



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KÄYTTÖTARKKAILUMITTAUKSET JÄTEVE- DENPUHDISTAMOILLA

Antero Uurtamo

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2018
Environmental Engineering



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Degree Programme in Environmental Engineering

UURTAMO ANTERO:

Käyttötarkkailumittaukset jätevedenpuhdistamoilla

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Kesäkuu 2018

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tarkastella jätevedenpuhdistamoilla käytettäviä kerta- ja jatkuvatoimisia mittauksia sekä niiden käyttäjäarvioita. Työn tilaaja oli KVVY Tutkimus Oy. Tarkasteltavat puhdistamot sijaitsevat KVVY:n toiminta-alueella noin 100 kilometrin säteellä Tampereesta.

Työ tehtiin haastatteleamalla puhdistamojen käyttöhenkilöstöä ja haastattelut kattoivat 55 jätevedenpuhdistamoita. Suurin osa haastatteluista tehtiin henkilökohtaisesti paikan päällä. Vastaukset kirjattiin Excel-taulukkoon. Koottu data analysoitiin ja muokattiin tulosten tulkintaa helpottavaan taulukkomuotoon tilaajan käyttöä varten.

Pääsääntöisesti käyttäjät kokivat, että mittauksia on tarpeeksi ja ne toimivat hyvin. Suurilla moderneilla puhdistamoilla mittauksia suoritetaan lukuisissa prosessin vaiheissa. Käyttöhenkilökunta koki osan mittauksista turhiksi, koska ne eivät toimi luotettavasti, tai heillä ei ole resursseja riittävään huoltoon ja laitteistoon perehtymiseen.

Pienillä jätevedenpuhdistamoilla prosessimittausten määrä on pieni, mutta aktiiviliete-prosessin ohjaamiseen riittävät yksinkertaiset mittaukset kuten pH, happi, lietelaskeumat ja näkösyvyys, mikäli puhdistamon käyttöhenkilökunta hyödyntää niitä oikein.

Asiasanat: jätevedenpuhdistamo, käyttömittaus, käyttäjäarvio

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Environmental Engineering

ANTERO UURTAMO

Operational Measurements of Waste Water Treatment Plants

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 1 page
June 2018

The aim of this thesis was to study intermittent and continuous measurements used at waste water treatment plants and user reviews of said measurements. This work was ordered by KVVY Tutkimus Oy. The studied plants are situated within the operating area of KVVY inside a radius of approximately 100 km from Tampere.

The thesis was done by interviewing the staff representatives of 55 different waste water treatment plants. Most of the interviews were done personally on location and the answers were recorded into a spreadsheet. The gathered data was analyzed, edited and presented in a userfriendly way for the client to use.

Most part of the users felt that there are enough measurements and that they work well. At large modern plants measurements are done in multiple parts of the processes. The operator staff considered of some of the measurements being unnecessary, either due to unreliability of the results or lack of resources to familiarize or maintain the equipment being used.

At small water treatment plants the amount of process measurements is limited. Simple measurements, such as pH, dissolved oxygen, sludge displacement and visual depth are sufficient, as long as the results are properly utilized by the operator crew.

Key words: wastewater plant, operators measurements, operators evaluation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	TYÖN TAUSTAA JA TILAAJAN ESITTELY	7
3	TEORIA	8
	3.1 Lainsäädännöllinen tausta.....	8
	3.2 Asukasvastineluku	9
	3.3 Jätevedenpuhdistuksen järjestäminen ja toimintaperiaatteet	9
4	TUTKIMUSMENETELMÄT	14
	4.1 Haastattelut	14
	4.2 Haastatteluaineiston käsittely	14
5	TUTKIMUSTULOKSET.....	16
	5.1 Kertamittaukset.....	16
	5.2 Jatkuvatoiniset mittaukset.....	17
	5.3 Käyttäjärviot.....	17
	5.3.1 Kertamittausten käyttäjärviot	18
	5.3.2 Jatkuvatoinisten mittausten käyttäjärviot	19
	5.4 Puhdistamot AVL >50 000	19
	5.5 Puhdistamot AVL 8000 – 50 000	21
	5.6 Puhdistamot AVL 2000 - 8000.....	22
	5.7 Puhdistamot AVL 500 - 2000.....	23
	5.8 Puhdistamot AVL <500.....	24
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	26
7	POHDINTA.....	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	31
	Liite 1. Kyselykaavake	31

ERITYISSANASTO

Aktiiviliete	Yleisin jätevedenkäsittelyjärjestelmä Suomessa. Aktiivilietteen mikrobit puhdistavat jäteveden biologisesti
AVL	Asukasvastineluku, mitoitusparametri jolla tarkoitetaan keskimääräistä yhden henkilön aiheuttamaa jätevesikuormitusta
Bioroottori	Bioroottoripuhdistamossa jätevettä puhdistavat mikrobit kasvavat biofilminä pyörivän sylinterin pinnalla
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Jatkuvatoiminen mittaus	Automaattisten mittalaitteiden tuottama mittausdata
Kertamittaus	Käyttöhenkilökunnan manuaalisesti tekemät mittaukset
Kuormitustarkkailu	Puhdistamon tulo- ja vesistökuormituksen mittaus
Käyttötarkkailu	Puhdistamon käyttöhenkilökunnan tekemät prosessinohjaukseen liittyvät mittaukset
Panospuhdistamo	Aktiivilietepuhdistamo, jossa lietteen ilmastus ja selkeytys tapahtuvat samassa reaktorissa
Redox	Kemiallinen reaktio missä toinen reaktion osapuolista hapetuu ja toinen pelkistyy
Suodatuskenttä	Jätevesi puhdistetaan suodattamalla maaperän läpi
Velvoitetarkkailu	Ympäristöluvan edellyttämä ympäristötarkkailu

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli tarkastella tutkimusalueen jätevedenpuhdistamoiden toimintaa ohjaavia mittauksia sekä arvioida niiden käytettävyyttä, luotettavuutta ja hyödynnettävyyttä. Työn tilaaja oli KVVY Tutkimus Oy. Tarkastelun alla oli 55 puhdistamo. Tutkimukseen valikoidut puhdistamot sijaitsevat KVVY:n toimialueella noin 100 kilometrin säteellä Tampereesta.

Työ tehtiin haastattelemalla puhdistamonhoitajia, tai laitoksen käyttövastaavia, joilla katsottiin olevan paras tieto ja näkemys laitoksen mittauksista. Lähes kaikki haastattelut suoritettiin henkilökohtaisesti. Osa tehtiin puhelinhaastatteluna ja yksi sähköpostitse. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia mittauksia jätevedenpuhdistamoilla on käytössä, ja millaisiksi käyttäjät kokevat niiden toimivuuden. Jätevedenpuhdistamoita tarkasteltiin jaoteltuina kokoluokkiin asukasvastinelukuun (AVL) perustuen.

Onnistunut jätevedenpuhdistusprosessi vaatii operaattorin ammattitaidon lisäksi myös luotettavaa ja riittävää mittaustietoa. Kustannustehokkuutta haetaan useasti lisäämällä automaattisia mittauksia, kuitenkin unohtaen niiden vaatiman suuren huolto- ja ylläpitotarpeen. Tämä oli eräs opinnäytetyön keskeisistä havainnoista, joka kävi haastatteluaineistosta ilmi. Lisäksi pienillä vesihuoltolaitoksilla käyttöhenkilöiden laajat työnkuvat vaikeuttavat täysipainoista puhdistamonhoitoa.

