$, 1-suuntaisen testin p -arvo=0,069), (kuvio 3).



KUVIO 3. Kokonaistyyppi ($\mu\text{g/l}$) Kuivasjärvellä kasvukaudella vuosina 1991 – 2013. Mittaukset tehty päällysvedestä, 1 metrin syvyydestä (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Kokonaisfosforin trendi on otannassa laskeva mutta ajan ja kokonaisfosforin välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää negatiivista korrelaatiota, ($r=0,2193$, 1-suuntaisen testin p -arvo=0,141), (kuvio 4).



KUVIO 4. Kokonaisfosfori ($\mu\text{g/l}$) Kuivasjärvellä kasvukaudella vuosina 1991 – 2013. Mittaukset tehty päällysvedestä, 1 metrin syvyydestä (Suomen ympäristökeskus, 2014a).

Liite 3. Kuivasjärven ja sen valuma-alueen näytteenottopaikkojen koordinaatit

TAULUKKO 1. Kuivasjärven ja sen valuma-alueen näytteenottopaikkojen koordinaatit. Koordinaattisysteemi Euref-fin-TM35FIN.

IDKartalla	x-koordinaatti	y-koordinaatti
J1	291826,007	6898640,124
J2	291862,99	6897557,046
J3	291827,025	6895782,075
V1	287254,012	6899037,109
V11	290604,727	6896039,113
V2	286011,379	6902224,102
V3	291123,88	6895039,297
V4	289937,085	6903777,979
V5	292144,223	6903967,269
V6	292327,111	6899751,131
V7	292816,749	6898088,579
V8	286230,269	6900218,911
V9	286400,173	6900185,276
V10	291468,064	6899960,606

Liite 4. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen testausseloste

Näytteet 27487, 27488 ja 27489 ovat näytteenottopisteestä J2. Näytteet 27490, 27491 ja 27492 ovat näytteenottopisteestä J3.



TESTAUSSELOSTE
*Vesistövesi
21.8.2014

14-9643 1 (2)
#1

Tampereen Ammattikorkeakoulu
Asikainen Eveliina
Kuntokatu 3
33500 TAMPERE



Tilausnro 211575 (X/S), saapunut 19.8.2014, näytteet otettu 18.8.2014
Näytteenottaja: Mirjami Kuoppala

NÄYTTEET

Lab.nro	Näytteen kuvaus
27487	Kuivasjärvi 13.6m; 1 m
27488	Kuivasjärvi 13.6m; 5 m
27489	Kuivasjärvi 13.6m; 13 m
27490	Kuivasjärvi 14.2m; 1 m
27491	Kuivasjärvi 14.2m; 5 m
27492	Kuivasjärvi 14.2m; 13 m

MÄÄRITYSTULOKSET / NÄYTTEET

Määrittäjä	Yksikkö	27487	27488	27489	27490	27491
*Happi	mg/l			0,63		
*Sähkönjohtavuus (1)	mS/m	4,3	4,3		4,2	4,2
Määrittäjä	Yksikkö	27492				
*Happi	mg/l	0,77				
*Sähkönjohtavuus (1)	mS/m					

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

Heli Orakangas
Ymp.asiantuntija(FM)

Tässä tutkimusselosteessa esitetyt testatulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle. Akkreditointi ei koske lausuntoa. Liitteenä menetelmä-, mittauspöytäkirja- ja määrittäjäpäiväkirjat. Tutkimustodistuksen saa kopioida vain kokonaan.

Katuosoite
Hatanpäänkatu 3 B
33900 TAMPERE

Postiosoite
PL 265
33101 TAMPERE

Puhelin
(03) 246 1200
*(03) 246 1111

Telekopio/Sähköposti
(03) 246 1200
heli.orakangas@kvvy.fi

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

MENETELMÄTIEDOT

Määrittäminen	Menetelmän nimi ja tutkimuslaitos (suluissa)
*Happi	Sis. menet. KVVY LA31 (kumottu SFS 3040, 1990) (TL25)
*Sähkönjohtavuus (1)	SFS-EN 27888, 1994, (modif.) (TL25)

TUTKIMUSLAITOS TIEDOT

Tunnus	Tutkimuslaitoksen nimi
TL25	Kokemäenjoen vesistön vsy/Tre

MITTAUSEPÄVARMUUSTIEDOT

Määrittäminen	Näyte	Tuloksen epävarmuus	Määrittämis- pvm.
*Happi	2014/27489 ±10 %		20.8.2014
	2014/27492 ±10 %		20.8.2014
*Sähkönjohtavuus (1)	2014/27487 ±8 %		20.8.2014
	2014/27488 ±8 %		20.8.2014
	2014/27490 ±8 %		20.8.2014
	2014/27491 ±8 %		20.8.2014

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

Liite 5. Kuivasjärven valuma-alueen mittauspisteiden uomat mittaushetkellä



KUVA 1. Vasemmalla mittauspiste V1 kesäkuussa 2014, Vatajanjoen osavaluma-alue. Oikealla mittauspisteen viereistä peltoa mittausajankohtana.



