

Johan Pikkarainen

JÄTEVEDENPUHDISTAMON KUORMITUSMUUTOKSET

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2017	Tekijä/tekijät Johan Pikkarainen
Koulutusohjelma Kemiantekniikka		
Työn nimi JÄTEVEDENPUHDISTAMON KUORMITUSMUUTOKSET		
Työn ohjaaja Jana Holm	Sivumäärä 62 + 6	
Työelämäohjaaja Ville Sydänmetsä		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamon kuormitusvaihteluita vuodenaikojen ja vuorokausien mukaan sekä miten kuormitukset vaikuttavat jäteveden puhdistukseen ilmastusaltaissa, selkeyttimillä ja flotaatiossa vuorokauden ajankohtina. Kuormitustarkkailuun käytettiin ilmastusaltaiden lietalaskeumakokeita ja kiintoainepitoisuuksien tarkkailua, jälkiselkeyttimien näkösyvyyksien tarkkailua sekä lieteindeksiä kuvaamaan lietteen laskeutumiskykyä ilmastusaltaissa. Jätevedenpuhdistamon kuormitusten tutkimiseen käytettiin myös aiempien toimintavuosien tarkkailutuloksia lietalaskeumakokeista, ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuuksia ja jälkiselkeyttimien näkösyvyyksiä.</p> <p>Tarkkailukertoja suoritettiin yhteensä 15 kertaa, joista 5 tarkkailukertaa toteutettiin aamuisin klo 8, 5 päivisin klo 12 ja 5 iltapäivisin klo 16. Laskeumanäytteet otettiin kolmesta eri ilmastuslinjasta lohkoista 7, näkösyvyydet jälkiselkeyttimien hoitotasolta ja ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuudet prosessivalvonnan tietokoneelta. Kaikki tarkkailukerrat toteutettiin onnistuneesti ja nämä tarkkailut suoritettiin syksyn ja alkutalven aikana 2016-2017.</p> <p>Tarkkailuissa havaittiin laskeumien vaihtelevan samalla lailla vuorokauden eri ajankohtina linjan 1 ja 3 ilmastusaltaissa, ja suurimmat laskeumat saatiin aina aamuisin klo 8. Linjan 2 ilmastusaltaassa laskeumakokeet käyttäytyivät päinvastaisesti, sillä suurimmat laskeumat ajoittuivat iltapäiviin klo 16. Ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuudet vuorokauden eri ajankohtina käyttäytyivät lineaarisesti jokaisella ilmastuslinjalla ja samoin vaihtelivat lieteindeksit vuorokausittain. Lietteiden laskeutuvuus heikkeni oleellisesti aina sadekausina, mikä havaittiin lieteindeksien nousuna jokaisessa ilmastusaltaassa. Jälkiselkeyttimien näkösyvyydet vaihtelivat ainoastaan vuorokauden eri ajankohtina eikä vuosineljänneksillä ollut vaikutusta jälkiselkeyttimien toimintaan.</p>		
Asiasanat Jätevesi, kiintoainepitoisuus, kuormitus, laskeuma, näkösyvyys, virtaama, vuodenaika, vuorokausi		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2017	Author Johan Pikkarainen
Degree programme Degree Programme in Chemical Engineering		
Name of thesis THE LOAD CHANGES OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT		
Instructor Jana Holm	Pages 62 + 6	
Supervisor Ville Sydänmetsä		
<p>The aim of this thesis work was to clarify the load changes of Kokkolan Vesi wastewater treatment plant according to seasons and days together with the influence of the loads in purification of wastewater in the aeration basins, clarifier basins and flotation basins during the different times of day. The fallout test of aeration basins and observation of the solid densities, depth of visibility of clarifier basins and sludge volume index depicting the fallout of sludge in the aeration basins were used in the load scrutiny. The research results from the previous years were also used to investigate the load of the wastewater treatment plant</p> <p>The scrutiny test was conducted 15 times overall, of which 5 times in the mornings at 8 am, 5 times at middays at 12 noon and 5 times in the afternoons at 4 pm. The fallout test was taken in aeration basin at block 7, depth of visibility in treatment level of clarifier basin and solid densities of aeration basin at process control computer. These all scrutiny test was accomplished successfully during autumn and early winter from 2016 to 2017.</p> <p>During with the scrutiny it was detected that the fallout test of aeration basin varied with days similarly at lines 1 and 3 and the largest fallout results was obtained always in the mornings at 8 am. In the aeration basin at line 2 the fallout results acted contrarily to lines 1 and 3, for the largest fallout results was obtained in the afternoons at 16 pm. The solid densities of aeration basins acted linearly in each aeration basins during the different times of day and as well the sludge volume index acted in the same way as the solid densities. The settleability of the activated sludge in aeration basins was always deteriorating during rainy seasons and that increased the sludge volume index in each of the aeration basins. The depth of visibility of clarifier basins varied only during the days, not during the seasons.</p>		
Key words Wastewater, solid density, load, fallout test, depth of visibility, inflow, season, day		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Aerobinen	Hapellinen
Alkalointi	pH:n nostaminen
Aktiiviliete	Biologiseen puhdistukseen osallistuva bakteerikanta
Anaerobinen	Hapeton
Denitrifikaatio	Biologinen pelkistysreaktio, jossa nitraatti pelkistyy typpikaasuksi
Flokki	Saostunut muodostelma
Flokkulaatio	Flokkien muodostuminen saostuskemikaaleilla
Flotaatio	Kiintoaineen erotusprosessi ilmakuplien avulla
Kierrätysliete	Hiilenlähteenä toimiva liete ilmastusaltaassa, mikä pumpataan ilmastusaltaan lopusta ilmastusaltaan alkuun
Kiintoainepitoisuus	Ilmastusaltaassa olevan aktiivilietteen kiintoainepitoisuus g/l, MLSS
Kokonaistyyppi	Ammoniumtyypen ja nitraattien muodostama summa jätevedessä
Lieteikä	Aktiivilietteen viipymä ilmastusaltaassa päivinä, SRT
Lieteindeksi	Lietteen laskeutumista kuvaava indeksi, SVI
Nitrifikaatio	Biologinen puhdistusprosessi, jossa bakteerikanta hapettaa ammoniumtyypen ensi nitriitiksi ja sitten nitraatiksi
Primääriliete	Ensisijainen pääliete sakeuttamoon selkeyttimiltä

Q, q	Tilavuusvirta, esim. m ³ /h
Reduktio	Puhdistettavan aineen poistoaste
Rejekti	Puhdistamolta poistettava jäteliuos
Ylijäämäliete	Ilmastusaltaasta poistettava aktiiviliete

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TOIMEKSIANTAJA	3
2.1 Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamo	3
2.1.1 Historiaa	4
2.1.2 Puhdistamon käsittelyteho ja lupaehdot	4
3 PUHDISTUSPROSESSIT	6
3.1 Mekaaninen käsittely	6
3.2 Biologinen käsittely	9
3.2.1 Typenpoisto	10
3.2.2 Aktiivilieteprosessin hallinta	12
3.2.3 Jätkiselkeytys	12
3.3 Kemiallinen käsittely	13
3.4 Flotaatiokäsittely	15
4 VIRTAAMAT LAITOKSELLE	17
4.1 Vuosittaiset vaihtelut	17
4.1.1 Toimintavuodet 2013 ja 2014	18
4.1.2 Toimintavuodet 2015 ja 2016	19
4.2 Neljännesvuosien vaihtelut	20
5 LÄMPÖTILAN VAIHTELUT VIRTAAMISSA	22
5.1 Vaikutukset kokonaistypen reduktioon	23
5.2 Typenpoistoteho prosessilämpötilan mukaan	24
6 KIINTOAINENUORMITUS	26
6.1 Tuleva kiintoainenuorma puhdistamolle	26
6.2 Lähtevä kiintoainenuorma vesistöön	28
6.3 Lieteiän pituus vuodenajoittain	29
7 TYPPIKUORMITUS	31
7.1 Tuleva ammoniumtyppikuorma puhdistamolle	31
7.2 Lähtevä ammoniumtyppikuorma vesistöön	32
7.3 Typpikuormitusta lisäävät tekijät	33
7.3.1 Biokaasulaitoksen rejektivedet	33
7.3.2 Jätevedenpuhdistamon sisäiset rejektivedet	34
8 FOSFORIKUORMITUS	36
8.1 Tuleva fosforikuorma puhdistamolle	36
8.2 Lähtevä fosforikuorma vesistöön	37
8.3 Fosforin kuormittuminen flotaatiossa	38
9 JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETEKIERROT	40
9.1 Sisäiset kierrot	40

9.2 Palautus- ja kierrätysliete.....	40
10 KOKEELLINEN OSA	43
10.1 Kuormituksen tarkkailun toteuttaminen.....	43
10.2 Lietelaskeumakokeet ja kiintoainepitoisuuksien tarkkailut	44
10.3 Jälkiselkeyttimien näkösyvyyksien tarkkailut	44
10.4 Lieteindeksi SVI kuormitustarkkailun apuna.....	45
11 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU.....	47
11.1 Ilmastusaltaiden laskeumat ja kiintoainepitoisuudet	47
11.1.1 Ensimmäisen linjan vaihtelut.....	47
11.1.2 Toisen linjan vaihtelut	48
11.1.3 Kolmannen linjan vaihtelut	49
11.1.4 Kiintoainepitoisuuksien muuttuminen.....	50
11.1.5 Lieteindeksien muuttuminen	51
11.2 Jälkiselkeyttimien näkösyvyydet	52
11.2.1 Ensimmäinen jälkiselkeytin	52
11.2.2 Toinen jälkiselkeytin.....	53
11.2.3 Kolmas jälkiselkeytin.....	53
11.3 Kuormitukset koko toiminnan ajalta	54
11.4 Tulosten yhteenveto.....	55
12 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	57
LÄHTEET	61
LIITTEET	
KUVIOT	
KUVIO 1. Jätevedenpuhdistamon prosessikaavio.....	6
KUVIO 2. Mekaanisen käsittelyn prosessit	7
KUVIO 3. Ilmastusaltaan lohkot typenpoistossa.....	10
KUVIO 4. Palautus-, pinta- ja ylijäämälietteen kierrot	13
KUVIO 5. Fosforin saostuksen periaate	15
KUVIO 6. Flotaatiokäsittely	16
KUVIO 7. Virtaamien vaihtelut vuosittain	18
KUVIO 8. Virtaamien vaihtelut neljännesvuosien mukaan.....	20
KUVIO 9. Jäteveden lämpötilan kehitys	22
KUVIO 10. Tulevan kiintoainemäärän vaihtelut jätevedessä.....	27
KUVIO 11. Lähtevän kiintoainemäärän vaihtelut jätevedessä.....	28
KUVIO 12. Lieteikä vuodenaikojen mukaan ilmastusaltaissa	30
KUVIO 13. Tulevan ammoniumtyppikuorman vaihtelut	31
KUVIO 14. Lähtevän ammoniumtyppikuorman vaihtelut	32
KUVIO 15. Rejektiviesien vaikutus tulovirtaamaan	35
KUVIO 16. Tulevan fosforikuorman vaihtelut.....	36
KUVIO 17. Lähtevän fosforikuorman vaihtelut	37
KUVIO 18. Palautuslietekierto	41
KUVIO 19. Ensimmäisen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet	48
KUVIO 20. Toisen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet	48
KUVIO 21. Kolmannen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet	49

KUVIO 22. Kiintoainepitoisuudet ilmastusaltaissa	50
KUVIO 23. Lieteindeksin kehitys ilmastusaltaissa	51
KUVIO 24. Ensimmäisen jälkiselkeyttimen näkösyvyydet	52
KUVIO 25. Toisen jälkiselkeyttimen näkösyvyydet	53
KUVIO 26. Kolmannen jälkiselkeyttimen näkösyvyydet	54

KUVAT

KUVA 1. Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamo	3
KUVA 2. Fosforikiintoaineen erotuskerros flotaatioprosessissa	39
KUVA 3. Lietelaskeumatesti	44
KUVA 4. Näkösyvyyksien tarkkailupaikka jälkiselkeyttimillä	45

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon lupaehdot	5
TAULUKKO 2. Nitrifikaatio ja denitrifikaatio	11
TAULUKKO 3. Typenpoistoreduktio lämpötilan mukaan	24
TAULUKKO 4. Näytteenottopäivämäärät ja otettavat näytteet	43

1 JOHDANTO

Aloitus tämän opinnäytetyön suorittamiselle tuli opinnäytetyön ohjaajalta Jana Holmilta ja opinnäytetyön prosessin aikana samalle toimeksiantajalle tehtiin kaksi muuta opinnäytetyötä, jotka liittyivät Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamon toimintaan ja fosforin saostuksen optimointiin. Jätevedenpuhdistamon kuormitusvaihteluiden tutkiminen tehtiin yhteistyössä kahden opinnäytetyöntekijöiden kanssa. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää jätevedenpuhdistamon kuormitusten vaihtelua vuodenaikojen ja vuorokausien mukaan sekä miten kuormitukset vaikuttavat ilmastuksen, jälkiselkeytyksen ja flotaation toimintaan käytännössä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia laskeumatestien avulla lietteen laskeutumista ilmastusaltaissa sekä tarkkailla lietteen laskeutumista jälkiselkeyttimillä näkösyvyyksiä tarkkailemalla vuorokauden eri ajankohtina. Kuormitusten vaihteluiden tutkimiseen käytettiin kiintoainetiheyksien vaihtelua vuorokausien sisällä ja lieteindeksillä saatiin arvio lietteen laskeutumiskyvystä jälkiselkeyttimillä. Kuormitusvaihteluita tutkittiin kokeellisesti paikan päällä Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamolla toimintavuoden 2016 syksyn ja 2017 alkuvuoden aikana, jolloin tarkkailut toteutettiin Suomen aikavyöhykkeen UTC+2 sisällä. Näiden lisäksi selvitettiin virtaamien vaihteluiden vaikutuksia lietteen laskeutumiseen sekä tutkittiin fosfori-, kiintoaine- ja typpikuormituksen vaihteluita vuodenaikojen ja vuorokausien mukaan.

Opinnäytetyössä käydään läpi Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessit, joiden kuvaamiseen käytettiin AutoCAD-ohjelmaa sekä luotettavaa lähdekirjallisuutta hyväksi. Puhdistusprosesseista erityisesti jätevedenpuhdistamon ilmastus, selkeytsaltaat ja flotaatio kuvataan yksityiskohteisesti, jotka avaavat jäteveden puhdistusta ja kuormitusten ilmentymistä ilmastuksessa sekä selkeytsaltaissa. Kuormitusvaihteluiden kuvaamiseen hyödynnettiin virtaamien lämpötilan vaihteluita vuodenaikojen, fosfori-, kiintoaine ja fosforikuormien vaihteluita sekä tulovirtaamissa ja vesistöön kulkeutuvissa virtaamissa. Näiden kuvaamiseen käytettiin jätevedenpuhdistamon yhteenvetoraportteja hyväksi, joista ilmeni hyvin nämä kuormien vaihtelut. Opinnäytetyön kokeellisessa osassa käydään läpi tarkkailujen toteutus, joilla tutkittiin kuormituksia aamuisin klo 8, päiväisin klo 12 ja iltapäivisin klo 16.

Tähän opinnäytetyöhön käytettiin Kokkolan Veden yhteenvetoraporttien lisäksi Benjamin ja Lawlerin kirjallisuutta kuvaamaan lietteen laskeutumista Stókesin lain mukaisesti, Hendricksin kirjallisuutta

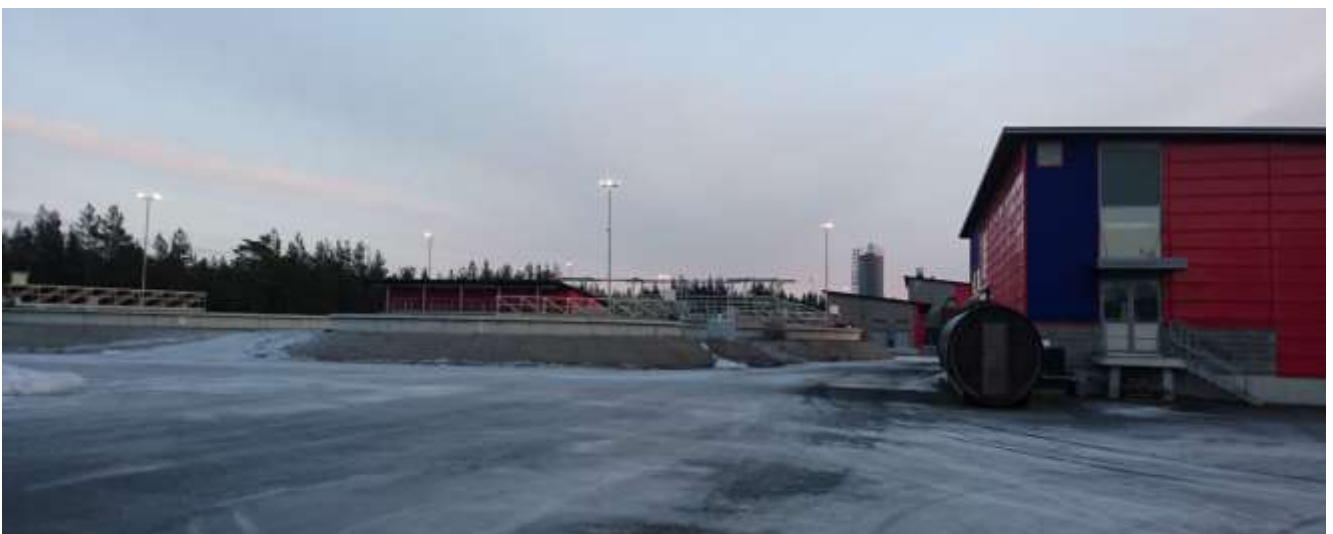
jätevedenpuhdistuksen mekaanisista prosesseista, Wiesmanin, Choin ja Dombrowskin kirjallisuutta typenpoiston prosessista sekä tässä opinnäytetyössä hyödynnettiin myös muutamia opinnäytetöitä, jotka liittyivät läheisesti kuormitusvaihteluihin ja jäteveden puhdistustehokkuuden vaihteluihin suomalaisessa ilmastovyöhykkeessä.

2 TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Kokkolan kaupungin kunnallinen liikelaitos Kokkolan Vesi ja opinnäytetyön aihe kohdistettiin Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamolle Kokkolan suurteollisuusalueen Hopeakivenlahdelle. Seuraavissa alaluvuissa on kerrottu tämän jätevedenpuhdistamon toiminnasta, sen lähihistoriasta ja puhdistamon käsittelytehosta lupaehtoineen.

2.1 Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamo

Kokkolan Vesi on kunnallinen liikelaitos Kokkolan kaupungin konsernihallinnossa, minkä tehtävänä on hankkia ja puhdistaa raakavettä sekä jakaa puhdasta vettä Kokkolan Veden jakeluverkostoon sekä huolehtia jäte- ja hulevesien puhdistamisesta ja johtamisesta mereen. Kokkolan Veden jätevedenpuhdistus on sijoitettu Kokkolan Hopeakivenlahden puhdistamolle (Hopeakivenlahdentie, 67900 KOKKOLA), jonne jätevesi pumpataan paine- ja viettoviemäreitä pitkin Kokkolan kunnan alueelta ja siirtoviemäreitä pitkin Lohtajan ja Kälviän kunnista jätevedenpuhdistamolle. Kokkolan Veden piirissä on noin 40 000 alueen asukasta ja tähän kuuluu Kokkolan, Kälviän ja Lohtajan asukkaat. Tämän lisäksi Storkohmon kaatopaikan suotovedet johdetaan siirtoviemäreillä Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle. Oheisessa kuvassa 1 on havainto Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamosta Hopeankivenlahdelta helmikuun alusta vuodelta 2017. Kuvasta näkyy edestäpäin flotaatiokäsittelyrakennus, jälkiselkeytsaltaat sekä ilmastusaltaat. (Kokkolan kaupunki 2014; Sydänmetsä 2016.)



KUVA 1. Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamo

2.1.1 Historiaa

Kansainvälinen suunnitteluyritys Pöyry on suunnitellut vuonna 2011 syksyllä uuden käyttöön otetun jätevedenpuhdistamon, joka puhdistaa Kokkolan, Kälviän ja Lohtajan yhdyskuntajätevedet tyypeä poistavalla aktiivilieteprosessilla. Tätä ennen Kokkolan yhdyskuntajätevedet käsiteltiin 1970-luvulla rakennetussa vanhalla puhdistamolla, jolla ei pystytty vielä poistamaan ammoniumtyypeä. Tämä aivan uusi jätevedenpuhdistamo on tehostanut merkittävän paljon Kokkolan yhdyskuntajätevesien käsittelyä ja laitos pystyy täyttämään uudet vuonna 2012 asetetut fosforin ja ammoniumtypen päästörajat. (Pöyry 2017b; & Yle 2011.)

Kokkolan Veden viemärintialueelta kaikki jätevedet ohjataan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle viemäriputkia pitkin, joiden kokonaispituus on noin 316 kilometriä. Kokkolan Veden jätevesiverkostossa on 31 jätevesipumppaamaa ja 20 sadevesipumppaamaa, jotka pumppaavat jäteveden Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle. Kokkolan Veden jätevesiverkoston yleiskunto on kohtuullisen hyvä, sillä verkostoa on uusittu viimeisen 30 vuoden ajan järjestelmällisesti sekä Lohtajan, Marinaisten ja Kälviän jätevedet on johdettu Hopeankivenlahden jätevedenpuhdistamolle siirtoviemäreillä vuodesta 2015 lähtien, mitkä rakennettiin 1,8 miljoonan euron investoinnilla. (Kokkolan kaupunki 2017; & Yle 2011.)

2.1.2 Puhdistamon käsittelyteho ja lupaehdot

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo käsittelyteho on esitettyinä oheisessa taulukossa 1 kokonaisfosforin, kiintoaineen-, typen-, ja ammoniumtypen osalta sekä biologisen ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta. Taulukossa on ilmoitettu myös enimmäispitoisuudet puhdistamolta lähtevästä vedestä. Näiden lupaehtojen lisäksi Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo on suunniteltu poistamaan saapuvasta jätevedestä kokonaistyyppi 60 % reduktiolla. Taulukossa ilmoitetut arvot on päätetty Vaasan hallinto-oikeudessa vuoden 2007 lopulla ja lupaehdot ovat astuneet voimaan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla vuoden 2012 alussa. (Pöyry 2009b, 3.)