Jätevedenpuhdistuksen tehokkuudelle on asetettu rajoitteita sekä EU:n lainsäädännössä, että kansallisessa lainsäädännössä. Lisäksi jätevedenpuhdistamot ovat velvoitettuja täyttämään niille asetetut puhdistamokohtaiset ympäristölupavaatimukset, joiden toteuttamista valvovat Suomessa alueelliset elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, eli ELY-keskukset. Käsittelymääräysten toteuttamiseksi puhdistamoiden mittalaitteiston ja sillä hankitun käyttötarkkailudatan on oltava tarpeeksi kattavaa ja luotettavaa.

2 TYÖN TAUSTAA JA TILAAJAN ESITTELY

Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys eli KVVY on perustettu vuonna 1961 edistämään vesienhoitoa ja -suojelua. KVVY on voittoa tavoittelematon yhdistys jonka jäseninä ovat kunnat, teollisuus ja yhteisöjäsenet. Yhdistyksen perinteinen toiminta-alue sijoittuu Kokemäenjoen ja Karvianjoen vesistöalueille. Jäseniä on noin 120 ja jäsenmaksujen avulla yhdistys pystyy tarjoamaan maksuttomia neuvonta- ja tutkimushankkeita, sekä ympäristöviestintää ja ympäristötutkimusta. Opinnäytetyön tilaaja KVVY Tutkimus Oy on yhdistyksen (KVVY ry) omistama yhteiskunnallinen yritys. KVVY Tutkimus Oy myy asiantuntija-, tutkimus- ja laboratoriopalveluita, joiden tuotoilla rahoitetaan yhdistyksen yleishyödyllistä toimintaa. Päätoimipiste sijaitsee Tampereella, laboratoriopalveluita on myös Vaasassa, Porissa ja Raumalla. Palvelupisteitä on myös Hämeenlinnassa ja Sastamalassa. KVVY:n palveluksessa on kokonaisuudessaan noin 120 työntekijää. (KVVY, 2018)

KVVY Tutkimus Oy toteuttaa velvoitetarkkailuja toimialueensa jätevedenpuhdistamoille. Tarkkailuun liittyvät asiat on määritelty tarkkailuohjelmassa, jonka valvova ympäristöviranomaisen on vahvistanut. Velvoitetarkkailukertojen määrä vaihtelee puhdistamon kokoluokan ja laitoksen ympäristölupamääräysten mukaan. Käyttötarkkailu tapahtuu puhdistamoilla laitoshenkilökunnan toimesta. Sitä tehdään kerta- ja jatkuvatoimisin mittauksin.

Tilaaajan toivomuksesta opinnäytetyössä selvitettiin, millaisia mittauksia puhdistamoilla on käytössä ja miten kyseiset mittaukset toimivat käytännössä. Laitemerkkien tarkastelu jätettiin työnrajan ulkopuolelle. Työn tulosten avulla hankittiin tietoa puhdistamomittausten käytöstä ja toiminnallisuudesta. Työn tulokset julkaistaan tutkimukseen osallistuneille puhdistamoille myös KVVY:n puhdistamonhoitajien keskustelufoorumissa PuFo:ssa. Työn tulokset toimivat vertailutyökaluna (eng. ”benchmarking”) puhdistamoille tarjoten mahdollisuuden vertailla saman kokoluokan puhdistamoiden mittausrepertuaaria ja mittausten käyttökokemuksia. KVVY:lle tutkimuksen tulokset antavat lisätietoa puhdistamoiden mittauksista, niiden toimivuudesta ja käyttötarkkailukäytännöistä yleisesti.

3 TEORIA

3.1 Lainsäädännöllinen tausta

Jätevedenpuhdistamoiden ympäristölupa edellyttää asianmukaista jätevesien käsittelyä. Ympäristölupavelvollisuus on määritelty ympäristönsuojelulaissa (YSL 527/2014) ja sen nojalla annetussa ympäristönsuojeluasetuksessa YSA 713/2014. (Finlex 2014)

Ympäristölupaan on koottu keskeinen toimintaa koskeva lainsäädäntö, sekä annettu niiden nojalla määräykset, joita toiminnanharjoittajan on noudatettava. Ympäristölupa myönnetään toistaiseksi tai määräajaksi. Lupapäätöksen sisällöstä säädetään ympäristönsuojelulain 83 §:ssä sekä tarkemmin ympäristönsuojeluasetuksen 14-21 §:ssä. Lupapäätöksestä täytyy selvittää perustelut ratkaisulle ja päätökselle. Päätöksessä on vastattava muistutuksissa ja mielipiteissä ja lausunnoissa tehtyihin yksilöityihin vaatimuksiin. (Ympäristöhallinto 2017)

Ympäristölupamääräysten lisäksi jätevedenpuhdistamoiden tulee täyttää yhdyskuntajätevesiasetuksen 888/2006 vaatimukset. Asetus määrittelee EU:n jätevesidirektiivin toimeenpanon Suomessa. Asetuksessa määritellään minimipuhdistusvaatimusten ja vähimmäisnäytemäärien lisäksi mm. asukasvastineluvun (AVL) laskenta. Puhdistamolle tuleva kuormitus määrittää asukasvastineluvun (AVL). Tämän luvun mukaan puhdistamot asetetaan kokoluokkiin. Jätevedet on asetuksen mukaan puhdistettava biologisesti tai vastaavalla tavalla ja puhdistustuloksen on täytettävä asetuksessa määrätyt puhdistusvaatimukset. Typpeä on poistettava, jos sen vähentämisellä voidaan parantaa vesien tilaa. Typenpoiston tarve selvitetään ympäristölupahakemuksessa ja päätetään ympäristöluvassa. Puhdistamoiden käsittelyteho vaatimukset vaihtelevat AVL:n lisäksi myös purkuvesistön herkkyyden mukaan. (Finlex 2006)

3.2 Asukasvastineluku

Valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (VNa 888/2006:2§) asukasvastineluvulla (AVL) tarkoitetaan ”...sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK₇) on 70 g happea (O₂); asukasvastineluku lasketaan puhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta poikkeuksellisia tilanteita lukuun ottamatta”. (Finlex 2006)

Yksinkertaistettuna asukasvastineluku tarkoittaa yhden henkilön vuorokaudessa tuottamaa keskimääräistä kuormaa. Yksi AVL tarkoittaa 70g hapenkulutusta. Asukasvastineluku lasketaan käyttötarpeen mukaan puhdistamon mitoituksen, tarkkailuajankohtina havaitun suurimman vuorokausikuormituksen, keskimääräisen kuormituksen tai niin sanotun 90. persentiilin mukaan. Viimeisten viiden vuoden tarkkailuajankohtien 90. persentiilin mukainen AVL₉₀ kertoo sen muuttujan arvon, jonka alapuolelle jakaumassa jää 90 % arvoista. Poikkeuksellisimmat tilanteet eliminoivaa AVL₉₀:ä voidaan yleisesti pitää luotettavana arviona maksimikuormitustilanteesta, mikäli viemäröintialueen liittyjämäärässä tai kuormituksessa ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia. AVL määritellään tapauskohtaisesti, jos puhdistamon tulokuormasta suurin osa on teollisuusjätevesiä, tai alueella on esim. loma-asutuksen takia kausivaihtelua. (Ympäristöministeriö 2014)