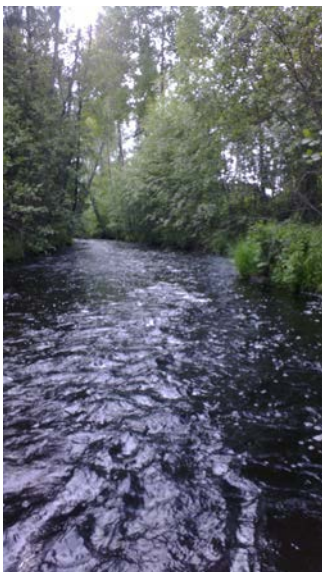
KUVA 2. Vasemmalla mittauspiste V2 kesäkuussa 2014, Vatajanjoen osavaluma-alue. Oikealla mittauspisteen viereisiä turvetuotannon valutusaltaita mittausajankohtana.



KUVA 3. Mittauspiste V8 kesäkuussa 2014, Vatajanjoen osavaluma-alue.



KUVA 4. Mittauspiste V9 kesäkuussa 2014, Vatajanjoen osavaluma-alue.



KUVA 5. Mittauspiste V11 kesäkuussa 2014, Vatajanjoen osavaluma-alue.



KUVA 6. Mittauspiste V4 kesäkuussa 2014, Vääräjoen osavaluma-alue.



KUVA 7. Mittauspiste V5 kesäkuussa 2014, Vääräjoen osavaluma-alue.



KUVA 8. Mittauspiste V10 kesäkuussa 2014, Vääräjoen osavaluma-alue.



KUVA 9. Mittauspiste V6 kesäkuussa 2014, lähivaluma-alue.



KUVA 10. Mittauspiste V7 kesäkuussa 2014, lähivaluma-alue.



KUVA 11. Mittauspiste V3 kesäkuussa 2014, Nivusjärven osavaluma-alue.

Liite 6. Opinnäytetyön mittaustuloksia

TAULUKKO 1. Happitilanne syvänteessä J1, Kuivasjärvi maaliskuu 2014.

J1			
Syvyys (m)	Lämpötila (°C)	Liuennut happi (mg/L O)	Happikyllästys- aste (%)
1	2,0	10,3	74,0
2	2,0	10,1	73,0
3	2,0	10,1	73,0
4	2,0	10,0	73,0
5	2,1	10,0	73,0
6	2,1	10,1	73,0
7	2,2	9,8	71,0
8	2,4	8,7	64,0
9	2,4	8,5	62,0
10	2,5	7,9	58,0
11	2,5	7,6	55,0

TAULUKKO 2. Happitilanne syvänteessä J2, Kuivasjärvi maaliskuu 2014.

J2			
Syvyys (m)	Lämpötila (°C)	Liuennut happi (mg/L O)	Happikyllästys- aste (%)
1	1,9	9,8	71,0
2	1,9	9,9	72,0
3	1,9	9,5	69,0
4	1,9	9,4	68,0
5	1,9	9,5	69,0
6	1,9	9,2	67,0
7	2,0	9,5	69,0
8	2,1	8,7	63,0
9	2,1	8,9	65,0
10	2,2	8,8	64,0
11	2,2	9,0	65,0
12	2,3	8,8	64,0
13	2,3	8,2	60,0

TAULUKKO 3. Happitilanne syvänteessä J3, Kuivasjärvi maaliskuu 2014.

J3			
Syvyys (m)	Lämpötila (°C)	Liuennut happi (mg/L O)	Happikyllästys- aste (%)
1	1,9	9,4	68,0
2	1,9	9,6	70,0
3	2,0	9,8	71,0
4	2,0	9,5	69,0
5	2,0	9,5	68,0
6	2,0	9,1	65,0
7	2,0	9,2	66,0
8	2,1	9,1	66,0
9	2,2	9,3	67,0
10	2,2	8,8	64,0
11	2,3	8,7	63,0
12	2,2	5,8	42,0
13	2,6	2,8	20,0

TAULUKKO 4. Happitilanne syvänteessä J1. Kuivasjärvi elokuu 2014. Hapen kyllästysaste laskettu laskurilla (Jyväskylän yliopisto, 2014).

