



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Eveliina Martelin

Jäteveden purkuputken yhteydessä syötetyn hapen vaikutukset vesistöön

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

Insinöörityö

3.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eveliina Maria Martelin Jäteveden purkuputken yhteydessä syötetyn hapen vaikutukset vesistöön 36 sivua + 2 liitettä 3.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	energia- ja ympäristötekniikka
Ammatillinen pääaine	ympäristötekniikka
Ohjaajat	toimitusjohtaja Mikael Seppälä lehtori Kaj Lindedahl
<p>Tässä insinööriyössä tarkasteltiin SansOx Oy:n kehittämän ilmastuslaitteen, Oxtuben vaikutuksia järviympäristöön, sen ollessa asennettuna jäteveden purkuputken yhteyteen. Työn tarkoituksena oli saada tietoa ilmastuslaitteen vaikutuksista järviveteen ja -ympäristöön. Tutkimusta suoritettiin etsimällä tietoa aiheesta teorialähteistä sekä aikaisemmista tutkimuksista. Lisäksi tehtiin taustatutkimusta Lohjanjärven tilasta tutkimuksia varten. Ilmastuksen vaikutuksia tutkittiin myös näytteenottomenetelmin tekemällä vesistönäytteenottoa purkuputken poistoaukon lähialueelta. Analyyseja suoritettiin fosforin, typen, liuenneen hapen, COD:n, pH:n ja johtokyvyn osalta.</p> <p>Teoreettisen selvityksen pohjalta todettiin ilmastuksella olevan vaikutusta järviseden laatuun. Ilmastuksella voitiin hapettaa eri laitemenetelmin järvien syvänteitä ja näin parantaa niiden happioloja. Lisäksi todettiin ilmastuksella olevan vaikutusta mm. orgaanisten aineiden hapettumiseen, haju- ja makuhaittojen vähentämiseen sekä haihtuvien orgaanisten yhdisteiden poistamiseen vedestä.</p> <p>Näytteenottomenetelmällisiä tutkimuksia ei saatu suoritettua päätösvaiheeseen, sillä tutkimukset keskeytyivät ilmastuslaitteen asennukseen liittyvien ongelmien vuoksi. Näytteenottoa suoritettiin kuitenkin ennen Oxtuben asentamista lähtötilanteen selvittämiseksi ja todettiin, että näitä tietoja voi käyttää jatkotutkimuksissa hyväksi.</p>	
Avainsanat	Ilmastus, Hapetus, Oxtube, veden laatu, purkuputki

Author Title Number of Pages Date	Eveliina Maria Martelin Effects of the Oxygen Supplied to the Water Body in Connection with a Sewage Discharge Pipe 36 pages + 2 appendices 3 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Energy and Environmental Engineering
Professional Major	Environmental Engineering
Instructors	Mikael Seppälä, Managing Director Kaj Lindedahl, Lecturer
<p>In this engineering thesis, the effects of the aeration device developed by SansOx Oy, Oxtube, in the lake environment were examined when it was installed in connection with a sewage discharge pipe. The purpose of the thesis was to obtain information on the effects of an aeration device on lake water and the environment. The research was carried out by searching for information on the topic from theoretical sources as well as previous research. In addition, a background study of the state of Lake Lohjanjärvi was conducted for the research. The effects of aeration were also investigated by sampling water samples in the vicinity of the outlet of the discharge pipe. Analyses were performed for phosphorus, nitrogen, dissolved oxygen, COD, pH, and conductivity.</p> <p>On the basis of theoretical study, it was found that aeration has an effect on the quality of lake water. Aeration could be used to oxidize the pits of the lakes by various equipment methods and thus improve their oxygen conditions. In addition, it was found that aeration has an effect on, for example, the oxidation of organic substances, the reduction of odor and taste nuisances and the removal of volatile organic compounds from water.</p> <p>Sampling methodological studies could not be completed at the final stage, as the studies were interrupted due to the problems with the installation of the aeration device. However, sampling was performed before installing Oxtube to determine the baseline situation, and it was found that this information could be used in further studies.</p>	
Keywords	Oxidation, Oxtube, water quality, discharge pipe

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkittava vesiympäristö	1
2.1	Lohjanjärvi	2
2.2	Lohjanjärven laatuun vaikuttavat tekijät	3
2.2.1	Säätila	4
2.2.2	Virtaamat	8
2.2.3	Lämpökerrostuneisuus	9
2.2.4	Pistekuormittajat	11
3	Lohjanjärven veden laatu	12
3.1	Happipitoisuudet	13
3.2	Ravinteet ja rehevöityminen	15
3.3	Veden laadun muut osoittajat	17
4	Jätevesien vaikutukset vesistöihin	18
4.1	Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo	19
4.2	Jätevesikuormitus ja päästöt Lohjanjärveen	20
5	Järvien hapetus	22
6	Lohjanjärvellä tapahtuva syvänteiden hapetus ja sen vaikutukset	22
7	Hapen siirtyminen veteen	23
8	Ilmastuksen vaikutukset veden laatuun	24
8.1	Rauta (Fe) ja mangaani (Mn)	25
8.2	Hiilidioksidi (CO ₂)	26
8.3	Rikkivety (H ₂ S)	27
8.4	Metaani (CH ₄)	28
8.5	VOC-yhdisteet	28

9	Ilmastuslaite	28
10	Tutkimuksen suoritus ja tulokset	32
10.1	Veteen liunneen hapen määrittäminen(DO)	32
10.2	Fosforin määrittäminen	33
10.3	Ammoniumtyypin määrittäminen	34
10.4	pH:n määrittäminen	35
10.5	Veden kemiallisen hapen kulutuksen, COD _{Mn} -arvon määrittäminen	35
10.6	Sähkönjohtokyvyn määrittäminen	35
11	Yhteenveto	36
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1. Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon vuosikeskiarvot vuonna 2018	
	Liite 2. LUVY:n Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon vuosiraportti	

Lyhenteet

BOD	Biological oxygen demand. Biologinen hapenkulutus (BHK), mittaa jäteveden sisältämien biologisesti hajoavien aineiden määrää.
COD	Chemical oxygen demand. Kemiallinen hapenkulutus (KHT), kuvaa hapen määrää, joka tarvitaan kemiallisesti hapettamaan orgaaniset aineet jätevedessä.
DO	Dissolved oxygen, liuennut happi.
LUVY	Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

1 Johdanto

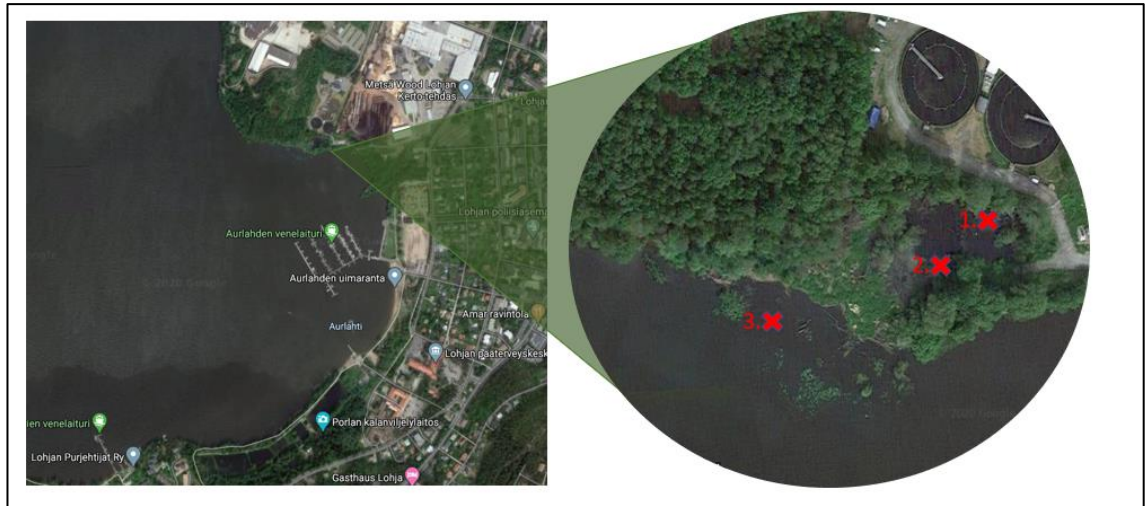
Tämän opinnäytetyö tehtiin SansOx Oy:lle, jonka tarkoitus on toimittaa ja asentaa uusi hapetusyksikkö, Oxtube, Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistuslaitoksen puhdistetun jäteveden purkuputken yhteyteen. SansOx Oy on osakeyhtiö, jonka tavoitteena on keksiä uusia ratkaisuja ja innovatiivisia sovelluksia veden hoitoon ja käsittelyyn maailmanlaajuisesti.

Opinnäytetyön aiheena on jätevesilaitoksen purkuputken yhteyteen asennetun hapen syötön järviympäristövaikutusten tutkiminen niin teoreettisesti, kuin tutkimusmenetelmällisesti. Toimeksiantajan käytännön ongelmana on riittävän datan ja teoreettisen tiedon puute ylimääräisen hapen syötön järviympäristövaikutuksista jätevedenpuhdistamoiden purkuputkien yhteydessä. Opinnäytetyötä tullaan hyödyntämään käytettäväksi perusteena, kun tarvitaan näyttöä hapetuksen vaikutuksista. Työn tarkoituksena on siis kerätä teoreettista tietoa sekä suorittaa näytteenottomenetelmätutkimusta hapetuksen järviympäristövaikutuksista.

Opinnäytetyössä perehdytään lisäksi Lohjanjärven pistekuormittajien, erityisesti Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin sekä Lohjanjärven laatuun. Lohjanjärven alueella suoritetaan yhteistarkkailua järven pistekuormittajien osalta ympäristölupiin ja Lohjan kaupungin osalta kunnan lakisääteiseen velvoitteeseen seurata ympäristönsä tilaa. Tässä opinnäytetyössä tullaan hyödyntämään näitä yhteistarkkailututkimuksen tuloksia. Yhteistarkkailututkimukset on toteutettu valvontaviranomaisen (Uudenmaan ELY-keskus) hyväksymän ohjelman mukaisesti.

2 Tutkittava vesiympäristö

Tutkimuksia varten valittiin tutkittavaksi vesiympäristöksi Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon lähialue. Alue on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Lohjan kaupungin Pitkäniemen puhdistamo ja näytteenottoaikkojen 1, 2 ja 3 sijainnit.

Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo sijaitsee Lohjanjärven Aurlahden alueella.

2.1 Lohjanjärvi

Lohjanjärvi ja siitä lähtevä Mustionjoki kuuluvat Karjalohjan vesistöalueeseen, josta vesi purkautuu Pohjanpitäjänlahteen ja edelleen Tammisaaren edustalle. Lohjanjärvi on Uudenmaan suurin järvi pinta-alaltaan 122 km² ja keskiyvydeltään 12,7 m ja saaria siinä on yhteensä 198 kappaletta. Lohjanjärven syvin kohta on runsaat 54 m. Järven laatu vaihtelee eri alueiden välillä. (Lohjanjärvi 2013.)

Lohjanjärvi on jaettu Kymijoen ja Suomenlahden vesienhoitoalueen vesienhoitosuunnitelmassa vuoteen 2021 neljään eri alueeseen. Lohjanjärven koillisosan Maikkalanselkä-Aurlahti, Lohjanjärven keskiosa ja Lohjanjärven eteläosa ovat järviyypiltään runsasravinteisia järviä. Karjalohjanselkä puolestaan kuuluu järviyppiin pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet. (Ranta ym. 2016: 5.)

Lohjanjärvi on luokiteltu hyvään ekologiseen luokkaan. Luokittelun kriteereinä ovat ravinteisuus ja biologisista tekijöistä kasviplankton, vesikasvillisuus ja pohjaeläimet. Osa Lohjanjärven osista on kuitenkin luokiteltu ekologiselta tilaltaan vain tyydyttäväksi. Näitä ovat mm. Nummenjoen ja Väänteenjoen alueet sekä järven eteläosa. Tavoitteena on

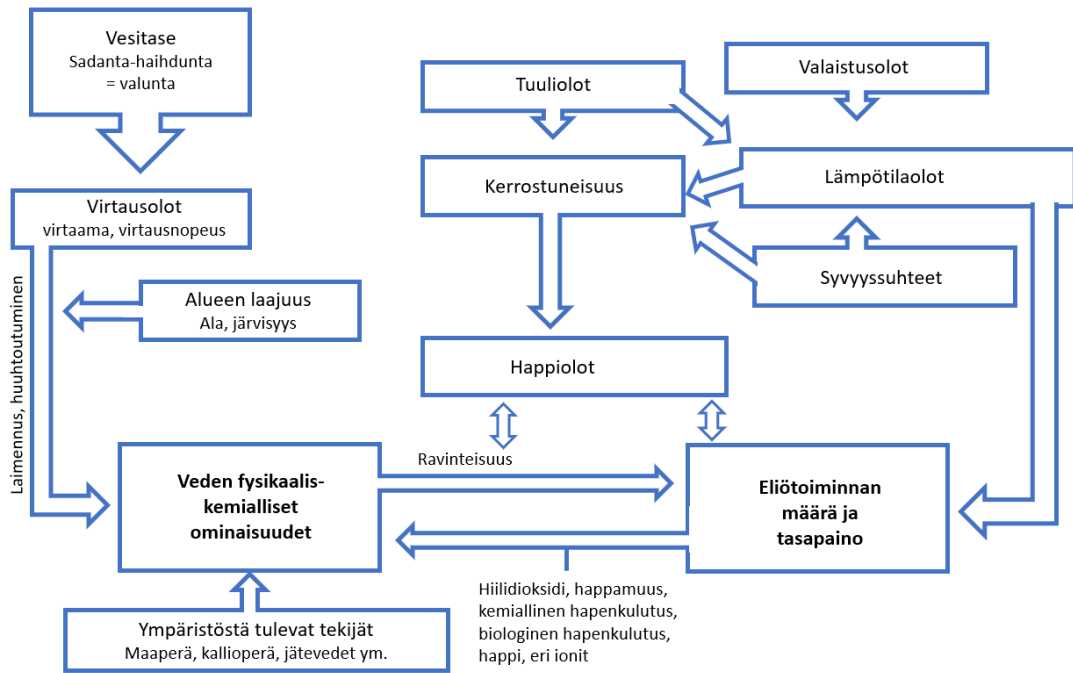
kuitenkin saada koko Lohjanjärvi hyvään tilaan vuoteen 2027 mennessä. (Ranta ym. 2016: 6.)

2.2 Lohjanjärven laatuun vaikuttavat tekijät

Merkittävimpiä tekijöitä Järvien veden fysikaaliskemiallisiin ominaisuuksiin ovat järven valuma-alueen kallioperän ja maaperän laatu. Lohjanjärvessä kallioperä on erittäin kalkkipitoista, joten järven pH on kaikilla pintavesialueilla yleensä yli 7. Maalaatu on moreenipitoista, mutta luoteisrantojen osilta myös savi- ja liejumaata. (Ranta ym. 2016: 6.)