3.3 Jätevedenpuhdistuksen järjestäminen ja toimintaperiaatteet

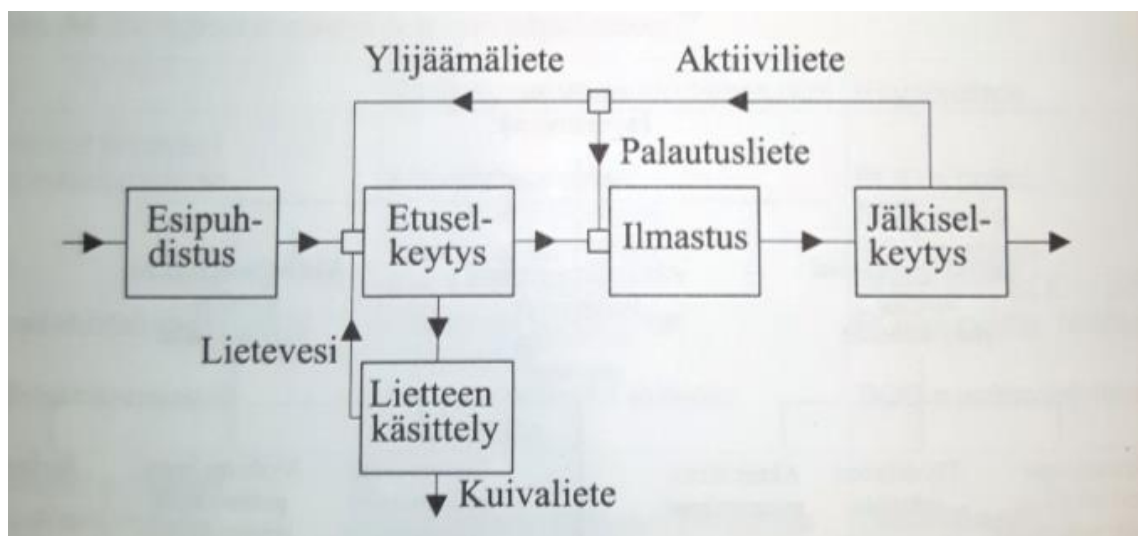
Suomen jätevedenpuhdistusjärjestelmillä on yli satavuotinen historia; ensimmäiset jätevedenpuhdistamot rakennettiin Helsinkiin ja Lahteen vuonna 1910. 1980-luvun puoleen väliin mennessä taajamien viemäröinnit ja puhdistamot olivat pääosin valmiit. Kaupungeissa puhdistamojen määrä oli suurimmillaan vuonna 1990 (n. 120 kappaletta). Sen jälkeen on rakennettu alueellisia keskuspuhdistamoita ja pienempiä yksiköitä on poistettu käytöstä. Tämä on myös lisännyt jätevesien johtamista naapurikunnista sopimusperusteisesti, tai muun yhteistyön kautta. (Katko 2013; 175)

Puhdistukseen käytetään yleisimmin mekaanis-biologis-kemiallisia menetelmiä. Mekaaniset menetelmät perustuvat fysikaalisiin ilmiöihin. Näitä ovat esimerkiksi välppäys ja

siivilöinti. Biologisista puhdistusmenetelmistä tyypillisin on aktiivilieteprosessi. Kemiallisissa menetelmissä epäpuhtauksia poistetaan lisäämällä veteen kemikaaleja. Esimerkiksi fosforin saostaminen kemikaalien avulla. (Karttunen 1999; 49-50, 61)

Puhdistetut jätevedet palautetaan vesistöihin. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistus on tärkeä osa vesiensuojelua, sillä puhdistettavaksi tuleva jätevesi sisältää runsaasti fosfori- ja typpiravinteita, jotka vesistöissä aiheuttavat rehevöitymistä. Puhdistetut jätevedet pyritään palauttamaan vesistöön siten, että laimennusolosuhteet ovat mahdollisimmat hyvät, jolloin vesistövaikutukset jäävät vähäisiksi ja enintään paikallisiksi. (Ympäristöministeriö 2014)

Tyypillisin jätevedenpuhdistusmenetelmä Suomessa on aktiivilieteprosessi (Kuva 1.), jossa aktiivilietteen mikrobit toteuttavat biologisen puhdistuksen ja liukoinen fosfori saostetaan kemiallisesti lietteeseen. Käsittelyvaiheina ovat esi-/etuselkeytyks (mekaaninen ja mahdollisesti kemiallinen esisaostus), aktiivilieteprosessi (biologis-kemiallinen) ja jälkiselkeytys (mekaaninen ja mahdollisesti kemiallinen). (Karttunen 2004; 184)



KUVA 1. Aktiivilietelaitoksen prosessikaavio (Karttunen 2004; 184)

Jäteveden biologinen puhdistus tapahtuu hyödyntämällä jätevedessä olevia bakteereja, alkueläimiä ja muita mikrobeja. Biologisessa puhdistuksessa veteen johdetaan ilmaa pieninä kuplina eli se ilmastetaan. Tällöin jäteveden bakteerit alkavat kasvaa ja lisääntyä. Näin muodostuu aktiivilietettä ja kasvaessaan bakteerit kuluttavat jäteveden eloperäistä ainetta. (Karttunen 2004; 183)

Ilmastuksesta vesi ohjataan jälkiselkeytykseen, jossa liete vajoaa altaan pohjalle ja kirkas vesi jää altaan yläosaan. Liete kerätään talteen ja suurin osa siitä pumpataan biologisen puhdistusprosessin alkuun jossa bakteerit saavat ilmastusaltaassa uutta ravintoa hyödynnettäväkseen. Jälkiselkeytyksen läpi mennyt vesi on riittävän puhdasta johdettavaksi vesistöihin. Prosessista poistetaan jatkuvasti pieni määrä lietettä ylijäämälietteenä, joka johdetaan lietteenkäsittelyyn. (HSY 2018)

Jätevedenpuhdistamoilla voi olla jälkikäsitely jossa jälkiselkeytyksestä tuleva vesi käsitellään tyypillisesti flotaatiossa tai hiekkasuodatuksessa. Flotaatiossa jätevetteen sekoitetaan saostuskemikaalia joka saa vedessä olevat kiintoainepartikkelit muodostamaan flokkeja. Flotaatioaltaassa vesi ilmastetaan ja mikrokuplat nostavat flokit pintaan. Pinnalle muodostunut kerros poistetaan. (Ympäristöministeriö 2014)

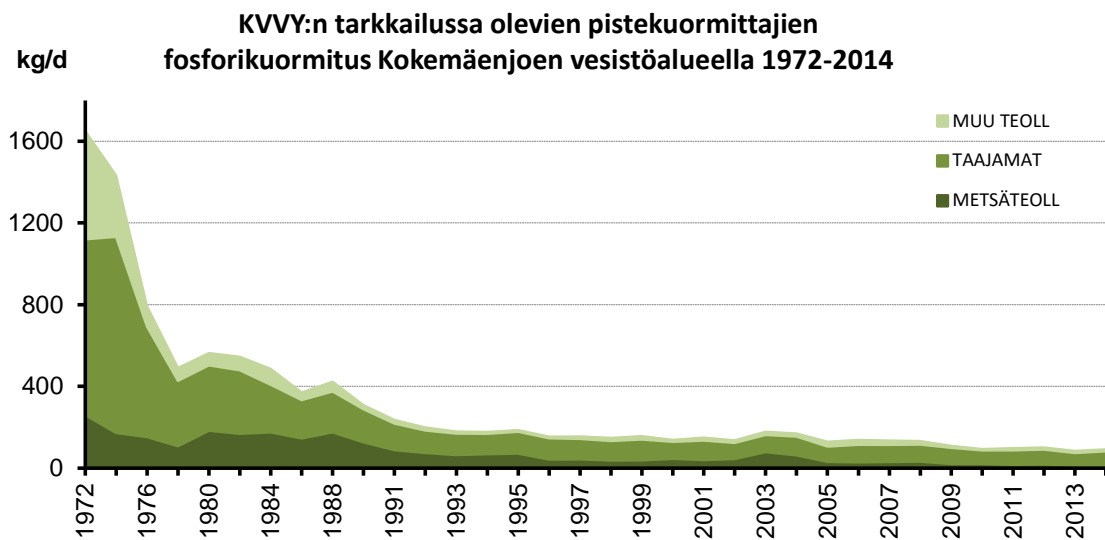
Jätevedenkäsittelyn sivutuotteena syntyy lietettä, josta voidaan tuottaa biokaasua mädättämällä. Nykyisin lietettä hyödynnetään jatkokäsittelyn jälkeen eniten viherrakentamisessa sekä kaatopaikkojen peitekerroksina. Lietteestä saatua biokaasua hyödynnetään sähkön ja lämmön tuotannossa. (Pöyry Environment Oy 2007)