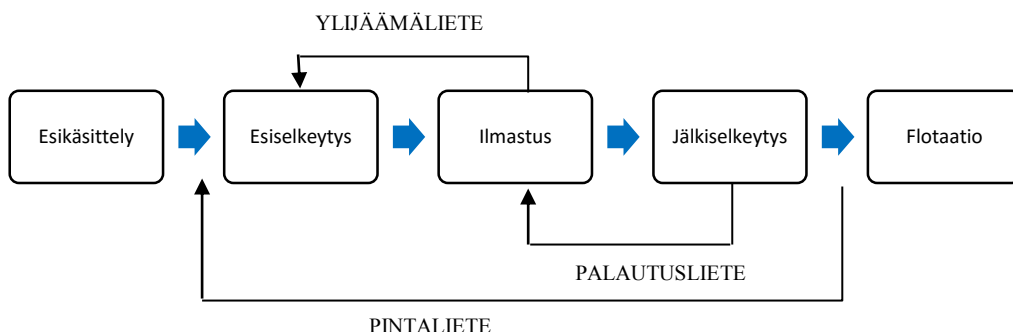
TAULUKKO 1. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon lupaehdot. (Mukaillen Pöyry 2009b, 3; Finlex 2006, 8 §.)

Parametri	Pitoisuus enintään	Käsittelyteho vähintään
BOD _{7ATU}	10 mg O ₂ /l	95 %
COD _{CR}	75 mg O ₂ /l	85 %
Kiintoaine	35 mg/l	90 %
Kokonaisfosfori P _{KOK}	0,3 mg P/l	95 %
Kokonaistyyppi N _{KOK}	-	70 %
Ammoniumtyppi NH ₄ -N	8 mg N/l	80 %

3 PUHDISTUSPROSESSIT

Tämän luvun aikana esitellään Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamolla käytettävät puhdistusprosessit, joihin kuuluvat esikäsitely mekaanisesti selkeytysaltainen, biologinen puhdistus ilmastuksessa, kemiallinen käsittely rinnakkaisprosessina ja flotaatio puhdistuksen viimeistelyssä. Seuraavissa alaluissa puhdistusprosesseja havainnollistetaan selkeillä prosessikaavioilla, jotka laadittiin AutoCAD-ohjelmalla ja alaluissa käsitellään ilmastuksen hallinnasta sekä jätevedenpuhdistukseen liittyvät kemialliset reaktiot ovat esitettyinä alaluissa.

Jätevedenpuhdistamo on tyypeä ja kiintoainetta poistava aktiivilietelaitos sekä samalla rinnakkaissaostuslaitos fosforin poistoon. Jäteveden esipuhdistukseen käytetään välppäystä, hiekanerotusta ja esiselkeytystä ja biologiseen puhdistukseen aktiivilieteilmastusta sekä jälkiselkeytystä ja jälkikäsitelyyn flotaatioprosessia. Oheisessa kuviossa 1 havainnollistetaan jätevedenpuhdistamon prosessivirtaa sekä lietekiertoja. Ylijäämä- ja pintaliete pumpataan esiselkeytyksen jakoaltaaseen ja palautusliete pumpataan jälkiselkeytysaltaista takaisin ilmastusaltaille kuvion 1 mukaisesti. (Pöyry 2009, 3.)

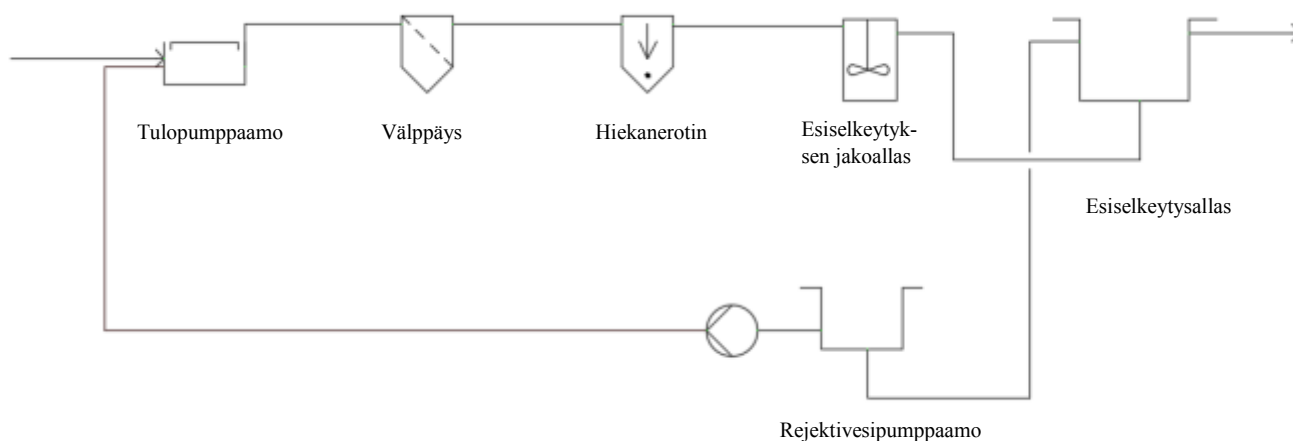


KUVIO 1. Jätevedenpuhdistamon prosessikaavio. (Mukaiillen Pöyry 2009a, 1)

3.1 Mekaaninen käsittely

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle pumpattu jätevesi ensin esikäsitellään välppäyksellä, hieka- ja välpepesureilla ja ilmastetulla hiekanerottimella sekä esiselkeytyksellä. Saapuvasta jätevedestä erotetaan suurimmat partikkelit välppäyksellä ja hiekanerottimella hieka- ja kivirakeet laskeutetaan altaiden pohjalle sekä rasva erotellaan hiekanerotusaltaiden pinnalta ja esiselkeytyksessä jäteveden kiintoaine laskeutetaan painovoimaisesti. Edellä mainittujen prosessien tarkoituksena on taata seura-

vien vedenpuhdistusprosessien tehokas toiminta ja poistaa jätevedestä kaikista suurimmat epäpuhtausjakeet esikäsittelyvaiheen pesureille. (Pöyry 2009b, 6.) Oheisessa kuviossa 2 on havainnollistettu mekaanisen käsittelyn prosessin kulkua tuloviemäristä esiselkeytykseen, missä edellä mainitut suurimmat partikkelit, hiekka- ja kivirakeet, rasvat ja kiintoaineet erotetaan saapuvasta jätevedestä. Kuvioista 2 nähdään myös rejektivesipumppaamo, mistä rejektivedet pumpataan tulopumppaamoon.



KUVIO 2. Mekaanisen käsittelyn prosessit. (Mukaiillen Pöyry 2009a, 1)

Puhdistamon esikäsittelyvaiheeseen jätevesi saatetaan maanalaisesta tuloaltaasta kahdella ruuvipumpulla välppäyksen jakokanavaan ja edelleen kolmeen eri välppäyskanavaan. Välppäyksen levynauhavälppät erottavat ohi virtaavasta jätevedestä suurimmat partikkelit, jotka pestään välpepesureilla ja lajitellaan välpelavalle. Jätevedenpuhdistamon yhden kanavan välppä pystyy käsittelemään jätevettä $625 \text{ m}^3/\text{h}$ ja nämä välppeet keräävät suuria kiintoaineita noin $0,7 \text{ m}^3/\text{d}$, mitkä pestään välpepesureilla ja kasataan edelleen välpelavoille. (Pöyry 2009b, 6.)

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon välppäyksessä kiintoainepartikkelit kerääntyvät pitkittäisen ristikon päälle, joiden välimitat ovat pienemmät kuin kerääntyvien epäpuhtauksien läpimitat. Välppäimien rakenteeseen ja toimintaan kuuluu sen hydraulikka, välppien puhdistukset ja kerääntyneen kiintoaineksen poisto. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistuksessa välppien rakenne on suunniteltu sopivaksi koko jäteveden puhdistusketjua ajatellen ja tämän vuoksi suurten partikkelien välppäys suoritetaan levynauhavälppäimillä, jotka ovat hieman kallellaan. Välppäin on sopiva jätevedenpuhdistukseen, kun se poistaa tehokkaasti karkeat kuitumaiset epäpuhtaudet sekä se tukee kokonaisvaltaisesti kunnallista jätevedenpuhdistusta. (Hendricks 2011, 79; Pöyry 2009, 6.)

Jäteveden välppäyskäsittelyn jälkeen jätevesi käsitellään kaksilinjaisella ilmastetussa hiekanerotuksessa, johon käytetään karkeakuplailmastimia ja kolmea kompressoria. Hiekanerotuksen altaat on varustettu ketjulaahoilla. Hopeankivenlahden jätevedenpuhdistamolla jätevedestä saadaan erotettua hiekkaa noin 0,1-0,2 m³/d. Prosessissa erottuva hiekka poistuu välppien kaltaisesti hiekanpesurille ja siirtoruuilla hiekkalavalle. Hiekanerotusprosessissa saadaan erotettua myös välppien ohi kulkeutuneita roskia, rasvaa ja pintalietettä, jotka poistetaan hiekanerotuksessa ryyppyruuhilla pintalietekaivoon jatkokäsittelyä varten. (Pöyry 2009b, 6-7.) Hiekanerotus jätevedenpuhdistuksessa on sedimentaatioon perustuva prosessi 1950-luvulta, minkä tarkoituksena on suojella jätevedenpuhdistamon pumppuja, putkistoja ja kanavia hiekan kerääntymiseltä. Jäteveden hiekka aiheuttaa muuten mekaanista kulutusta laitteistoille ja sen poistaminen prosessista on todella vaikeaa. Hiekanerotuksessa hiekka laskeutuu hiekanerotusaltaan pohjalle ja vesi jatkaa hiekanerotuksesta suoraan esiselkeytykseen. Hiekan poisto perustuu jäteveden nopeudensäätöön, sillä riittävän alhaisella nopeudella pienimmätkin hiekkapartikkelit vajoavat hiekanerotusaltaan pohjalle. Altaan pohjalle vajonnut hiekka kaavitaan pohjalta hiekanpesureille. (Hendricks 2011, 135; Yli-Kyynty 2014, 17.)

Hopeankivenlahden jätevedenpuhdistamon mekaanisessa käsittelyssä on välppäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen esiselkeytyksen jakoallas, johon syötetään hiekanerotuksesta tulevan veden lisäksi biologisen prosessin ylijäämäliete ja jälkiselkeyttimien pintalietteet, jotka syötetään kahteen esiselkeytysaltaaseen. Esiselkeytyksen jakoaltaassa on potkurisekoitus edellä mainittujen jakeiden sekoittamiseksi. Esiselkeytyksessä on kaksi pyöreänmuotoista selkeytysallasta, jotka on varustettu lietelaahoilla ja pintalietteen poistolla. (Pöyry 2009b, 8.) Jäteveden selkeytys Hopeankivenlahden jätevedenpuhdistamolla perustuu kiintoaineen laskeutumiseen painovoiman vaikutuksesta, jolloin kiintoaine poistuu alitteena selkeytysaltaasta ja puhtaampi vesi jatkaa biologiseen ilmastukseen ylitteenä. Tämä jäteveden selkeytys kuuluu kiintoaineiden erotuksen yksikköprosesseihin ja selkeytyksessä kiintoaine erotetaan puhtaasta vedestä maan vetovoiman avulla. Kiintoaineen vajoaminen selkeytysaltaassa tapahtuu Stokes'in lain mukaan. (Pihkala 2003, 37.)

Selkeytyksessä kiintoaineen pyörteetöntä laskeutumista kuvaava vastusvoima:

$$F = 6 \times \pi \times r \times \rho \times v \quad (1)$$

missä r on kiintoaineen säde, ρ väliaineen viskositeetti ja v kiintoainepartikkelin nopeus väliaineessa.

Vastusvoiman yksikkönä on Newton (N). (Benjamin & Lawler 2013, 608).

Kiintoaineen laskeutumisnopeus pyörteettömässä laskeutumisessa:

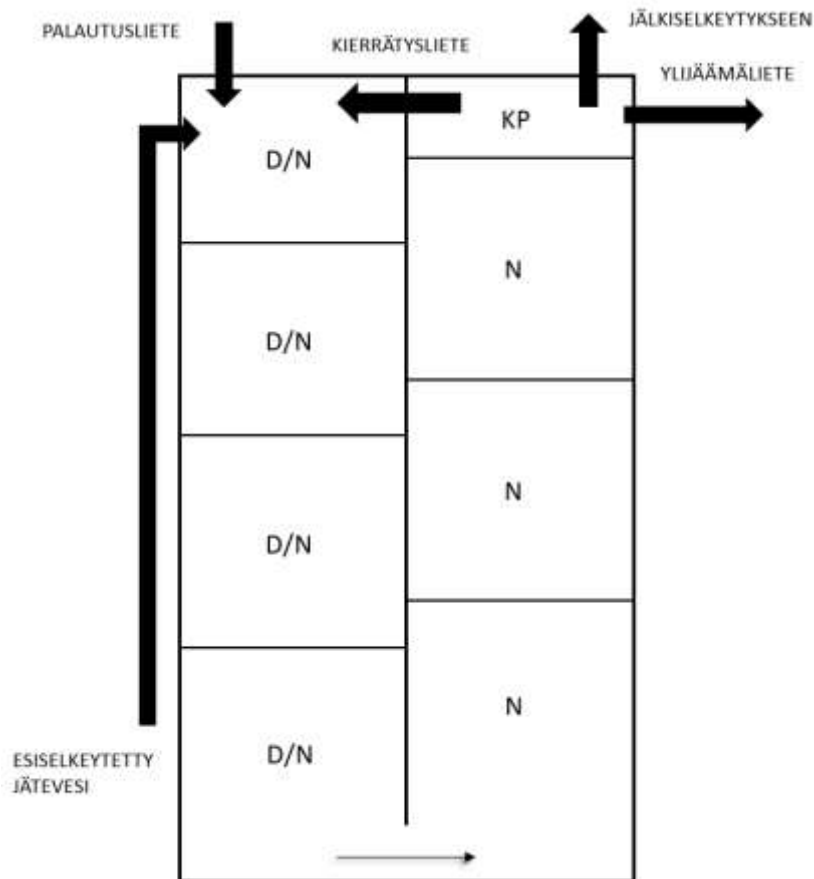
$$v = \frac{g \times x^2 \times (\rho - \rho_v)}{18 \times} \quad (2)$$

missä g maan vetovoiman kiihtyvyys, x kiintoainepartikkelin raekoko, ρ kiintoaineen tiheys ja ρ_v on väliaineen tiheys. Laskeutumisnopeuden yksikkönä on nopeus (m/s). (Benjamin ym. 2013, 608.)

Lietteen laskeutuminen väliaineessa kasvaa, kun kiintoaineen tiheys, karkeusaste ja koko kasvavat sekä lietteen kiintoainepitoisuuden alentuessa. Kiintoaineen laskeutumiseen vaikuttavat erityisesti kiintoainepitoisuus, vajoamistapa ja selkeyttimen mekaaninen sekoitus. Kiintoaineen laskeutumisnopeus on suurimmillaan, kun lietteen kiintoainepitoisuus on mahdollisimman minimaalinen ja kiintoaineen tiheys on mahdollisimman maksimaalinen. Lietteen mekaaninen sekoitus edesauttaa kiintoainetta laskeutumaan selkeytsaltaassa, sillä sekoitus katkaisee kiintoaineiden löysärakenteiset rakenteet ja niiden rakennelma rikkoutuu, jolloin nesteelle annetaan mahdollisuus selkeytyä tiheydeltään kevyempänä altaan pinnalle ja samalla lietteen kiintoaineet tiivistetään korkeampaan tiheyteen. Mekaanisen sekoituksen tarkoituksena on myös siirtää kiintoainetta kohti selkeyttimen poistoaukkoa. (Pihkala 2003, 37-40.)

3.2 Biologinen käsittely

Jäteveden biologinen käsittely tehdään aktiivilietemenetelmällä ilmastusaltaissa, joissa aktiivilietteen bakteerit käyttävät jäteveden orgaanisen substanssin ravinnokseen ja muuttavat orgaanisen substanssin uudenlaiseksi solumassaksi selkeytystä varten. Samalla jäteveden biologinen hapenkulutus BOD alenee, orgaaninen hiili poistuu hiilidioksidina CO_2 ilmakehään, ammoniumtyppi $\text{NH}_4\text{-N}$ hapetetaan nitraatiksi NO_3^- ja nitraatti vielä pelkistetään hapettomissa olosuhteissa typpikaasuksi N_2 , joka poistuu hiilidioksidin tavoin ilmakehään. Oheisessa kuviossa on havainnollistettu Hopeankivenlahden jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaiden lohkoja, jotka ovat jaoteltu nitrifikaatio- ja denitrifikaatiolohkoihin ja nämä lohkot jaetaan vasemmalta oikealle lohkoihin 1-8. Ilmastusaltailla käytetään kolmea U-muotoista ilmastuslinjaa, joiden kunkin tilavuus on 2670 m^3 ja ilmastusaltaiden kokonaistilavuus on 8000 m^3 sekä näillä ilmastuslinjoilla on mitoitettu 64 % kokonaistypenpoisto $8 \text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa. Jälkiselkeyttimiltä tuleva palautusliete syötetään ensimmäiseen lohkoon ja tähän samaan lohkoon syötetään myös kierrätysliete ja esiselkeytetty jätevesi kuvion 3 mukaisesti. Ilmastusaltaiden viimeisistä lohkoista ilmastettu jätevesi menee jälkiselkeytysaltaisiin sekä ylijäämälietettä syötetään esiselkeytyksen jakoal- taaseen. Viimeisessä lohossa on ilmastuksen kaasunpoistolohko, jossa on ainoastaan sekoitus. (Pöyry 2009b, 10-13.)



KUVIO 3. Ilmastusaltaan lohkot typenpoistossa. (Mukaiillen Pöyry 2009b, 12)

3.2.1 Typenpoisto

Biologisessa käsittelyssä typenpoisto tapahtuu nitrifikaation ja denitrifikaation yhteispuolilla, jotka tekevät molemmat yhdessä tehokkaan tavan poistaa Hopeakivenlahdelle saapuvasta jätevedestä typpeä. Nitrifikaatiossa ammoniumtyppi hapetetaan nitraatiksi aerobisilla nitrosomonas-bakteereilla hapellisissa olosuhteissa ja nämä nitrosomonas-bakteerit käyttävät hiilen lähteenään hiilidioksidin hiiltä, jonka vuoksi ilmastuksen ensimmäiseen lohkoon syötetään kierrätyslietettä. Denitrifikaatiossa nitraatti pelkistetään typpikaasuksi heterotrofisilla nitro-bakteereilla hapettomissa olosuhteissa ja hiilenlähteenä käytetään tässä tapauksessa jäteveden orgaanista hiiltä ja hapen lähteenä nitraattien sisällä olevaa hapetta. Ilmastusaltaissa muodostuva typpikaasu poistuu altaista ilmaa kevyempänä. (Wiesmann, Choi & Dombrowski 2007, 227.)

Oheisessa taulukossa 2 on eriteltyä nitrifikaation ja denitrifikaation erot, mitkä kuitenkin liittyvät typenpoiston kannalta yhteiseksi kokonaisuudeksi. Merkittävin ero on bakteerien hiilen ja hapen läh-

teissä sekä hapen kulutuksessa. Alkaliniteetin eli pH:n muutos perustuu typpiyhdisteiden erilaisiin kemiallisiin reaktiotuotteisiin, sillä nitrifikaation aikana muodostuu ammoniumtypen hapettumisen aikana nitraatin lisäksi vetyioneja H^+ , joka laskevat ilmastusaltaiden pH:ta. Denitrifikaatiossa sen sijaan nitraatti-ionin pelkistyksessä muodostuu hydroksyyli-ioneja OH^- , jotka nostavat pH:ta ilmastusaltaissa.

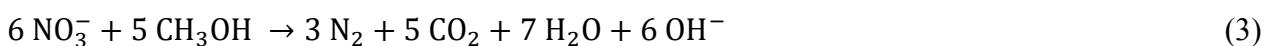
TAULUKKO 2. Nitrifikaatio ja denitrifikaatio. (Mukaillen Wiesmann ym. 2007, 227)

	Hiilenlähde	Happipitoisuus	pH:n muutos	Olosuhteet
Nitrifikaatio	Hiilidioksidi	2 mg/l	Laskeva	Hapelliset
Denitrifikaatio	Jätevesi	alle 0,1 mg/l	Nouseva	Hapettomat

Nitrifikaation bakteerit hapettavat ammoniumtyyppiä tuottaakseen energiaa kasvuunsa ja ylläpitoonsa. Aktiivilieteprosessissa ammoniumtyyppi hapettuu nitraatti-ioneiksi happikaasulla oheisten reaktioyhtälöiden mukaisesti, missä ammoniumtyyppi hapetetaan ensin nitriitti-ioneiksi ylimäärähapella ja tämän jälkeen nitriitti-ionit hapetetaan nitraatti-ioneiksi nitrifikaatioprosessissa. Hopeakivenlahden ilmastusaltaiden nitrifikaatiolohkot ovat ilmastettuja bakteerien toiminnan ylläpitämiseksi, eikä lohkoissa käytetä sekoitusta. (Wiesmann ym. 2007, 228-229; & Pöyry 2009b, 12.)



Denitrifioivat bakteerit hapettavat nitraatti-ionit typpikaasuksi heterotrofisilla nitro-bakteereilla hapettomissa olosuhteissa ilmastuksen denitrifikaatiolohkoissa, joiden hapellista tilavuutta voidaan säätää tulevan jäteveden lämpötilan ja kuormituksen mukaan. Lohkoissa on käytössä ilmastimet ja sekoittimet nitraatti-ionien hapettumisen sekä nitrifikaatioreaktion edistämiseksi. Nitraatti-ionit reagoivat orgaanisen metanolin tai jäteveden orgaanisen aineksen avulla typpikaasuksi oheisen reaktioyhtälön mukaisesti, jolloin muodostuu myös hiilidioksidia ja hydroksyyli-ioneja. Denitrifikaatioreaktion aikana muodostuvasta hiilidioksidista osa palautetaan kierrätyslietteenä nitrifikaation ensimmäiseen lohkoon nitrifikaatiobakteereiden hiilenlähteeksi. (Wiesmann ym. 2007, 237; Pöyry 2009b, 12-13.)