Lohjanjärvellä yhdistyvät harjualueen tyypillinen niukkaravinteinen ja alavien moreenimaiden ravinteikas rehevä vesistö. Harjualueella suuri osa alueelle tulevasta sateesta suotautuu niukkaravinteisten hiekkaisten maakerrosten kautta pohjavesiin ja tulee sitä kautta Lohjanjärveen. Järveen ei tule tätä kautta suurta humuskuormaa, koska harju maiden kuivilla kankailla humusta syntyy vähän, eikä se huuhtoudu pintavaluman mukana järveen. Kuitenkin Lohjanjärven moreenimaa-alueet tuovat mukanaan runsaasti ravinteita ja humusta pinta- ja pintakerrosvalumien mukana. Ravinteita kulkeutuu myös valuma-alueilta runsaasti. Etenkin Väänteenjoen reittiä pitkin Lohjanjärvelle saapuu liiankin ravinteikasta vettä. (Ranta ym. 2016: 6.)

Valuma-alueen maa- ja kallioperän sekä ravinteiden ohella järven veden ominaisuuksiin ja laatuun vaikuttavat valuma-alueen laajuus sekä vesitase ja virtausolot, jotka sadannan ja haihdunnan ja vaihtelun osalta vaihtelevat vuodesta toiseen. Näitä eri vaikutuksia järiveden laatuun on havainnollistettu kuvassa 2.



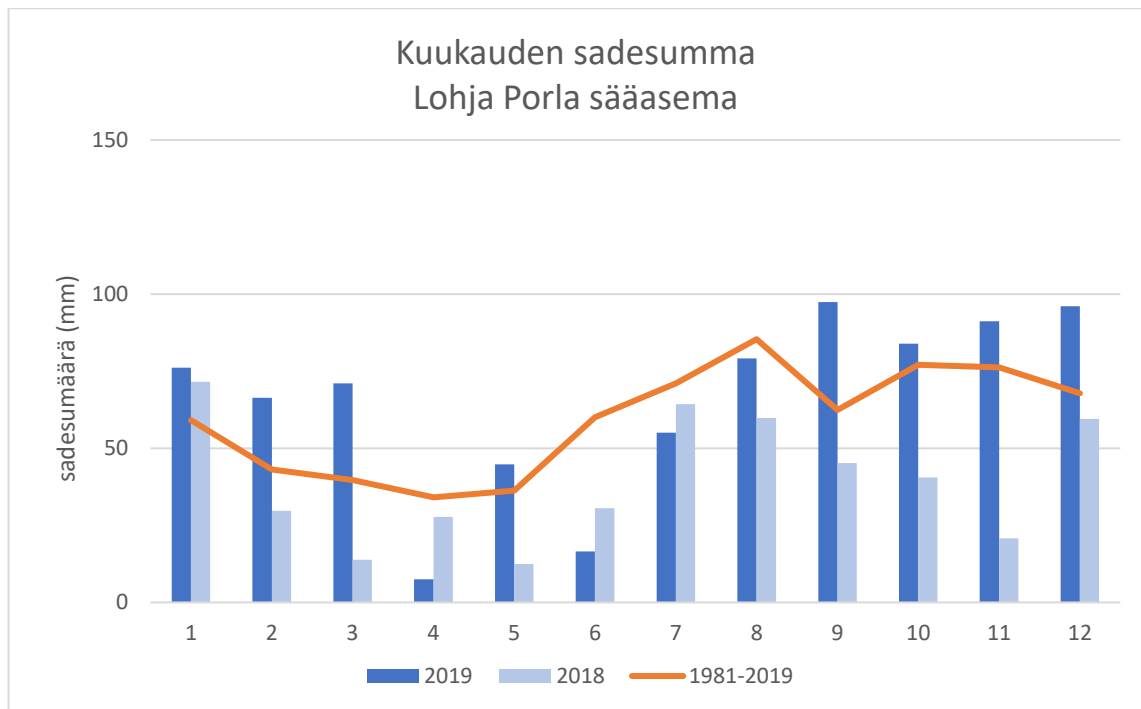
Kuva 2. Järvien veden laatuun vaikuttavien tekijöiden riippuvuuksia (Lappalainen & Laakso 2005: 16).

Lohjanjärven omat ominaisuudet, kuten pinta-ala ja syvyysuhteet yhdessä valaistus- ja tuuliolosuhteiden kanssa, vaikuttavat lämpökerrostuneisuuteen ja sitä kautta vedessä vallitseviin happioloihin. Myös erilaiset eliöt saavat etenkin runsastuottoisissa vesissä aikaan merkittäviä vedenlaadun heilahteluja. (Lappalainen & Laakso 2005: 15-17.)

2.2.1 Säätila

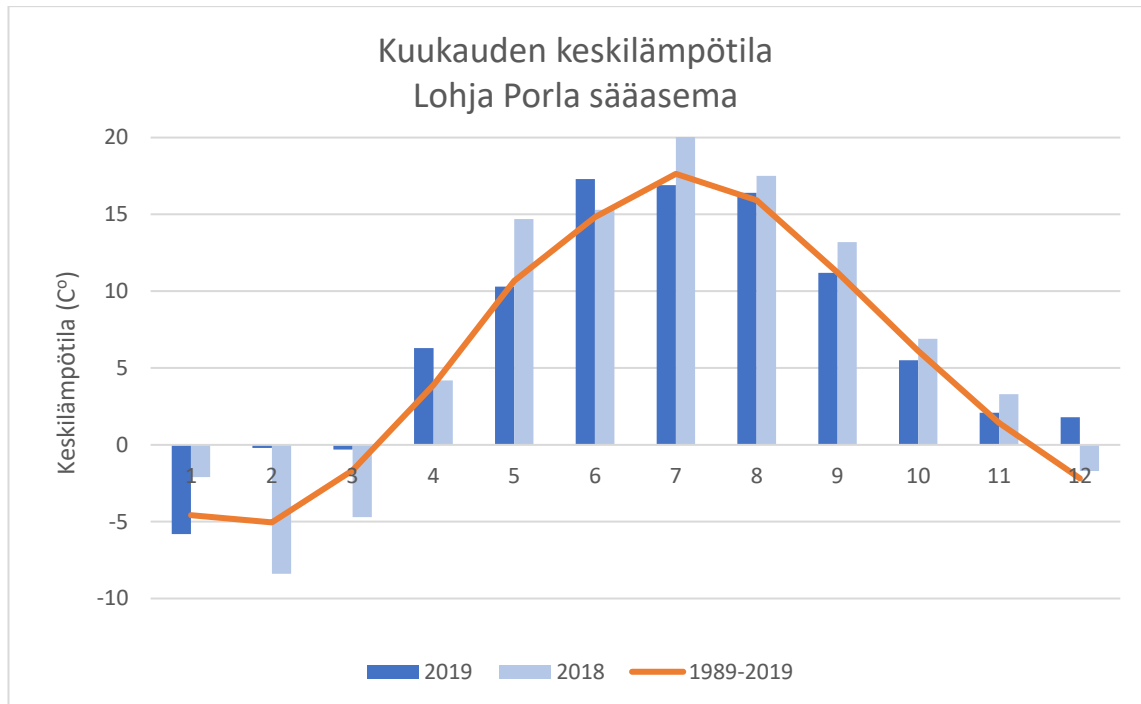
Lohjanjärven laatuun vaikuttavat säätila ja virtaamat. Säätilaa Lohjanjärven alueella tarkasteltiin Lohjan Porlan säähavaintoaseman tietojen perusteella (Lohjan Porlan sääaseman sademäärätiedot vuosilta 2018–2019 ja keskiarvokäyrä jaksolta 1981–2019, ilmatieteen laitos 2019).

Vuosi 2019 oli kokonaissademäärältään syksystä kevääseen vuosien 1981–2019 keskiarvoa runsassateisempi. Keskikesä sen sijaan oli keskiarvoa hieman vähäsateisempi. Runsaimmat sateet ajoittuivat syksystä kevääseen (kuva 3).



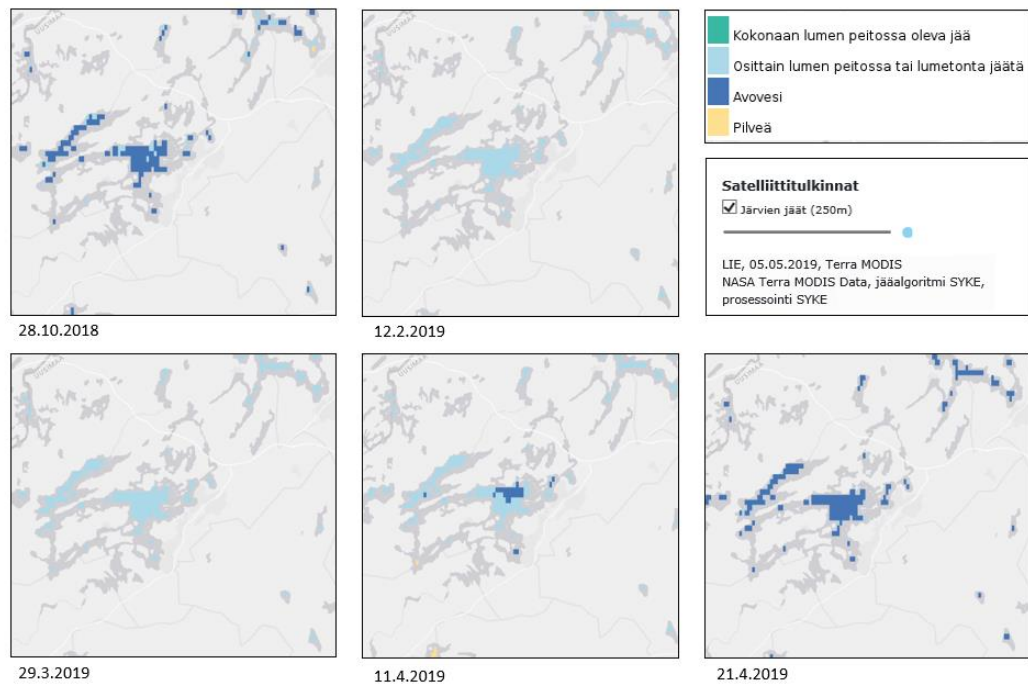
Kuva 3. Lohjan Porlan sääaseman sademäärätiedot vuosilta 2018–2019 ja keskiarvokäyrä jaksolta 1981–2019 (Ilmatieteen laitos 2019, muokattu).

Lämpötilaltaan vuosi 2019 oli Lohjanjärven alueella kasvukaudella melko viileä, joskin vuosien 1980–2019 keskiarvon mukainen. Talvi oli erityisen lauha, lukuun ottamatta tammikuun kylmempää jaksoa (kuva 4).



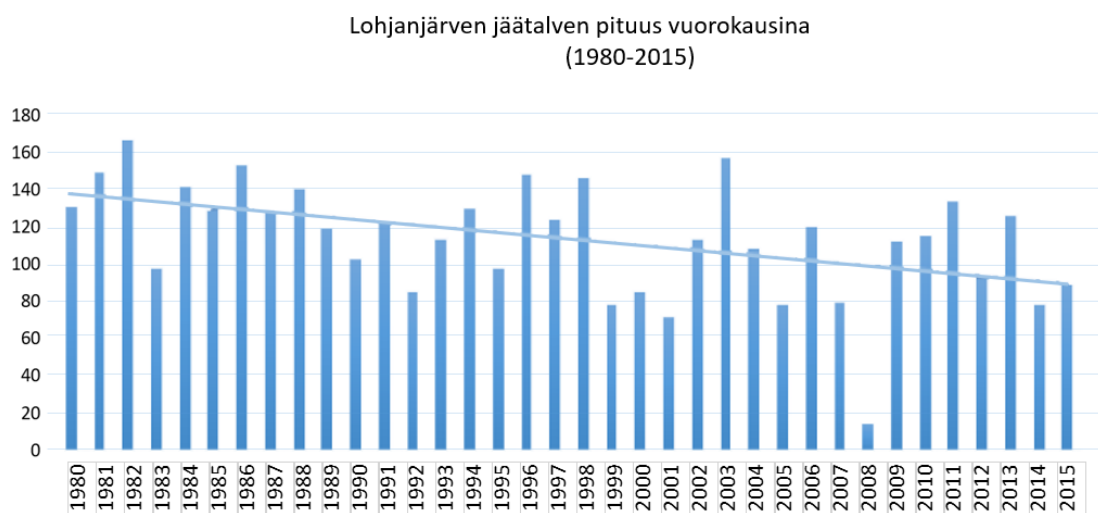
Kuva 4. Lohjan Porlan sääaseman lämpötilatiedot vuosilta 2018–2019 ja keskiarvokäyrä jaksolta 1981–2019 (Ilmatieteen laitos 2019, muokattu).

Talven 2019 lauhuus aiheutti lyhyen jäätalven keston. Kuvasta 5 voidaan nähdä, kuinka järven jäätyminen on tapahtunut vasta marras- joulukuussa ja sulaminen alkanut jo huhtikuussa.



Kuva 5. Lohjanjärven jäätilanne talvella 2018–2019 (Suomen ympäristökeskus, muokattu).

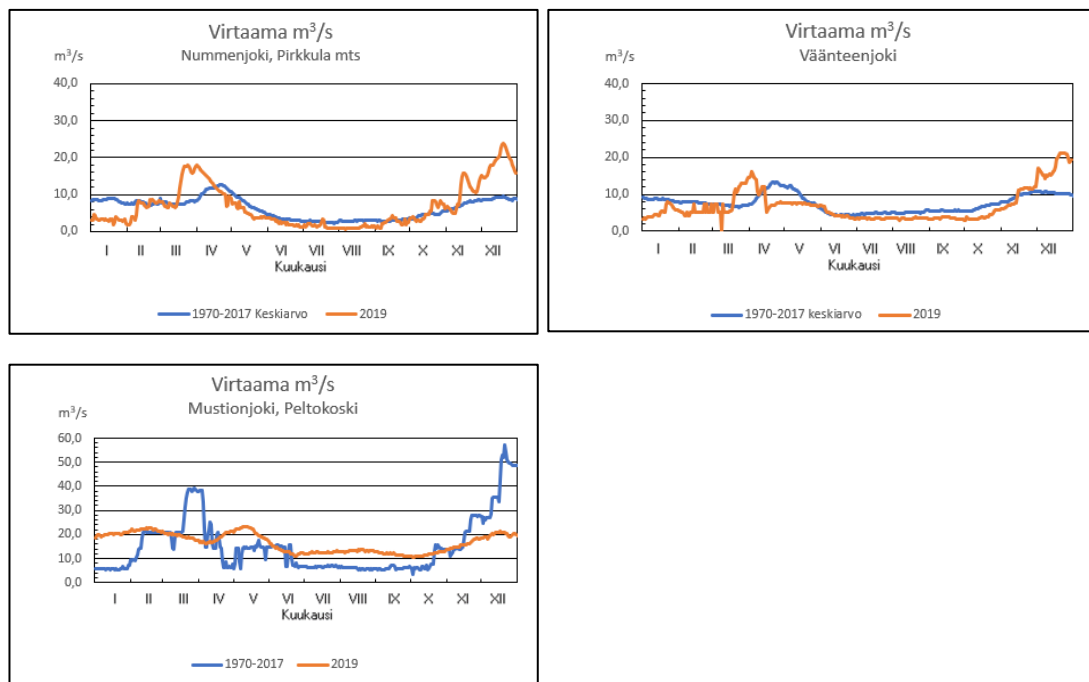
Kokonaisuutena jäätalven kesto on ollut aleneva tarkastelujaksolla 1980–2015 (kuva 6). Jäällä oli koko talven aikana vain osittain lunta tai oli kokonaan lumetonta.