Kemiallisessa puhdistuksessa jätevetteen lisätään yleisimmin rautasuolaa eli ferrosulfaattia. Nykyisin käytössä ovat myös suoraan liuosmuodossa annosteltavat rautakemikaalit, ferrisulfaatit. Alumiinikemikaaleja käytetään myös yleisimmin jälkikäsitelyn tehostuksessa. Kemiallisesti saostamalla jätevedessä oleva fosfori saostetaan fosfaattisakkana lietteeseen. (Karttunen 2004; 140-143)

Typen poisto on biologinen prosessi. Tavanomainen typenpoistomenetelmä on nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessi. Nitrifikaatiossa typpiyhdisteet ensin hapetetaan nitriitin (NO_2^-) kautta nitraatiksi (NO_3^-) erityisten nitrifikaatiobakteerien toimesta, ja sitten denitrifikaatiossa pelkistetään hapettomassa tilassa typpikaasuksi, niin ikään erityisten denitrifikaatiobakteerien toimesta. Nitrifikaatio voidaan toteuttaa joko aktiivilietelaitoksen ilmastusaltaassa, erillisessä yksikössä tai biologisessa suodattimessa. Prosessi on vahvasti riippuvainen lämpötilasta, happiolosuhteista sekä pH-tasosta ja on huomattavasti hitaampi kuin orgaanisten yhdisteiden hajoaminen. Denitrifikaatio voidaan toteuttaa ilmastusaltaasta erotetussa osastossa, erillisessä altaassa, jaksottaisen ilmastuksen avulla tai täytekappale-reaktoreissa. Denitrifikaatioprosessi on riippuvainen lämpötilasta ja siinä käytetystä hii-

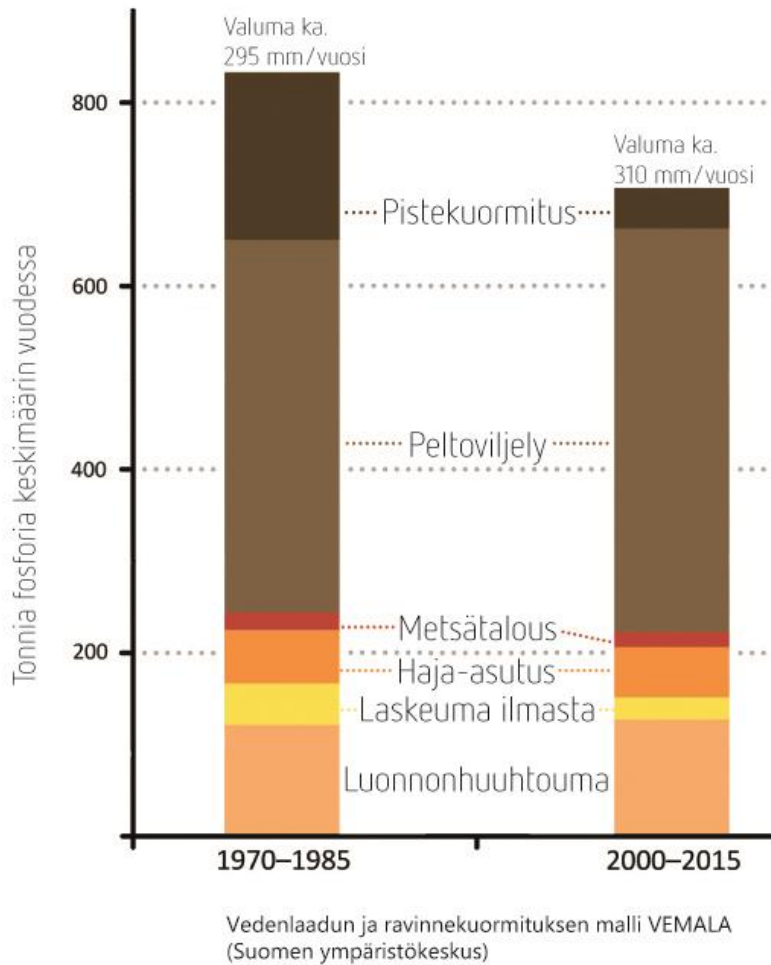
lilähteestä, joka voi olla tuleva jätevesi, solujen omat ravinnevarannot tai prosessiin lisättävä yhdiste kuten metanoli. Tehokas denitrifikaatio edellyttää hämmennyksen ja anaerobisen tilan esimerkiksi peitettyssä, syvässä altaassa. (Kaupunkiliitto 1980; 61-64)

KVVY:n toimialueella yhdyskuntien jätevesikuormitus on onnistuttu vähentämään murto-osaan puhdistustekniikoiden ja käsittelyvaatimusten tiukennuttua viime vuosikymmenten aikana. Kuormituskehitys pääravinteen eli fosforin osalta KVVY:n toimialueella on esitetty Kuvassa 2. Fosforikuormitus on pudonnut vuoden 1972 määrästä (1600kg/d) noin 94% vuoteen 2014 (100kg/d). (KVVY 2018)



KUVA 2. Fosforin vesistökuormituskehitys KVVY:n toimialueella vuosina 1972-2014. (KVVY 2018)

Kokemäenjoen vesistön valuma-alueelta tuleva fosforin kokonaiskuormitus



KUVA 3. Fosforin kuormitusosuudet valuma-alueetarkasteluna: Suomen ympäristökeskuksen valuma-aluemalli VEMALA. (KVVY 2018)

Kuvassa 3 on esitetty valuma-alueetarkasteluna eri kuormitusjakeiden prosenttiosuudet. Kuvaajasta voidaan todeta yhdyskuntien pistekuormituksen kaventuminen merkittävästi muiden kuormituslähteiden kuormitusosuuksien pysyessä ennallaan. Myös yhdyskuntien jätevedenkäsittelyä tehostetaan edelleen lupamääräysten kiristyessä ja käsittelyprosessien laajentuessa ja monipuolistuessa. (Ympäristöministeriö 2014)

4 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tietoaineiston hankinta toteutettiin kvantitatiivisen (määrällisen) ja kvalitatiivisen (kvalitatiivisen) käyttäjäkyselyn yhdistelmänä. Käytännössä kysely toteutettiin kysymyskaavakkeella, joka oli rakennettu siten, että eteneminen haastattelutilanteessa oli mahdollisimman sujuvaa ja johdonmukaista. Kysymyskaavake laadittiin yhdessä tilaajan kanssa. Kysymyksenasettelu perustui jätevedenpuhdistamoiden prosessinhoidon kannalta tärkeimpiin mittauksiin.

4.1 Haastattelut

Kysymykset ryhmiteltiin Excel-taulukoon (Liite 1.), mutta Excel-taulukon täyttämisen sähköpostitse arvioitiin olevan tarpeettoman hankalaa haastateltavalle. Henkilökohtaisessa tapaamisessa kysymykset oli helpompi avata haastateltavalle. Henkilökohtaisessa keskustelussa arveltiin myös saatavan enemmän taustatietoa ”vapaa sana” -osioon. Käytännössä haastateltava sai kerrottua asioita joita ei ehkä olisi omaehtoisessa kysymystaulukon täyttämässä tullut ilmi.