J1					
Pvm	Mittaus syvyys (m)	Ilmanpaine (kPa)	Lämpötila (°C)	Liennut happi (mg/L)	Hapen kyllästysaste (%)
18.8.2014	1	97,94	18,7	10,2	113,2
18.8.2014	2	97,94	18,7	10,2	112,6
18.8.2014	3	97,95	18,7	10,0	110,8
18.8.2014	4	97,94	18,7	9,9	109,8
18.8.2014	5	97,94	18,7	10,0	110,7
18.8.2014	6	97,94	18,7	9,8	108,1
18.8.2014	7	97,93	18,7	9,9	109,7
18.8.2014	8	97,92	18,7	9,9	109,5
18.8.2014	9	97,95	18,6	9,9	109,8

TAULUKKO 5. Happitilanne syvänteessä J2. Kuivasjärvi elokuu 2014. Hapen kyllästysaste laskettu laskurilla (Jyväskylän yliopisto, 2014).

J2					
Pvm	Mittaus syvyys (m)	Ilmanpaine (kPa)	Lämpötila (°C)	Liennut happi (mg/L)	Hapen kyllästysaste (%)
18.8.2014	1	97,93	18,8	10,0	111,5
18.8.2014	2	97,94	18,8	9,9	110,0
18.8.2014	3	97,93	18,8	9,7	107,5
18.8.2014	4	97,94	18,8	9,6	106,7
18.8.2014	5	97,94	18,7	9,7	107,3
18.8.2014	6	97,94	18,7	9,6	106,8
18.8.2014	7	97,94	18,7	9,5	105,5
18.8.2014	8	97,94	17,5	7,0	75,2
18.8.2014	9	97,94	14,9	1,9	19,5
18.8.2014	10	97,95	14,9	1,6	16,4
18.8.2014	11	97,95	14,7	1,5	15,0
18.8.2014	12	97,95	14,5	0,9	9,1
18.8.2014	13	97,95	14,5	0,8	7,7

TAULUKKO 6. Happitilanne syvänteessä J3. Kuivasjärvi elokuu 2014. Hapen kyllästysaste laskettu laskurilla (Jyväskylän yliopisto, 2014).

J3					
Pvm	Mittaus syvyys (m)	Ilmanpaine (kPa)	Lämpötila (°C)	Liennut happi (mg/L)	Hapen kyllästysaste (%)
18.8.2014	1	97,97	18,8	9,8	108,8
18.8.2014	2	97,97	18,8	9,7	107,8
18.8.2014	3	97,97	18,8	9,5	105,8
18.8.2014	4	97,96	18,8	9,4	104,7
18.8.2014	5	97,97	18,7	9,3	102,5
18.8.2014	6	97,96	16,8	4,6	49,0
18.8.2014	7	97,96	15,1	1,5	15,4
18.8.2014	8	97,96	14,8	1,4	14,3
18.8.2014	9	97,97	14,8	1,3	13,3
18.8.2014	10	97,98	14,7	1,2	11,8
18.8.2014	11	97,96	14,6	0,9	8,8
18.8.2014	12	97,97	14,5	0,6	6,1
18.8.2014	13	97,98	14,3	0,1	1,4

TAULUKKO 7. Kuivasjärven valuma-alue kesäkuu 2014, happitilanne.

Mittauspiste	Valuma-alue	Mittauspvm	Veden lämpötila (°C)	Liennut happi (mg/L)	Happikylläystysaste (%)
V1	Va3	6.6.2014	14,9	9,3	93,0
V2	Va3	6.6.2014	18,2	7,8	83,4
V3	Va2	6.6.2014	17,2	8,8	91,6
V4	Va4	11.6.2014	13,0	8,8	85,1
V5	Va4	11.6.2014	12,1	9,4	88,9
V6	Va1	11.6.2014	18,1	8	85,7
V7	Va1	11.6.2014	20,0	11,1	123,4
V8	Va3	17.6.2014	11,7	9,6	88,3
V9	Va3	17.6.2014	13,4	9,5	90,6
V10	Va4	18.6.2014	9,6	9,7	86,3
V11	Va3	18.6.2014	13,8	9,2	89,1

TAULUKKO 8. Kuivasjärven osavaluma-alueiden veden laatua mittaavien suureiden arvoja kesäkuussa 2014. Ravinteet, kiintoaine ja COD ovat pitoisuusarvoja. Nivusjärven osavaluma-aluetta kutsutaan taulukossa nimellä 'Va2', Vatajanjoen osavaluma-aluetta nimellä 'Va3', Vääräjoen osavaluma-aluetta nimellä 'Va4' ja lähivaluma-aluetta nimellä 'Va1'.