3.2.2 Aktiivilieteprosessin hallinta

Aktiivilieteprosessin hallinnassa huomioidaan ilmastusaltaiden pH, lohkojen happipitoisuudet ja liete-kierröt, jotka kaikki vaikuttavat aktiivilieteprosessin toimintaan. Ammoniumtyypen nitrifikaatio pidetään yllä ympäri vuoden pH-säädöllä, sillä pH:n suurilla vaihteluilla aktiiviliete muuttuu pintaflokiksi laskien samalla lieteikää sekä puhdistustulosta. Ilmastusaltaiden nitrifikaatio tarvitsee myös riittävän ilmastuksen bakteerien soluhengitykseen, johon käytetään jätevedenpuhdistamon ilmastusjärjestelmää. Nitrifikaatiolohkojen happipitoisuus pidetään yllä hienokuplailmastimilla, jotka löytyvät jokaisesta nitrifikaatiolohkosta. Aktiivilieteprosessin lietekiertoja ovat kierrätys- ja palautuslietteet, joista kierrätyslietteen tarkoituksena on taata hiilenlähde ammoniumtyypen hapettaville bakteereille ja palautusliete tulee jälkiselkeyttimiltä laskeutuneena flokkina takaisin ilmastusaltaille. (Pöyry 2009b, 10-14.)

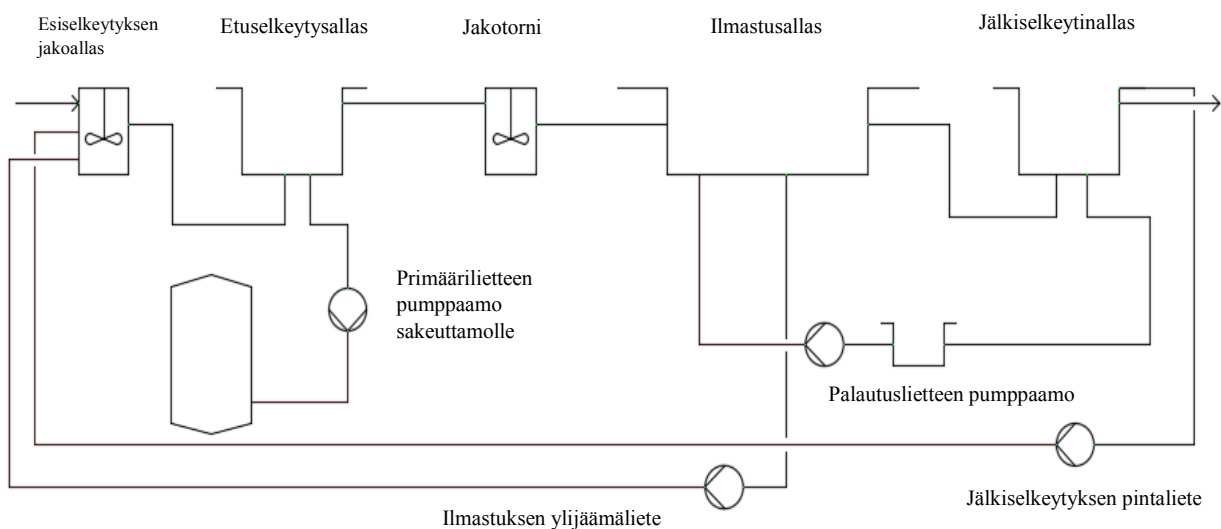
Ilmastusjärjestelmällä hapen pitoisuus ilmastusaltaiden nitrifikaatiolohkoissa pidetään yli 2 mg/l, jolla taataan ammoniumtyypen hapettuminen nitriitiksi. Happea syötetään ilmastusaltaiden lohkoihin 1-4 aina ja denitrifikaatiolohkoihin voidaan tarvittaessa syöttää happea, sillä näissäkin lohkoissa on asennettuna nämä hienokuplailmastimet. Tämä mahdollistaa koko ilmastusaltaan hapettamisen jäteveden suurilla kuormituksilla kylminä päivinä. Nitrifikaatio- ja denitrifikaatiovyöhykkeiden suhteita on mahdollista muuttaa erittäin helposti ja hapellinen tilavuus lohkoissa 1-4 voidaan säätää 47 %, 60 %, 72 %, 85 % ja 97 %: iin ajotilanteen ja jäteveden kuormituksen mukaan. Koko ilmastusaltaan ilmastus muuttaa tyypenpoiston assimilaatioon perustuvaksi, joten typpi poistuu prosessista fysikaalisesti bakteerisoluihin sitoutuneena. (Pöyry 2009b, 12-15; Kinnunen 2013, 16-17.)

Alkaliteetin eli pH-säätöön käytetään Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla soodaa Na_2CO_3 , jonka syöttö nostaa ilmastusaltaiden pH:ta ja pitää nitrifikaatiobakteerien olosuhteet optimaalisina ammoniumtyypen hapettamiseen nitraatiksi. Ilmastusaltaiden pH pidetään vakiona välillä 6,0-8,5 ja soodaa syötetään 5%-liuoksena teknisen veden kanssa ilmastuksen jakokammioon. Soodan syöttöä ohjaa prosessiautomaatio ja pH:ta mitataan ilmastukseen tulevasta jätevedestä ja ilmastusaltaista. (Pöyry 2009b, 11-19.)

3.2.3 Jälkiselkeytytys

Jätevesi laskeutetaan jälkiselkeytysaltaissa biologisen vaiheen jälkeen kolmessa pyöreissä teräsbetonialtaissa. Nämä altaat on myös varustettu lietelaahoilla ja pintalietteen poistolla. Näissä jälkiselkeyty-

saltaissa jätevesi poistetaan ulkoreunoilta yhdyskaivoon ja edelleen flotaatiokäsittelyn tulokaivoon. Molemmassa jälkiselkeytysaltaissa tarkoituksena on poistaa pintalietettä, jotka poistetaan pintalietepumppaamoon ja sieltä pintalietekaivoon. Tämä pintaliete siirretään säännöllisesti loka-autolla kaatopaikalle tai se käsitellään muualla. Jälkiselkeyttimiltä poistetaan myös palautuslietettä takaisin ilmastusaltaille lohkoihin 1 painovoimaisesti palautuslietepumppaamon kautta. Palautuslietteet syötetään pumppaamon imualtaaseen, missä palautuslietteet sekoittuvat optimaalisesti parantaen lietepitoisuuden tasaisuutta ilmastusaltaissa. Oheisesta kuvioista 4 nähdään palautuslietteen kierto takaisin ilmastusaltaille erillisen palautuslietepumppaamon kautta ja samasta kuvioista nähdään myös pintalietteen poisto kahden pumpun avustamina esiselkeytyksen jakoaltaaseen. (Pöyry 2009b, 13-14.)



KUVIO 4. Palautus-, pinta- ja ylijäämälietteen kierrot. (Mukaillen Pöyry 2009a, 1)

3.3 Kemiallinen käsittely

Jätevedenpuhdistamon kemiallisessa käsittelyssä fosfori, eloperäiset kiintoaineet ja kiintoaineeseen sitoutuneet fosforin yhdisteet saostetaan kemiallisesti ferrisulfaatilla $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Hopeakivenlahdelle saapuvassa jätevedessä on fosforia liuenneena erilaisina yhdisteitä, kuten poly- ja ortofosfaateissa ja kiintoaineeseen sitoutuneena sekä fosfori on sitoutuneena myös proteiinien ja solukalvojen sisälle. Hopeakivenlahdella fosforin, eloperäisten kiintoaineiden sekä muiden kemiallisten yhdisteiden poisto perustuu ferrisulfaatin kemikalointiin, koagulaatioon ja flokkaukseen sekä erotukseen selkeytysaltaissa. (Renkonen 2014, 3-4.) Fosforin saostamiseen käytetään ferrisulfaattina PIX-105-liuosta, jonka rautapitoisuus on noin 11,2 % ja tämä ferrisulfaatti tuodaan jätevedenpuhdistamolle tankkiautolla, josta ferrisulfaattiliuos syötetään esikäsitteilyrakennuksen varastosäiliöön. Tätä ferrisulfaattiliuosta käytetään

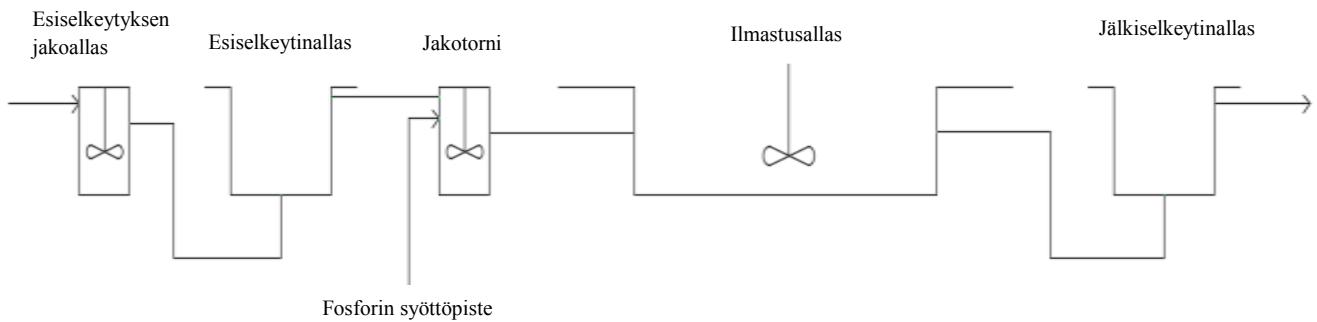
myös jätevedenpuhdistamon flotaatiossa, jossa fosforin saostuminen flokeiksi pääasiassa tapahtuu. Varastosäiliöstä ferrisulfaattiliuos syötetään jätevedenpuhdistamon prosessiin hiekanerotuksen tulokanavaan, ilmastuslinjoihin menevään veteen ja rejektivesiputken hydrauliseen sekoittajaan. Ferrisulfaatin syöttöä säädetään jätevedenpuhdistamon prosessiautomaatiolla. Fosforin saostuksen toimintaa seurataan mittaamalla lähtevästä vedestä fosfaattifosforin pitoisuus. (Pöyry 2009b, 16-19; Sydänmetsä 2016.)

Oheiset reaktioyhtälöt kuvaavat fosforin saostumista ilmastusaltaissa. Fosforin saostamiseen käytettävä ferrisulfaatti liukenee veteen ioneina (1), joista kolmenarvoinen rauta-ioni reagoi jäteveden fosfaatin kanssa saostaen sen kiinteäksi rautafosfaatiksi (2). (Pelto-Huikko & Vieno 2009, 8.)



Kemiallinen käsittely saostuskemikaalilla muuttaa kiintoaineen pienhiukkasissa ja liuenneissa yhdisteissä muutoksia niiden rakenteeseen. Nämä muutokset johtavat suurikokoisempiin ja kiinteisempiin kiintoaineisiin, jotka voidaan poistaa mekaanisilla käsittelyillä puhdistettavasta vedestä. Suurikokoisemmat ja tiheydeltään kiinteämmät kiintoaineet laskeutuvat paljon paremmin selkeytysaltaissa, sillä kiintoaineen muuttunut tiheys mahdollistaa paremman laskeutumisen. (Kinnunen 2013, 11.)

Oheisessa kuviossa 5 havainnollistetaan ferrisulfaattiliuoksen syöttöä jätevedenpuhdistamon prosessiin ja fosforiyhdisteiden saostamista sekä poistamista prosessista. Saostuskemikaalin syöttö tapahtuu pääprosessissa kahdessa kohtaa, hiekanerotuksen tulokanavassa ja ilmastuksen jakotornissa. Fosforin saostuminen kiintoaineflokiksi tapahtuu jo osittain esiselkeytysaltaissa ja varsinainen fosforin saostuminen tapahtuu kolmessa ilmastusaltaiden sekoituslohkoissa, joissa on sekoittimet tehostamassa fosforin saostumista kiintoaineflokiksi. Jälkiselkeytysaltaissa muodostuneet fosforin kiintoaineflokit laskeutetaan painovoimaisesti altaiden pohjalle ja selkeytynyt vesi virtaa flotaatiokäsittelyyn. Myös jälkiselkeytysaltaissa tapahtuu fosforin saostumista hieman, jos saostuskemikaalia riittää saostamaan jätevedestä fosforiyhdisteitä.



KUVIO 5. Fosforin saostuksen periaate. (Mukaillen Pöyry 2009a, 1)

Jälkiselkeytyksaltailta poistuva palautusliete, joka sisältää saostunutta fosforia, pumpataan ilmastusaltaille ja nämä muodostuneet fosforin kiintoaineflokkit poistetaan ilmastusaltaista ylijäämälietteenä esiselkeytyksen jakoaltaaseen. Lopullisesti fosfori poistuu prosessista esiselkeytyksaltaissa yhdessä muun kiintoainekuorman kanssa primäärilietteenä sakeuttamoon ja tiivistykseen. Fosfori poistuu myös floataatiolietteen kautta biokaasulaitokselle.

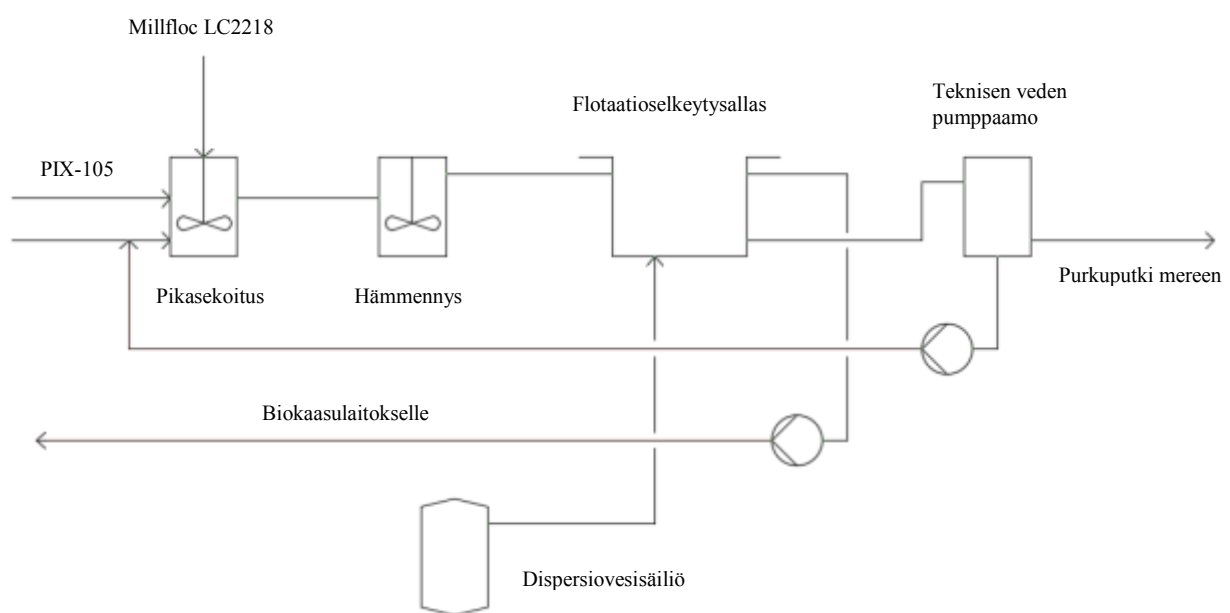
3.4 Flotaatiokäsittely

Flotaatiokäsittely on jätevedenpuhdistamon viimeinen jäteveden käsittelyvaihe ennen veden purkua koontikaivon kautta mereen. Flotaatiolla jäteveden puhdistustulos viimeistellään, missä kiintoaineen ja fosforin pitoisuudet käsitellyssä vedessä lasketaan lupaehtojen alapuolelle. Tässä viimeisessä jäteveden puhdistusprosessissa erityisesti jälkiselkeytyksaltaissa laskeutumatta jääneet kiintoaineet erotetaan flotaatiokäsittelyssä PIX-105:lla ja polyamiinilla (Millflog LC2218), jotka saostavat nämä kiintoaineet suuremmiksi partikkeleiksi. Samalla kiintoaineisiin sitoutuneet fosforiyhdisteet saadaan erotettua jätevedestä ennen veden purkua mereen. (Pöyry 2009b, 17-18; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 12; Sydänmetsä 2016.) Jätevedenpuhdistamon viimeistelyprosessi flotaatio on kiintoaine-nesteerotusmenetelmä, joka soveltuu tilanteisiin, jossa kiintoainepartikkelien tiheys on pienempi kuin veden. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla jälkiselkeytyksaltaista virtaavat ylitteet sisältävät kiintoainetta, jotka voidaan erottaa tehokkaasti juuri flotaatioprosessilla. Flotaatio perustuu kiintoaineen, nesteen ja kaasun vuorovaikutukseen, sillä erotettava kiintoaine poistetaan jätevedestä kaasukuplien avulla pintaan kaavittavaksi. Hopeakivenlahden prosessissa kiintoaineiden pinnat muunnetaan PIX-

105:lla ja polyamiinilla hydrofiilisistä hydrofobisiksi eli vettä hylkiviksi, johon ilmakuplat kostuvat ja nostavat kiintoaineet flotaatioaltaan pinnalle. (Autio 2010, 6-7.)

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla käytetään korkeapaine-flotaatiota, joka toimii jatkuvatoimisena prosessina. Saapuvaan jätevetteen syötetään flokkulanttia eli PIX-105 flokkulaattorissa, pikasekoitusaltaaseen polyamiinia ja flotaatioaltaassa liuos sekoitetaan kiintoaineiden saostumisen edistämiseksi. Ilmakuplien tuottamiseen käytetään tässä prosessissa dispersiovesisäiliötä, jossa ilmaa liuotetaan veteen 5-7 bar:in paineessa. Molemmat liuos ja dispersiovesi syötetään reaktioalueelle kupla-kiintoainekontaktiin, jossa dispersioveden paineen laskun tuloksena ilma vapautuu ilmakuplina ja nostavat liuoksen kiintoaineet flotaatioaltaan pinnalle tasaiseksi kiintoainekerrokseksi. Pintaan nousut kiintoainekerros poistetaan kaapimella flotaatioaltaan lietekouruun ja edelleen biokaasulaitokselle käsiteltäväksi. (Pöyry 2009b, 17-18; Autio 2010, 27-30; Benjamin, Desmond & Lawler 2013, 657; Sydänmetsä 2016.)

Oheisessa kuviossa 6 on havainnollistettu Hopeakivenlahden flotaatiokäsittelyä, missä liuenneet kiintoaineet ja fosfori poistetaan saostamalla dispersioveden ilmakuplien avulla. Kuvioista 6 huomataan flotaatioprosessin alussa pikasekoitusallas, jossa PIX-105 ja polyamiini sekoitetaan saapuvaan jätevetteen. Hämmennysaltaassa sekoituksen annetaan vielä edetä loppuun ennen, kuin liuos syötetään flotaatio-selkeytysaltaisiin. Selkeytysaltaissa dispersioveden ilmakuplat tarttuvat saostuneisiin kiintoainehiukkasten hydrofobisiin kohtiin ja nämä ilmakuplat nostavat kiintoaineet flotaatioaltaiden pinnalle. Kuvion 6 mukaisesti flotaatioaltaiden pinnalle nousseet kiintoaineet pumpataan biokaasulaitokselle.



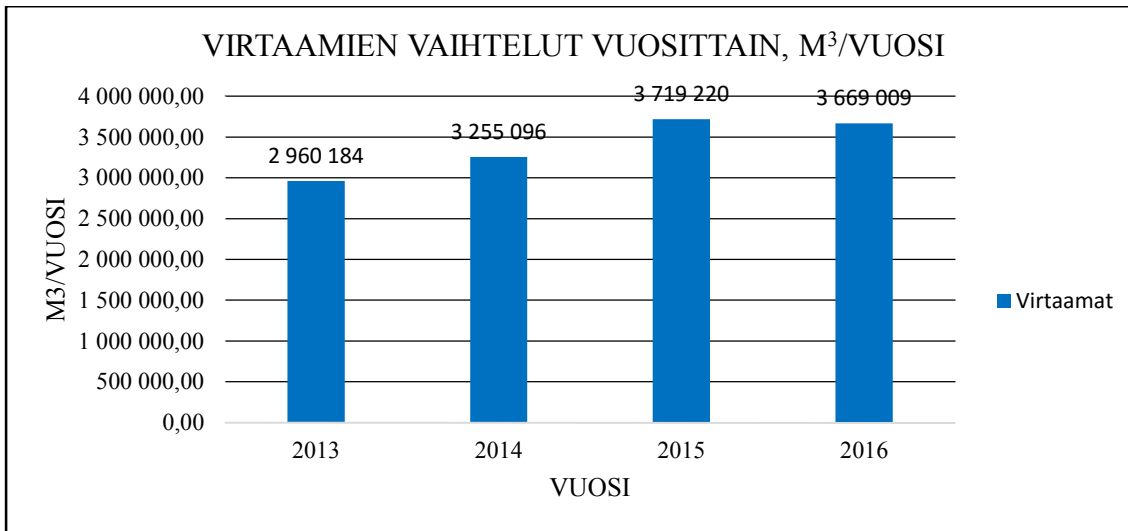
KUVIO 6. Flotaatiokäsittely. (Mukaillen Pöyry 2009a, 1)

4 VIRTAAMAT LAITOKSELLE

Kokkolan Veden Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle virtaa tänä päivänä vuosittain 3-4 miljoonaa kuutiota jätevettä Kokkolan, Kälviän, Lohtajan ja Marinkaisten yhdyskunta-alueilta sekä Storhohmon kaatopaikan alueilta. Vuodenaikojen mukaan yhdyskuntajäteveden virtaamat kohoavat mitauspäivinä jopa 18 000 kuution suurten sadekausien aikana. Suurten jätevesivirtauksien aikoihin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo joutuu aina suuren kuormituksen alaiseksi, ja se vaikuttaa erityisesti jäteveden ilmastukseen, saostukseen ja selkeytysaltaiden toimintaan sekä puhdistustehokkuuteen. Suuret jätevesivirtaamat sekoittavat jäteliettä niin paljon, että se heikentää lietteen laskeutumista jätevedenpuhdistamon selkeyttimillä.