Suurin osa haastatteluista tehtiin henkilökohtaisesti paikan päällä, muutamat puhelimesta ja yksi sähköpostitse. Tavoitteena oli pitää haastatteluprosessi mahdollisimman yhdenmukaisena, jotta kysymyksen esittämistapa ei vaikuttaisi vastausten laatuun tai määrään. Yksi haastattelu kesti puhdistamon kokoluokasta riippuen noin 30 minuutista aina kahteen tuntiin saakka. Haastateltavina olivat pääsääntöisesti puhdistamonhoitajat, tai henkilöt jotka olivat aktiivisesti tekemisissä puhdistamon toiminnan kanssa, kuten laitospäälliköt ja laborantit. Haastatteluja tehtiin kaikkiaan 55, joista noin 10 tehtiin puhelimesta tai sähköpostitse. Haastateltaviksi rajattiin KVVY:n toimialueen puhdistamot.

4.2 Haastatteluaineiston käsittely

Kaikki kerätyt haastattelutiedot kerättiin yhteen Excel-taulukkolaskentapohjaan, josta parametrejä muuttamalla pystyttiin seulomaan tietoja puhdistamojen koon sekä mittausmenetelmien mukaan. Tiedoista koostettiin taulukko, josta selviää prosentuaalisesti mitkä kerta- ja jatkuvatoimiset mittaukset löytyvät tietyn kokoluokan jätevedenpuhdistamoilta.

Päätaulukosta koottiin yhteenvetotaulukko, jossa koottiin yhteen käyttäjien arviot mitausten käytettävyydestä, luotettavuudesta ja hyödynnettävyydestä. Taulukot muotoiltiin värien avulla paremman yleiskuvan saamiseksi ja tulosten tulkinnan helpottamiseksi.

5 TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimuksen jätevedenpuhdistamot jaettiin viiteen kokoluokkaan AVL:n määrittämien kapasiteettien mukaan (kuten esitetty kappaleessa 3.2 Asukasvastineluku). Taulukoissa 1-2 on esitetty prosenttiosuuksina kertamittausten ja jatkuvatoimisten mittausten esiintyminen eri kokoluokan puhdistamoilla. Taulukoissa 3-14 on esitetty vastaustulosten numeeriset keskiarvot. Tulokset on liukuvärjätty (vihreä-keltainen-punainen) helpottamaan taulukkojen lukemista.

5.1 Kertamittaukset

TAULUKKO 1. Kertamittausten esiintyminen jätevedenpuhdistamoilla prosentteina.

Kertamittaus	>50000	8000-50000	2000-8000	500-2000	<500	Kaikki
näkösyvyys	100	100	100	100	87	96
lietelaskeumat 30min	100	100	100	83	53	84
liukoinen fosfori	33	90	92	100	73	82
pH	50	60	83	50	60	62
ammoniumtyppi	50	70	67	25	13	42
happi	33	50	58	33	13	36
nitraattityppi	33	60	25	17	7	25
lietelaskeumat 2h	33	20	25	17	13	20
alkaliteetti	33	0	0	0	0	4
sähkönjohtokyky	33	0	0	0	0	4
BOD	17	0	0	0	0	2
Kaartiolasilaskeuma	17	0	0	0	0	2
kiintoaine	17	0	0	0	0	2
sameus	17	0	0	0	0	2

Taulukossa 1 alimmaisena esitetyt alkaliteetin, sähkönjohtokyvyn, BOD:n, kartiolasilaskeuman, kiintoaineen ja sameuden mittauksia on käytössä vain puhdistamoilla, joiden AVL on yli 50000. Näkösyvyys ja 30min lietelaskeuma sen sijaan mitataan lähes kaikilla puhdistamoilla. Niiden mittaaminen on helppoa ja silmämäärin tehtävä havainto kertoo prosessikokonaisuuden toiminnasta paljon puhdistamon kokoluokasta riippumatta. Kahdessa pienimmässä kokoluokassa mittausten esiintyvyys ei ole 100%, koska mukana oli muutamia bioroottori- ja panospuhdistamoita. Kahden tunnin lietelaskeumaa tehtiin vain noin joka viidennellä kaikista tutkimukseen osallistuneista puhdistamoista. Käyttäjät koivat, että kyseinen mittaus ei tuonut juurikaan lisäarvoa verrattuna 30min laskeumaan.

Puhdistamoiden kokoluokassa AVL 8000-50000 tehtiin eniten ammonium- ja nitraattityypen kertamittauksia. Typenpoiston vaatimukset edellyttävät nitrifikaatiota ja sen onnistuminen nojaa luotettavaan mittaustietoon. Kyseisissä laitoksissa on myös usein käytössä jatkuvatoimiset mittaukset, mutta niiden luotettavuus koettiin huonoksi ja siksi kertamittauksia käytetään tulosten varmistamiseksi.

5.2 Jatkuvatoimiset mittaukset

TAULUKKO 2. Jatkuvatoimisten mittausten esiintyminen jätevedenpuhdistamoilla prosentteina koko otannasta.

Jatkuvatoiminen	>50000	8000-50000	2000-8000	500-2000	<500	
virtaama poistuva	67	70	92	100	53	76
happi	100	100	100	67	20	71
pH	83	90	92	67	33	69
lämpötila	100	90	92	67	20	67
virtaama tuleva	100	70	42	42	33	51
kiintoaine	83	70	75	8	0	40
ammoniumtyppi	83	70	25	0	0	27
nitraattityppi	67	70	25	0	0	25
fosfori	83	50	0	0	0	18
sähkönjohtokyky	33	0	17	0	0	7
Redox	33	10	0	0	0	5
sameus	17	10	0	8	0	5
lietepatja	0	10	0	0	0	2

Jatkuvatoimiset mittaukset jaoteltiin samalla tavalla kuin kertamittaukset (Taulukko 2.). Taulukosta voidaan nähdä selvästi, kuinka jatkuvatoimisten mittausten määrä vähenee puhdistamon koon pienentyessä.

5.3 Käyttäjärviot

Käyttäjärviot koostuivat mittatiedon käytettävyydestä, luotettavuudesta ja hyödynnettävyydestä. Ne arvioitiin viisiportaisella asteikolla yhdestä viiteen. Hyödynnettävyydessä käyttöhenkilökunta arvioi kuinka tärkeä kyseinen mittaus oli prosessinhoidon kannalta. Luotettavuudessa arvoitiin kuinka tarkka ja mittaustuloksiltaan luotettava mittaus oli. Käytettävyydessä arvioitiin kyseisen mittauksen vaatimaa työmäärää (huolto, ylläpito)

suhteessa saatavaan hyötyyn. Tämä kysymys soveltui paremmin jatkuvatoimisten mitausten tarkasteluun, mutta sitä kysyttiin myös kertamittauksista. Käyttäjärviot esitetään kootusti kaikkien puhdistamojen osalta sekä kokoluokittain.

5.3.1 Kertamittausten käyttäjärviot

Kertamittausten käyttäjärviot on esitelty alla (Taulukko 3.) Yleisesti arviot asettuvat välille 3,8 – 4,7. Poikkeuksena sähkönjohtokyky joka eroaa selvästi heikoilla tuloksiltaan muista. Kyseistä mittausta suoritetaan kahdella puhdistamolla, joiden kokoluokka on >50000. Käytettävyyden ja hyödynnettävyyden koettiin heikoiksi, mutta toisella puhdistamolla luotettavuus arvioitiin hyväksi (vastaustulos 4), joka nostaa keskiarvoa.

Alkaliteettia mitataan kahdessa paikassa erillisen laboratorion toimesta, joten niitä ei ole sisällytetty taulukkoon. Kartiolaskeuma, kiintoaine, liukoinen rauta, sameus ja biologinen hapenkulutus mitattiin yksittäisillä puhdistamoilla ja ne on jätetty pois tarkastelusta pienen otannan vuoksi.

TAULUKKO 3. Kaikkien puhdistamoiden kertamittausten käyttäjärviot.