Kuva 6. Lohjanjärven Isoselän jäätalven pituus vuorokausina vuodesta 1980 (Ranta ym. 2015: 8, muokattu).

2.2.2 Virtaamat

Lohjanjärven virtaamiin vaikuttavat etenkin suuret joet: Mustionjoki, Väänteenjoki sekä Nummenjoki. Näiden jokien virtaamat on havainnollistettu kuvassa 7. Kuvaajista voidaan nähdä virtaushuippujen keskittyvän talveen, kevääseen, alkukesään sekä loppusyksyyn. Virtaamien suuruuteen vaikuttaa myös Lohjanjärven säännöstely. Lohjanjärveä säännöstellään voimalaitostalouden ja tulvasuojelun tarkoituksin (Karttapalvelu 2020). Säännöstely tapahtuu Mustionkosken vesivoimalaitoksella ja säännöstelypadolla.



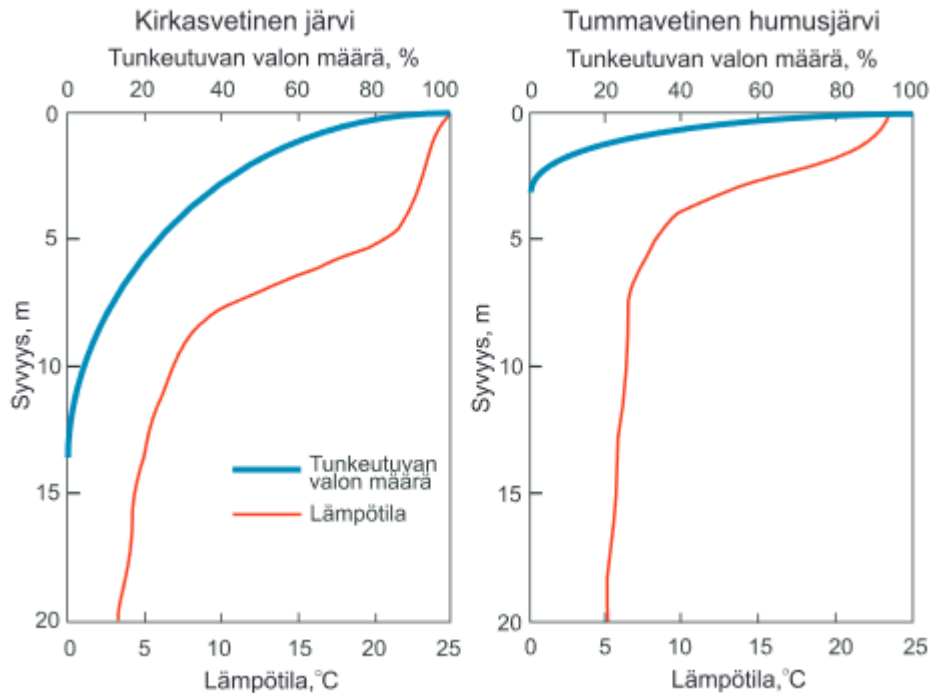
Kuva 7. Virtaamat vuonna 2019 ja keskiarvovirtaamat vuosilta 1970–2017 vasemmalla ylhäällä Nummenjoessa, oikealla ylhäällä Väänteenjoessa ja vasemmalla alhaalla Mustionjoessa. (ympäristö.fi, muokattu)

Yleisesti Lohjanjärven vedenpinnan vaihtelut ovat normaalisti noin 40–60 cm. Keväisin järven pintaa joudutaan laskemaan valuma-alueiden lumimäärästä ja virtaamista riippuen. Kuivina ja vähäsateisina aikoina, erityisesti kesinä, vedenpinta voi laskea rantojen käyttömahdollisuuksien kannalta haitallisen alas järven haihdunnan ja Mustionjokeen johdettavan minimijuoksutuksen vuoksi. (Karttapalvelu 2020.)

2.2.3 Lämpökerrostuneisuus

Lämpötilakerrostuneisuus on järvien vesien laatuun vaikuttava tekijä, joka syntyy järviin erilämpöisten vesien tiheyserojen seurauksena. Puhtaan veden tiedetään olevan tiheimillään noin +4 °C:ssa, ja tiheys laskee lähestyttäessä jäätymispistettä. Veden tiheys onkin 0 °C:ssa 0,99987 kg/l. Tämän takia kylmin vesi on talvella pintakerroksissa ja lämpimin on painunut lähelle pohjaa. Suurissa järvissä vesi sekoittuu ja jäähtyy usein syksyllä riippuen ilman lämpötiloista jopa alle +1 °C:n, jolloin veden eri kerrosten tiheyserot jäävät hyvin pieniksi. Talvella järven pinnalle muodostuva jää estää tuulten aiheuttaman vesien sekoittumisen.

Keväällä jäiden lähdettyä eri vesikerrosten tiheyserot ovat niin pieniä, että kevätkierto alkaa heti, kun ensimmäiset tuulet pääsevät sekoittamaan vettä. Tuulten jatkuessa ja pintaveden lämmitessä auringonvalon vaikutuksesta koko vesimassa lämpenee tasaisesti. Veden sekoittuminen jatkuu, kunnes tulee tyyni sääjakso. Mikäli tällöin on aurinkoista, mutta ei tuule, alkaa pelkästään pintavesi lämmitä. Auringon valoenergia tunkeutuu vain noin 0,5–1 m:n paksuiseen pintakerrokseen ja muuttuu siellä lämpöenergiaksi, jolloin tiheysero pintaveden ja syvemmän veden välillä kasvaa nopeasti (kuva 10).



Kuva 10. Valon läpäisevyys ja lämpötilakerrostuneisuus kirkasvetisissä ja tummavetisessä humusjärvessä (Lappalainen & Laakso 2005: 21).

Tiheyseron nopean kasvamisen seurauksena vedet eivät enää sekoitu pohjaa myöten tuulten vaikutuksesta, vaan tuulen voimakkuuden mukaan vain tietyn paksuinen pintakerros sekoittuu, jolloin muodostuu ns. päällysvesikerros eli epilimnion. Lämpötilakerrostuneisuudessa voi tapahtua myös tilanne, jossa vesi ei pääse sekoittumaan keväällä ollelleen tyneen ilman ja auringonpaisteen vuoksi.

Lämpötilakerrostuneisuuteen vaikuttavat sääolojen lisäksi järven pinta-ala ja suojaisuus tuulilta, sillä esimerkiksi suuremmalla järvellä tuulet pääsevät helpommin sekoittamaan vesiä. Lämpökerrostuneisuuden eroihin vaikuttavat myös valuma-alueiden virtaukset. (Lappalainen & Laakso 2005: 21-23.)

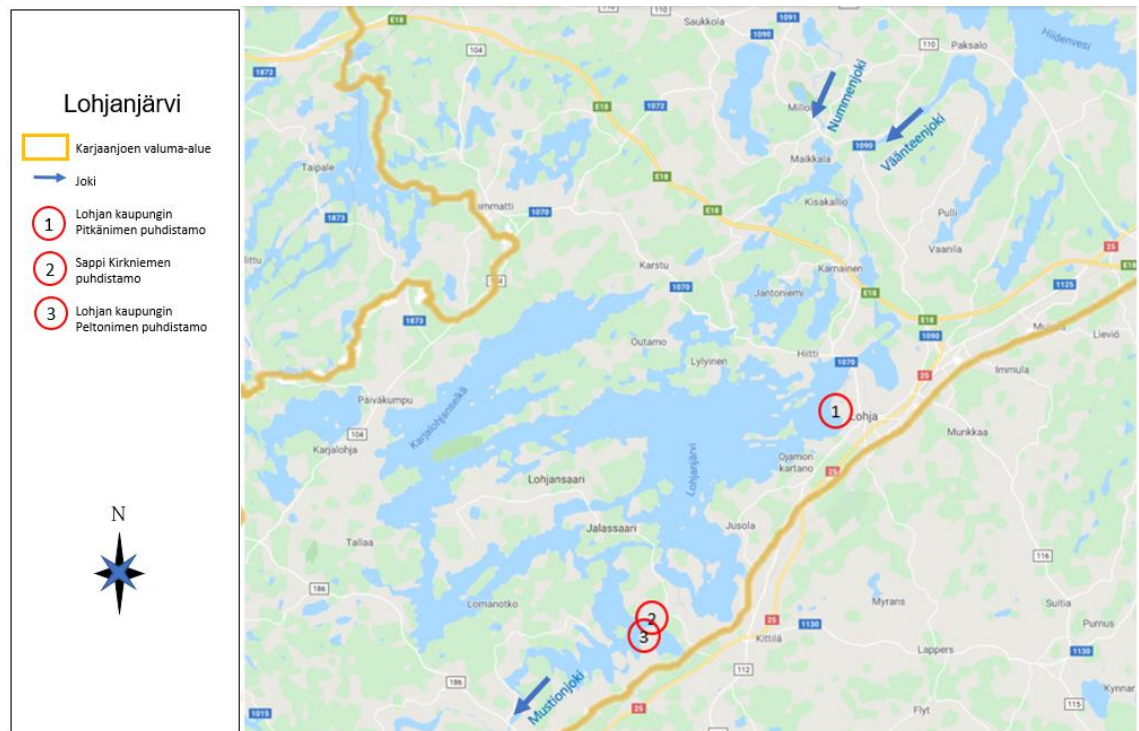
Järven lämpötilakerrostuneisuus vaikuttaa järven vesimassan happiolojen kehitykseen ja sitä kautta myös sisäisen kuormituksen osuuteen järven tilan muovaajana. Järven ollessa avoin sen pintavesiin sekoittuu tuulen mukana happea suoraan ilmasta sekä kasvien ja levien tuottamana. Hapen puute ei siis tämän takia ole veden pintakerroksissa ongelma edes kuormitetuissa ja rehevissä järvissä. Happiongelma kehittyy usein sen

sijaan syvemmissä kerroksissa, joihin ei syksyn ja kevään täyskiertojen jälkeen pääse uutta happea pitkäänkään aikaan. Alusvesi ja sedimentti tarvitsee hajotustoimintaan happea, ja sen turvaamiseksi onkin käytössä erilaisia hapetuskeinoja ja muita toimenpiteitä.

Monelle järvelle talviaika on happitilanteen kannalta kriittinen, sillä jääpeite estää uuden hapen sekoittumista veteen. Pahimmillaan tämä vaihe saattaa kestää puolikin vuotta. Lämpötila ennen järven jäätymisvaihetta voi aiheuttaa suuria eroja sen suhteen, esiintyykö järvestä myös keväällä happikatoja. Nopea ja aikainen jäätyminen lyhentää syksyn täyskiertoa ja hyvähappisissa oloissa tapahtuva hajotustoiminta jää vajaaksi, mikä puolestaan lisää talvenaikaista hapentarvetta. Toisaalta veden kylmä lämpötila vaikuttaa kuitenkin myös siten, että happea liukenee veteen runsaammin kuin lämpöiseen veteen, jolloin se helpottaa usein talven happitilannetta. Talven kylmissä vesissä ei myöskään hajotustoiminta sen hidastuessa kuluta happea yhtä paljon kuin lämpiminä aikoina. (Lappalainen & Laakso 2005: 21-23.)

2.2.4 Pistekuormittajat

Päästöjä, jotka muodostuvat pistemäisistä päästölähteistä, kuten kalankasvatuslaitoksilta, teollisuuslaitoksilta ja yhdyskuntajäteveden puhdistamoista, kutsutaan pistekuormittajiksi. Pistekuormittajien vaikutus näkyy selvästi Lohjanjärven veden laadussa. Lohjanjärven alueella sijaitsee useampi päästöjen pistelähde (kuva 11). Vuonna 2019 näitä pistekuormittajia olivat Sappi Finland Operations Oy Kirkniemen paperitehdas, Lohjan Kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo sekä Lohjan Kaupungin Peltonimen jätevedenpuhdistamo. Lohjan kaupungin Pitkäniemen puhdistamo toimii Aurlahden alueella. Järven eteläosassa toimivat puolestaan Lohjan kaupungin Peltonimen puhdistamo sekä Sappi Europe Kirkniemen tehtaan puhdistamo.



Kuva 11. Lohjanjärven alue ja sen pistekuormittajien sijainnit (google maps, muokattu).

Myös Karjalohjan kunnan jätevedenpuhdistamo ja Oppilaskoti Outamo olivat Lohjanjärven pistekuormittajia, mutta niiden veloitteet ovat päättyneet vuosina 2014–2015. Aikaisempiin pistekuormittajiin kuului myös Mondi Lohja Oy, jonka toiminta päättyi vuonna 2015. (Asp ym. 2019: 11.)

3 Lohjanjärven veden laatu

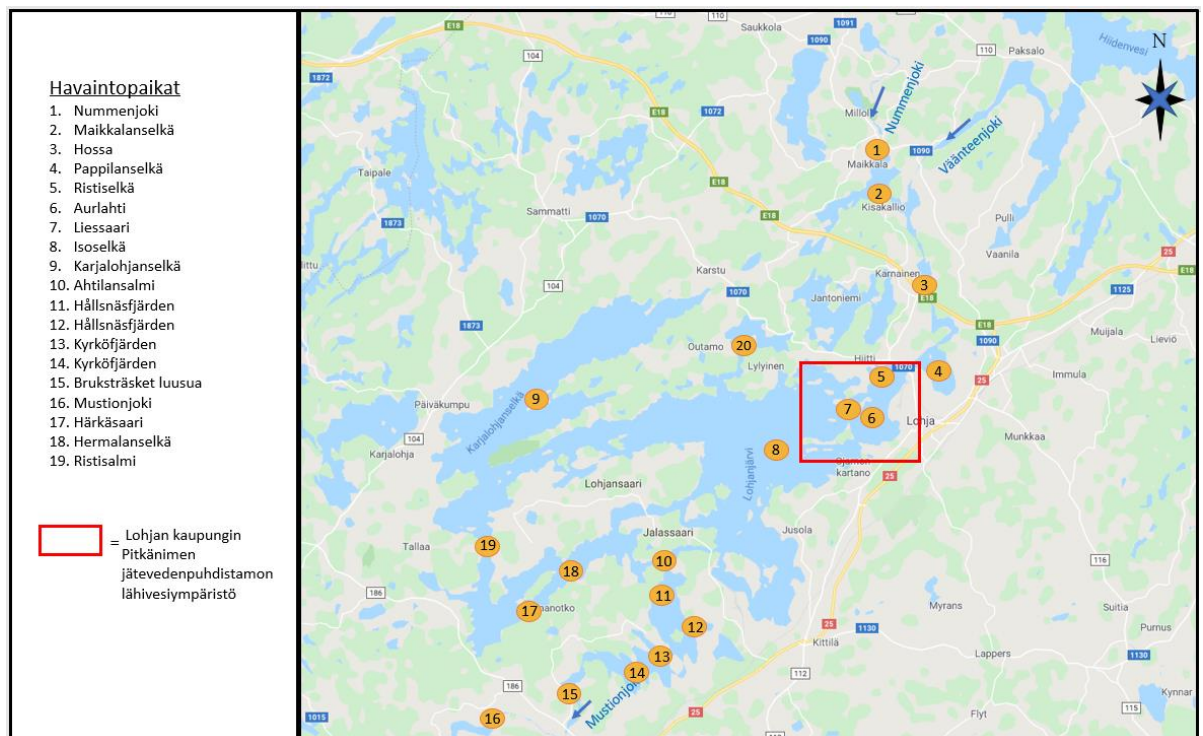
Jo 1900-luvun alkupuoliskolla on todettu Lohjanjärven muuttuvan karusta järvestä reheväksi ja 1950-luvulla järveä voitiin jo pitää runsasravinteisena. 1960-luvulla etenkin Aurlahti oli jo runsaasti rehevöitynyt. Tämän lisäksi myös isoselällä havaittiin rehevöitymisen lisääntymistä. Rehevöityminen lisääntyi selvästi myös järven eteläosassa Kirkniemen tehtaiden käynnistymisen jälkeen.