4.1 Vuosittaiset vaihtelut

Hopeakivenlahdelle saapuvan jäteveden virtaamat ovat vuodesta 2013 nousseet vuosi vuodelta suuremmiksi oheisen kuvion 1 mukaisesti. Kuvion 1 virtaamissa on jo mukana biokaasulaitoksen rejekti-vedet vuodesta 2013 lähtien, Kälviän jätevedet aloitettiin pumppaamaan lokakuussa 2015 jätevedenpuhdistamolle ja vuoden 2016 virtaamissa näkyy Lohtajan ja Marinkaisten jätevedet, jotka siirrettiin siirtoviemäreillä Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle vuoden 2016 loppukesästä lähtien. Kuvion 1 virtaamissa täytyy ottaa huomioon Kokkolan Veden viemäriverkoston kasvaminen vuosien 2014-2015 välillä, jolloin viemäriverkoston pituus kasvoi 238 kilometristä 250 kilometriin ja hulevesiverkoston pituus 195 kilometristä 209 kilometriin. Nämä viemäriverkoston laajennukset selittyvät Kälviän, Lohtajan ja Marinkaisten siirtoviemäreiden valmistumisella Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamolle. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2013, 12-13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 10; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 11.)



KUVIO 7. Virtaamien vaihtelut vuosittain. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 11; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 12.)

4.1.1 Toimintavuodet 2013 ja 2014

Toimintavuoden 2013 aikana tulovirtaamissa näkyy biokaasulaitoksen rejektivedet, sillä toimintavuonna 2013 lähes kaikki rejektivedet jouduttiin pumpaamaan tulopumppaamoon. Kokonaisuudessaan rejektivesiä pumpattiin jätevedenpuhdistamolle lähes 78 000 kuutiota ja ainoastaan alle 7000 kuutiota käsiteltiin DEMON+-prosessissa. Hopeakivenlahden biokaasulaitos aloitti toimintansa vuonna 2013 ja vuoden 2013 aikana rejektivesiä käsittelevää DEMON+-prosessia ei saatu toimimaan odotetulla tavalla, jonka vuoksi kaikki biokaasulaitoksen rejektivedet käsiteltiin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 12-13.) Jätevedenpuhdistamon toimintavuoden 2013 aikana biokaasulaitoksen rejektivesien vaikutus koko vuoden tulovirtaamaan oli varsin vähäinen, mutta typen kuormituksen kannalta merkittävä. Biokaasulaitoksen rejektivesien pumpattavan vesimäärän suuruus, 78 000 kuutiota koko vuoden ajalta, oli todella paljon 7000 rejektivesikuutioon, jotka käsiteltiin DEMON+-prosessissa.

Toimintavuoden 2014 saavutettiin koko vuoden aikana yli 3 miljoonan kuution jätevesivirtaama ja vuoden 2014 aikana biokaasun rejektivesiä käsiteltiin yhteensä alle 33 000 kuutiota, joista 66 % käsi-

teltiin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla ja loput DEMON+-prosessissa. Sakoaltaan rejektivesiä sen sijaan pumpattiin hieman alle 46 000 kuutiota. Toimintavuoden 2013 tulovirtaamaan nähden, vuoden kokonaisvirtaama nousi noin 10 prosenttia edelliseen vuoteen verrattuna, joka myös huomataan kuvaajasta 1. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 13-18.) Vuoden 2014 virtaamien tarkastelussa huomaa, että biokaasulaitoksen rejektivesiä yritettiin todella käsitellä jätevedenlaitoksen DEMON+-prosessilla. Tarkasteluvuonna tätä DEMON+-prosessia ei saatu toimivaan edellisen vuoden tapaan, vaan toimintavuoden 2014 aikana ainoastaan muutamina kuukausina biokaasulaitoksen rejektivedet pumpattiin kaikki suoraan jätevedenpuhdistamon tulopumppaamoon.

4.1.2 Toimintavuodet 2015 ja 2016

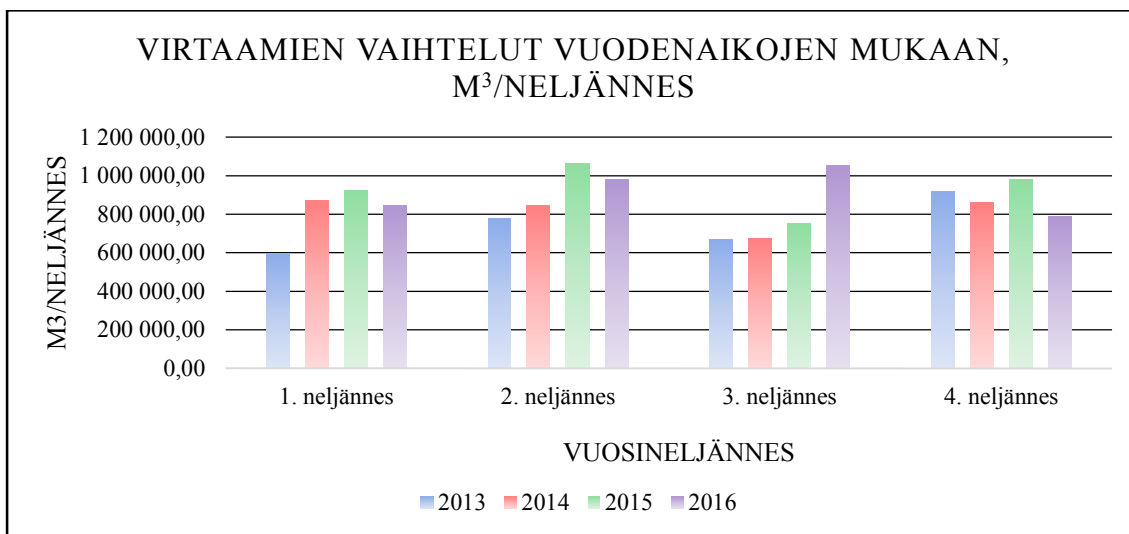
Toimintavuoden 2015 aikana jätevesivirtaamat nousivat kuvion 1 mukaisesti merkittävän paljon vuoteen 2014 verrattuna, joka on selitettävissä Kälviän siirtoviemäriin valmistumisella lokakuussa 2015, biokaasulaitoksen rejektivesistä 97 % käsiteltiin suoraan jätevedenpuhdistamolla ja virtaaman nousu on selitettävissä myös sateisten kausien vuoksi, jolloin päivittäiset virtaamat nousivat merkittävästi keskimääräiseen virtaamaan nähden. Kokonaisuudessaan jätevesivirtaamat edelliseen vuoteen verrattuna nousivat noin 14 %. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 10-15.) Biokaasulaitoksen rejektivesien käsittelyä DEMON+-prosessilla ei saatu edellisten vuosien tapaan toimimaan, vaan lähes kaikki rejektivedet pumpattiin suoraan tulopumppaamoon. Toimintavuoden 2015 jätevesivirtaamat kasvoivat merkittävimmin Kälviän jätevesien siirroilla Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle ja myös runsaat sateet alkuvuoden, kesän ja loppuvuoden aikana selittävät runsasta jätevesivirtaaman kasvua puhdistamolle.

Toimintavuonna 2016 valmistuivat myös Lohtajan ja Marinkaisten siirtoviemärit Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle, mitkä otettiin käyttöön vuoden 2016 kesän lopulla. Kuvaajan 1 toimintavuoden 2016 virtaamasta huomataan, että virtaamat säilyivät lähes ennallaan edelliseen vuoteen verrattuna. Biokaasulaitoksen kaikki rejektivedet pumpattiin suoraan tulopumppaamoon edellisten vuosien tapaan ja edelleenkin laitoksen DEMON+-prosessia ei saatu toimivaan. Toimintavuoden 2015 tulovirtaamaa lisäsi myös jätevesilaitoksen rejektivesien pumppauksen siirtyminen esiselkeytyksen jakoaltaasta tulopumppaamoon, jolloin rejektivedet näkyivät suoraan tulovirtaamien nousuna. Tämä jätevesi-

laitoksen sisäinen muutos tehtiin, koska rejektivedet aiheuttivat tukkeumia jatkuvasti jätevedenpuhdistamon prosessissa. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 11 – 17.)

4.2 Neljännesvuosien vaihtelut

Jätevedenpuhdistamolle saapuvia virtaamia voidaan tarkastella jokaisen toimintavuoden aikana neljännesvuosittain, jotka kertovat virtaamien vaihteluista vuodenaikojen mukaan. Oheiseen kuvioon 2 on merkittynä toimintavuosien 2013-2016 virtaamat neljännesvuosittain. Kuviosta 2 huomataan heti kokonaisvirtaamien nousu, jos tarkastelun kohteena ovat toimintavuodet 2013 ja 2016. Jäteveden virtaamissa on yhtäläisyyksien neljännesvuosittain riippumatta toimintavuoden ajankohdasta. Suurimmat virtaamat ajoittuvat 2. ja 4. neljännesvuoden ajankohtiin ja pienimmät virtaamat 1. ja 3. neljännesvuoden ajankohtiin.



KUVIO 8. Virtaamien vaihtelut neljännesvuosien mukaan. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 11; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 12)

Kälviän, Lohtajan ja Marinkaisten siirtoviemäreiden valmistuminen näkyy toiminta vuosien 2015 – 2016 virtaamissa jokaisen neljännesvuoden aikana verrattuna vuosien 2013 – 2014 neljännesvuoden virtaamiin. Neljännesvuosien virtaamissa näkyy biokaasulaitoksen rejektivesien osuus, jotka lisäsivät

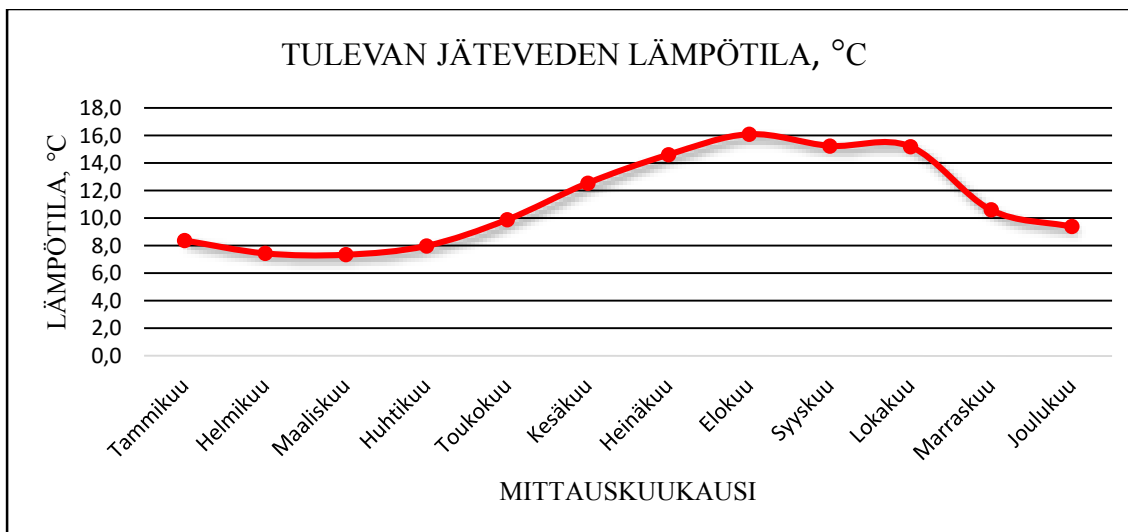
jokaisen neljännesvuoden virtaamia jokaisena toimintavuotena. Virtaamissa täytyy huomioida myös runsaiden sadekausien vaikutukset, sillä erityisesti toimintavuoden 2015 aikana 2. ja 4. neljännesvuoden aikana virtaamat jätevedenpuhdistamolle kohosivat yllättävän suuriksi ylittäin jätevesilaitoksen keskivirtaamat useana päivänä. Myös toimintavuoden 2016 3. neljännesvuoden aikana virtaamat kohosivat yli miljoonaan kuutiioon, joka huomataan kuviosta 2. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 11-13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 15.)

Neljännesvuosien virtaamien tarkastelussa huomataan, että juuri sadekaudet nostavat neljännesvuoden virtaamia jopa 200 000-300 000 kuutiolla ja selvemmin tämä huomataan vuoden 2015 3. neljännesvuoden aikana. Tänä aikana rankka sadekausi aiheutti jopa noin 300 000 kuution jätevesivirtaaman nousun edellisen vuoden ajankohtaan nähden. Muina toimintavuosina vastaavanlaista tapahtumaa ei huomata, vaan neljännesvuosien jätevesivirtaamat noudattavat lineaarista kulkua riippumatta toimintavuoden ajankohdasta. Sadekausien ajankohtaa ei pystytä ennustamaan, vaan ne voivat osua jokaiselle neljännesvuodelle yhtä suurella todennäköisyydellä.

5 LÄMPÖTILAN VAIHTELUT VIRTAAMISSA

Tässä luvussa tarkastellaan lämpötilan vaihteluiden vaikutusta jätevedenpuhdistamon kuormitukseen eri vuodenaajoilla ja alaluvuissa keskitytään kokonaistypen reduktion vaihteluihin, sillä ilmastuksen bakteerit ovat lämpötilariippuvaisia ja bakteerien toiminta vaikuttaa ammoniumtyypen hapettumiseen sekä nitraatin pelkistykseen Hopeakivenlahden ilmastusaltaissa.

Pöyryn prosessiselostuksen mukaan Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo on suunniteltu täyttämään 60 % kokonaistypenpoisto vuotuisen lämpötilakehityksen mukaan (Pöyry 2009b, 3). Oheiseen kuvioon 3 on merkittynä toimintavuoden 2014 prosessilämpötilan kehitys koko vuoden ajalta, josta huomataan luonnollinen lämpötilojen vaihtelu vuodenaikojen mukaan. Kuvioon merkityt lämpötilat ovat kuukausien keskimääräisiä lämpötiloja, jotka on laskettu mittauspäivien aritmeettisen keskiarvon mukaan. Jätevedenpuhdistamo on suunniteltu siten, että pääprosessin ja rejektivesien erilliskäsittelyprosessin DEMON+-prosessilla saavutetaan prosessilämpötiloissa 7-8 °C 50 %:n kokonaistypenpoisto ja tätä suuremmissa lämpötiloissa 70 %:n kokonaistypenpoisto. DEMON+-prosessin toimintavaikeuksista johtuen prosessin typenpoistotehokkuus saattaa olla huonompi, jolloin koko laitoksen 60 % kokonaistypen poistoreduktiota ei saavuteta (Pöyry 2009b, 4).



KUVIO 9. Jäteveden lämpötilan kehitys. (Mukaillen Kokkolan Veden liikelaitos 2014.)

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon prosessivedenlämpötilat vaihtelevat 7 °C:sta 16 °C:een kuvaajan 3 mukaan. Näin suuret prosessilämpötilan vaihtelut johtuvat sadekausien aiheuttamista vuoto-

vesistä, jotka suurina virtaamina laskevat prosessilämpötilaa voimakkaasti alaspäin (Pöyry 2009b, 4). Tämä ilmiö on havaittavissa prosessilämpötilan laskuna kuviosta 3, jossa maaliskuun prosessilämpötila on noin 7 °C. Näin alhaisella prosessilämpötilassa saavutetaan maksimissaan 40 % kokonaistypen reduktio, ja tilannetta ei paranna biokaasulaitoksen rejektivesien käsittely, mitkä lisäävät typen kuormitusta jätevedenpuhdistamon pääprosessiin.

5.1 Vaikutukset kokonaistypen reduktioon

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon alhaiset jäteveden lämpötilat vaikuttavat ilmastusaltaiden typenpoiston nitrifikaatio- ja denitrifikaation-prosesseihin, sillä nämä typenpoiston biologiset tapahtumat ovat suuresti lämpötilariippuvaisia ja tulevan jäteveden lämpötilan vaihteluilla on vaikutusta aktiivilietekannan aineenvaihdunnan aktiivisuuteen (Sohlo 2011, 40). Jäteveden lämpötila vaikuttaa myös hapen kulkeutumiseen ja pitoisuuksiin ilmastusaltaissa, siten ammoniumtypen hapettuminen nitriitiksi nitrifikaatiossa voi alentua merkittävästi happipitoisuuden alentuessa jäteveden lämpötilan noustessa riittävän korkeaksi (Sohlo 2011, 40). Hopeakivenlahdella lämpötilan kohoamisella ei kuitenkaan ole suurta merkitystä kokonaistypen reduktioon, sillä jäteveden lämpötilat ovat suhteellisen alhaisia Hopeakivenlahden pohjoisen sijainnin vuoksi. Nitrifikaation prosessiin lämpötilan vaihteluilla voi kuitenkin olla merkitystä, sillä lämpötilat vaihtelevat jopa 7 °C.

Jäteveden lämpötilan alentuma vaikuttaa kaikista eniten ammoniumtypen hapettumiseen ilmastusaltaiden nitrifikaatiolohkoissa. Alle 4 °C:n jäteveden lämpötiloissa biologinen ammoniumtypen hapettuminen lähes pysähtyy (Sohlo 2011, 41). Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle saapuvan jäteveden lämpötilat talvikuukausina vaihtelevat välillä 7-9 °C, jolloin ammoniumtypen hapettuminen ei ole aivan parhaimmillaan. Näissä lämpötiloissa nitrifikaationopeus on vain noin 20 % ammoniumtypen parhaasta mahdollisesta hajoamisreaktionopeudesta. Optimilämpötila ammoniumtypen hapettumiselle on 28-32 °C (Sohlo 2011, 41). Näihin lämpötiloihin ei päästä edes kesällä, sillä Hopeakivenlahdelle saapuvan jäteveden lämpötilat kesäkuukausina vuonna 2014 olivat vain 12-16 °C. Alhaiset jäteveden lämpötilat vaikuttavat siten enemmän nitrifikaation nitrosomonas-bakteereihin, sillä lämpötilan laskun myötä nitrosomonas-bakteerien aineenvaihdunta heikkenee ja ilmastusaltaihin alkaa kertyä yhä enemmän ammoniumtyppeä.

Jätevedenpuhdistamon pohjoisen sijaintinsa vuoksi kokonaistypen reduktio Suomen sääoloissa on todella hidasta, ja erityisesti tämä pätee talvisin sekä lumen sulamisen aikoihin, jolloin sulamisvedet laskevat jäteveden lämpötilaa yhä alemmas (Virtanen 2014, 8-9). Lämpötilan vaikutus suomalaisissa olosuhteissa näkyy erityisesti nitrifikaatio-bakteereiden toiminnassa, sillä niiden elintoiminnot kasvavat lämpötilan kohotessa eli alhaiset jäteveden lämpötilat laskevat ammoniumtypen hapettumista nitraatiksi (Sohlo 2011, 41). Lämpötilan aleneminen vaikuttaa myös hapen liukoisuuteen ja sillä on positiivinen vaikutus ammoniumtypen hapettumiselle. Tämän johdosta ammoniumtypen hapettumisnopeus säilyy riittävänä, vaikka nitrifikaatio-bakteereiden toiminta laskee alhaisten lämpötilojen vuoksi. Sen sijaan nitraatin pelkistyminen typpikaasuksi kasvaa lämpötilan kasvaessa, sillä denitrifikaation nitrobakteerit eivät tarvitse aineenvaihduntaansa happea, ja tämä typen muodostus tapahtuu hapettomissa ilmastusaltaiden lohkoissa (Sohlo 2011, 41).

5.2 Typenpoistoteho prosessilämpötilan mukaan

Kansainvälinen suunnitteluyritys Pöyry on esittänyt typenpoistoreduktion lämpötilan mukaan oheisessa taulukossa 3, jossa kokonaistypen reduktio on esitetty koko laitoksen, rejektien sekä pääprosessin mukaan. Taulukosta huomataan heti, että pääprosessin typenpoistoreduktio kasvaa voimakkaasti prosessilämpötilan noustessa. Sen sijaan rejektivesien typenpoistoreduktio on aika lailla vakio riippumatta prosessilämpötilasta välillä 7-16 °C ja alhaisilla prosessilämpötiloissa rejektivesien reduktio on todella tehotonta, mikä huomataan taulukosta 3.

TAULUKKO 3. Typenpoistoreduktio lämpötilan mukaan. (Mukaiillen Pöyry 2009b, 4.)

Lämpötila, °C	Reduktio, koko laitos	Reduktio, rejektit	Reduktio, pääprosessi
4 – 7	30 %	5 %	29 %
7 – 8	50 %	40 %	40 %
>8	70 %	40 %	64 %

Hopeakivenlahden biokaasulaitoksen rejektivedet on viime vuosina jouduttu pumppaamaan jätevedenpuhdistamon pääprosessin käsiteltäväksi DEMON+-prosessin toimintavaikeuksien vuoksi ja tämä on aiheuttanut ongelmia kokonaistypen reduktioon pääprosessissa (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 11). Näiden rejektivesien käsittely jätevedenpuhdistamon pääprosessissa laskee koko laitoksen typenpoiston reduktiota, joka huomataan taulukosta 3. Parhaimmillaan koko laitoksen typenpoistoreduktio laskee 50 %:iin, joka ei täytä laitoksen ennustettua 60 % typenpoistoreduktiota. Sadekausien

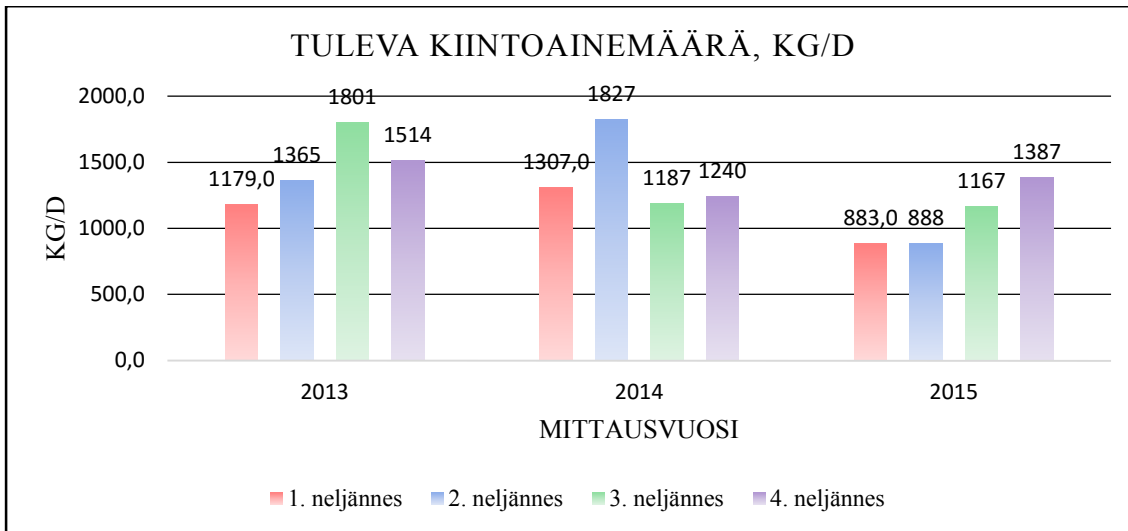
aiheuttamat prosessilämpötilan alenemiset eivät myöskään auta parantamaan kokonaistypen reduktiota, sillä biokaasulaitoksen rejektivesiä ei pystytä tehokkaasti puhdistamaan alhaisissa prosessilämpötiloissa ja kokonaisreduktio voi todella pudota 30 %: iin taulukon 3 mukaisesti.