Kertamittaus	Käytettävyyden	Luotettavuus	Hyödynnettävyyden	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,6	4,7	4,5	4,6
happi	4,3	3,9	4,2	4,2
lietelaskeumat 2h	3,8	4,2	3,4	3,8
lietelaskeumat 30min	4,0	3,9	3,8	3,9
liukoinen fosfori	4,4	4,3	4,4	4,3
nitraattityppi	4,7	4,7	4,5	4,6
näkösyvyys	4,5	4,2	4,2	4,3
pH	4,3	3,9	4,1	4,1
sähkönjohtokyky	2,5	3,0	2,5	2,7
Keskiarvo	4,3	4,2	4,1	

5.3.2 Jatkuvatoimisten mittausten käyttäjäarvot

Jatkuvatoimisten mittausten käyttäjäarvot on esitetty taulukossa 4. Lietepatjan mittaus oli käytössä vain yhdellä puhdistamolla ja käyttäjäkokemus sen toimivuudesta oli 4,7. Tuloksia ei kuitenkaan esitetä taulukossa, koska havaintojen määrä kyseisen mittauksen osalta oli niin pieni.

TAULUKKO 4. Kaikkien puhdistamoiden jatkuvatoimisten mittausten käyttäjäarvot.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	3,8	3,4	3,8	3,6
fosfori	4,5	4,3	4,7	4,5
happi	4,5	4,2	4,7	4,5
kiintoaine	4,0	3,6	3,8	3,8
lämpötila	4,2	4,5	2,9	3,9
nitraattityppi	3,8	3,5	3,6	3,7
pH	4,3	4,0	4,2	4,2
redox	2,7	2,7	1,7	2,3
sameus	3,5	3,5	3,0	3,3
sähkönjohtokyky	2,3	3,3	1,7	2,4
virtaama poistuva	4,5	4,2	4,0	4,2
virtaama tuleva	4,8	4,5	4,5	4,6
Keskiarvo	3,9	3,8	3,6	

5.4 Puhdistamot AVL >50 000

Tässä kokoluokassa jätevedenpuhdistamoita oli kuusi ja ne edustavat 11%:a tutkimuksen otannasta. Taulukossa 5 on esitetty kertamittausten käyttäjäarvot ja niiden keskiarvot. Kahdella puhdistamolla alkaliteetti mitataan laboratoriossa ja siksi kyseisistä mittauksista ei ole käyttäjäarvioita.

TAULUKKO 5.

Kertamittaus	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,3	4,7	4,3	4,4
BOD	2	5	3	3,3
happi	4	4	5	4,3
Kaartiolasilaskeuma	5	5	5	5,0
kiintoaine	5	5	5	5,0
lietelaskeumat 2h	3	4,5	2,5	3,3
lietelaskeumat 30min	3,6	4	3,4	3,7
liukoinen fosfori	4,5	4,5	4,5	4,5
nitraattityppi	5	5	5	5,0
näkösyvyys	4,3	3,8	4,2	4,1
pH	3,5	4	3,5	3,7
sameus	1	1	1	1,0
sähkönjohtokyky	2,5	3	2,5	2,7
Keskiarvo	3,7	4,1	3,8	

Seuraavana on esitelty jatkuvatoimisten mittausten käyttäjäarvot (Taulukko 6.) Sameus mitattiin vain yhdellä puhdistamolla. Sähkönjohtokyvyn mittaus löytyi kahdelta puhdistamolta. Sähkönjohtavuuden mittaus toisella puhdistamolla oli pois käytöstä, eikä sen uudelleen käyttöön ottamisesta ollut tietoa. Ammonium- ja nitraattitypen mittausten osalta käyttäjäarvot ovat hyvät, mutta kahdella puhdistamolla molemmat mittaukset olivat pois käytöstä mittausvirheiden ja kohtuuttoman suuren ylläpidon vuoksi. Kiintoainemittauksiin oltiin tyytyväisiä yhtä puhdistamaa lukuun ottamatta. Ongelmina koettiin erityisesti mittausten epäluotettavuus ja ajan puute, joka haittaa havaittujen ongelmien selvittämistä.

TAULUKKO 6.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,25	4	4,5	4,3
fosfori	4,2	4	4,4	4,2
happi	4,8	4,7	5,0	4,8
kiintoaine	4,0	3,6	4,2	3,9
lämpötila	3,7	5,0	2,7	3,8
nitraattityppi	4,0	4,0	4,5	4,2
pH	4,0	4,3	4,0	4,1
redox	1,5	1,5	1,0	1,3
sameus	2,0	3,0	1,0	2,0
sähkönjohtokyky	2,0	3,0	1,0	2,0
virtaama poistuva	4,0	4,0	3,7	3,9
virtaama tuleva	4,7	4,2	4,5	4,4
Keskiarvo	3,6	3,8	3,4	

5.5 Puhdistamot AVL 8000 – 50 000

Tarkasteltavassa kokoluokassa jätevedenpuhdistamoita oli kymmenen kappaletta, jotka kaikki olivat aktiivilietelaitoksia. Kertamittausten osalta tulokset on esitelty taulukossa 7. Eräällä puhdistamolla näkösyvyyden mittaus koettiin käyttökelvottomaksi tulevassa vedessä olevan väriaineen takia, mikä tässä tapauksessa laskee käyttäjäarvioita 0,1-0,3 yksikköä.

TAULUKKO 7.

Kertamittaus	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,9	5,0	4,9	4,9
happi	4,0	3,8	4,4	4,1
lietelaskeumat 2h	4,0	4,0	4,0	4,0
lietelaskeumat 30min	3,5	3,9	3,5	3,6
liukoinen fosfori	4,3	4,9	4,6	4,6
nitraattityppi	4,8	5,0	4,8	4,9
näkösyvyys	4,1	4,2	3,8	4,0
pH	4,7	4,5	4,3	4,5
Keskiarvo	4,3	4,4	4,3	

Taulukossa 8 esitellään jatkuvatoimisten mittausten käyttäjäarvot. Redox ja lietepatjan mittaus olivat käytössä yhdellä puhdistamolla. Lisäksi yhdellä puhdistamolla oli käytössä sameuden mittaus, joka oli epäkunnossa. Mittauksen kunnostamista tai uusimista ei kuitenkaan koettu tarpeelliseksi.

TAULUKKO 8.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	3,8	3,5	3,7	3,7
fosfori	4,8	4,6	5,0	4,8
happi	4,3	3,9	4,7	4,3
kiintoaine	3,6	3,4	3,3	3,4
lämpötila	4,7	4,4	3,4	4,2
nitraattityppi	3,8	3,5	3,7	3,7
pH	4,3	4,1	4,2	4,2
redox	5,0	5,0	3,0	4,3
lietepatja	5,0	4,0	5,0	4,7
virtaama poistuva	3,7	3,7	3,6	3,7
virtaama tuleva	5,0	4,4	4,4	4,6
Keskiarvo	4,4	4,1	4,0	

Kiintoaineen mittaus aiheutti hajontaa käyttäjärvioissa. Käytettävyyden, luotettavuuden ja hyödynnettävyyden osalta arvosanat vaihtelivat kahdesta viiteen. Kahdella puhdistamolla kyseisen mittauksen käyttäjärvioiden keskiarvo oli kaksi. Käyttöhenkilökunta totesi, ettei kyseiselle mittaukselle ole uusimistarvetta, mikäli laitteistosta tulee korjauskelvoton.

Ammonium- ja nitraattityppimittaukset saivat käyttöhenkilökunnalta varsin hyviä arvioita väliltä 3-5. Yhden puhdistamon vastaukset laskivat kuitenkin keskiarvoja. Kyseisellä puhdistamolla kummankin mittauksen kaikki arvioitavat kohdat saivat arvon yksi. Puhdistamonhoitajan mukaan kyseiset mittaukset olisi parempi ottaa pois käytöstä.