Vuonna 1998 julkaistun tutkimuksen mukaan Lohjanjärven fosforikuormitus oli pienentynyt 1980-luvulta alle puoleen 1990-luvulla, mutta typpikuormituksessa ei ollut juurikaan tapahtunut muutosta. Tutkimuksen mukaan teollisuuden ja jätevesien osuus oli

yhteenlaskettuna Lohjanjärven kokonaisfosforikuormasta oli vuonna 1998 n. 11 % ja konnaistyyppikuormituksesta n. 16 %. (Räike ym. 1998: 38.)

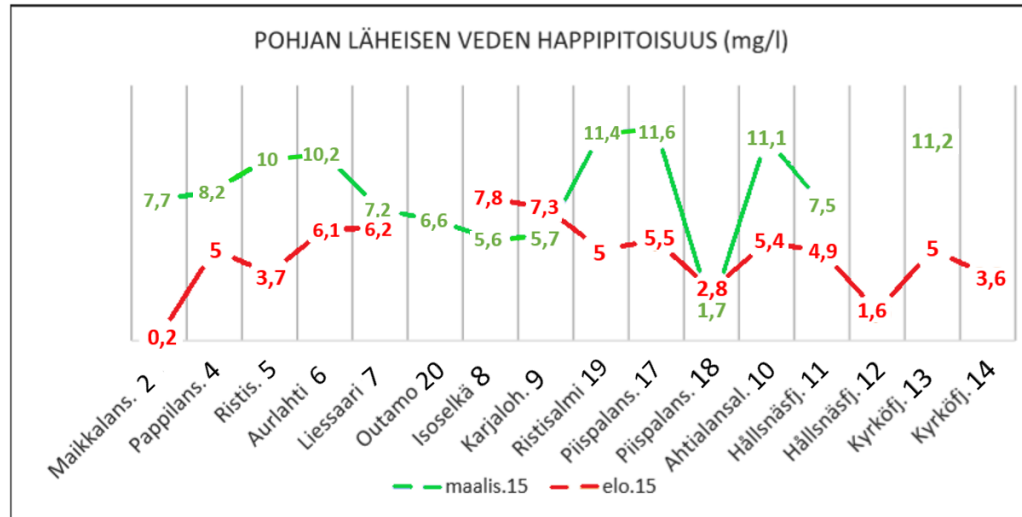
3.1 Happipitoisuudet

Vuonna 2015 Länsi-Uudenmaan Vesi ja ympäristö ry mittasi happipitoisuuksia 2–4 kertaa vuodessa mittauspaikan mukaan, painottuen lämpökerrostuneisuuskausiin. Näinä lämpökerrostuneisuuskausina syvimpien pohjien happitilanne on kriittisimmillään. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n suorittamassa tutkimuksessa mittauksien havaintopaikkoja oli yhteensä 16. Havaintopaikat on esitetty kuvassa 12. Havaintopaikkojen happipitoisuudet mitattiin maalisi- ja elokuussa (kuva 13.) Talven happitilanne oli tuolloin hyvä järven myöhäisen jäätymisajankohdan vuoksi, lukuun ottamatta Piispalanselän syvänteiden pitoisuutta (havaintopaikka 18). (Ranta ym. 2015; Asp ym. 2019.)



Kuva 12. Lohjanjärven LUVY:n suorittaman yhteistarkkailun havaintopaikat 2015 ja 2018 (Ranta ym. 2015, muokattu).

Vuoden 2015 elokuun happitilanne oli talvea selvästi huonompi. Happipitoisuus oli erittäin heikko Piispalanselällä (havaintopaikka 18), Maikkalanselällä (havaintopaikka 2) sekä Hällsnäsfjärdenin Mangsön (havaintopaikka 12) kohdalla.



Kuva 13. Lohjanjärven havaintopaikkojen happipitoisuudet metrin päässä pohjasta maalisk. ja elokuussa 2015 (Ranta ym. 2015, muokattu).

Tässä työssä merkittävin havaintopaikka on erityisesti havaintopaikka 6, eli Aurlahti. Aurlahden tilanne oli melko hyvä sekä maalisk. että elokuussa. Lisäksi havaintopaikat 5 Ristiselkä sekä 10 Liessaari ovat opinnäytetyössä tutkittavan järviympäristön lähialueita ja ne voidaan myös katsoa merkittäviksi tämän työn kannalta. Näiden havaintopaikkojen happitilanteet olivat Ristiselällä kohtalaisella ja Liessaarissa melko hyvällä tasolla.

LUVY on suorittanut Lohjanjärvellä yhteistarkkailua myös vuonna 2018. Myös tuolloin mitattiin Lohjanjärven happipitoisuuksia samoissa havaintopaikoissa kuin vuonna 2015. Pitoisuudet olivat talvella pääosin hyvät, mutta loppukesästä esiintyi myös huonoja happipitoisuuksia Maikkalanselällä (havaintopaikka 2) sekä järven eteläosien vesissä.

Yhteistarkkailussa todettiin myös, että Isoselällä happitilanne on parantunut 60–70-lukujen huonojen tilanteiden jälkeen. (Ranta ym. 2015: 12-19; Asp ym. 2019: 18-21.)

3.2 Ravinteet ja rehevöityminen

Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n vuonna 2018 suorittaman yhteistarkkailun mukaan Lohjanjärven pintavesien typpipitoisuudet vaihtelivat vuonna 2018 jopa 1000 µg:sta/l noin 480 µg:aan/l. Suurimmat keskimääräiset pintavesien typpipitoisuudet mitattiin Maikkalanselällä (havaintopaikka 2), Hossansalmesta (havaintopaikka 3) ja Lohjanjärven eteläosasta Hällsnäsfjärdeniltä (havaintopaikka 12). Pintavesien typpipitoisuuksissa Aurlahdessa Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon läheisyydessä typpipitoisuudet vaihtelivat 1000 µg:sta/l 530 µg:aan/l. Liessaassa pitoisuudet olivat 6000–1000 µg/l ja Ristiselällä 590–1000 µg/l. Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon typpipitoisuudet vuosina 2018 ja 2015 voidaan nähdä taulukosta 1.

Taulukko 1. Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon läheisyydessä sijaitsevien havaintopaikkojen typpipitoisuudet vuosina 2018 ja 2015 (Ranta ym. 2015; Asp ym. 2019, muokattu).

typpipitoisuudet (µg/l) vuonna 2018				
Syvyys	pmv	Aurlahti	Liessaari	Ristiselkä
	19.3.2018			
1		1000	1000	1000
5		930	820	1000
7		830		
12			4100	
	9.7.2018			
0-2.0		650		
	13.8.2018			
1		530	600	590
5		520	560	590
7		530		
12			820	
	19.9.2018			
0-2.0		560		
	23.10.2018			
1		610		
5		620		
7		650		
Keskiarvo		675,45	1316,67	795,00

typpipitoisuudet (µg/l) vuonna 2015				
Syvyys	pmv	Aurlahti	Liessaari	Ristiselkä
	2.3.2015			
1		1500	1500	1600
5		1300	1500	1600
7		1500		
12			5800	
	7.7.2015			
0-2.0		980		
	11.8.2015			
0-2.0		890		
1		890	820	900
5		820	820	890
7		890		
13			930	
	14.9.2015			
0-2.0		780		
	22.10.2015			
1		840		
5		840		
7		850		
Keskiarvo		1006,67	1895,00	1247,50

Pohjanläheisissä vesissä typpipitoisuudet vaihtelivat maaliskuussa jopa Liessaaren 4100 µg:sta/l Aurlahden 530 µg:aan/l. Liessaaren pohjanläheisissä vesissä mitattiin myös sähkönjohtavuus tavanomaista suuremmaksi 26,5 mS/m ja *E. coli* -bakteerien määrä oli 2000 pmy/100 ml. Nämä suurentuneet pohjanläheiset pitoisuudet viittaavat

todennäköisesti jätevesikuormitukseen, sillä Liessaaren syväne sijaitsee Lohjanjärven suurimman typpikuormittajan, Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon läheisyydessä.

Vuonna 2018 mitatut fosforipitoisuudet olivat miltei samalla tasolla edellisvuosiin verrattuna. Keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat 20–75 µg/l. Pienin pitoisuus mitattiin Karjalohjanselällä (havaintopaikka 9) ja suurin Maikkalanselällä (havaintopaikka 2). Suurimmat yksittäiset fosforipitoisuudet pintavedessä on mitattu Lohjanjärven alueella toukokuussa havaintopaikalla 1 ja Mustionjoella (havaintopaikka 16) pitoisuuksin 100–130 µg/l sekä elokuussa havaintopaikalla 1 pitoisuuksin 140 µg/l. Aurlahden ja sen lähialueella kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat Liessaaren syvänteen 70 µg/l:n ja Aurlahden pintavesien 31 µg/l:n välillä. Pitoisuudet ovat taulukoituna taulukossa 2.

Taulukko 2. Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon läheisyydessä sijaitsevien havaintopaikkojen kokonaisfosforipitoisuudet vuosina 2018 ja 2015 (Ranta ym. 2015; Asp ym. 2019, muokattu).

K. fosforipitoisuudet (µg/l) vuonna 2018				
Syvyys	pmv	Aurlahti	Liessaari	Ristiselkä
19.3.2018				
1		52	52	52
5		45	39	58
7		38		
12			70	
9.7.2018				
0-2.0		45		
13.8.2018				
1		38	40	63
5		39	36	52
7		40		
12			55	
19.9.2018				
0-2.0		33		
23.10.2018				
1		31		
5		33		
7		33		
Keskiarvo		38,82	48,67	56,25

K. fosforipitoisuudet (µg/l) vuonna 2015				
Syvyys	pmv	Aurlahti	Liessaari	Ristiselkä
2.3.2015				
1		46	47	50
5		36	47	51
7		41		
12			85	
7.7.2015				
0-2.0		25		
11.8.2015				
1		42	31	45
5		26	21	44
7		37		
13			34	
14.9.2015				
0-2.0		12		
22.10.2015				
1		31		
5		29		
7		32		
Keskiarvo		32,45	44,17	47,50

Vuonna 2015 tehdyssä yhteistarkkailussa kävi ilmi kokonaisfosforipitoisuuksien olevan suurimpia järven koillisosan vesillä Nummenjoen ja Väänteenjoen vaikutusalueilla (Maikkalanselkä, Pappilanselkä, Ristiselkä, Aurlahti, Liessaari). Pohjan läheisyydessä fosforipitoisuus oli talvella Liessaarella jopa 85 µg/l. Liessaaren pitoisuudet selittyvät osittain

jokivesien kuormituksen lisäksi keskustaajaman vesille purettavien jätevesien vaikutuksesta.

Lohjanjärvellä pintavesistä ei todettu kesäaikaan lähes laisinkaan fosfaattifosforia. Muutamia pitoisuuksia saatiin kuitenkin mitattua eri puolilta Lohjanjärven syvyyksiä. Suurimmat näistä mitattiin maaliskuu- ja elokuussa Maikkalanselältä (havaintopaikka 2) pitoisuuksin 36 µg/l ja Karjalohjanselältä (havaintopaikka 9) pitoisuuksin 38 µg/l. Myös Pohjanpiitäjänlahden pohjan tuntumassa mitattiin hieman kohonneita arvoja.

Suurimmat mitatut ammoniumpitoisuudet mitattiin pintavesissä vuonna 2018 loppukesästä Maikkalanselällä (havaintopaikka 2) ja Hossansalmella (havaintopaikka 3) ja pohjavesissä maaliskuu-elokuussa Hållsnäsfjärdenissä (havaintopaikka 12) ja elokuussa Maikkalanselällä.

Pintavesien nitriitti- ja nitraattityypen pitoisuudet olivat suurimmat havaintopaikoilla 1 ja 2 sekä Väänteenjoessa ja Aurlahden havaintopaikalla (havaintopaikka 6).

Ravinnemäärien lisäksi vesistön rehevyyttä arvioidaan määrittämällä lehtivihreällisen planktonlevästäön a-klorofyllipitoisuus. Sen määrä on mittaushetkellä suoraan verrannollinen havaintopaikan levämäärään. Tulkintaan liittyy kuitenkin pieniä epävarmuutta johtuen ympäristön olosuhteiden muutoksista. Kasviplanktonin klorofyllipitoisuuden ollessa alle 4 µg/l järvi on vähätuottoinen ja pitoisuuden ylittäessä 10 µg/l järvi on rehevä. (Ranta ym. 2015: 21.)

Lohjanjärvellä a-klorofyllipitoisuudet olivat LUVY:n raportin mukaan vuonna 2015 kokonaisuutena suurimmat elokuussa, maaliskuu- ja lokakuun pitoisuuksien ollessa pieniä. Suurimmat pitoisuudet mitattiin Maikkalanselällä, Pappilanselällä ja Aurlahden alueella. (Ranta ym. 2015: 21; Asp ym. 2019: 28.)

3.3 Veden laadun muut osoittajat

Lohjanjärven muita vedenlaatuominaisuuksia ovat pH, sähkönjohtavuus (mS/m), Natrium (mg/l), sameus (FNU), väri sekä COD_{Mn} (mg O₂/l). Lohjanjärvellä pH oli pintavesien osalta normaalilla tasolla (pH 7). Happaminta vettä kulkeutuu Lohjanjärveen

Nummenjoen kautta ja hieman emäksisempää on Maikkalanselällä. Sähkönjohtavuuden mitattiin olevan pienimmillään järven koillisosissa ja suurimmat pitoisuudet saatiin Hållsnäsfjärdenin havaintopaikalta, jossa Sappi Kirkniemen ja Peltoniemen jätevedenpuhdistamon jätevedet nostavat pitoisuutta. Myös natriumpitoisuus oli Hållsnäsfjärdenin havaintopaikalla korkea, johtuen samoista tekijöistä kuin sähkönjohtavuudenkin pitoisuuksien kanssa.