6 KIINTOAINEKUORMITUS

Kiintoaineen vaikutusta jätevedenpuhdistamon kuormaan käsitellään seuraavien lukujen aikana. Alaluvuissa käsitellään tulevan sekä lähtevän kiintoainekuorman vaihteluita. Alaluvuissa paneudutaan erityisesti kiintoaineen reduktion vaihteluihin ja pohditaan syitä, miksi kiintoaineen reduktio jää usein alle 90 % Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla. Kolmannessa luvussa keskitytään vielä lieteiän säätelyyn, joka vaikuttaa muun muassa biologisen käsittelyn nitrifikaation toimintaan ilmastusaltaissa. Valtioneuvoston antaman asetuksen (888/2006) mukaan yhdyskuntajätevesien poistoteho tulisi ylittää 90 % ja mereen poistettavan veden tulisi sisältää enintään 35 g kiintoainetta litrassa (Finlex 2006). Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo on suhteellisen onnistuneesti pystynyt täyttämään mereen johdettavan veden kiintoainepitoisuuden raja-arvon, mutta kiintoaineen poistoteho on todella usein alle 90 % (Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2016, 18).

6.1 Tuleva kiintoainekuorma puhdistamolle

Keskimääräisen kiintoainekuorman määrä eri vuorokausien välillä on vaihtelevaa ja sama ilmiö on havaittavissa eri vuodenaikojen välillä. Oheisessa kuviossa 4 huomataan edellisten vuosien keskimääräiset kiintoainekuormat vuorokausittain eri vuosineljänneksien välillä. Mittausvuodesta riippuen kiintoainekuormat eroavat suhteellisen paljon toisistaan ja tarkasteluvuoden eri vuosineljänneksien kiintoainekuormat eivät ole samassa tasossa keskenään. Ensimmäisen tarkasteluvuoden aikana vuonna 2013 kiintoainekuormat eroavat eri vuosineljänneksien välillä, sillä 3. neljänneksellä keskimääräinen kiintoainekuorma päivässä oli yli 1800 kiloa ja 1. neljänneksellä vain alle 1200 kiloa. Kiintoainekuorman suuresta vaihtelusta huolimatta Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo pystyi vastaanottamaan vaihtelevan tulokuormituksen toimintavuoden 2013 aikana (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 18).



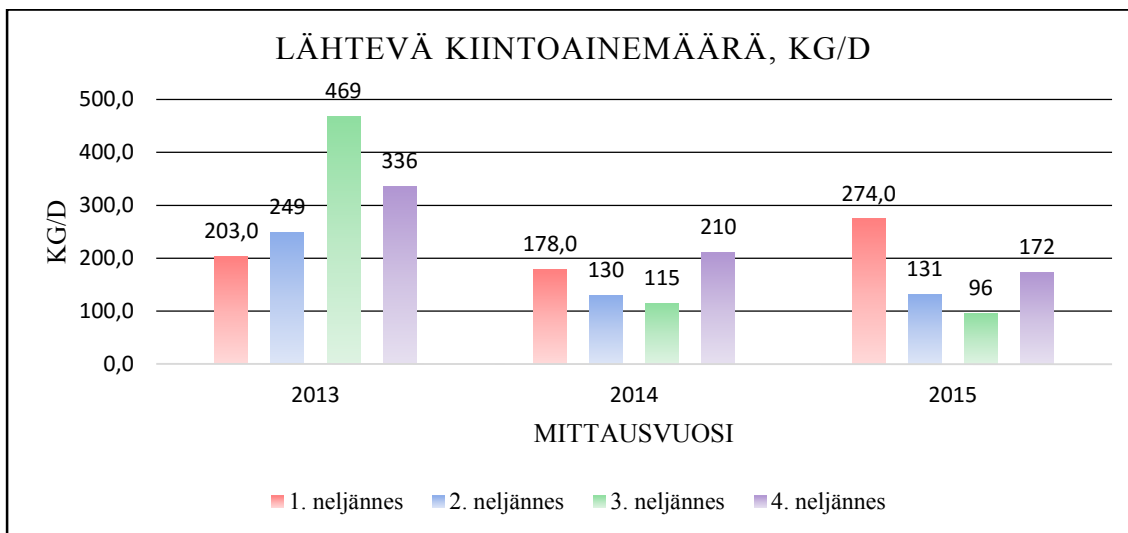
KUVIO 10. Tulevan kiintoainemäärän vaihtelut jätevedessä. (Mukaillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, LIITE 7.)

Kiintoainekuormat toimintavuosien 2014 ja 2015 aikana olivat sen sijaan lineaarisempia kuin vuoden 2013 kiintoainekuormitus, mikä huomataan kuviota 4 tarkastelemalla. Tarkasteluvuoden 2014 aikana jätevedenpuhdistamo onnistui käsittelemään kiintoaineen aiheuttaman kuormituksen, sillä kiintoaineen lupaehto saavutettiin vuoden jokaisella neljänneksellä (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 21). Tämä on osoitus siitä, että kiintoaineen lupaehto täytetään, kun puhdistamolle saapuva kiintoainekuormitus on tasainen läpi vuoden. Sen sijaan alkuvuoden 2015 kiintoainekuormitus kahden ensimmäisen neljänneksen aikana oli yllättävän alhainen, sillä näinä molempina neljänneksinä vuorokauden keskimääräinen kiintoainekuorma oli alle 900 kiloa. Kokkolan Veden viemärisverkostossa on olemassa saostuskaivot, joiden vuoksi jäteveden kiintoainepitoisuus on ollut laimeata ja tästä laimeasta jätevedestä on todella vaikeaa saavuttaa kiintoaineen 90 % reduktiota (Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2016, 18). Tästä huolimatta kiintoaineen lupaehto 35 mg/l jätevetä täytettiin jokaisella neljänneksellä, mutta kiintoaineen reduktio jäi useana mittausajankohtana alle 90 %. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö 2016, 18).

6.2 Lähtevä kiintoainekuorma vesistöön

Puhdistetun jäteveden kiintokuormat mereen on kuvattu oheisessa kuvaajassa 5, josta huomataan toimintavuosien 2013-2015 mereen johdettavat kiintokuormat eri vuosineljänneksillä. Toimintavuoden 2013 aikana jätevesilaitoksen lupaehdot ylitettiin jokaisella neljänneksellä, joka huomataan myös ku-

viosta 5 (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 22). Keskimääräiset kiintokuormat vuorokaudessa nousivat erityisesti 3. neljänneksellä 469 kiloon vuorokaudessa, ja myös muilla neljänneksillä kiintokuormat olivat yli 200 kiloa päivässä. Nämä toimintavuoden 2013 kiintoainereduktion ongelmat johduivat lähinnä liuenneesta kiintoaineesta, jota ei saatu erotettua jätevedestä Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistusprosesseilla. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 22.)



KUVIO 11. Lähtevän kiintoainemäärän vaihtelut jätevedessä. (Mukaillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, LIITE 7.)

Toimintavuoden 2014 aikana jätevedenpuhdistamo pystyi tasaisemman kuormituksensa vuoksi parempaan kiintoaineen reduktioon, ja kiintoaineen lupaehto täytettiin vuoden jokaisella neljänneksellä, mutta kiintoaineen reduktio 90 % täytettiin vain kahdella neljänneksellä (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 21). Kuvaajasta 5 nähdään, että toimintavuoden 2014 kiintokuorma mereen pysyi alle 200 kilossa keskimäärin vuorokaudessa ja parhaat reduktiot saavutettiin vuoden toisella ja kolmannella neljänneksellä. Parantuneesta kiintoaineen puhdistustuloksesta huolimatta Hopeakivenlahden biokaasulaitoksen rejektivedet ovat vaikuttaneet kiintoaineen erottumiseen selkeytysaltaissa, sillä nämä rejektivedet ovat pääosin vain nitrifioineet ja laskeneet samalla ilmastusaltaiden pH:ta. Tämä on vaikuttanut kiintoaineen reduktioon merkittävästi toimintavuoden 2014 aikana. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 21.)

Kuviosta 5 nähdään myös toimintavuoden 2015 kiintoainekuormat mereen ja jätevesilaitoksen lupaehto täytettiin jokaisella vuosineljänneksellä, mutta kiintoaineen reduktiota ei täytetty edellisten toimintavuosien tapaan (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 18). Kiintoaineen 90 % reduktiota ei täytetty

ensimmäisen, toisen ja neljännen vuosineljänneksen aikana, joka huomataan myös kuviosta 5, jossa näiden vuosineljänneksien kiintoainekuormat ovat suurimmat. Toimintavuoden 2015 kiintoainereduktioon ovat vaikuttaneet saostuskaivojen toiminta asuinkiinteistöalueilla, mitkä ovat osaltaan vaikuttaneet alhaisiin kiintoainepitoisuuksiin (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 18; Sydänmetsä 2016). Laimeista jätevesistä on erittäin vaikeaa saostaa tiheydeltään tiheämpiä kiintoainepartikkeleja, jotka laskeutuisivat paremmin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon selkeytysaltaissa.

6.3 Lieteiän pituus vuodenajoittain

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle saapuvasta kiintoaineesta poistetaan lietettä lietteenkäsittelyyn lieteiän mukaisesti. Lieteikä on koko puhdistamon prosessinohjauksen tärkeä parametri, sillä se kertoo poistettavan lietteen tilavuuden yhden päivän aikana. 10 päivän lieteikä kertoo sen, että 8000 m³:n ilmastusaltaista poistetaan lietettä 800 m³:ta eli kymmenesosa koko ilmastusaltaan tilavuudesta. Oheisella yhtälöllä lieteikä voidaan laskea ja täten poistuvan lietteen tilavuus voidaan määrittää. (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo 2012, 4.)

Lietteen poistoa ja ylijäämälietteen virtausta ohjaava lieteikä:

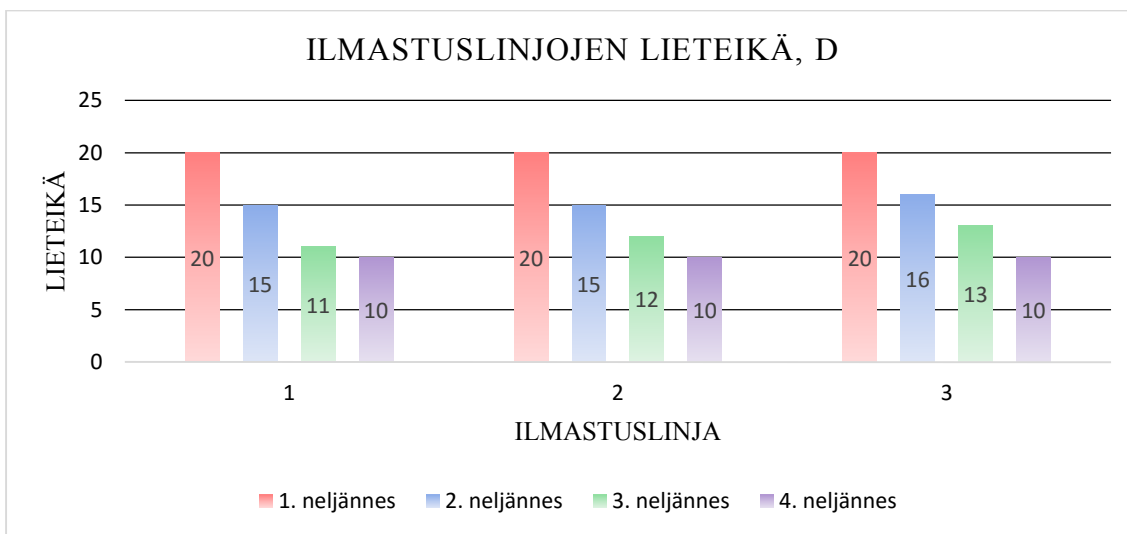
$$LI = \frac{V \times X_{akt.liete}}{Q_{ylj} \times X_{akt.liete} + Q_{ulos} \times X_{ulos}} \quad (3)$$

missä LI on lieteikä, V ilmastusaltaan tilavuus, $X_{akt.liete}$ ilmastusaltaan kiintoainepitoisuus, Q_{ylj} ylijäämälietteen virtaus, Q_{ulos} ilmastuksesta lähtevän veden virtaus ja X_{ulos} kiintoainepitoisuus lähtevässä vedessä. Lieteiän yksikkö on päivä (d). (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo 2012, 4.)

Usein ilmastusaltaan kiintoainepitoisuudet lähtevässä vedessä ovat erittäin pieniä, joten yllä oleva kaava voidaan supistaa. Tällöin lieteikä saadaan jakamalla ilmastusaltaan tilavuus ylijäämälietteen määrällä. Lieteiän määrittämisessä tulee ottaa huomioon myös lietteen kulkeutuminen jälkiselkeyttimiltä floottaatioprosessiin ylitteen mukana. (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo 2012, 4.)

Alla oleva kuvio 6 kertoo ilmastuslinjojen yleisen lieteiän käyttäytymisen jätevedenpuhdistamon alkuvuosien aikana. Kuviossa on tarkastelun kohteena toimintavuoden 2013 lieteiän kehitys ja lieteiät ovat neljännesvuosien keskimääräisiä lieteikiä. Kesäisin ilmastusaltaiden lieteiät pidettiin 10-13 päivässä,

sillä tulevan jäteveden lämpötilat ovat riittävän korkeita ja talvisin lieteiät pidettiin Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla 20 päivässä, koska muuten nitrifikaation toiminta ilmastusaltaissa hidastuu ja prosessin uudelleen käynnistäminen alhaisissa lämpötiloissa on erittäin hidasta. Tässä täytyy huomioi- da myös ilmastusaltaiden lieteipitoisuudet, sillä ne vaikuttavat merkittävästi lieteikään yhtälön 8 mukai- sesti. Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamolla ilmastusaltaiden lieteikää ei ole toimintavuosien 2015- 2016 pidetty yli 12 päivässä, koska muuten liian pitkä lieteikä nostaa voimakkaasti ilmastusaltaiden lieteindeksiä ja huonontaa samalla puhdistustulosta. Tämän lisäksi ilmastusaltaissa on usein liian al- hainen kiintoainepitoisuus, erityisesti ilmastusaltaassa 2, joka pakottaa pitämään lieteiän alle 12 päi- vässä jopa talvisin. (Sydänmetsä 2016).



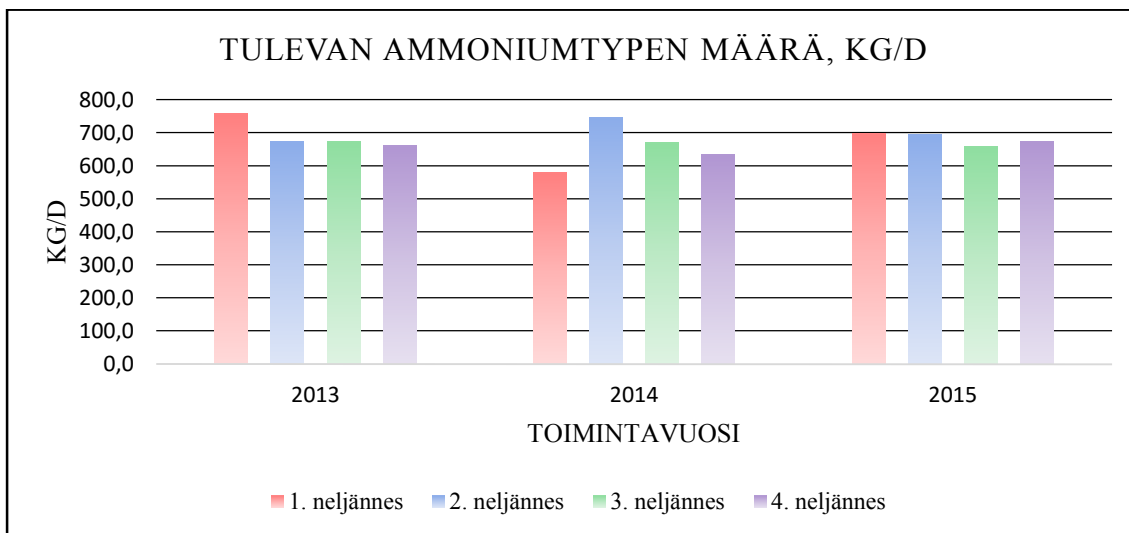
KUVIO 12. Lieteikä vuodenaikojen mukaan ilmastuslinjoissa. (Mukaihen Pohjanmaan vesi ja ympä- ristö ry 2014, LIITE 9.)

7 TYPPIKUORMITUS

Typenkuormituksen alaluvussa esitetään ammoniumtyppikuorman vaihteluita tulovirtaamissa vuoden-aikojen mukaan sekä ammoniumtypen kuormaa vesistöihin. Tulevissa alaluvuissa esitetään vielä typ-pikuormitusta aiheuttavat tekijät, jotka kuormittavat ilmastusaltaan prosessia biologisessa puhdistuk-sessa.

7.1 Tuleva ammoniumtyppikuorma puhdistamolle

Ammoniumtypen vuorokausittaiset kuormat ovat olleet suhteellisen tasaisia toimintavuodesta tai vuo-sineljänneksestä riippumatta, joka huomataan oheisesta kuviosta 7. Keskimääräiset vuorokausittaiset ammoniumtypen kuormat ovat olleet noin 670-700 kg/d kuviosta 7 katsottuna ja poikkeamat ovat suh-teellisen pieniä keskimääräiseen kuormaan nähden. Kuvion 7 ammoniumtypenkuormissa on osuutta biokaasulaitoksen rejektivesistä, jotka sisältävät paljon ammoniumtypeä. Hopeakivenlahden biokaa-sulaitoksen rejektivedet on pumpattu jätevesilaitoksen tulokuormaan, koska laitoksen DEMON+-prosessia ei ole viimeisten toimintavuosien aikana saatu toimimaan (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 20).

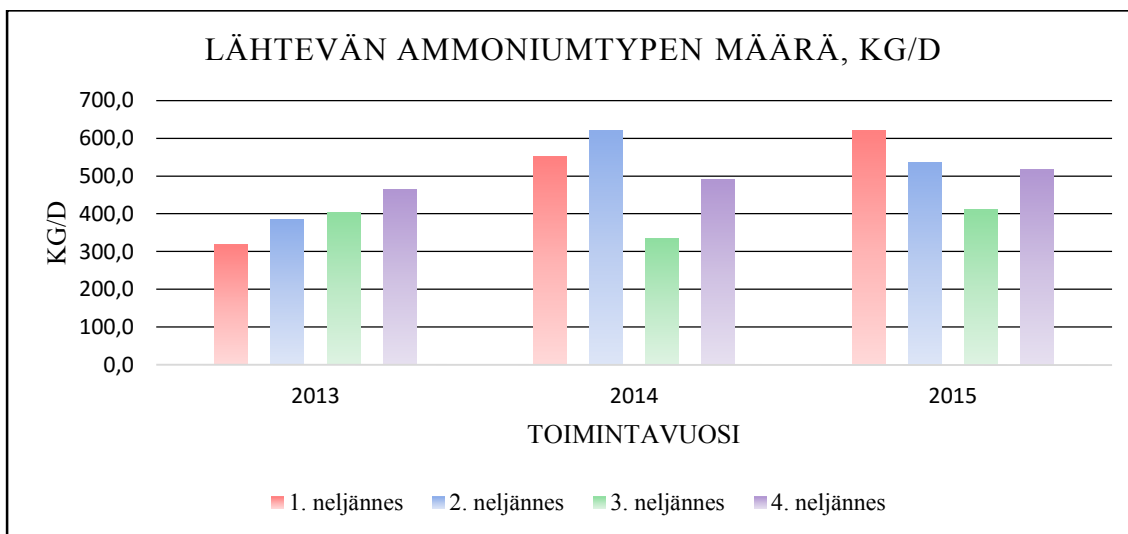


KUVIO 13. Tulevan ammoniumtyppikuorman vaihtelut. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, LIITE 7.)

Biokaasulaitoksen ammoniumtypen tulokuorma on kuvion 7 neljännesvuosien kuormissa merkittävä, sillä ilmastukseen saapuvasta typpikuormasta noin puolet tulee juuri biokaasulaitoksen rejektivesistä. Tämän lisäksi biokaasulaitoksen rejektivesien ammoniumtyppikuorma eroaa yhdyskuntajätevesien ammoniumtyppikuormasta, joten biokaasulaitoksen rejektivedet aiheuttavat haasteita kokonaistypen reduktiolle Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla. (Pöyry 2009b, 4.)

7.2 Lähtevä ammoniumtyppikuorma vesistöön

Tasaisesta ammoniumtyppikuormasta huolimatta kokonaistypen reduktio Hopeakivenlahdella on ollut epätasaista, joka huomataan oheisesta kuviosta 8. Toimintavuosien 2013-2014 aikana kokonaistypen tarkkailutulokset ovat kuitenkin epäluotettavia, koska kokonaistypen standardin menetelmäohjetta ei noudatettu analyyseissä (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 21). Tämän vuoksi kuvion 8 kuormia ei voida pitää luotettavina.



KUVIO 14. Lähtevän ammoniumtyppikuorman vaihtelut. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, LIITE 7.)

Kuvion 8 tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että suurin osa toimintavuosien näytteistä on epäonnistunut ja kuvion 8 ammoniumtypen kuormat mereen ovat suuntaa antavia. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 21). Toimintavuosien tarkastelussa huomaa neljännesvuosien vaihtelut ammoniumtypen kuormissa, sillä esimerkiksi toimintavuoden 2014 ensimmäisen ja toisen neljännesvuosien aikana ammoniumtypen kuormat olivat suuremmat kuin kahden viimeisen neljännesvuosien aikana. Näinä nel-

jännesvuosien aikana prosessijäteveden lämpötilat ovat olleet suhteellisen alhaisia ja kokonaistypen reduktioon on vaikuttanut myös toisen neljänneksen suuret virtaamat sadekauden aikaan. Nämä samat tekijät ovat vaikuttaneet myös toimintavuoden 2015 kahden ensimmäisen vuosineljänneksen kokonaistypen reduktioon ja ammoniumtypen kuorma mereen. Kuviosta 8 huomataan myös, että kolmannen vuosineljänneksen ammoniumtyppikuorma on toimintavuodesta riippumatta aina aiheuttanut alhaisimmat ammoniumtyppikuormat mereen, poikkeuksena toimintavuoden 2013 ammoniumtypen kuormitus.