5.6 Puhdistamot AVL 2000 - 8000

Tässä kokoluokassa puhdistamoita oli 12 kappaletta ja ne kaikki olivat aktiivilietelaitoksia. Kertamittausten käyttäjärviot on esitelty taulukossa 9.

TAULUKKO 9.

Kertamittaus	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,3	4,8	4,4	4,5
happi	4,4	4,3	3,9	4,2
lietelaskeumat 2h	4,0	4,0	3,0	3,7
lietelaskeumat 30min	3,6	3,9	3,5	3,7
liukoinen fosfori	4,5	4,5	4,5	4,5
nitraattityppi	4,0	4,7	4,0	4,2
näkösyvyys	4,7	4,2	4,1	4,3
pH	4,2	4,0	3,7	4,0
Keskiarvo	4,2	4,3	3,9	

Jatkuvatoimisten mittausten käyttäjärviot on esitelty taulukossa 10. Siinä huomioitavaa on, että sähkönjohtavuutta mitataan vain kahdella puhdistamolla. Mittauksen huonosta hyödynnettävyydestä lukujen lisäksi kertoo myös haastatellun käyttäjän kommentti sähkönjohtokyvystä laitoksen turhimpana mittauksena.

Ammoniumtyypen mittausten käyttäjäkeskiarvo on varsin hyvä, mutta sitä mitattiin vain neljäsosassa puhdistamoista. Mittauksen saamat arviot vaihtelivat rajusti, kuten myös

kommentit. Positiivisimpana kommentti, ”Erittäin hyvä hankinta” ja negatiivisimpana ”ei vain saada toimimaan”.

TAULUKKO 10.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	3,0	2,3	3,0	2,8
happi	4,4	4,3	4,7	4,5
kiintoaine	4,3	3,8	3,9	4,0
lämpötila	4,2	4,7	3,3	4,1
nitraattityppi	3,7	3,3	3,0	3,3
pH	4,0	3,7	3,7	3,8
sähkönjohtokyky	2,5	3,5	2,0	2,7
virtaama poistuva	4,7	4,4	4,2	4,4
virtaama tuleva	4,6	4,6	4,2	4,5
Keskiarvo	3,9	3,8	3,6	

5.7 Puhdistamot AVL 500 - 2000

Tämän kokoluokan puhdistamoita oli yhteensä 12, joista 10 oli aktiivilietelaitoksia ja 2 biorootoreita. Käyttäjäärviot kertamittauksista on esitelty taulukossa 11.

TAULUKKO 11.

Kertamittaus	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	5,0	4,0	4,0	4,3
happi	5,0	3,3	4,3	4,2
lietelaskemat 2h	4,5	4,0	4,0	4,2
lietelaskemat 30min	4,6	4,0	4,4	4,3
liukoinen fosfori	4,4	4,1	4,3	4,3
nitraattityppi	5,0	4,0	4,0	4,3
näkösyvyys	4,7	4,5	4,6	4,6
pH	4,5	4,0	4,5	4,3
Keskiarvo	4,7	4,0	4,3	

Jatkuvatoimisissa mittauksissa (Taulukko 12.) on huomioitava, että sameuden ja kiintoaineen mittaus tehdään vain yhdellä puhdistamolla. Tässä kokoluokassa puhdistamonhoitajilla ei ollut erityisiä kommentteja. Kuten luvuista voidaan nähdä mittauksiin oltiin tyytyväisiä. Tässä kokoluokassa ammonium- ja nitraattitypen mittauksia tehtiin ainoastaan käsimitoituksin.

TAULUKKO 12.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
happi	4,6	4,0	4,8	4,5
kiintoaine	5,0	3,0	5,0	4,3
lämpötila	3,9	4,0	2,5	3,5
pH	4,9	4,3	4,6	4,6
sameus	5,0	4,0	4,0	4,3
virtaama poistuva	4,8	4,3	4,1	4,4
virtaama tuleva	5,0	4,6	4,8	4,8
Keskiarvo	4,7	4,0	4,3	

5.8 Puhdistamot AVL <500

Tämän kokoluokan puhdistamoita tarkastelussa oli eniten, 15 kappaletta. Niistä viidessä toimintaperiaatteena oli bioroottori, kahdessa panospuhdistamo ja yhdessä jälkisaostuksella täydennetty maasuodatus. Seitsemän laitosta toimi aktiiviliete periaatteella. Kertamittauksien käyttäjärviot esitetään taulukossa 13. Nitraattityppi mitattiin vain yhdellä puhdistamolla.

TAULUKKO 13.

Kertamittaus	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
ammoniumtyppi	4,5	4,0	4,5	4,3
happi	4,0	4,0	4,0	4,0
lietelaskeumat 2h	3,5	4,5	3,5	3,8
lietelaskeumat 30min	4,5	3,9	4,4	4,3
liukoinen fosfori	4,1	3,7	4,2	4,0
nitraattityppi	5,0	4,0	4,0	4,3
näkösyvyys	4,6	4,0	4,1	4,2
pH	4,2	3,3	4,2	3,9
Keskiarvo	4,3	3,9	4,1	

Jatkuvatoimisia mittauksia tämän kokoluokan puhdistamoilla on vain vähän. Kyselytulojen mukaan kokoluokassa on käytössä viisi erilaista jatkuvatoimista mittausta: happi, lämpötila, pH sekä tulevan ja poistuvan veden virtaamamittaukset (Taulukko 14). Tässä kokoluokassa puhdistamoilla on vesimäärän mittaus vain poistuvassa (53%) tai tulevassa (33%), ei molemmissa kuten usein suuremmilla jätevedenpuhdistamoilla. Puhdistamo-

tarkkailussa tarvittava vesimäärätieto kerätään pienillä puhdistamoilla tarvittaessa, virtaamamittauksen puuttuessa kokonaan. Tämä tapahtuu käyttöveden määrän mukaan tai poistopumpun käyntijaksojen määrän ja pumpun tuoton tulona laskennallisesti.

TAULUKKO 14.

Jatkuvatoiminen	Käytettävyys	Luotettavuus	Hyödynnettävyys	Keskiarvo
happi	4,0	4,0	4,7	4,2
lämpötila	4,3	4,7	2,0	3,7
pH	4,3	4,0	4,8	4,3
virtaama poistuva	4,4	4,3	4,1	4,3
virtaama tuleva	4,6	4,6	4,6	4,6
Keskiarvo	4,3	4,3	4,0	

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kertamittausten käyttäjäarviot olivat parempia kuin jatkuvatoimisten mittausten. Kertamittauksiin käytettävät laitteet ovat helppoja huoltaa ja kalibroida vaatien huomattavasti vähemmän ylläpitoa kuin jatkuvatoimiset mittalaitteet. Kertamittauksia käytettiin jatkuvatoimisten mittalaitteiden kalibroinnin apuna, sekä täydentämään niitä. Esimerkiksi käsihappimittareilla saatiin lisätietoa ilmastusaltaan eri osista, joissa ei ollut kiinteitä mittalaitteita.

Muutamilla pienillä puhdistamoilla (AVL<2000) ei ollut ollenkaan pH:n mittareita. Tällä mittauksella kemikaalien syöttöä voitaisi optimoida sekä mm. havaita hallitsemattoman nitrifioinnin aiheuttama happamuustason lasku ajoissa. Kokoluokassa ALV<500 osassa puhdistamoita ei ollut joko pH-, tai happimittausta. Näihin investoimalla olisi mahdollista saada säästöjä ilmastukseen käytetyn energian ja kemikaalien osalta sekä ennaltaehkäistä prosessiongelmiä.