Sameusluokitus Lohjanjärvellä keskiarvoltaan 7 FNU, vaihdellen Maikkalanselän 24 FNU:sta Outamonjärven kirkkaaseen 0,93 FNU:hun. Veden värin osalta tilanne oli melko samankaltainen veden sameuden kanssa.

Kemiallinen hapenkulutus mitattiin korkeimmaksi järven koillisosissa. Vuonna 2015 pintaveden pitoisuuden maksimi mitattiin Ristiselällä tuloksin 16 mg O₂/l ja minimi Outamonjärvellä tuloksin 4,5 mg O₂/l. (Ranta ym. 2015; Asp ym. 2019.)

4 Jätevesien vaikutukset vesistöihin

Jätevettä muodostuu Suomessa vuositasolla noin 500 miljoonaa kuutiometriä. Tämä vastaa noin 300 litraa vuorokaudessa taajama-asukasta kohti. Arvioilta 30 % tästä määrästä on peräisin vuotovesistä.

Yhdyskuntien jätevesillä on ympäristöön useita haitallisia vaikutuksia, kuten vesistöjen rehevöityminen, limoittuminen, happikato, hygieeniset haitat, haju, väri sekä sameus. Yhdyskuntajätevedet sisältävät runsaasti ravinteita, orgaanista happea kuluttavia aineita sekä suolistobakteereja. Puhdistamattomassa jätevedessä fosforia on yli tuhatkertainen ja typpeä yli satakertainen määrä luonnontilaisiin järvivesiin verrattuna.

Fosfori ja typpi ovat kasviravinteita ja jätevesien mukana vesistöön päätyessään ne toimivat kasvua kiihdyttävänä ravinteena leville ja muille vesistökasveille. Tämä aiheuttaa vesistöissä myös sekundääristä hapenkulutusta, eli kiihtyneestä kasvusta syntyy aiempaa enemmän kuolleiden leväkasvustojen hajoamista, joka lisää hapenkulutusta entisestään. Typellä on ravinneomaisuutensa lisäksi ammoniumtyppi-muodossa happea kuluttava vaikutus. Vesistöissä olevat bakteerit muuttavat ammoniumtyppeä

nitraattitypeksi, mikä kuluttaa happea 4,5-kertaisesti verrattuna ammoniumtyppimäärään. Fosforin ja typen lisäksi vesistöön pääsee jätevesistä myös erilaisia kiintoaineita, jotka aiheuttavat veden sameutumista, pohjien liettymistä ja vesistöjen mataloitumista. Myös Biologinen hapenkulutus (BOD), joka mittaa jäteveden sisältämien biologisesti hajoavien aineiden määrää ja Kemiallinen hapenkulutus (COD), joka kuvaa hapen määrää, mikä tarvitaan kemiallisesti hapettamaan orgaaniset aineet jätevedessä, aiheuttavat vesistöjen happitilanteen huonontumista ja tätä kautta myös vaikuttavat negatiivisesti esimerkiksi kalojen viihtyvyyteen. BOD:lla ja COD:lla on myös vesistön sisäistä kuormitusta lisäävä vaikutus pohjan jouduttua hapettomaan tilaan. Jätevesien mukana vesistöön kulkeutuu myös halogenoituneita orgaanisia yhdisteitä. Ne hajoavat ympäristössä hitaasti ja aiheuttavat usein esimerkiksi kalojen maku- ja hajuhaittoja sekä kehityshäiriöitä. (Yhdyskuntien jätevesien kuormitus vesiin 2018; Jäteveden ympäristövaikutukset 2020; Lindedahl 2019.)

4.1 Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo

Yleisesti jätevedenpuhdistamoilla keskitytään poistamaan mahdollisimman tehokkaasti kiinteitä aineita, orgaanista ainesta sekä ravinteita. Usein saadaan poistettua myös tehokkaasti bakteereita ja muita taudinaiheuttajia.

Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo on mekaaniskemiallinen puhdistamo, joka on valmistunut vuonna 1975. Tämän jälkeen se on saneerattu aktiivilietelaitokseksi vuonna 1983. Vuonna 1996 laitokselle on lisätty polymeerin syöttölaitteisto ja sen lietteenkäsittelyjärjestelmä on uusittu vuonna 2004. Pitkäniemen jätevedenpuhdistamolle on viemäroity kaupungin läntiset, pohjoiset sekä keskustan alueet. Käsitellyt jätevedet johdetaan Lohjanjärven Aurlahteen. Prosessissa syntynyt ylijäämäliete kuivataan ja kuljetetaan käsiteltäväksi.

Pitkäniemen puhdistamon toimintaa tehostettiin ja parannettiin olennaisesti vuonna 2006 saneeraamalla vesiprosessia ja lisäämällä prosessiin typenpoisto. Tällöin suoritettiin myös ilmastusaltaiden laajentaminen sekä prosessin alkuosan muokkaaminen typenpoistoon tarvittavien anox-vyöhykkeiden lisäämisen osalta. Puhdistamoon asennettiin lisäksi uudet mittaus- ja säätölaitteet. Typenpoistoa on tehostettu metanolilla vuonna 2008, joka korvattiin myöhemmin vuonna 2017 ferrisulfaatti-glyseroli-seoksella.

Vuonna 2011 valmistuivat viimeisimmät puhdistamolla tehdyt saneeraukset, jolloin uusittiin sakokaivojen vastaanotto, saneerattiin valvomorakennus sekä uusittiin esikäsitteily (välvät, hiekkapesuri, välpeuristin) ja tulo-ruuvit. (Valtonen 2019: 4.)

4.2 Jätevesikuormitus ja päästöt Lohjanjärveen

Lohjan kaupungin jätevedenpuhdistamolle saapuu käsittelyyn viemäröintialueen asiakkaiden ja yritystoiminnan jätevesiä, mm. Munkkaan jätekeskuksesta tulevat kaatopaikkajätevedet noin 60 m³/d sekä Mahogany Oy:n prosessi- (noin 150 m³/d) ja saniteettivedet.

Lisäksi puhdistamolla käsiteltiin sako- ja umpikaivolietettä ja naapurikuntien pienten puhdistamoiden lietteitä. Pitkäniemen puhdistamolle on viemäröity myös Nummi-Pusulan, Karjalohjan ja Sammatin jätevedenpuhdistamot. Alla olevassa taulukossa (taulukko 3) esitetään vuosien 2010–2018 jätevesimäärät. Tarkemmat tulokset ovat esitettyinä liitteissä 1 ja 2.

Taulukko 3. Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon vesimäärät vuosina 2010–2018. (Valtonen 2019: 5.)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
KÄSITELTY JÄTEVESI										
vrk-maksimi	m ³ /d	24501/04*	24321/04*	18802/03*	20303/04*	16024/01*	17470/12*	23583/02*	21573/11*	21341/01*
kk-maksimi	m ³ /d	15583/04*	14260/12*	11536/04*	12106/11*	10699/12*	11965/03*	11445/02*	15281/12*	12372/01*
keskiarvo	m ³ /d	7860	8270	9010	8300	8780	9660	8460	9070	7810
kk-min.	m ³ /d	5834/02*	6012/01*	6935/08*	6175/03*	7730/06*	6928/10*	6668/10*	6057/07*	6358/11*
OHITUS										
vuosikeskiarvo	m ³ /d	3,76	1,64	0	7,23	0	0	8,2	0,42	0
Vedenkulutus	m ³ /d	5450	5900	5742	5485	6371	6463	5837	7527	6551
Mitoitusarvo	m ³ /d									15 000

*) merkintä /x merkitsee tulokuormaa/kyseinen kuukausi.

Seuraavassa taulukossa (taulukko 4) esitetään Pitkäniemen puhdistamon vuosien 2008–2018 tulokuormat. Puhdistamolle vuonna 2018 saapunut kuormitus oli BOD:n osalta noin 12 %, fosforikuormitus noin 5 % ja typpikuormitus noin 7 % edellisvuotisia suurempia. Taulukon 2 luvut esittävät suuruusluokkia, näytekertojen määrä on 12 kpl vuosittain, mikä edustaa koko vuosijaksosta (n=365) noin 3,3 %.

Taulukko 4. Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon tulokuormat vuosina 2008–2018 (Valtonen 2019: 6).

Vuosi	Jätevesi m ³ /d	BOD ₇ -ATU kg/d	FOSFORI kg/d	TYPPI kg/d
2008	9300	1500	64	360
2009	7680	1400	59	360
2010	7860	1600	61	380
2011	8270	1600	65	370
2012	9010	1600	61	430
2013	8300	1800	71	430
2014	8780	1700	69	470
2015	9660	1900	72	510
2016	8470	1900	69	490
2017	9070	1700	63	450
2018	7810	1900	66	480
näytep. maksimi 2018	14500	2300	85	550
Mitoitusarvot:	15000			
¹ AVL v. 2018 ka/max:		27143/32857	AVL 1=0,07 kg O ₂ /as*d	

¹ AVL tarkoittaa asukasvastinelukua. Esimerkiksi AVL 1 on yhden henkilön puhdistamattomien jätevesien sisältämä lika-aineiden määrä vuorokaudessa.

Puhdistuslaitoksen toiminnan aiheuttamat päästöt vesiin vuosina 2008–2018 on esitettyä seuraavassa taulukossa (taulukko 5).

Taulukko 5. Pitkäniemen puhdistamolta vesistöön johdettu kuormitus v. 2008–2018 (Valtonen 2019: 9).

Vuosi	Jätevesi m ³ /d	BOD7			Fosfori			Typpi			NH ₄ -N		
		kg/d	mg/l	teho %	kg/d	mg/l	teho %	kg/d	mg/l	teho %	kg/d	mg/l	teho %
2008	930	31	3,3	98	2,1	0,23	97	120	13	68	6,4	0,7	98
2009	7680	19	2,5	99	1,4	0,18	98	98	13	72	0,61	0,08	>99
2010	7860	32	4,1	98	1,5	0,19	98	94	12	75	24	3,1	94
2011	8270	26	3,2	98	1,7	0,21	97	120	15	68	22	2,7	94
2012	9010	29	3,2	98	1,3	0,14	98	170	19	60	17	1,9	96
2013	8310	28	3,4	98	1,7	0,21	98	150	18	65	15	1,8	97
2014	8780	33	3,8	98	2,1	0,24	97	150	17	68	18	2,1	96
2015	9660	46	4,8	98	4,2	0,43	94	150	16	71	20	2,1	96
2016	8470	35	4,1	98	2	0,23	97	190	22	61	14	1,6	97
2017	9070	39	4,3	98	1,7	0,19	97	150	17	67	25	2,8	94
2018	7810	44	5,6	98	1,6	0,21	98	160	20	67	34	4,4	93

Vuonna 2018 vesistöön johdettu BOD-kuormitus oli edellisvuotta noin 13 % suurempi. Fosforikuormitus oli noin 6 % edellisvuotta pienempi ja kokonaistyyppikuormitus noin 7 % edellisvuotta suurempi. (Valtonen 2019: 9.)

5 Järvien hapetus

Hapettamisen tarkoitus on lisätä ja ylläpitää pohjanläheisen veden happipitoisuutta, jotta järven sisäisen kuormituksen seurauksena syntyneiden ravinteiden määrä vähenisi. Pohjan hyvä happipitoisuus lisää myös järven kannalta tärkeiden pohjaeläinten viihtyvyyttä. Pohjaeläimet puolestaan kuljettavat happea yhä syvemmälle sedimenttiin, parantaen näin pohjan tilaa. Lisäksi hapetuksella pyritään elvyttämään pohjan hajotustoimintaa, ja myös estämään hapettomissa prosesseissa syntyvien haitallisten aineiden syntymistä (metaani, ammonium, rikkivety). Pohjan metaanin syntymisen vähentyessä kaasukuplien aiheuttama pohjan resuspensio vähenee, pienentämällä samalla pohjasta vapautuvien ravinteiden määrää. (Lappalainen & Laakso 2005: 153.)

Yleisempiä käytössä olevia hapetusmenetelmiä Suomessa ovat hapen vienti veteen ilman ja paineilmakuplituksen avulla ja hapellisen päällysveden johtaminen happiköyhään alusveteen. Happea voidaan viedä veteen myös kemikaalina. (Lappalainen & Laakso 2005: 157.)

Suomen järvistä jopa neljänneksellä on huono happitilanne pohjan läheisyydessä. Järviä, joiden syvänteessä mitattu minimihappipitoisuus on talven aikana alle 11 %, on Suomessa noin 2000. Jos pienemmätkin järvet (<60 ha) otetaan laskuun mukaan, vähähapisten järvien lukumäärä nousee vielä runsaasti. (Lappalainen & Laakso 2005: 153.)

6 Lohjanjärvellä tapahtuva syvänteiden hapetus ja sen vaikutukset

Lohjanjärvellä sijaitsevilla pistekuormittajilla on ympäristönsuojelulain mukaiset velvoitteet. Näiden velvoitteiden mukaan esimerkiksi Sappi Kirkniemen tehtaan kuuluu parantaa Hällsnäsfjärdenin-Kyrköfrjärdenin syvänteiden tilaa hapettamalla.

Lohjanjärvellä hapetuksella pyritään vähentämään tehtaiden jätevesien happea kuluttavan aineksen sekä ravinnekuormituksen aiheuttamia haitallisia vesistövaikutuksia.

Hapetuksen vaikutuksia mitattiin Lohjanjärvellä tarkastelemalla hapen, kokonaisfosforin, sähkönjohtavuuden ja sulfaattien määrää. Sähkönjohtavuudella mitattiin veteen

liuenneiden suolojen määrää. Nämä kasvoivat selvästi jätevesien vaikutusalueilla. Sulfaatti on yksi sähkönjohtavuutta nostavista suoloista, ja sen vaikutukset voivat aiheuttaa hapettomissa olosuhteissa sen pelkistymistä joidenkin mikrobien ansiosta. Tällöin sulfaatti pelkistyisi sulfideiksi muodostaen samalla vesieliöille haitallista rikkivetyä. Lisäksi sulfaatin on havaittu vaikuttavan myös epäsuorasti rehevöitymiseen.

Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry:n vuonna 2015 suorittaman tutkimuksen mukaan happipitoisuudet olivat kokonaisuudessaan Lohjanjärvellä edellisvuosia parempia. Pintaveden sähkönjohtavuus oli puolestaan järven eteläosissa korkeampi kuin Isoselällä. Järven eteläosissa pohjan tuntumassa mitattuna sähkönjohtavuus sekä sulfaattipitoisuus viittasivat jätevesikuormitukseen jätevesien purkuputkien läheisyydessä. Jäteveden vaikutuksia oli nähtävissä jonkin asteisena Kyrköfjärdeniltä (havaintopaikka 15) Ahtilansalmen syvänteelle (havaintopaikka 10) saakka. Edellisvuotena jäteveden vaikutuksia havaittiin jopa Ristisalmen syvänteelle (havaintopaikka 19) saakka.

Vuonna 2018 tehdyn tutkimuksen mukaan happipitoisuus syvänteiden pohjilla oli edellisvuosiin verrattuna heikompi. Talvella mitatut happiarvot olivat kaikilla järven havaintopaikoilla hyvät, mutta kesällä mitattiin jopa alle $<0,2$ mg/l happipitoisuus jätevesien purkualueen lähellä sijaitsevalla Mangsön syvänteellä. Pohjan tuntumassa mitattiin havaintopaikoilla myös kokonaisfosforin määrää, ja sen pitoisuudet pysyivät vähintään kohtuullisilla lukemilla. Suurin kokonaisfosforipitoisuus havaittiin Hermalanselän havaintopaikalla, jossa ei ole hapetinta lähetyvillä. (Ranta ym. 2015: 12-19; Asp ym. 2019: 18-21.)