7.3 Typpikuormitusta lisäävät tekijät

7.3.1 Biokaasulaitoksen rejektivedet

Biokaasulaitoksen rejektivedet muodostavat Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle noin puolet typpikuormituksesta nykyisin. Aiemmin nämä rejektivedet oli tarkoitus käsitellä DEMON+-prosessilla erillisessä aktiivilieteprosessissa, jossa DEMON+-prosessi hapettaisi jo osan ammoniumtypestä nitriitiksi ja muodostuvan nitriitin deammonifikaatiolla typpikaasuksi. Toimiessaan DEMON+-prosessi toimisi kahdella eri biomassalla, joilla ammoniumtyppi muutettaisiin typpikaasuksi. (Pöyry 2009b, 26.) Tätä DEMON+-prosessia ei ole kuitenkaan vuodesta 2013 lähtien saatu toimivaan kunnolla, vaan biokaasulaitoksen rejektivedet on jouduttu syöttämään käsittelemättöminä Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolle. Tämän seurauksena jätevedenpuhdistuksen tehokkuuteen on muodostunut ongelmia ja erityisesti typpikuormitus on noussut paljon biokaasulaitoksen rejektivesien myötä, sillä biokaasulaitoksen rejektivesissä on korkeat typpipitoisuudet. Tämä typen korkeampi kuormitus huomataan vesistöön syötettävän veden typen korkeampina pitoisuuksina toimintavuosien 2015-2016 aikana, jolloin DEMON+-prosessia ei käytetty biokaasulaitoksen rejektivesien käsittelyyn, vaan rejektivedet käsiteltiin jätevedenpuhdistamossa muun kuorman kanssa. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, 12-13; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 17-18.)

Biokaasulaitoksen rejektivesien käsittely toimintavuosien 2013-2014 aikana DEMON+-prosessissa oli alkuun koeluontoista ja täten virtausmäärät DEMON:n aktiivilieteprosessiin olivat pieniä verrattuna rejektien virtausmääriin tulopumppaamossa. Jos DEMON+-prosessi olisi saatu toimivaan jätevedenpuhdistamon alkuvuosina, niin biokaasulaitoksen rejektivedet olisi voitu käsitellä DEMON+-

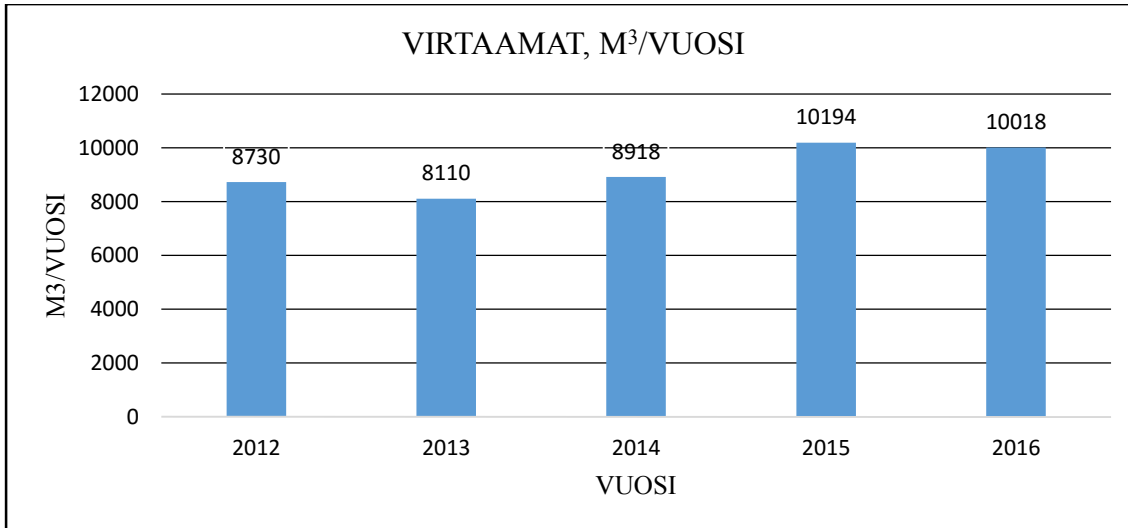
prosessissa suuremmilla virtausmäärillä. Tämä olisi mahdollistanut jätevesilaitoksen lupaehtojen täytymisen kokonaistypen ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) osalta, sillä juuri biokaasulaitoksen rejektivedet aiheuttivat ongelmia typenpoistossa suuren typpikuormansa vuoksi. Rejektivesiä käsiteltiin DEMON+-prosessissa alle 7000 kuutiota vuonna 2013, ja tätä seuraavana vuonna käsiteltiin rejektivesiä yli 8000 kuutiota, vaikka kesän ajan biokaasulaitoksen rejektivedet pumpattiin suoraan jätevedenpuhdistamon tulopumppaamoon. Jo vuonna 2015 päätettiin luopua DEMON+-prosessin käytöstä helmikuun alussa, ja biokaasulaitoksen rejektivedet käsiteltiin tästä eteenpäin tulovirtaaman kanssa jätevedenpuhdistamossa kokonaan. Pääsyy prosessin lopettamiselle oli lietteen toimimattomuus, sillä lietettä saatu toimimaan kunnolla DEMON+:n aktiivilieteprosessissa. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 14-15.)

7.3.2 Jätevedenpuhdistamon sisäiset rejektivedet

Lietteen käsittelyssä muodostuvat rejektivedet ovat jätevedenpuhdistamon sisäisiä rejektivesiä, joita muodostuu sakeuttamon ylitteistä, rumputiivistimestä ja pintalietteen poistokaivosta. Nämä laitoksen sisäiset rejektivedet pumpattiin aikaisemmin esiselkeytyksen jakoaltaaseen, mutta lisääntyneen kuormituksen vuoksi rejektivedet päätettiin pumpata suoraan tulopumppaamoon ja tämä putkilinjan muutos tehtiin heinäkuussa vuonna 2015. (Pöyry 2009, 26; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 16.) Vuosien 2014-2015 aikana jätevedenpuhdistamon lietteen käsittelyssä oli suuria ongelmia liittyen lietteen laadun vaihteluihin. Jäteveden lietettä jouduttua näinä aikoina pumpaamaan sakauttamosta suoraan biokaasulaitokselle ilman lietteen tiivistystä, jolloin laitoksen rejektivedet lisäsivät kuormaa jätevedenkäsittelyssä. Tämän vuoksi flotaatio- ja ylijäämälietteen poistoihin tehtiin muutoksia ja samalla hankittiin lietteen kuivain parantamaan lietteen käsittelyä. Tämä johti lietteen käsittelyn parantumiseen ja samaan aikaan rejektivesien laatu parani. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 16-17.)

Rejektivesien pumppauksen muutos etuselkeytyksen jakoaltaasta tulopumppaamoon on vähentänyt oleellisesti lietekiertojen kuormitusta etuselkeytyksen jakoaltaaseen, sillä jo jakoaltaaseen pumpataan ylijäämälietteet ilmastusaltaista ja jälkiselkeytyksen pintalietteet. Rejektivesien laadun parantuminen on myös vaikuttanut, sillä pumpattavat rejektivedet eivät sisällä niin suuria määriä typenyhdisteitä ja kemiallisen hapenkulutuksen kuormaa. Rejektivesien pumppaus tuloaltaaseen nostaa kyllä tulovirtaamaa, joka näkyy tulovirtaamien kasvuna vuosien 2015-2016 aikana. Tulovirtaaman kasvu huomataan oheisesta kuviosta 9, jossa rejektivesien pumppaus tulopumppaamoon on nostanut tulovirtaamaa 100 – 200 kuutiolla vuorokaudessa. Rejektivedet nostavat myös typen ja kiintoaineen kuormitusta tulopump-

paamoon, mitkä vaikuttavat ilmastuksen ja saostuksen toimintaan ilmastusaltaissa. Nämä rejektivedet vaikuttivat jätevedenpuhdistamon tulokuormaan heinäkuun 2015 lähtien, joten vuoden 2016 tulovirtaama antaa tarkemman arvon tulovirtaaman muutokselle.



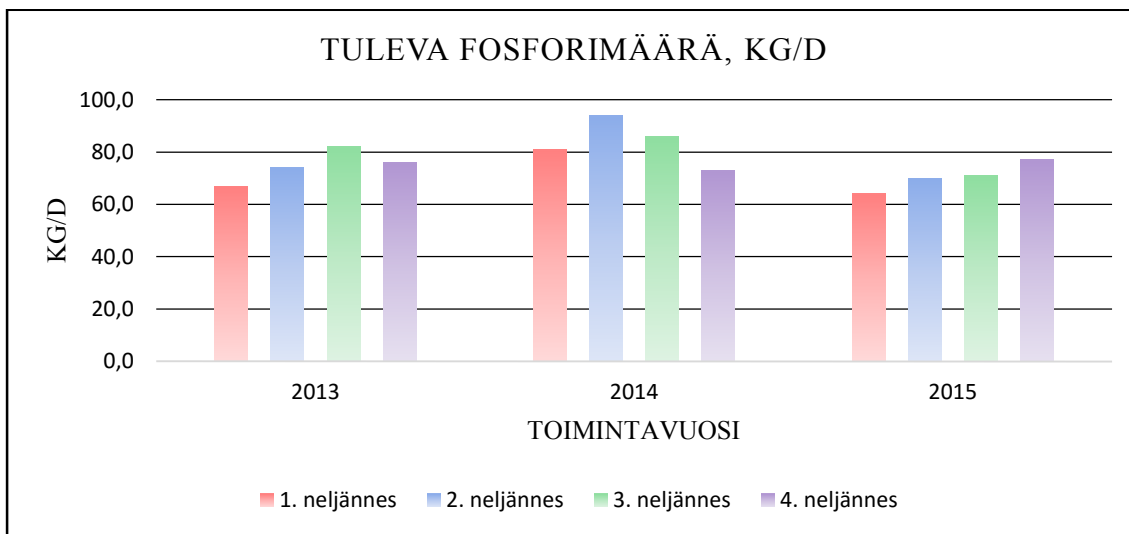
KUVIO 15. Rejektivesien vaikutus tulovirtaamaan. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2017, 17.)

8 FOSFORIKUORMITUS

Fosforikuormituksen alaluvussa esitetään fosforikuormien vaihteluita tulovirtaamissa vuodenaikojen mukaan sekä fosforikuormitusta vesistöön ja kolmannessa alaluvussa keskitytään flotaation kuormitukseen, jota tuleva fosforikuorma aiheuttaa.

8.1 Tuleva fosforikuorma puhdistamolle

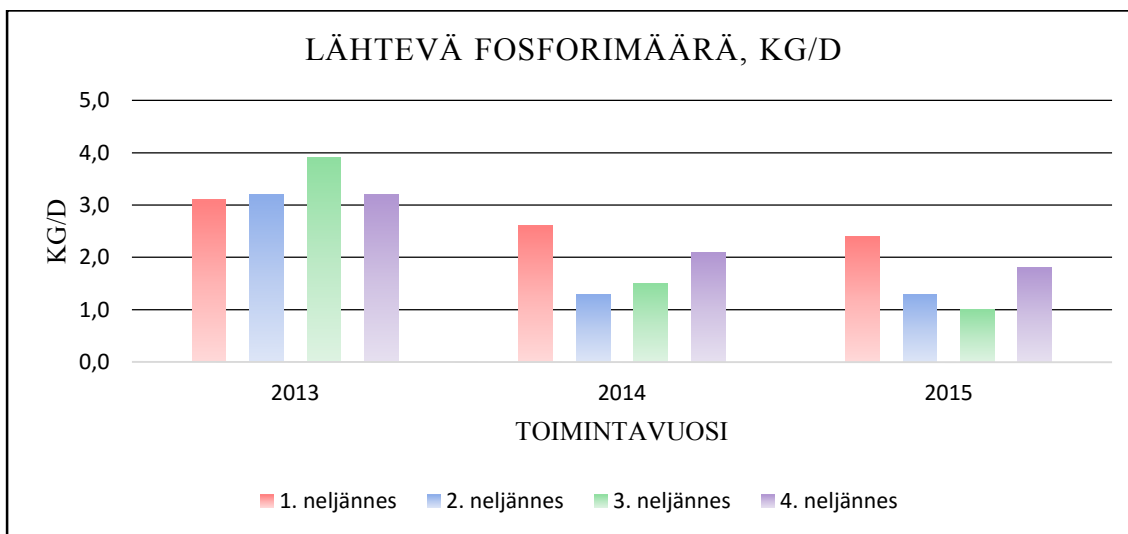
Hopeakivenlahdelle saapuvan fosforikuormituksen vaihtelut toimintavuosien 2013-2015 aikana on kuvattu neljännesvuosittain oheisessa kuviossa 10. Kuviosta 10 huomataan tasainen kuormitus puhdistamolle tarkkailuvuosien aikana eikä suuria poikkeamia havaita neljännesvuosien välillä. Kuviosta tarkasteltuna fosforin keskimääräinen kuormitus puhdistamolle vuorokausittain on noin 65-80 kiloa fosforia.



KUVIO 16. Tulevan fosforikuorman vaihtelut. (Mukaillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016; LIITE 8)

8.2 Lähtevä fosforikuorma vesistöön

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon toimintavuoden 2013 aikana puhdistamo ei pystynyt saavuttamaan valtioneuvoston asettamia lupaehtoja, vaan usean tarkkailujakson aikana fosforin lupaehto 0,3 mg/l ylitettiin ja myös fosforin reduktiotavoitetta 95 % ei saavutettu muutamina tarkkailujaksojen aikana. Tämä huomataan hyvin oheisesta kuviosta 11, jossa toimintavuoden 2013 jokaisella vuosineljänneksellä fosforikuormat mereen olivat reippaasti yli 3 kiloa päivässä. Seuraavan kahden toimintavuoden aikana fosforikuormat olivat paljon pienempiä, joka huomataan kuviosta 11. Näinä toimintavuosina suurimmat kuormitukset ajoittuivat ensimmäisen ja neljännen vuosineljänneksen aikoihin.



KUVIO 17. Lähtevän fosforikuorman vaihtelut. (Mukaiillen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2014, LIITE 7; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8; Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, LIITE 8.)

Toimintavuonna 2014 Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo täytti valtioneuvoston lupaehtoon vuoden jokaisella neljänneksellä, ja toimintavuoteen 2013 verrattuna fosforikuorma mereen väheni noin puoleen, mikä kertoo onnistuneesta fosforinpoistosta Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, 21). Jätevedenpuhdistamon onnistuneesta fosforinpoistosta kertoo myös se, ettei millään vuosineljänneksellä ylitetty 3 kilon kuormitusta vuorokaudessa. Aivan pienintä fosforin kuormitus oli toisen ja kolmannen vuosineljänneksen ajankohtina, jolloin vuosineljänneksien keskimääräinen kuormitus oli alle 1,5 kiloa fosforia vuorokaudessa. Fosforin kuormitus mereen toimintavuoden 2015 aikana on samanlaista kuin edellisen toimintavuoden aikana, mikä huomataan kuvaajasta 11. Suurimmat kuormitukset ajoittuivat ensimmäisen ja neljännen vuosineljänneksen ajankohdiksi ja pienintä kuormitus oli toisen ja kolmannen vuosineljänneksen ajankohtina. Puhdistamo täytti

edellisen vuoden tapaan fosforin lupaehdon jokaisella vuosineljänneksellä ja kuorma pieneni jopa 15 % toimintavuoteen 2014 verrattuna. (Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2016, 18.)

Lähtevän fosforikuorman vaihtelusta huomaa sen, että fosforikuorma mereen on pienentynyt jokaisen toimintavuoden jälkeen ja trendi tulee olemaan samanlainen tulevinakin toimintavuosina. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo on onnistunut tehokkaasti poistamaan fosforin tulevasta yhdyskuntajätevedestä eikä biokaasulaitoksen rejektivedet kuvaajan 11 mukaan tunnu häiritsevän fosforin saostumista Hopeakivenlahden ilmastusaltaissa. Fosforikuorma tulee tämän tarkastelun pohjalta suoraan ja ainoastaan yhdyskuntajäteveden mukana puhdistamolle ja fosforikuormitus vaihtelee neljännesvuosien mukaan, joka huomataan kuvaajasta 11. Suurimmat kuormitukset ajoittuvat ensimmäisen ja toisen vuosineljänneksen ajankohtiin toimintavuodesta riippumatta.

8.3 Fosforin kuormittuminen flotaatiossa

Fosforin poisto tapahtuu pääsääntöisesti tertiäärikäsittelyn flotaatioprosessissa, jossa saostuneet fosforiflokkit erotetaan kiinteäksi kiintoainekerrokseksi (Pöyry 2009b, 17). Fosforin kuormitus on suurimmillaan toisen ja kolmannen neljännesvuosien aikana, mikä voidaan huomata oheisesta taulukosta 4. Näinä ajankohtina fosforin kuormitus vesistöön on alimmillaan, mutta samalla flotaatioprosessi kuormittuu yhtä lailla. Sen sijaan ensimmäisen ja neljännen neljännesvuosien aikana flotaatioprosessi kuormittuu vähiten, mutta fosforikuormitus vesistöön on suurimmillaan juuri kylminä vuodenaikoina. Sama ilmiö havaitaan myös kuvaajassa 11, jossa fosforikuormitukset vesistöön ajoittuvat kylmiin vuodenaikoihin. Näistä edellä mainituista havainnoista voidaan päätellä, että fosforin saostuminen kylminä vuodenaikoina heikkenee verrattuna lämpimiin vuodenaikoihin.

TAULUKKO 4. Fosforin poistotehon vaihtelut neljännesvuosittain toimintavuonna 2014. (Mukaihen Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry 2015, LIITE 8.)

Vuosineljännes	Tuleva kg/d	Vesistöön kg/d	Poistettu kg/d
1/4	81,0	2,6	78,4
2/4	94	1,3	92,7
3/4	86	1,5	84,5
4/4	73	2,1	70,9

Fosfori poistuu kiintoaineeseen sitoutuneena oheisen kuvan 2 mukaan, missä dispersioveden ilmakuplat ovat nostaneet fosforikiintoaineen flotaatioaltaan pinnalle (Pöyry 2009b, 17). Ensimmäisen ja neljännen vuosineljänneksien aikoihin tätä fosforikiintoainetta saadaan kaikista eniten ja fosforikuormitus on näinä ajankohtina kaikista suurinta flotaatioprosessissa. Taulukkoa 4 tarkastelemalla huomaa myös liuenneen fosforin, jota ei saada erotettua flotaatiossa, vaan se kulkeutuu flotaation alitteen mukana vesistöön. Tämän liuenneen fosforin kulkeutuminen vesistöön on suurinta kylminä vuodenaikoina, joten prosessilämpötilalla on vaikutusta fosforin saostumisessa Hopeakivenlahden ilmastusaltaissa.



KUVA 2. Fosforikiintoaineen erotuskerros flotaatioprosessissa

9 JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETEKIERROT

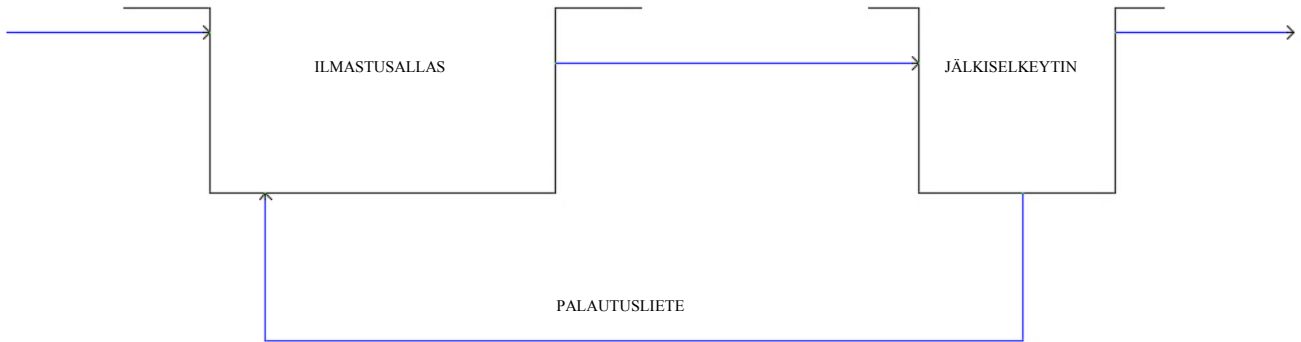
9.1 Sisäiset kierrot

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla on sisäisiä kiertoja, jotka liittyvät tulovirtaamaan lisäksi laitoksen kuormitukseen. Näitä ovat palautus-, kierrätys ja ylijäämäliete, joista palautuslietettä pumpataan jälkiselkeyttimiltä ilmastusaltaiiin, kierrätysliete on ilmastusaltaiden hiililähteen kiertoa ja ylijäämälietettä pumpataan ilmastusaltaista etuselkeytyksen jakoaltaaseen.

Edellä mainituista lietekiirroista kierrätyslietettä pumpataan ilmastuksen ensimmäiseen denitrifikaatiolohkoon uppopumpulla ja tämä kierrätyslietteen massavirtaus pyritään pitämään vakiona. Sen sijaan ylijäämälietettä poistetaan tavoitelieteiän ja kiintoainepitoisuuden mukaan eli ylijäämälietteen vuorokausittaista massavirtausta säädetään vuodenajan ja sen hetkisen kiintoainepitoisuuden mukaan. Jälkiselkeyttimiltä tuleva palautusliete pitää tavoitelietekäällä ja palautuslietteen mukana tulleet lietteet poistetaan ilmastusaltaista joko ylijäämälietteenä tai liete jatkaa takaisin jälkiselkeyttimille. (Pöyry 2009b, 12.)

9.2 Palautus- ja kierrätysliete

Oheinen kuvio 7 havainnollistaa palautuslietekiertoa jälkiselkeyttimeltä ilmastusaltaan ensimmäiseen lohkoon, johon syötetään myös kierrätyslietettä ja esiselkeytettyä jätevettä. Palautuslietettä pumpattiin keskimääräisesti 100 %:n palautussuhteella jätevedenpuhdistamon tulovirtaamaan nähden jätevesilaitoksen alkuvuosien aikana eli palautuslietettä pumpataan ilmastusaltaille saman verran kuin jätevedenpuhdistamolle saapuu tulopumppaamoon jätevettä. Palautuslietteen palautussuhdetta voidaan vaihdella välillä 75-150 % riippuen lietteen laskeutumisesta jälkiselkeytysaltaissa. Palautussuhteen tulee olla riittävän suuri, että liete poistuu prosessista ja ettei lietettä karkaa lienneena flotaatiokäsittelyyn. (Pöyry 2009b, 14; Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 7.)