Mittauspiste	Valuma-alue	Mittauspvm	Veden lämpötila (°C)	Suolaisuus (ppt)	pH	Sähkönjohtavuus (mS/m)	Kokonaisfosfori, kok P (µg/l)	Kokonaistyppi, kok N (µg/l)	Ammoniumtyppi, NH ₄ -N (µg/l)	Kiintoaine (mg/l)	COD _{Cr} (mg O ₂ /l)	Väri (PtCo)	Sameus (NTU)
V1	Va3	6.6.2014	14,9	0,02	5,9	3,7	70	529	200	3,0	91	266	4,8
V2	Va3	6.6.2014	18,2	0,02	5,7	3,9	< 50*	1285	100	2,5	87	302	4,5
V3	Va2	6.6.2014	17,2	0,01	4,3	1,9	< 50*	221	100	1,3	62	247	2,8
V4	Va4	11.6.2014	13,0	0,02	5,1	3,1	79	543	200	4,3	116	397	3,0
V5	Va4	11.6.2014	12,1	0,02	5,6	3,0	88	403	100	1,4	141	296	4,0
V6	Va1	11.6.2014	18,1	0,03	5,9	5,7	239	1456	400	5,1	117	598	16,5
V7	Va1	11.6.2014	20,0	0,02	5,6	3,4	111	1470	100	2,3	146	602	5,0
V8	Va3	17.6.2014	11,7	0,01	5,0	2,0	< 50*	378	100	4,3	90	316	3,1
V9	Va3	17.6.2014	13,4	0,01	5,1	2,4	62	497	100	10,8	77	245	6,1
V10	Va4	18.6.2014	9,6	0,02	5,6	3,8	< 50*	805	100	1,8	100	355	4,0
V11	Va3	18.6.2014	13,8	0,01	5,2	2,5	< 50*	1120	200	6,8	67	232	5,1

* Kokonaisfosforipitoisuus oli alle mittausrajan, 50µg/l. Täten mittaushetken tarkkaa kokonaisfosforipitoisuutta ei tiedetä.

TAULUKKO 9. Kuivasjärven osavaluma-alueiden kuormitus mittauspisteittäin kesäkuussa 2014. Nivusjärven osavaluma-aluetta kutsutaan taulukossa nimellä 'Va2', Vatajanjoen osa-valuma-aluetta nimellä 'Va3', Vääräjoen osa-valuma-aluetta nimellä 'Va4' ja lähivaluma-aluetta nimellä 'Va1'.

Mittaus- taus- piste	Valuma- alue	Mittaus pvm	Virtaama (m ³ /s)	Kokonais- typpi, kok N (kg / päivä)	Ammoni- umtyppi, NH ₄ -N (kg / päivä)	Kokonais- fosfori, kok P (kg / päivä)	Kiintoai- intoa- ine (kg / päivä)	COD _{Cr} (kg O ₂ / päivä)
V1	Va3	06/06/14	0,012	0,5	0,2	0,07	3,0	93,0
V2	Va3	06/06/14	0,007	0,8	0,06	< 0,03*	2,0	54,0
V3	Va2	06/06/14	0,071	1,3	0,6	< 0,3*	8,0	376,0
V4	Va4	11/06/14	0,017	0,8	0,3	0,1	6,0	165,0
V5	Va4	11/06/14	0,033	1,2	0,3	0,3	4,0	403,0
V6	Va1	11/06/14	0,004	0,5	0,1	0,08	2,0	39,0
V7	Va1	11/06/14	0,001	0,1	0,005	0,01	0,1	8,0
V8	Va3	17/06/14	0,292	9,5	2,5	< 1,3*	107,0	2262,0
V9	Va3	17/06/14	0,614	26,4	5,3	3,3	570,0	4058,0
V10	Va4	18/06/14	0,178	12,4	1,5	< 0,8*	27,0	1541,0
V11	Va3	18/06/14	1,647	159,6	28,5	< 7,1*	962,0	9562,0

* Kokonaisfosforipitoisuus oli alle mittausrajan. Taulukon arvo on laskettu mittausrajan pienimmällä arvolla, 50µg/l. Täten mittaushetken tarkkaa kokonaisfosforikuormaa ei tiedetä.