7 Hapen siirtyminen veteen

Luonnollisesti ilma sekoittuu veteen esimerkiksi virtauksessa, jossa vesi tippuu kivien yli ja näin pääsee sekoittumaan ilman kanssa. Tämä perustuu siihen, että turbulenssi saattaa ilman ja veden kosketuksiin, jolloin ilma pääsee liukenemaan veteen.

Molekyylitasolla happi siirtyy veteen diffuusiolla, jossa siis aine siirtyy suuremmasta pitoisuudesta pienempään. Molekylaarisen diffuusion tapahtumaan vaikuttavat kaasun ja nesteiden ominaisuudet, kuten lämpötila, aineen pitoisuuserot sekä pinta-ala, jonka läpi

diffuusio tapahtuu. Hapen siirtymisnopeus on verrannollinen pitoisuuden muutokseen pituusyksikköä kohti yhtälön 1 mukaan seuraavasti: (RIL 124-1-2003, 203-205).

$$\frac{ds}{dt} = -D \cdot A \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

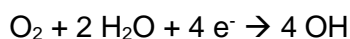
A on pinta-ala, jonka läpi molekyylit siirtyvät,
 s on pinta-alan A läpi siirtyvien molekyyliin määrä,
 D on diffuusiokvotio ja
 dC/dx on konsentraation muutos eli konsentraatiogradientti.

Molekylaarisen diffuusion voidaan ajatella tapahtuvan niin, että aineen molekyylit liikkuvat tasaisella nopeudella diffuusion suuntaan törmäten jossain vaiheessa toisiin molekyyleihin, jonka seurauksena niiden suunta ja nopeus muuttuvat. Alhaisessa lämpötilassa ja kovassa paineessa molekyyliin liikkuvuus on hidasta, joten lämpötilaa nostamalla ja painetta alentamalla voidaan nopeuttaa diffuusiota.

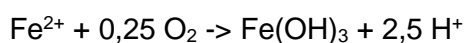
Myös turbulenssi tehostaa diffuusion vaikutusta. Tämä johtuu molekyyliin pyrkimyksestä tasoittua pitoisuuksien suhteen. Tällöin myös turbulenttinen virtaus sekoittaa pitoisuuksia pyörteiden avulla, jotka puolestaan kuljettavat aineita mukanaan nopeammin. (RIL 124-1-2003.)

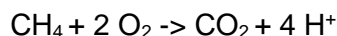
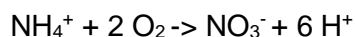
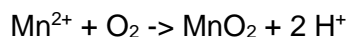
8 Ilmastuksen vaikutukset veden laatuun

Kaasumainen happi ei reagoi veden kanssa, vaan se on vesiliukoinen ja toimii hapettimena niin kuin esitetty seuraavassa yhtälössä:



Happi voi hapettaa orgaanisia aineita. Tämä on pääosin biologinen prosessi. Jokaisella yksittäisellä yhdisteellä on reaktiomekanismi, joka voidaan kuvata elektronitasapainon avulla. Esimerkkejä annetaan alla olevissa yhtälöissä (H_2O on suljettu pois):





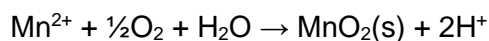
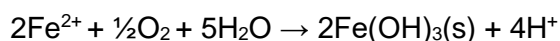
Hapetuksella voidaan siis vaikuttaa esimerkiksi raudan(Fe), mangaanin(Mn) ja joidenkin sulfidien(S²⁻) määrään vedessä (RIL 124-1-2003, 202–206). Hapetuksella on myös tutkittu olevan jonkin verran vaikutusta hajua- ja makuhaittojen vähentämiseen (AWWA 2009: 159). Sitä käytetään myös haihtuvien orgaanisten aineiden poistamiseen vedestä. Vedestä saattaa poistua myös erilaisia liuenneita kaasuja joutuessaan kosketuksiin ilman kanssa. (AWWA 2009.)

8.1 Rauta (Fe) ja mangaani (Mn)

Raudalla ja mangaanilla pitoisuuksissa, joita esiintyy luonnossa pohja- ja pintavesissä, ei ole tunnettuja haitallisia terveysvaikutuksia. Niiden aiheuttamat esteettiset ongelmat voivat kuitenkin olla asiakkaan kannalta melko vakavia. Raakavedessä oleva rauta ja mangaani ovat yleensä liukoisessa, pelkistyneessä, kaksiarvoisessa tilassa. Vesi on kirkasta eikä aineita ole havaittavissa, paitsi että ne voivat aiheuttaa maku- tai hajuvaikutuksia suurissa pitoisuuksissa. Kun rauta ja mangaani hapetetaan, ne muuttuvat ja värjäyvät veden samean keltaisesta mustaksi niiden pitoisuudesta ja muiden epäpuhtauksien esiintymisestä tai puuttumisesta riippuen. (AWWA 2009: 277.)

Liuoksissa oleva rauta tunnetaan nimellä rauta Fe²⁺. Hapetuksen jälkeen rauta muuttuu ferriraudaksi Fe³⁺. Mangaaniliuosta kutsutaan mangaaniseksi mangaaniksi Mn²⁺, ja hapetuksen jälkeen se muuttuu muotoon Mn⁴⁺ tai Mn³⁺. Hapettuneet rauta Fe ja mangaani Mn muodostavat usein rautahydroksidia ja mangaanidioksidia. Rautahydroksidi voi muodostaa tahmean flokin, joka on hyvin näkyvä ja helppo suodattaa käsitellystä vedestä. Tätä voidaan tehostaa lisäämällä polymeeriä ennen sakan poistovaihetta. Mangaanidioksidi muodostaa puolestaan hienomman flokin, jonka poistaminen on usein haasteellisempaa. Seuraavissa yhtälöissä on esitetty raudan Fe²⁺ ja mangaanin Mn²⁺ reaktioyhtälöt vedessä hapen kanssa. Reaktioyhtälöiden stoikiometriasta voidaan havaita, että

raudan hapettaminen vaatii vähemmän happea kuin mangaanin. (AWWA 1999: 15; RIL 124–1–2003: 225–226.)



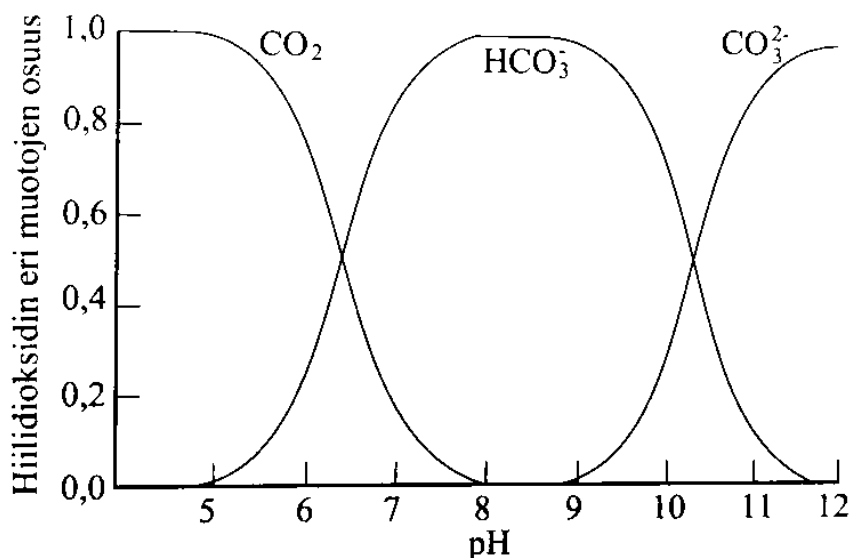
Raudan ja mangaanin hapetus riippuu paljon myös veden pH:sta. Mangaanin tehokas poistaminen vaatii paljon korkeamman pH:n kuin raudan poistossa, ja siksi prosessiin on lisättävä usein jotain kemiallista hapetinta. (AWWA 1999: 9-11.)

8.2 Hiilidioksidi (CO₂)

Veden tärkein heikko happo on hiilidioksidi CO₂. Vedessä olevan hiilidioksidin ja eräiden metallien karbonaattien reaktiot ovat tärkeitä sekä vesihuoltotekniikassa että luonnon olosuhteissakin. Hiilidioksidia siirtyy ilmasta veteen ja päinvastoin noudattaen tasapainotilaa, mutta hiilidioksidia syntyy veteen myös mikrobiologisten prosessien seurauksena. Ilmassa hiilidioksidia on normaalipaineen vallitessa noin 0,035 %. Vedessä hiilidioksidia esiintyy myös muodoissa HCO₃⁻ ja CO₃²⁻, jotka kohottavat liukoisen hiilidioksidin osuutta. Korkea vapaan hiilidioksidin määrä vaikuttaa eliöiden toimintaan haitallisesti vaikeuttaen niiden hengitystä, ja joihinkin eliöihin liian korkea 25 mg/l pitoisuuden ylittävän pitoisuuden vaikutus voi olla jopa tappava. (RIL 124–1–2003: 216–217.)

Vedessä oleva CO₂ esitetään yleensä hiilihapon muodossa H₂CO₃ ja ionisoitumaton liuennut hiilidioksidi esitetään yksinkertaisesti muodossa CO₂.

Hiilidioksidin eri muotojen CO₂, HCO₃⁻ ja CO₃²⁻ esiintyminen riippuu myös paljon veden pH:sta. Näiden riippuvuuksien tilanteen voi havainnoida kuvasta 14.



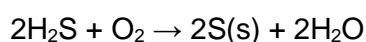
Kuva 14. CO₂ - HCO₃⁻ - CO₃²⁻ välinen tasapainotila. (RIL 124–1–2003: 217.)

Hiilidioksidi CO₂ liukenee helposti veteen. Jos tällainen runsas hiilidioksidinen vesi joutuu kosketuksiin kalsiumkarbonaattia sisältävän veden kanssa, liukenee muuten vaikealiukoinen kalsiumkarbonaatti vetykarbonaattina suhteellisen helposti. Tämä reaktio kuitenkin palautuu, jos hiilidioksidi vähenee esimerkiksi ilmastettaessa. Silloin vetykarbonaatti muuttuu karbonaatiksi, joka saostuu. Vetykarbonaatin määrän muuttuessa on myös liuenteen hiilidioksidin määrän muututtava ja päinvastoin. (RIL 124–1–2003: 216–217.)

8.3 Rikkivety (H₂S)

Rikkivetyä muodostuu luonnonolosuhteissa maaperän rikkipitoisten mineraalien rapautuessa tai orgaanisten aineiden biologisen hajoamisen yhteydessä. Sitä ei synny hapellisissa olosuhteissa. Rikkihappi hapettuu vapaan hapen vaikutuksesta nopeasti vedeksi ja elementaariseksi rikiksi, joka voi puolestaan hajota rikkihapoksi. Rikkivety on vesilielle myrkyllinen yhdiste. (RIL 124–1–2003: 226.)

Seuraavassa yhtälössä on esitetty rikkivedyn reaktioyhälö hapen kanssa.



Rikkivety saadaan poistettua vedestä ilmastuksella tehokkaasti. Poistotehokkuus on kuitenkin riippuvainen veden pH:sta. Tehokkain rikkivedyn poisto saavutetaan pH:n ollessa 6 tai sen alle, jolloin rikkivety esiintyy kaasumaisessa muodossa ja on näin ollen helpompi poistaa. (AWWA 2009: 393.)

8.4 Metaani (CH₄)

Metaania esiintyy usein pohjavesivaroissa, jotka sijaitsevat lähellä maakaasuvarastoja. Metaani on kaasuna väritön ja hajuton, mutta veteen sekoittuessaan aiheuttaa vedelle valkosipulimaisen maun. Metaani liukenee niukasti veteen, joten se on helppo poistaa ilmastuksen avulla. (AWWA 2009: 371.)

8.5 VOC-yhdisteet

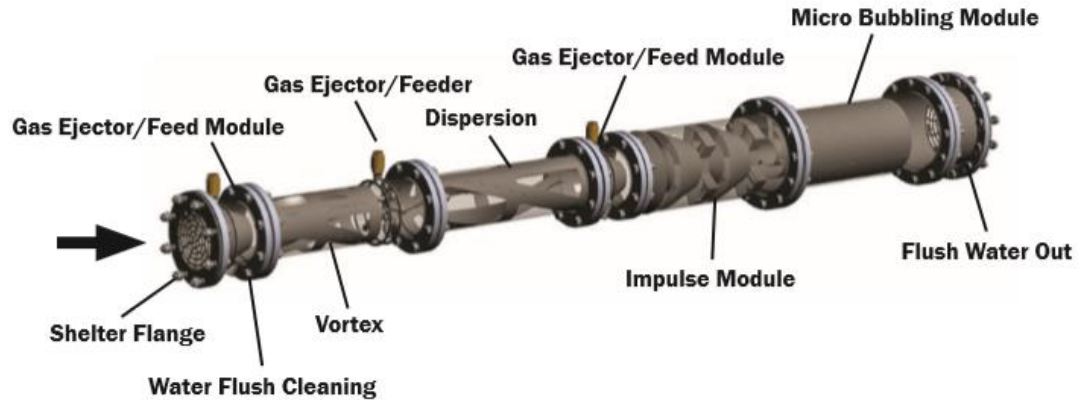
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet eli VOC-yhdisteet esiintyvät kaasumuodossa. Niitä ovat esimerkiksi halogenoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit sekä aromaattiset hiilivedyt. Osa VOC-yhdisteistä on vaarallisia ihmisten terveydelle ja etenkin yhdisteiden yhteisvaikutuksilla epäillään aiheuttavan erilaisia terveystahittoja.

VOC-yhdisteitä voidaan poistaa ilmastuksella, mutta ne ovat huomattavasti vähemmän haihtuvia ja hankalampia poistaa kuin esimerkiksi CO₂ ja H₂S, joten niiden poistamiseen tarvitaan yleensä monimutkaisempia laitteistoja. (AWWA 2009: 371; VOC-yhdisteet 2020.)

9 Ilmastuslaite

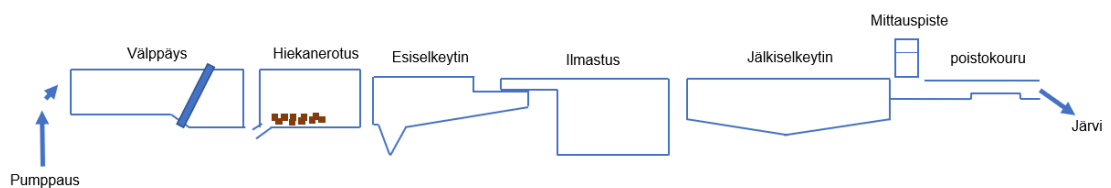
Projektissa ilmastuslaitteena käytettiin SansOx Oy:n laitetta nimeltä Oxtube. Oxtube on modulaarinen ratkaisu, joka voidaan jälkiasentaa, poistaa, puhdistaa ja asentaa useissa vedenpuhdistusprosessin vaiheissa. Oxtube voidaan integroida mihin tahansa makean veden ja jäteveden käsittelyn vesivirtausjärjestelmään. Oxtuben toiminnan päätarkoitus on veden ilmastus sekä hapen liuottaminen veteen. Oxtuben yhteydessä voidaan lisäksi

syöttää eri prosesseissa tarvittavia kemikaaleja veteen, jolloin Oxtuben vaikutuksesta ne sekoittuvat erittäin tehokkaasti. Kuvassa 15 on esitettyä Oxtuben rakenne.