KUVIO 18. Palautuslietekierto. (Mukaillen Pöyry 2009a, 1)

Palautuslietteen vakiovirtaamalla jälkiselkeyttimien lietepinta vaihtelee vuorokaudenajan mukaan. Aamusta iltapäivään jälkiselkeyttimien lietepinnan korkeus kasvaa ja tulevan yön aikana lietepinnan korkeus laskee, kun palautuslietteen massavirtausta pidetään vakiona. Jos palautuslietteen virtaamaa säädetään suhteessa tulovirtaamaan, niin silloin jälkiselkeyttimien lietepinta säilyy likimain vakiona vuorokauden ajasta riippumatta. (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 7.)

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla on käytetty palautuslietteen suhteellista säätöä suhteessa tulovirtaamaan eli palautuslietteen virtaamaa on säädetty tulokuorman mukaan sopivaksi toimintavuosien 2012-2014 aikana. Palautussuhde on vaihdellut välillä 150-80 % ja aivan suurinta palautussuhdetta on käytetty vuoden alkukuukausina. 150 %:n palautuslietteen palautussuhdetta ja tätä palautussuhdetta on laskettu 80 %:iin vuoden mennessä eteenpäin. Tämä palautussuhde on ei ole kuitenkaan ollut käytössä toimintavuosien 2015 ja 2016 aikana, kuin korkeintaan kahden lyhyen jakson ajan. Palautuslietettä on ajettu ilmastusaltaaseen vakiovirtaamalla, koska lietteen laskeutumista on haluttu parantaa. Vakiovirtauksella on myös pyritty vähentämään lietteen sekoittumista, joka edelleen heikentää lietteen laskeutumista selkeyttimillä (Sydänmetsä 2016).

Palautuslietteen tarvittavaa pumppausmäärää arvioidaan laskeumatestin perusteella, mikä kertoo lietteen laskeutumiskykyä jälkiselkeytysaltaissa. Tämä laskeumatesti suoritetaan 1 litran putkilossa, jossa ilmastusaltaista jälkiselkeyttimille menevän lietteen annetaan laskeutua 30 minuuttia painovoimaisesti. (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 7.)

Palautusmäärän säätöä kuvaava palautussuhde, jossa, lietelaskeuma muuttujana:

$$\frac{Q_{\text{pal}}}{Q} = \frac{SV}{(1000-SV)} \quad (4)$$

missä Q_{pal} on palautuslietevirtaus, Q tulovirtaus ilmastukseen ja SV lietelaskeuma. Palautussuhteen yksikkönä on prosentti (%). (Mukaiillen Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 7).

Yllä oleva yhtälö kertoo tarvittavan palautussuhteen, kun laskeumatestistä saadaan lietteen laskeutumista kuvaava SVI-arvo. Mitä suurempi on laskeutuneen lietteen tilavuus, sitä suurempi on palautuslietteen virtaama ilmastusaltaille vuorokaudessa.

Ilmastusaltaiden samaan lohkoon pumpataan myös kierrätyslietettä, joka on nitraattipitoista lietettä. Kierrätysliete sisältää nitriittiä, jotka takaavat denitrifikaatiobakteereiden toiminnan pelkistäessään nitraattia typpikaasuksi (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 10.) Kierrätyslietteen virtaama ilmastusaltaissa on myös riippuvainen tulevan jäteveden virtaamista ja kierrätyslietteen palautussuhdetta voidaan vaihdella välillä 200-300 %, jos typenpoiston reduktioksi halutaan 67 – 75 %. Tätä kierrätyslietettä pumpataan ilmastusaltaiden lohkoista 8 lohkoon 1 uppopumpuilla suhdessäädöllä ja jätevesilaitoksen prosessiautomaatio huolehtii palautussuhteen vaihteluista. (Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, 7.) Kierrätyslieteajoa ei ole kuitenkaan ajettu palautussuhteella, vaan vakiovirtaukselle sekoiusilmion vähentämiseksi. Kierrätyslieteajossa on huomioitava denitrifikaatiobakteerien hiilenlähteen tarve, joka saadaan nimenomaan nitraattipitoisesta kierrätyslietteestä.

10 KOKEELLINEN OSA

10.1 Kuormituksen tarkkailun toteuttaminen

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon kuormituksen vaihteluita tutkittiin kokeellisesti eri vuorokauden aikoina ja vuodenaikoina. Kokeelliseen tutkimukseen käytettiin ilmastusaltaiden puolen tunnin lietelaskeumaa, kiintoainepitoisuutta ja jälkiselkeyttimien näkösyvyyksiä sekä lieteindeksiä kuvaamaan lietteen laskeutuvuutta. Nämä kokeelliset tutkimukset päätettiin suorittaa kolmena eri vuodenaikana ja jokaisella ajankohdalla kuormitusta seurattiin viiden päivän ajan. Ensimmäiseksi kuormitusten seurannan ajankohdaksi muodostui syyskuun loppu, jolloin ilmastusaltaiden lietelaskeumat ja kiintoainepitoisuudet sekä jälkiselkeyttimien näkösyvyydet kirjattiin ylös klo 8 paikallista aikaa. Nämä samat tarkkailut suoritettiin myös marraskuun puolessa välissä päivisin klo 12 ja helmikuun alussa iltpäivisin klo 16.

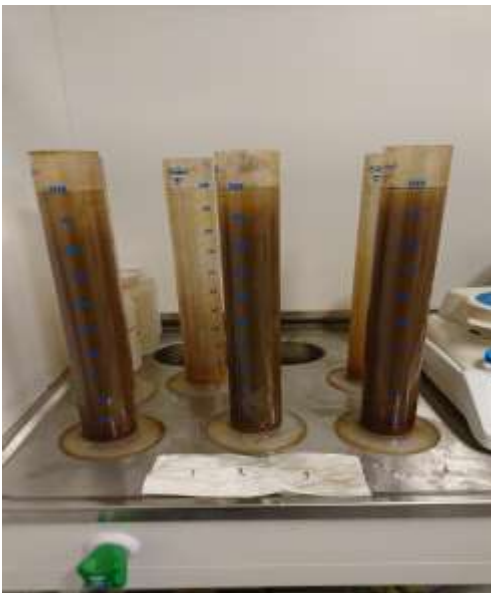
Oheiseen taulukkoon 4 on merkittynä tarkkailukerrat sekä otettavat näytteet. Kokeellisen osan aikana otettiin yhteensä 15 tarkkailua kustakin tarkkailukohteesta taulukon 4 mukaan. Nämä kaikki tarkkailut suoritettiin Suomen aikavyöhykkeen sisällä (UTC+2) paikallista aikaa.

TAULUKKO 4. Näytteenottopäivämäärät ja otettavat näytteet

Päivämäärä	Aika	Laskeuma	Kiintoainepitoisuus	Näkösyvyys	Lieteindeksi
19.9.2016	Klo 8	x	x	x	x
20.9.2016	Klo 8	x	x	x	x
27.9.2016	Klo 8	x	x	x	x
29.9.2016	Klo 8	x	x	x	x
4.10.2016	Klo 8	x	x	x	x
14.11.2016	Klo 12	x	x	x	x
17.11.2016	Klo 12	x	x	x	x
21.11.2016	Klo 12	x	x	x	x
22.11.2016	Klo 12	x	x	x	x
24.11.2016	Klo 12	x	x	x	x
30.1.2017	Klo 16	x	x	x	x
31.1.2017	Klo 16	x	x	x	x
1.2.2017	Klo 16	x	x	x	x
2.2.2017	Klo 16	x	x	x	x
3.2.2017	Klo 16	x	x	x	x

10.2 Lietelaskeumakokeet ja kiintoainepitoisuuksien tarkkailut

Ilmastusaltaiden lietenäytteet otettiin kolmesta eri ilmastusaltaiden lohkosta 7, jotka ovat ilmastusaltaiden nitrifikaatiolohkoja. Jokaisen linjan nitrifikaatiolohkosta otettiin näytekuhalla yhden litran näytteet näytepurkkeihin. Nämä ilmastusaltaiden lietenäytteet laskeutettiin Hopeakivenlahden laboratorion vetokaapissa puolen tunnin ajan oheisen kuvan 3 mukaisesti ja laskeumatesteistä kirjattiin ylös kiintoainepatsaiden korkeudet puolen tunnin jälkeen. Lietelaskeumakokeiden kiintoainepatsaat ilmoitettiin millimetreinä.



KUVA 3. Lietelaskeumatesti

Lietelaskeumakokeiden aikana otettiin samaan aikaan ylös ilmastuslinjojen kiintoainepitoisuudet Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon prosessivalvonnan tietokoneelta. Kiintoaineet merkittiin ylös grammoina yhtä litraa kohti lietettä. Lietelaskeumakokeiden kiintoainepatsaiden korkeudesta ja kiintoaineista laskettiin jokaiselle ilmastusaltaan linjalle lieteindeksi, joka kuvaa lietteen laskeutumista jälkiselkeytsaltaissa.

10.3 Jälkiselkeyttimien näkösyvyyksien tarkkailut

Jälkiselkeyttimien näkösyvyudet otettiin oheisen kuvan 4 jälkiselkeyttimiltä 1,20 metrin mittakepillä jälkiselkeyttimien hoitotasolta ja jokainen mittaus suoritettiin hoitotason keskeltä. Näkösyvyudet antoivat tietoa siitä, kuinka hyvin liete laskeutuu jälkiselkeyttimien pohjalle. Nämä näkösyvyudet antoi-

vat myös vahvaa tukea ilmastusaltaiden laskeumakokeille, sillä nämä molemmat tarkkailut kertovat juuri lietteen laskeutumiskyvystä. Näkösyvyydet kertovat erityisesti sen, kuinka paljon lietettä jää leijumaan nestepatsaaseen ja kuinka paljon lietettä on juuri halutussa kiintoainepatsaassa.



KUVA 4. Näkösyvyyksien tarkkailupaikka jälkiselkeyttimillä

10.4 Lieteindeksi SVI kuormitustarkkailun apuna

Jätelietteen laskeutuvuutta kuvattiin kokeellisen osan aikana lieteindeksillä SVI:llä (Sludge Volume Index), joka ilmoittaa 1 gramman lietteen laskeutumiseen tarvittavan tilavuuden 30 minuutin lietelaskeuman jälkeen. Lieteindeksi saadaan jakamalla 30 minuutin laskeumatestin laskeuma-arvo ilmastusaltaan lietepitoisuudella, mitä on havainnollistettu oheisessa yhtälössä. Liete laskeutuu hyvin, jos lieteindeksin arvoksi saadaan 120 ml/g tai pienempi ja lietteen laskeutuvuus on todella huonoa, jos lieteindeksiksi saadaan 200 mg/l tai suurempi. (Ruippo 2012, 9-10.)

$$SVI = \frac{L_a}{MLSS_a} \quad (5)$$

missä L_a on kokeen laskeuma millimetreinä ja $MLSS_a$ ilmastusaltaan kiintoainetiheys g/l. Lieteindeksin yksikkönä on index (ml/g). (Ruippo 2012, 10.)

SVI kuvaa erinomaisesti kiintoaineen taipumusta tihentyä sedimentaatioprosessin aikana ilmastusaltaiissa Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla ja se antaa tärkeää empiiristä tietoa lietteen riittävydestä ilmastusaltaiilla (Management Center Innsbruck 2015, 3). Lieteindeksin tuloksella jätevedenpuhdistamon prosessia voidaan säätää parempaan suuntaan, jolla mahdollistetaan parempi lietteen laskeutuvuus jälkiselkeyttimillä. Vuorokauden ajankohdasta ja vuodenaikasta riippuen lieteindeksit vaihtelevat suuresti, jolloin SVI on tärkeä apu lietteen laskeutuvuuden hallinnassa.

11 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Opinnäytetyön tuloksien tarkastelu koostuu laskeumatestien ja kiintoainepitoisuuksien vaihteluista sekä näkösyvyyksien ja lieteindeksien vaihteluista tarkastelujaksojen aikana. Tuloksien kuvaajissa käytetyt arvot löytyvät tämän opinnäytetyön liitteestä 1 taulukoituna.

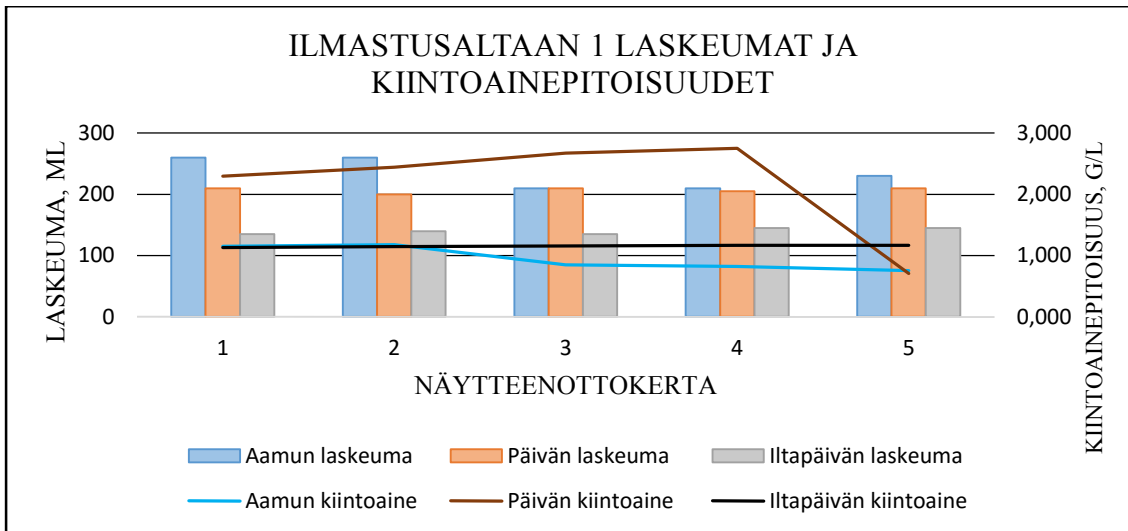
11.1 Ilmastusaltaiden laskeumat ja kiintoainepitoisuudet

Kokeellisen osan aikana tehdyt laskeumatestit ja kiintoainepitoisuuksien vaihtelut on kuvattu kolmessa oheisessa alaluvussa jokaiselta linjalta erikseen. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla on käytössä kolme ilmastuslinjaa, jotka ovat virtaussuunnasta lukien linjat 1, 2 ja 3 (Pöyry 2009b, 10). Alaluvuissa tarkastellaan laskeumatestien vaihteluita eri vuorokauden aikoina, kiintoainepitoisuuksien vaikutusta lietteen laskeutumiseen vuorokausittain sekä eroja ilmastuslinjojen välillä.

11.1.1 Ensimmäisen linjan vaihtelut

Ensimmäisen ilmastusaltaan laskeumatestien tulokset ja kiintoainepitoisuudet on kuvattu oheisessa kuviossa 12, jossa laskeumatestit esitetään pystysuorina palkkeina ja kiintoainepitoisuudet viivalla. Ensimmäisen ilmastusaltaan suurimmat laskeumatestien tulokset saavutettiin aamupäivällä klo 9 paikallista aikaa, jolloin näytteenottokerrasta riippumatta ilmastusaltaan laskeumatestit olivat yli 200 ml ja kiintoainepitoisuudet välillä 0,7-1,5 g/l kuviossa 12 tarkasteltuna. Päivän laskeumatestien tulokset olivat myös yli 200 ml jokaisella näytteenottokerralla, mutta kiintoainepitoisuudet olivat 2,3-2,7 g/l eli paljon suuremmat aamun näytteenottokertoihin verrattuna. Iltapäivän laskeumatestien tulokset olivat jo alle 150 ml ja kiintoainepitoisuudet yli 1,0 g/l kuvion 12 mukaan.

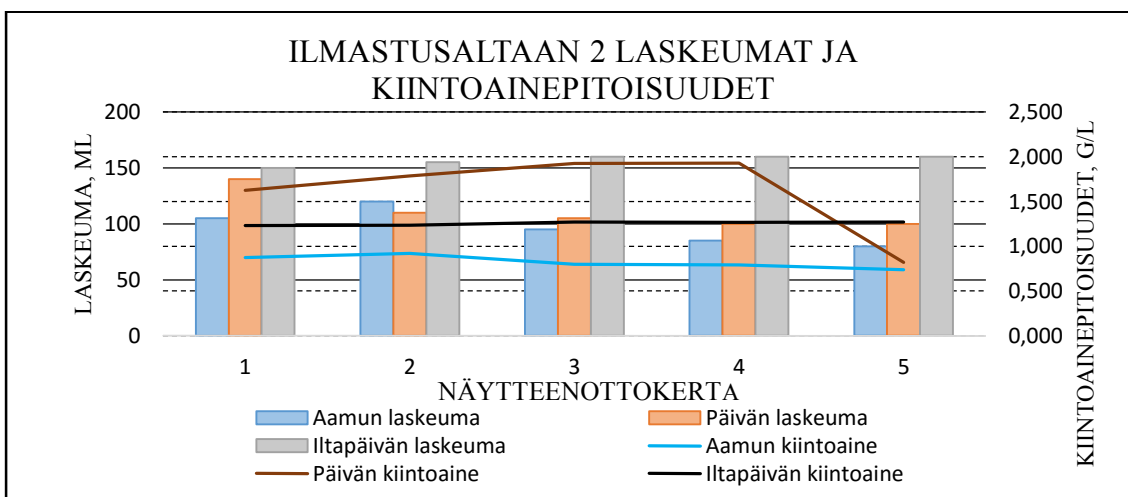
Lietteen tiheydellä näyttää olevan vaikutusta lietteen laskeutumiseen ensimmäisessä ilmastusaltaassa ja edelleen jälkiselkeyttimessä, sillä kuvion 12 mukaan aamun alhaiset kiintoainepitoisuudet vaikuttivat lietteen huonoon laskeutumiseen, ja laskeumat olivat reippaasti yli 200 ml. Sen sijaan iltapäivän laskeumat olivat paljon alhaisempia, alle 150 ml, ja kiintoainepitoisuudet yli 1,0 g/l. Kiintoainepitoisuuden ollessa yli 1,0 g/l pystyivät ilmastusaltaiden lietteet laskeutumaan paremmin kuin alle 1,0 g/l lietetiheydellä.



KUVIO 19. Ensimmäisen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet

11.1.2 Toisen linjan vaihtelut

Toisen ilmastusaltaan laskeumatesteistä huomataan aivan päinvastainen kehitys kuin ensimmäisen ilmastusaltaan kohdalla kuvion 13 mukaan. Suurimmat laskeumatestien tulokset saatiin iltapäivän laskeumista, jotka olivat jokaisena näytteenottokertana yli 140 ml ja kiintoainepitoisuudet pysyivät tasaisesti 1,3 g/l. Päivän ja iltapäivän laskeumatestien tulokset olivat likimain yhtä suurina, ja niiden laskeumatestien tulokset vaihtelivat 80-100 ml: aan. Parhaiten toisen linjan lietteet laskeutuivat aamuisin klo 8, vaikka kiintoainepitoisuudet olivat alle 1,0 g/l kuvaajan 13 mukaan. Päivisin kiintoainepitoisuudet nousivat aamun kiintoainepitoisuuksiin nähden huomattavasti, ja nämä päivien kiintoainepitoisuudet asettuivat yli 1,5 g/l.

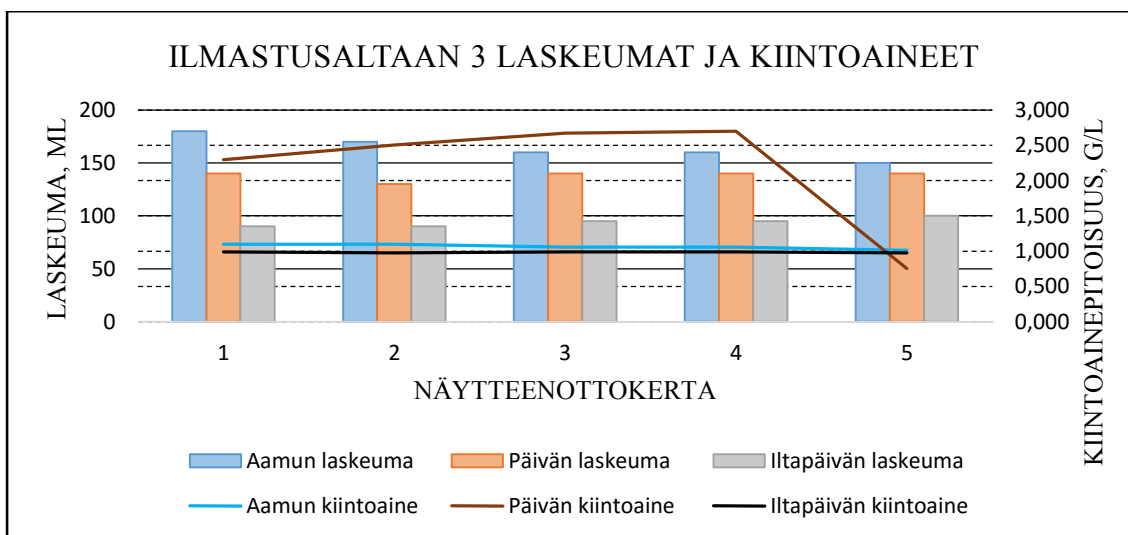


KUVIO 20. Toisen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet

Kuviota 13 tarkastelemalla huomaa laskeumatestien lineaarisen nousun, sillä laskeumat nousivat aamun laskeumista iltapäivän laskeumiin jokaisena tarkkailukertana. Parhaimmillaan laskeumat jopa kaksinkertaistuivat vuorokauden aikana. Samanlaista lineaarista kehitystä ei havaita kiintoainepitoisuuksien osalta, sillä kuvion 13 mukaan kiintoainepitoisuus nousee aamusta iltapäivään ja iltaan mennessä kiintoainepitoisuus laskee aamun tasolle.