Typpimittausten keskiarvot laskevat puhdistamon kokoluokan pienentyessä, kuten taulukossa 15 on esitetty. Mittaukset vaativat huoltoa ja ylläpitoa mihin henkilöstöressit eivät pienemmillä puhdistamoilla välttämättä riitä. Typenmittauksen osalta koko tutkimuksessa käyttäjäarviot vaihtelivat rajusti yhdestä viiteen. Asiaan saattoivat vaikuttaa eri laitemerkeistä saadut käyttäjäkokemukset, jo suunnitteluvaiheessa huonoihin paikkoihin asennetut mittalaitteet tai prosessin hallinnan kannalta kokonaan tarpeettomat mittaukset.

TAULUKKO 15. Käyttäjearviot typen mittauksista

Jatkuvatoiminen	>50000	8000-5000	2000-8000	500-2000	<500
ammonium-typpe	4,3	3,7	2,8		
nitraatti-typpe	4,2	3,7	3,3		

Tutkimuksessa ilmeni myös jatkuvatoimisten mittausten antureiden väärin sijoittaminen muissakin kuin typpimittauksissa. Muutamalla puhdistamolla anturit oli sijoitettu niin, että niiden puhdistaminen oli lähes mahdotonta. Käytön kannalta hankalat huolto- ja ylläpitotoimet jäävät helposti tekemättä ja kalliista mittalaitteista tulee näin hyödyttömiä. Usein toistuvien huoltotöiden käytännön toteuttamiseen olisikin tarpeen panostaa, jos halutaan varmistaa mittausten hyvä käytettävyys ja hyödynnettävyys. Käyttöhenkilökunnan

mielipiteet, ensikäden tieto ja kokemus olisi syytä ottaa huomioon uusien jätevedenpuhdistamoita suunnitellessa.

Käyttötarkkailumittauksilla kerättävä data palvelee puhdistamon operointia. Kattavasti ja luotettavasti hankittu käyttötarkkailuaineisto mahdollistaa laitoshenkilökunnalle oikeiden operointipäätösten tekemisen. Luotettavan operointitiedon hankkimiseen ja todelliseen hyödyntämiseen tarvitaan luotettavan mittausdatan lisäksi systemaattista toimintaa, peräänantamatonta asennetta ja kehittämishalua. Automaattisten mittauslaitteiden yleistyessä teknisen osaamisen vaatimukset esimerkiksi mittalaitteiden ylläpidon, kalibroinnin ja tulosten tulkinnan osalta ovat kasvaneet; puhdistamot ovat nykyisin entistä teknisempiä laitoksia, joissa käyttäjien osaamisvaatimukset ovat hyvin erilaiset kuin aiemmilla vuosikymmenillä.

7 POHDINTA

Opinnäytetyö perustui kokonaan haastatteluihin, ja siksi selkeän haastattelukaavakkeen laadinta oli ensiarvoisen tärkeää. Haastattelukaavake laadittiin yhteistyössä KVVY Tutkimus Oy:n tutkimusinsinööri Henri Koposen kanssa. Kolmen haastattelun jälkeen kaavakkeesta korjattiin puutteita kysymysten asettelussa. Haastattelujen edetessä kysymysten esittämistapa taustoituksineen yhdenmukaistui. Tutkimuksen tekemisen alkuolettama oli, että kysymysten esittämistapa voi vaikuttaa merkittävästi etenkin kuvailevien, laadullisten vastausten määrään sekä sisältöön. Jokainen haastattelu oli uniikki tilanne. Siihen vaikuttivat haastateltavan motivaatio, osaaminen sekä mahdollinen kiire jos sovittu haastattelu tapahtui epäsuotuisalla hetkellä. Käyttöhenkilökunta suhtautui kuitenkin haastatteluihin positiivisesti ollen tyytyväisiä saadessaan kertoa mielipiteensä.

Suurilla puhdistamoilla automaattiset mittaukset vaativat henkilökunnalta teknistä osaamista ja perehtymistä niihin. Haastateltavat kokivat, että aikaa laitteiden kunnolliseen opetteluun ei aina ole riittävästi. Pienillä ja vanhemmilla puhdistamoilla käyttöhenkilökunta tunsi laitteet, mutta resurssien puutteen vuoksi ikääntyviä tai hajonneita mittauksia ei ole voitu uudistaa tai täydentää halutulla tavalla.

Haastatteluissa havaittiin, että jatkuvatoimisissa mittauksissa on eroja jotka voivat selittyä laitemerkkien eroilla. Huolto ja takuupalveluissa koettiin olevan vaihtelua. Koottu tieto eri laitemerkkien toimivuudesta voisi auttaa puhdistamoita tulevaisuuden mittalaitte-hankinnoissa. Aihepiirin tutkimusta olisikin mahdollista syventää laitemerkkeihin, kuten Jake Nylundin opinnäytetyössä ”Jätevedenpuhdistamoiden analyysimittausten käytettävyys” (MAMK 2016) on osaltaan jo tehty.

Vesihuoltoverkostot ikääntyvät ja niitä ei kyetä uudistamaan tarvittavaa vauhtia. Vuonna 2009 tehdyn tutkimuksen mukaan Suomessa pitäisi käyttää kaksinkertaisesti rahaa verkostojen uudistamiseen, jotta toimintavarmuus säilyisi. (YLE Uutiset 2015) Tämä huomioiden on toivottavaa, että jätevedenpuhdistamoiden investoinnit suunnitellaan tarkasti ja kaukonäköisesti.

Myös mittausten toteuttamistapa puhdistamoilla kannattaa suunnitella hyvin. Käyttötarkkailumittaukset ovat keskeisessä asemassa prosessin ohjauksessa ja ovat siten suoraan määrittelemässä puhdistusprosessin tuloksellisuutta. Käyttötarkkailumittaukset kuuluvat

laitoshenkilökunnan päivittäisiin rutiineihin, joten niiden toteutustapaan on syytä kiinnittää huomiota. Toisaalta, huonosti toimivista mittauksista, jotka eivät tuota prosessin ohjaamisen kannalta oleellista tietoa, on syytä hankkiutua eroon. Usein toistuvien huolto- ja ylläpitötöiden toteutus kannattaa suunnitella siten, että ne ovat helposti ja nopeasti tehtävissä, jolloin ne eivät kuormita laitoshenkilökuntaa turhaan ja tulevat varmemmin ja huolellisemmin tehdyksi.

LÄHTEET

Finlex, 2006. Luettu 5.5.2018

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

Finlex, 2014. Luettu 5.5.2018

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>

HSY, Helsingin seudun ympäristöpalvelut. 2018. Luettu 21.5.2018

<https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/vesihuolto/jatevedenpuhdistus/Sivut/default.aspx>

Jätevedenpuhdistamoiden suunnittelu. Nide B 87. 1980. Suomen kaupunkiliitto. Helsinki: Suomen kaupunkiliitto.

Katko, Tapio S. 2013. Hanaa!: Suomen vesihuolto - kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Opetushallitus ja RIL ry.

Karttunen, E. 2004. Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

KVVY, 2018. Luettu 1.5.2018

<https://kvvy.fi/yhdistys/yhdistystoiminta/>

KVVY, 2018. Luettu 23.5.2018

<https://kvvy.fi/tietoa/jarvet-ja-joet/vesistokuormitus/>

Pöyry Environment Oy, 2007. Luettu 5.5.2018

<https://media.sitra.fi/2017/02/27172733/LietteenkC3A4sittely-2.pdf>

YLE Uutiset, 2015. Luettu 20.5.2018

<https://yle.fi/uutiset/3-6280803>

Ympäristöhallinto, 2017. Luettu 6.5.2018

http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Ymparistolupa/Lupapaatos

Ympäristöministeriö, 2014. Luettu 6.5.2018

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43199/SY_3_2014.pdf?sequence=1