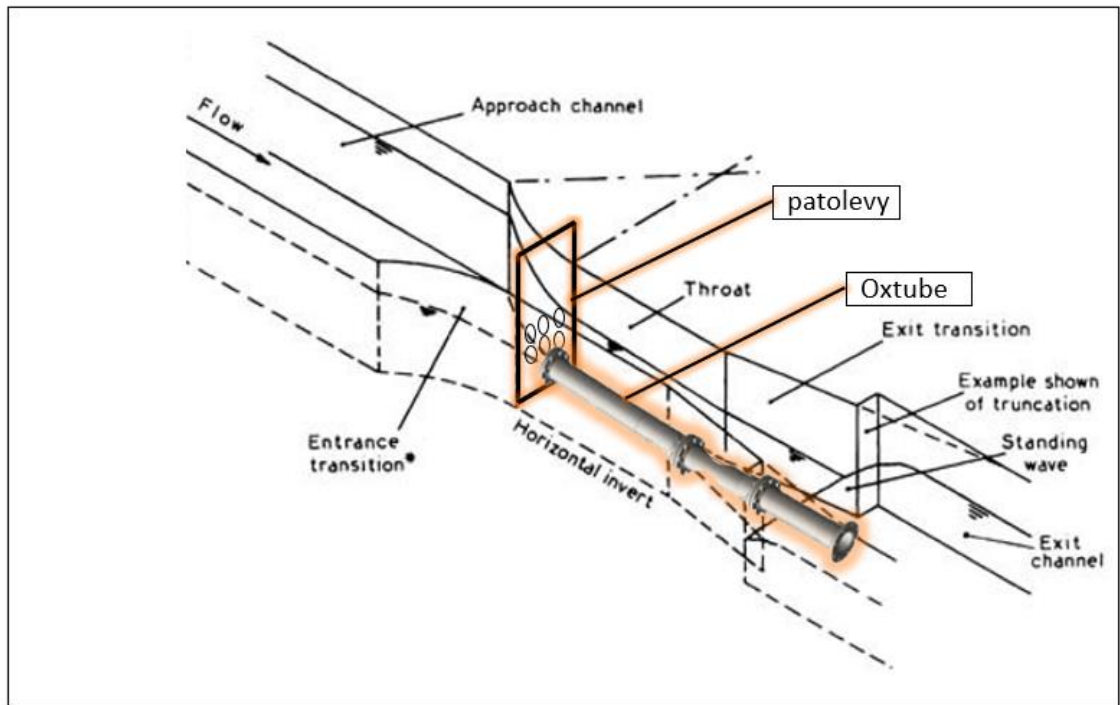
Kuva 15. Oxtuben rakenne ja toiminta (The Oxtube. 2016).

Oxtube asennettiin Lohjan kaupungin Pitkänien jättevedenpuhdistamolle 13.3.2020 jättevedenkäsittelyjärjestelmän loppuvaiheeseen selkeytysaltaiden jälkeen tulevaan suorakulmaiseen poistokouruun. Ennen poistokourua prosessissa sijaitsee mittauspiste, jossa puhdistettu vesi tutkitaan mittaamalla ennen sen pääsyä järveen. Mittauspisteellä tapahtuu myös laitoksen puhdistetun jätteveden virtausmittaus. Pitkänien puhdistusprosessin järjestys voidaan nähdä kuvasta 16.



Kuva 16. Lohjan Pitkänien jättevedenpuhdistuslaitoksen yksinkertaistettu prosessipiirros.

Kuvassa 17 on esitetty tarkemmin Oxtuben asennuskohta jätteveden poistokouruun.



Kuva 17. Vesikouru, johon Oxtube asennettiin patolevyn avulla.

Oxtuben toiminnan kannalta riittävän paineen aikaansaamiseksi jäteveden poistokouruun asennettiin patolevy. Sen tarkoituksena oli nostaa virtauksen paine riittävän korkealle tasolle ja ohjata osa virtauksesta Oxtubeen. Patolevy asetettiin purkukourun kaivenuksen ja kuristuksen väliseen tilaan. Tilan leveys oli tässä kohdassa hieman yli 30 cm. Patolevy ja Oxtube nähdään asennettuna poistokouruun kuvassa 18.



Kuva 18. Oxtube ja patolevy asennettuna jäteveden poistokouruun 13.3.2020.

Kuvasta nähdään myös, että patolevyyn porattiin 6 kappaletta halkaisijaltaan noin 7 cm:n levyisiä reikiä siihen aiheutuvan paineen tasaamiseksi. Laitteen asennus jouduttiin kuitenkin keskeyttämään, sillä patolevy loi virtaukseen liian suuren paikallisvastuksen, jonka vaikutuksesta veden pinta nousi liikaa aiheuttaen virtausmittauksen virheellisen tuloksen. Virheellisen mittaustuloksen mukaan prosessissa aikaisemmin sijaitsevalla mittauspisteellä virtaus olisi muuttunut $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$:sta $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$:iin. Tämä puolestaan vaikutti jätevedenpuhdistuslaitoksella suoritettaviin lakisääteisiin mittauksiin, jonka takia ilmastuslaite purettiin.

10 Tutkimuksen suoritus ja tulokset

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää jäteveden purkuputken yhteydessä tapahtuvan ilmastuksen vaikutuksia vesiympäristöön. Tämän selvittämiseksi otettiin Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon purkuvesien lähialueelta ja purkuputken ulostuloaukolta näytteitä. Tarkoituksena oli vesinäytteenottomenetelmin tutkia veden laatua erityisesti rehevöitymistä lisäävien fosforin ja typen osalta, mutta lisäksi mitattiin myös veden liuenneen hapen määrää(DO) ja kemiallisen hapenkulutuksen määrää(COD) sekä sulfaattien määrää. Lisäksi tutkittiin veden pH ja johtokyky.

Näytteenotto oli tarkoitus suorittaa tutkimuksessa kaksi kertaa, ennen Oxtuben asentamista ja sen asentamisen ja vaikutusajan jälkeen. Tutkimuksessa edettiin kuitenkin vain ensimmäisiin mittauksiin ennen Oxtuben asentamista. Tämä johtui Suomen poikkeusolosuhteiden ja ensimmäisen laitteiston asentamisen epäonnistumisen vuoksi aiheutuneesta viivästyisestä, jonka seurauksena laitteistoa ei ehditty asentaa uudestaan ja näin ollen myöskään vaikutusajan jälkeisiä mahdollisia muutoksia veden laadussa ei saatu mitattua. Mittaukset suoritettiin näytteenottopaikan 3 osalta 1.2.2020 ja näytteenotto 1 ja 2 osalta 5.2.2020.

10.1 Veteen liuenneen hapen määrittäminen(DO)

Hapen liukoisuus riippuu lämpötilasta siten, että kylmään veteen liukenee enemmän happea kuin lämpimään veteen. Happipitoisuus järvissä on huonoa, jos happea on alle 5 mg/l.

Veteen liuenneen hapen määrää mitattiin Metropolia Ammattikorkeakoulusta lainatulla kannettavalla HACH HQ40D-mittarilla. Mittari mittaa liuenneen hapen määrän suoraan näytevedestä.

Mittauksia suoritettiin jäteveden purkuputken ulostuloaukon suulta (näyte 1) ja noin 10 metrin päässä purkuputken ulostuloaukon päästä (näyte 2). Lisäksi liuenneen hapen määrä ehdittiin mitata ennen jäiden tuloa myös jäteveden puhdistamon purkualueen järven puolelta noin 30 metrin päästä purkuputken suulta (näyte 3). Mittauksien tulokset

nähdään taulukossa 6. Näytteiden 1 ja 2 vesien lämpötilat olivat mittaushetkellä +8 °C ja näytteiden 3 vesien lämpötilat olivat noin +2 °C.

Taulukko 6. Liuenneen hapen määrät näytepaikoissa 1-3.

Liuennut happi DO (mg/l)			
	Näyte 1	Näyte 2	Näyte 3
Mittaus 1	9,08	8,65	12,22
Mittaus 2	9,01	6,87	12,48
Mittaus 3	8,98	8,44	12,5
Mittaus 4	8,98	8,46	12,62
Mittaus 5			12,54
Mittaus 6			12,54
Mittaus 7			12,69
Mittaus 8			12,58
Mittaus 9			12,54
Mittaus 10			12,64
Mittaus 11			12,7
Keskiarvo	9,0125	8,105	12,55

Mittauksen tuloksista voidaan havaita, että purkupuutken purkuaukon läheisyydessä veden liukoinen hapen määrä oli pienempi kuin kauempana järven puolella mitattujen näytteiden määrät.

10.2 Fosforin määrittäminen

Fosfori määritettiin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon omilla pikatesteillä. Pikatestinä käytettiin PhosVer3–fosforireagenssia ja analyysilaitteena HACH DR 3900:ta, joka on nähtävissä kuvassa 19.



Kuva 19. Fosforin määrittäjä HACH DR 3900.

Näytteitä tutkittiin yhteensä 2, joista näyte 1 oli otettu purkuputken suuaukon lähetyviltä ja näyte 2 noin 10 metrin päästä purkuputkesta. Ennen analyysien suorittamista näytteet suodatettiin, jonka jälkeen otettiin suodatettuja näytteitä 10 ml, joihin lisättiin Phosver3–fosfori-reagenssijauhe ja laitettiin koneeseen analysoitavaksi.

Taulukko 7. Näytteiden 1 ja 2 mittaustulokset.

	Ammoniumtyppi (mg/l)	Kokonaisfosfori (mg/l)	pH	Sähkönjohtavuus (µS/cm)	COD (mg/l)
Näyte 1	3,66	0,07	6,82	43	31,3
Näyte 2	3,82	0,1	6,9	46	43,6

Näytteen 1 tulos oli analyysin jälkeen 0,07 mg/l ja näytteen 2 tulos oli 0,10 mg/l. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 7.

10.3 Ammoniumtyypen määrittäminen

Ammoniumtyypen määrittäminen suoritettiin Pitkäniemen omassa laboratoriossa käyttäen Ammonium LCK305–pikatestiä. Pikatesti suoritettiin pakkauksen ohjeiden mukaisesti ja analysoidiin samalla HACR DR 3900 -määrittäjälaiteella kuin fosforikin.

Tuloksiksi saatiin näytteen 1 osalta 3,66 mg/l ja näytteen 2 osalta 3,82 mg/l. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 7.

10.4 pH:n määrittäminen

Veden pH-arvon määrittäminen suoritettiin standardin SFS 3021 mukaan. Näytteenoton suorituksessa noudatettiin pH-mittarin käyttöohjeita. Kenttäolosuhteitten takia näytteenotto jouduttiin suorittamaan huomattavasti alemmassa lämpötilassa +9 °C:ssa, kuin suositeltu 25±2, mutta tässä opinnäytetyön tutkimuksessa käytettävä pH-mittauslaite sisälsi automaattisen lämpötilankorjausominaisuuden.

Näytteen 1 tulos oli pH 6,82 ja näytteen 2 tulos oli pH 6,9.

10.5 Veden kemiallisen hapen kulutuksen, COD_{Mn}-arvon määrittäminen

Kemiallinen hapenkulutus COD_{Mn} tarkoittaa sitä hapen määrää, jonka esimerkiksi teollisuuden päästöjen aiheuttamat kemialliset reaktiot vesistössä kuluttavat. Tässä opinnäytetyössä kemialliseen hapen kulutukseen vaikuttaa Lohjan Pitkäniemen jätevedenpuhdistamosta tulevan purkuveden kemialliset pitoisuudet. COD_{Mn} mitattiin myös kahdesta kohtaa jäteveden purkuputken läheisyydessä. Näyte 1 mitattiin purkuputken suulla ja näyte 2 noin 10 metrin päästä purkuputkea.

COD_{Mn} määrittäminen suoritettiin Pitkäniemen puhdistamon oman laboratorion tiloissa HACH Lange LCI500 COD chemical oxygen demand ISO 15705 cuvette test 0–150 mg/l -testillä. Testi suoritettiin pakkauksen ohjeiden mukaisesti.

Tuloksiksi saatiin näytteen 1 osalta 31,3 mg/l ja näytteen 2 osalta 43,6 mg/l. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 7.

10.6 Sähkönjohtokyvyn määrittäminen

Sähkönjohtavuus kuvaa veden liuenneiden suolojen määrää.

Näytteenotto suoritettiin standardien ohjeiden mukaisesti ja johtokyky mitattiin järvivedestä otetuista näytteistä mahdollisimman pian näytteenoton jälkeen.

Tuloksiksi saatiin näytteen 1 osalta 43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja näytteen 2 osalta 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tulokset ovat nähtävissä taulukossa 7.

11 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää jätevesilaitoksen purkuputken yhteyteen asennettun hapen syötön vaikutuksia vesi- ja järviympäristöön. Järviveden laatuun vaikuttivat etenkin valuma-alueiden sekä pistekuormittajien mukana saapuvat ravinteet. Ravinteiden suuri pitoisuus järvissä aiheuttaa järvien rehevöitymistä ja lisää happikadon riskiä etenkin lämpökerrostuneisuuskausina järvien syvänteissä. Ravinteiden lisäksi jätevedet tuovat järviveteen monia muita haitallisia vaikutuksia, kuten limoittumista, haju-, väri- ja hygieenisiiä haittoja sekä sameuden lisääntymistä.

Järvien veden laatuun voidaan kuitenkin vaikuttaa erilaisin hapetukseen perustuvien menetelmin. Hapetuksella voidaan lisätä ja ylläpitää sedimentinläheisen veden happipitoisuutta. Tämä tapahtuu viemällä ylimääräistä happea veteen ilman ja paineilmakuplituksen avulla ja hapellisen veden johtamisella happiköyhään alusveteen.

Ilmastuksella todettiin olevan vaikutusta myös eri orgaanisten aineiden hapettumiseen. Sillä voidaan vaikuttaa esimerkiksi raudan (Fe), mangaanin (Mn) ja joidenkin sulfidien (S^{2-}) määrään vedessä. Lisäksi ilmastuksella on myös jonkin verran vaikutusta haju- ja makuhaittojen vähentämiseen ja sitä käytetään myös haihtuvien orgaanisten yhdisteiden poistamiseen vedestä.

Näytteenottomenetelmiin perustuvaa tutkimusta ei saatu suoritettua projektin aikana loppuun johtuen ilmastuslaitteen asentamisen epäonnistumisesta. Näytteenottoa saatiin kuitenkin suoritettua lähtötilanteen selvittämiseksi ennen Oxtuben asennusta.

Jatkossa yritys voi mahdollisuuksien mukaan jatkaa tutkimuksia kohteessa ja käyttää tämän opinnäytetyön valmiita teoretietoja sekä mittaustuloksia tutkimuksen pohjana.

Lähteet

Asp, T., Holmberg, R., Lehmijoki, A. ja Valtonen, M. 2019: Lohjanjärven sekä Mustionjoen, Pohjanpitäjänlahden ja Tammisaaren merialueen yhteistarkkailujen yhteenvedo vuodelta 2018. Julkaisu 293/2019. Lohja: Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

AWWA. 2009. Water Treatment. 4.painos. Denver: American Water Works Association. E-kirja. ebookcentral.proquest.

Havaintojen lataus. 2020. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. < <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus#!/>>. Päivitetty 14.4.2020. Luettu 14.4.2020.

Jäteveden ympäristövaikutukset. 2020. Verkkoaineisto. Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry. <<https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu/jateveden-ymparisto-vaikutukset/>>. Päivitetty 23.3.2020. Luettu 23.3.2020.

Karttapalvelu. 2020. Verkkoaineisto. Vesi.fi. <<https://www.vesi.fi/karttapalvelu/>>. Päivitetty 4.4.2020. Luettu 4.4.2020.

Kauppinen, Esko. 2016. Lohjanjärven syvänteiden hapetus. Hapetinlaitteiden toiminta vuonna 2015. Helsinki: Vesi-Eko Oy.

Lappalainen, K. & Laakso E, 2005. Järven hapetus, YO114 Järvien kunnostus. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Lindedahl, Kaj. 2019. Kunnallinen vesihuolto 1. Luentomoniste. Metropolia Ammattikorkeakoulu.

Lohjan kaupungin Pitkäniemen jätevedenpuhdistamon ympäristölupahakemus. 2013. Aluehallintovirasto.

Lohjanjärvi. Verkkoaineisto. Järvi&Meriwiki. <[www.jarviwiki.fi/wiki/Lohjanj%C3%A4rvi_\(23.021.1.001\)](http://www.jarviwiki.fi/wiki/Lohjanj%C3%A4rvi_(23.021.1.001))>. Päivitetty 4.3.2013. Luettu 5.2.2020.

Ranta, E. ja Valtonen, M. 2016: Lohjanjärven alueen yhteistarkkailujen yhteenveto vuodelta 2015. Julkaisu 268/2016. Lohja: Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry.

RIL 124-1-2003. Vesihuolto I. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RILry.

Räike, A., Pietiläinen, O. ja Pitkänen, H. 1998. Typpikuormituksen vaikutus Lohjanjärven ja sen alapuoleisen vesialueen tilaan. Suomen ympäristökeskus SYKE. Julkaisu 188.

Sommerfield, Elmer O. 1999. Iron and Manganese Removal Handbook. American Water Works Association. E-kirja. ebookcentral.proquest.

The Oxtube. 2016. Verkkoaineisto. SansOx Oy. <<https://www.sansox.fi/foxtube>>. Luettu 2.2.2020.

Valtonen, M. 2019. Pitkäniemen puhdistamon kuormitustarkkailu v. 2018. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry. Raportti 765/2019.

VOC-yhdisteet. 2020. Verkkoaineisto. Hengitysliitto. <<https://www.hengitysliitto.fi/foxtube/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet/voc-yhdisteet>>. Päivitetty 2020. Luettu 7.4.2020.

Yhdyskuntien jätevesien kuormitus vesiin. 2018. Verkkoaineisto. Suomen ympäristökeskus SYKE. <https://www.ymparisto.fi/foxtube/FI/Kartat_ja_tilastot/Vesihuoltoraportit/Yhdyskuntien_jatevesien_kuormitus_vesiin>. Päivitetty 12.12.2019. Luettu 23.3.2020.

Lohjan kaupungin Pitkänien jätevedenpuhdistamon vuosikeskiarvot vuonna 2018

		PITKÄNIEMI JVP NÄYTEPÄIVÄT JA VUOSIKESKIARVOT VUONNA 2018																											
		10.1.		7.2.		6.3.		10.4.		22.5.		12.6.		3.7.		7.8.		19.9.		17.10.		20.11.		18.12.		Jakso	Raja		
Virtaama	Puhd.tuleva	m ³ /d	12500	8890	7280	14500	8290	6640	9250	6470	6590	6390	6380	6670	7810														
	Käsitelty	m ³ /d	12500	8890	7280	14500	8290	6640	9250	6470	6590	6390	6380	6670	7810														
	Ohitus	m ³ /d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0														
	Vesistön	m ³ /d	12500	8890	7280	14500	8290	6640	9250	6470	6590	6390	6380	6670	7810														
KA	Tuleva (vI)	kg/d	2300	2200	2300	2800	2700	2600	3800	2800	2600	2400	3000	2600	2700														
	Käsitelty	kg/d	28	22	33	51	43	140	50	41	86	30	18	26	45														
	Ohitus	kg/d	28	22	33	51	43	140	50	41	86	30	18	26	45														
	Tuleva (vI)	mg/l	180	250	310	190	330	390	420	430	390	380	470	390	350														
CODCr	Käsitelty	mg/l	2,2	2,5	4,5	3,5	5,2	21	5,4	6,4	13	4,7	2,8	3,9	5,7														
	Ohitus	mg/l	2,2	2,5	4,5	3,5	5,2	21	5,4	6,4	13	4,7	2,8	3,9	5,7														
	Vesistön	mg/l	2,2	2,5	4,5	3,5	5,2	21	5,4	6,4	13	4,7	2,8	3,9	5,7														
	Käsitelyteho	%	99	99	99	98	98	95	99	99	97	99	99	99	99	98													
BOD7-ATU	Kokonaisteho	%	99	99	99	98	98	95	99	99	97	99	99	99	98														
	Tuleva (vI)	kg/d	4900	4600	5100	6100	4400	4600	7100	4700	6500	4700	5100	4600	5200														
	Käsitelty	kg/d	380	490	360	380	400	420	470	340	350	260	260	300	340														
	Ohitus	kg/d	380	490	360	380	400	420	470	340	350	260	260	300	340														
BOD7-ATU	Tuleva (vI)	kg/d	1600	1800	1800	1900	1800	1800	2200	2000	1600	1900	2300	1800	1900														
	Käsitelty	kg/d	45	120	37	62	49	52	41	24	55	29	27	27	44														
	Ohitus	kg/d	45	120	37	62	49	52	41	24	55	29	27	27	44														
	Vesistön	kg/d	130	200	240	130	220	270	240	300	240	290	350	270	240														
BOD7-ATU	Tuleva (vI)	mg/l	3,6	5,1	5,1	4,3	5,9	7,9	4,4	3,7	8,3	4,5	4,2	4,1															
	Käsitelty	mg/l	3,6	5,1	5,1	4,3	5,9	7,9	4,4	3,7	8,3	4,5	4,2	4,1															
	Ohitus	mg/l	3,6	5,1	5,1	4,3	5,9	7,9	4,4	3,7	8,3	4,5	4,2	4,1															
	Vesistön	mg/l	3,6	5,1	5,1	4,3	5,9	7,9	4,4	3,7	8,3	4,5	4,2	4,1															
BOD7-ATU	Käsitelyteho	%	97	94	98	97	97	97	98	99	97	98	99	98	98														
	Kokonaisteho	%	97	94	98	97	97	97	98	99	97	98	99	98	98														

	10.1.	7.2.	6.3.	10.4.	22.5.	12.6.	3.7.	7.8.	19.9.	17.10.	20.11.	18.12.	Jakso	Raja	
kok:P	Tuleva (vl)	62	60	60	64	64	85	65	64	65	67	68	66		
	Käsitelty	1,5	1,5	1,5	2,2	2,6	1,9	1,2	2,6	1,7	0,96	0,93	1,6		
	Ohitus	kg/d											0		
	Vesistöön	1,5	1,5	1,5	2,2	2,6	1,9	1,2	2,6	1,7	0,96	0,93	1,6		
	Tuleva (vl)	4,9	6,8	8,2	4,4	7,7	9,5	9,2	10	9,7	10	11	10	8,5	
	Käsitelty	0,12	0,17	0,21	0,15	0,31	0,36	0,2	0,19	0,39	0,27	0,15	0,14	0,21	0,3
	Ohitus	mg/l												0	
	Vesistöön	0,12	0,17	0,21	0,15	0,31	0,36	0,2	0,19	0,39	0,27	0,15	0,14	0,2	0,3
	Käsiteltyteho	98	97	97	97	96	96	98	98	96	97	99	99	98	95
	Kokonaisteho	98	97	97	97	96	96	98	98	96	97	99	99	98	95
liuk:P	Käsitelty	0,063	0,1	0,13	0,081	0,22	0,18	0,1	0,092	0,13	0,098	0,086	0,11		
kok:N	Tuleva (vl)	450	470	490	490	450	550	480	500	470	450	500	480		
	Käsitelty	280	280	230	280	120	110	160	110	140	83	96	150	160	
	Ohitus	kg/d											0		
	Vesistöön	280	280	230	280	120	110	160	110	140	83	96	150	160	
	Tuleva (vl)	36	53	67	34	55	70	59	74	76	73	70	75	61	
	Käsitelty	22	32	31	19	15	16	17	17	22	13	15	22	20	
	Ohitus	mg/l												0	
	Vesistöön	22	32	31	19	15	16	17	17	22	13	15	22	20	
	Käsiteltyteho	39	39	54	44	73	77	71	77	71	82	79	71	67	
	Kokonaisteho	39	39	54	44	73	77	71	77	71	82	79	71	67	
NH4-N	Käsitelty	130	88	21	120	3	47	2,3	11	3,6	15	7,3	34		
	Käsitelty	10	9,9	2,9	8	0,36	5,1	0,35	1,6	0,56	2,3	1,1	4,4		
NO3&NO2-N	Käsitelty	11	23	29	11	13	11	17	19	11	12	21	15		
	Käsiteltyteho	72	81	96	76	99	91	100	98	99	97	99	93		
Nitriif-aste	Kokonaisteho	72	81	96	76	99	91	100	98	99	97	99	93		
	Kokonaisteho	72	81	96	76	99	91	100	98	99	97	99	93		
Lämpötila ¹⁾	tuleva iv	10	9	9,5	8,5	16	15,5	18,5	17,5	16	13	11			
	lähtävä iv	10	8	9	8,5	17	16	19	17,5	16,5	13	10,5			

¹⁾ Lämpötilat ovat näytepäivän aikana tehtyjen mitausten keskiarvoja



PUHDISTAMO: Pitkäniemen jätevedenpuhdistamo Lohja

LAITOSTUNNUS: 536

 TARKKAILUJAKSOT: **J1 = 1.1.2018 - 31.3.2018**
J2 = 1.4.2018 - 30.6.2018
J3 = 1.7.2018 - 30.9.2018
J4 = 1.10.2018 - 31.12.2018

Tulokset/jaksot			J1	J2	J3	J4	Vuosi	Raja	Tavoite	
Virtaama	Käsitelty	m ³ /d	9380	8910	6530	6460	7820			
	Ohitus	m ³ /d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	m ³ /d	9380	8910	6530	6460	7820			
KA	Tuleva vl	kg/d	2300	2700	3100	2700	2700			
	Käsitelty	kg/d	27	70	52	25	44			
	Ohitus	kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	kg/d	27	70	52	25	44			
	Tuleva vl	mg/l	250	300	470	420	350			
	Käsitelty	mg/l	2,9	7,9	7,9	3,8	5,6	35		
	Ohitus	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	mg/l	2,9	7,9	8,0	3,9	5,6	35		
	Käsittelyteho	%	99	97	98	99	98	90		
	Kokonaisteho	%	99	97	98	99	98	90		
	CODcr	Tuleva vl	kg/d	4900	5000	6100	4800	5200		
		Käsitelty	kg/d	400	370	340	270	350		
Ohitus		kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Vesistöön		kg/d	400	370	340	270	350			
Tuleva vl		mg/l	520	560	930	740	660			
Käsitelty		mg/l	43	41	52	42	45	125		
Ohitus		mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Vesistöön		mg/l	43	42	52	42	45	125		
Käsittelyteho		%	92	93	94	94	93	75		
Kokonaisteho		%	92	93	94	94	93	75		
BOD7-ATU		Tuleva vl	kg/d	1700	1800	1900	2000	1900		
		Käsitelty	kg/d	65	50	35	28	45		
	Ohitus	kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	kg/d	65	50	35	28	45			
	Tuleva vl	mg/l	180	200	290	310	240			
	Käsitelty	mg/l	6,9	5,6	5,3	4,3	5,8	10		
	Ohitus	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	mg/l	6,9	5,6	5,4	4,3	5,8	10		
	Käsittelyteho	%	96	97	98	99	98	95		
	Kokonaisteho	%	96	97	98	99	98	95		
	kok.P	Tuleva vl	kg/d	61	64	71	67	66		
		Käsitelty	kg/d	1,5	2,1	1,6	1,2	1,6		
Ohitus		kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Vesistöön		kg/d	1,5	2,1	1,6	1,2	1,6			
Tuleva vl		mg/l	6,5	7,2	11	10	8,4			
Käsitelty		mg/l	0,16	0,24	0,25	0,19	0,20	0,3		
Ohitus		mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Vesistöön		mg/l	0,16	0,24	0,25	0,19	0,20	0,3		
Käsittelyteho		%	98	97	98	98	98	95		
Kokonaisteho		%	98	97	98	98	98	95		



PUHDISTAMO: Pitkänien jättevedenpuhdistamo Lohja

LAITOSTUNNUS: 536

TARKKAILUJAKSOT: J1 = 1.1.2018 - 31.3.2018
 J2 = 1.4.2018 - 30.6.2018
 J3 = 1.7.2018 - 30.9.2018
 J4 = 1.10.2018 - 31.12.2018

Tulokset/jaksot			J1	J2	J3	J4	Vuosi	Raja	Tavoite	
kok.N	Tuleva vl	kg/d	470	470	510	470	480			
	Käsitelty	kg/d	250	150	120	110	160			
	Ohitus	kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	kg/d	250	150	120	110	160			
	Tuleva vl	mg/l	50	53	78	73	61			
	Käsitelty	mg/l	27	17	18	17	20			
	Ohitus	mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	Vesistöön	mg/l	27	17	18	17	20			
	Käsittelyteho	%	47	68	76	77	67	70		
	Kokonaisteho	%	47	68	76	77	67	70		
	NH4-N	Tuleva vl	kg/d	77	37	18	8,4	35		
		Käsitelty	kg/d	77	37	18	8,4	35		
		Ohitus	kg/d	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
		Vesistöön	kg/d	77	37	18	8,4	35		
Tuleva vl		mg/l	8,2	4,1	2,7	1,3	4,5			
Käsitelty		mg/l	8,2	4,1	2,7	1,3	4,5			
Ohitus		mg/l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
Vesistöön		mg/l	8,2	4,2	2,8	1,3	4,5			
Käsittelyteho		%								
Kokonaisteho		%								
Nitrif.aste	Käsittelyteho	%	84	92	96	98	93			
	Kokonaisteho	%	84	92	96	98	93			