11.1.3 Kolmannen linjan vaihtelut

Kolmannen ilmastusaltaan laskeumatesteistä saatiin oheisen kuvion 14 mukaisia tuloksia, jotka noudattavat ensimmäisen ilmastusaltaan laskeumatestien tuloksia. Suurimmat laskeumatestien tulokset saatiin aamuisin klo 8, ja laskeumat olivat jokaisella näytteenottokerralla yli 150 ml. Aamun klo 8 kiintoainepitoisuudet pysyttelivät yli 1,0 g/l, jotka havaitaan kuvaajasta 14. Päivän laskeumat olivat jo alle 150 ml ja kiintoainepitoisuudet olivat nousseet ensimmäisen ja toisen linjan tapaan aamun kiintoainepitoisuuksien arvoista. Kolmannen ilmastusaltaan kiintoainepitoisuudet päivisin klo 12 aikoihin pysyttelivät 2,5 g/l tuntumassa. Iltapäivän laskeumat sen sijaan olivat jo alle 100 ml ja kiintoainepitoisuudet yli 1,0 g/l



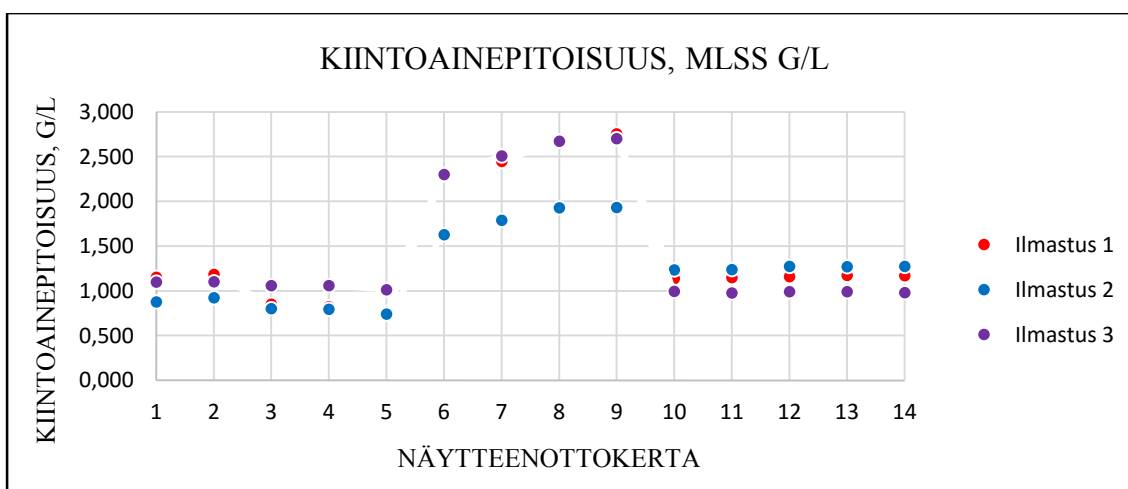
KUVIO 21. Kolmannen ilmastusaltaan laskeumat ja kiintoainepitoisuudet

Laskeumatestien perusteella vuorokauden ajankohdalla näyttää olevan merkitystä lietteen laskeutumiseen Hopeakivenlahden linjalla 3, sillä kuvion 14 mukaan laskeumat laskevat aamun laskeumista iltapäivän laskeumiin merkittävästi eivätkä laskeumat noudattele linjoja 1 ja 2 kuvaajien 12 ja 13 mukaisesti, joissa vuorokauden kahden ajankohdat laskeumat ovat likimain samat. Kiintoainepitoisuudet sen

sijaan noudattavat linjoja 1 ja 2, sillä kiintoainepitoisuudet ovat suurimmillaan päivisin klo 12 ja alimmillaan aamuisin klo 8 sekä iltapäivisin klo 16.

11.1.4 Kiintoainepitoisuuksien muuttuminen

Hopeakivenlahden ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuuksien muuttuminen vuorokauden sisällä nähdään oheisesta kuviosta 15, jossa 5 ensimmäistä tarkkailukertaa suoritettiin aamuisin klo 8, seuraavat 6-10 päivisin klo 12 ja loput 11-14 iltapäivisin klo 16. Kuviosta 15 käy hyvin ilmi, että kiintoainepitoisuus on suurimmillaan kaikissa ilmastusaltaissa päivisin klo 12 ja pienemmillään aamuisin klo 8 sekä iltapäivisin klo 16. Toisen ilmastuslinjan kiintoainepitoisuus poikkeaa muista ilmastusaltaista päivisin klo 12, sillä kiintoainepitoisuudet olivat tarkasteluvälillä vain 1,6-2,0 g/l. Muissa ilmastusaltaissa kiintoainepitoisuudet päivisin klo 12 sen sijaan ylsivät noin 2,5 g/l ja ensimmäisen sekä kolmannen ilmastusaltaan kiintoainepitoisuuksilla ei ollut merkittävää eroa tarkastelujakson aikana. Kuviosta 15 huomataan myös lineaarisuudet kiintoainepitoisuuksissa aamuisin ja iltapäivisin, sillä kiintoainepitoisuudet olivat likimain samoja ilmastusaltaasta riippumatta. Kiintoainepitoisuudet aamuisin ja iltapäivisin olivat likimain 1,0 g/l. Merkittävä poikkeama aamuisin klo 8 oli toisen ilmastusaltaan kiintoainepitoisuuksissa, sillä jokaisena aamuna toisen ilmastusaltaan kiintoainepitoisuudet olivat alle 1,0 g/l. Toisissa ilmastusaltaissa kiintoainepitoisuudet olivat sen sijaan aina yli 1,0 g/l. Samanlaista poikkeamaa havaittiin myös iltapäivän kiintoainepitoisuuksissa, jotka olivat kuitenkin ilmastusaltaasta riippumatta kaikki yli 1,0 g/l.

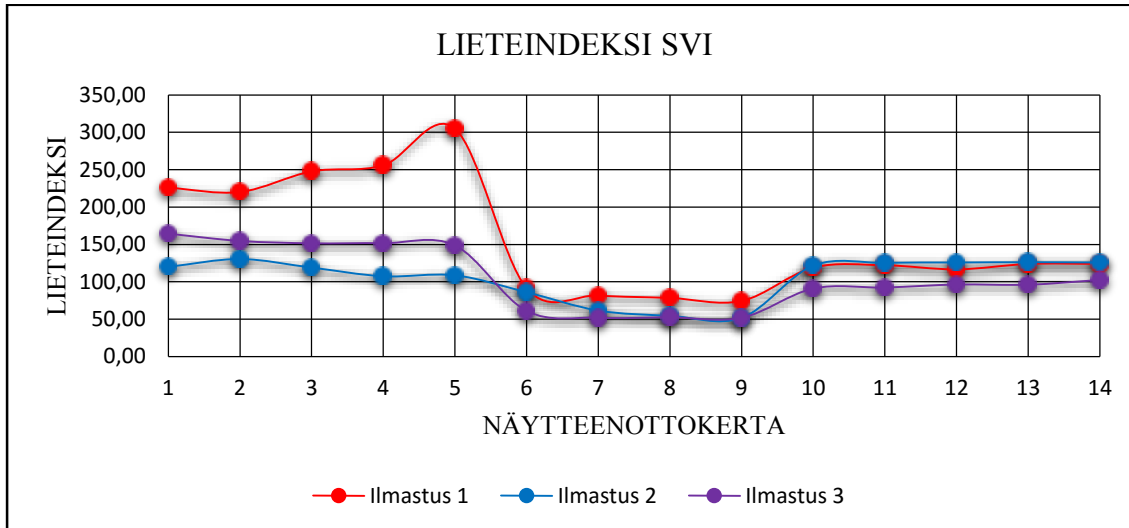


KUVIO 22. Kiintoainepitoisuudet ilmastusaltaissa

11.1.5 Lieteindeksien muuttuminen

Oheisesta kuviosta 16 nähdään ilmastusaltaiden lieteindeksit SVI (Sludge Volume Index), jotka kuvaavat hyvin ilmastusaltaissa olevien lietteiden laskeutumiskykyä eri vuorokauden aikoina. Lietteen laskeutuvuus ilmastusaltaissa on hyvää, jos lieteindeksi on 120 tai alempi ja lietteen laskeutuvuudessa on ongelmia, jos lieteindeksi on yli 200 (Ruippo, 9-10). Kuviosta 16 huomataan ensimmäisen ilmastusaltaan lietteen laskeutuvuuden olevan huonoa aamuisin klo 8, sillä lieteindeksiksi saatiin yli 200 jokaisena aamuna. Ilmastusaltaiden 1 ja 2 lieteindeksit sen sijaan olivat reippaasti alle 200 ja toisen ilmastusaltaan lieteindeksit olivat jokaisena aamuna alle 120, jotka kertovat hyvästä lietteen laskeutuvuudesta linjalla 2.

Päivisin klo 12 jokaisen linjan lietteet näyttivät laskeutuvan erinomaisesti, sillä kuvion 16 mukaan jokaisen ilmastusaltaan lieteindeksit olivat alle 100 ja erityisesti ensimmäisen linjan lietteen laskeutuvuus parani huomattavasti aamulla tapahtuvaan laskeutumiseen. Iltapäivisin klo 16 lieteindeksit linjoilla 1 ja 2 olivat likimain 120 ja linjalla 3 lieteindeksiksi saatiin aina 100 eli iltapäivisin klo 16 lietteen laskeutuvuus jokaisella linjalla oli riittävän hyvää lieteindeksien perusteella.



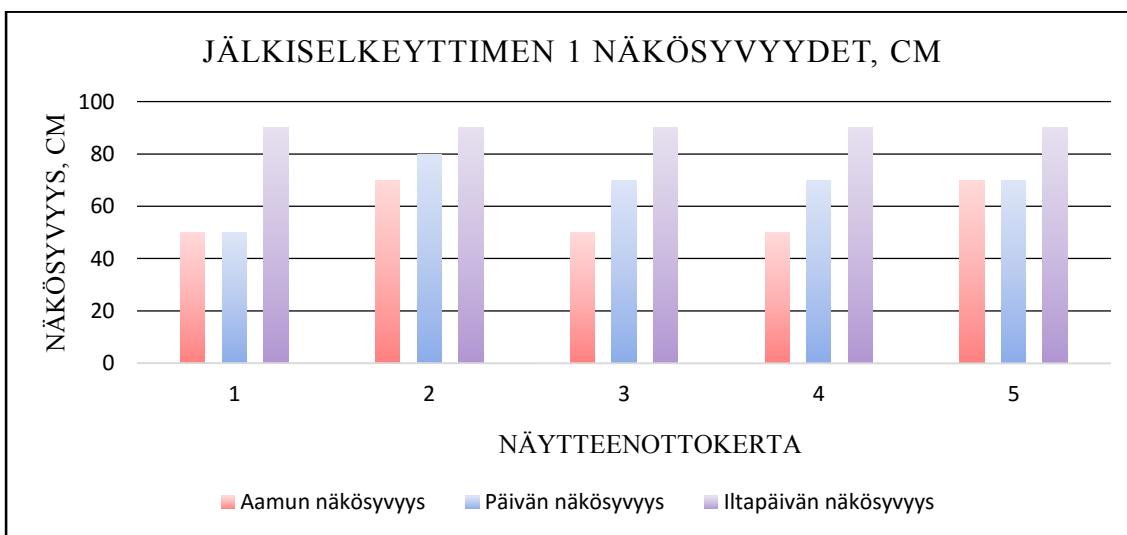
KUVIO 23. Lieteindeksin kehitys ilmastusaltaissa

11.2 Jälkiselkeyttimien näkösyvyyksien vaihtelut

Tässä alaluvussa tarkastellaan näkösyvyyksien vaihteluita eri vuorokauden aikoina ja pohditaan syitä jälkiselkeyttimien näkösyvyyksien vaihteluille. Jälkiselkeyttimien suurin mahdollinen mitattava näkösyvyys kokeellisen osan aikana oli 120 cm, ja nämä näkösyvytydet mitattiin 10 cm tarkkuudella.

11.2.1 Ensimmäinen jälkiselkeytin

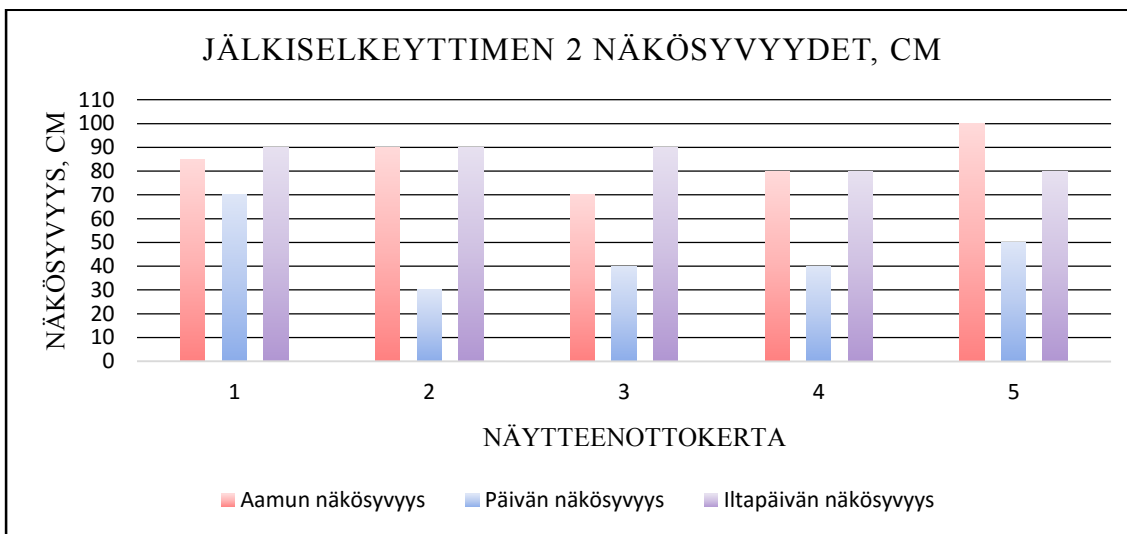
Oheisessa kuviossa 17 on kuvattu ensimmäisen linjan näkösyvyyksien vaihteluita eri vuorokauden aikoina. Tästä kuvaajasta huomataan, että näkösyvytydet aamuisin klo 8 vaihtelivat välillä 50-70 cm ja päivisin klo 12 välillä 50-80 cm. Alhaiset näkösyvytydet aamuisin kertovat liuenneesta lietteestä jälkiselkeyttimillä ja lietteen laskeutuvuus linjalla 1 on huonoa aamuisin klo 8, joka huomataan korkeasta lieteindeksistä kuvaajassa 16. Näkösyvytyksien vaihtelut välillä 50-70 cm johtuvat luonnollisesta lietteen laskeutuvuuden vaihtelusta tai tarkkailuottajan mittausvirheestä. Linjan 1 jälkiselkeyttimen näkösyvytydet päivisin klo 12 olivat taas paremmat ja tämä voidaan selittää paremmalla lietteen laskeutuvuudella jälkiselkeyttimellä, sillä lieteindeksit olivat päivisin alle 100 kuvaajan 16 mukaan. Iltapäivisin klo 16 näkösyvytydet olivat aina 90 cm tarkkailukerrasta riippumatta ja lietteet laskeutuivat erinomaisesti sekä näkösyvytyksien että lieteindeksien perusteella linjan 3 jälkiselkeyttimellä.



KUVIO 24. Ensimmäisen jälkiselkeyttimen näkösyvytydet

11.2.2 Toinen jälkiselkeytin

Linjan 2 jälkiselkeyttimen näkösyvyydet ovat kuvattu oheisessa kuviossa 18. Kuvioista huomataan erinomaiset näkösyvyydet aamuisin klo 8, jotka vaihtelivat tarkkailukerrasta riippuen välillä 70-100 cm. Nämä luvut kertovat hyvästä laskeutuvuudesta linjan 2 jälkiselkeyttimessä aamuisin klo 8 ja myös kuvion 16 lieteindeksit kertovat, että liete laskeutuu hyvin jälkiselkeyttimessä juuri aamuisin klo 8. Päivisin klo 12 näkösyvyydet linjan 2 jälkiselkeyttimessä laskivat 30-50 cm: iin, vaikka lieteindeksien perusteella lietteen tulisi laskeutua hyvin jälkiselkeyttimessä. Päivisin klo 12 jälkiselkeyttimessä näytti olevan laskeutumatta olevaa lietettä kuvion 18 mukaan ja tämän vuoksi näkösyvyydet jäivät alhaisiksi päivisin klo 12. Iltapäivisin klo 16 näkösyvyydet paranivat linjan 1 jälkiselkeyttimen tavoin ja näkösyvyydet olivat tarkasteluaihana välillä 80-90 cm, mitkä kertovat lietteen hyvästä laskeutuvuudesta linjan 2 jälkiselkeyttimellä. Lietteen huonoa laskeutuvuutta linjan 2 jälkiselkeyttimessä on lähes mahdotonta sanoa, kun näkösyvyydet laskivat aamun näkösyvyysistä dramaattisen paljon 50-30 cm: iin. Syynä voi olla virtaamien voimakas nousu päivien aikana, mikä sekoittaa lietteen kiintoainepartikkelit niin sekaisin, että se huonontaa lietteen laskeutumista linjan 2 jälkiselkeyttimessä.

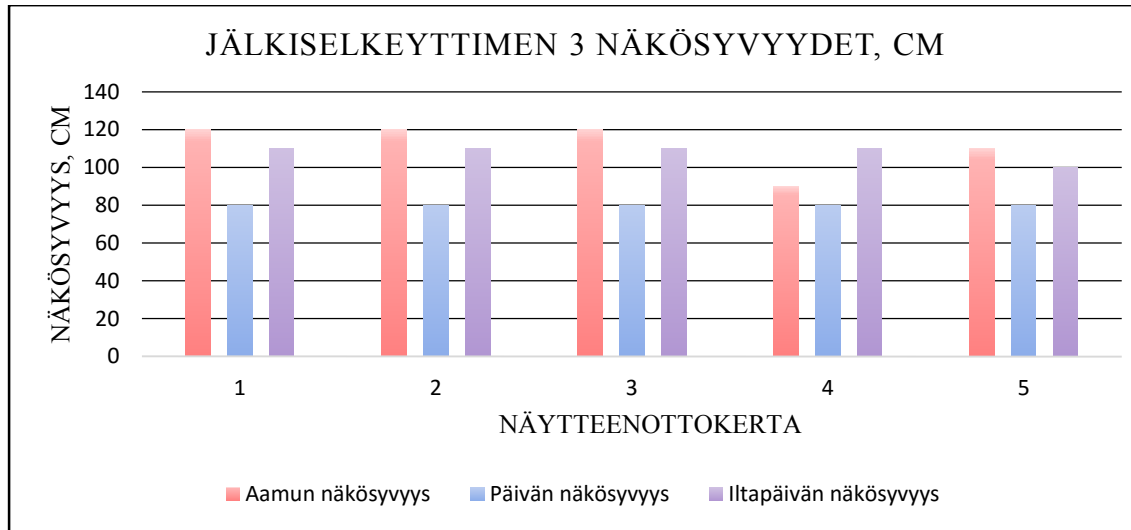


KUVIO 25. Toisen jälkiselkeyttimen näkösyvyydet

11.2.3 Kolmas jälkiselkeytin

Linjan 3 jälkiselkeyttimen näkösyvyydet muiden linjojen jälkiselkeyttimen näkösyvyiksiin verrattuna olivat selvästi parempia, mikä huomataan myös oheisesta kuvioista 19. Aamuisin klo 8 näkösyvyydet olivat aina 110-120 cm välillä eikä päiväisinäkään klo 12 jälkiselkeyttimen näkösyvyydet olleet muiden

jälkiselkeyttimien tavoin todella alhaisia. Linjan 3 jälkiselkeyttimen näkösyvyydet päivisin klo 12 olivat aina 80 cm näytteenottokerrasta riippumatta. Iltapäivisin klo 16 näkösyvyydet olivat 100-110 cm eli todella korkealla muihin jälkiselkeyttimiin verrattuna. Linjan 3 jälkiselkeyttimessä ei tarkastelujakson aikana näyttänyt olevan ongelmia lietteen laskeutumisessa ja oheinen kuvaaja 19 sen todistaa.



KUVIO 26. Kolmannen jälkiselkeyttimen näkösyvyydet

11.3 Kuormitukset koko toiminnan ajalta

Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon kokonaisvaltaista kuormitusvaihtelua on kuvattu liitesivuilla 6 oheisilla kuvaajilla, joissa lieteindeksi on muuttujana toimintavuosien aikana. Lieteindeksi kuvaa lietteen laskeutumista, ja se saadaan jakamalla laskeumatestin tulos ilmastusaltaan lietepitoisuudella (Ruippo 2012, 10). Lieteindeksi kuvaa erinomaisesti jäteveden puhdistuksen tasaisuutta ja erityisesti virtausvaihteluita, jotka kuormittavat ja haittaavat lietteen laskeutumista selkeyttimissä. Tämän vuoksi lieteindeksi otettiin kuormituksen vaihteluiden tutkimiseen ja liitesivujen 6 kuvaajissa huomataan lieteindeksin vaihtelut vuodenajoittain. Kuvaajissa käytetyt arvot löytyvät tämän opinnäytetyön liitteistä 2, 3 ja 4 taulukoituna.

Liitteen 7 kuvaajista on huomattavissa vuodenaikojen ja sadekausien vaikutukset lieteindeksien vaihteluihin ilmastusaltaissa. Toimintavuoden 2013 huhtikuun aikana linjan 1 ilmastusaltaan lieteindeksit kohosivat yli 200 ja myös linjan 3 ilmastusaltaan lieteindeksit kohosivat 150, joten huhtikuun aikana jätevedenpuhdistamo kuormittui enemmän muihin toimintakuukausiin nähden toimintavuonna 2013. Liitteen 6 kuvaajasta huomataan tasainen kuormitus, sillä lieteindeksit pysyivät huhtikuuta lukuun ot-

tamatta alle 150. Jätevedenpuhdistamo kuormittui toimintavuoden 2013 ajankohdasta riippumatta suhteellisen tasaisesti, vaikka kolmesta ilmastuslinjasta aina jokin kuormittui enemmän kuin toiset kaksi muuta linjaa ja tämä huomataan liitteen kuvaajasta. (LIITE 6/1)

Toimintavuoden 2014 lieteindeksien vaihteluiden tarkastelussa huomataan myös huhtikuun aikaiset lieteindeksien kohoamat Hopeakivenlahden jokaisella ilmastuslinjalla. Lieteindeksit kohosivat huhtikuun aikana yli 120 lieteindeksiarvoihin aiheuttaen puhdistamolle ylikuormitusta normaaliin kuormitukseen nähden, sillä muina toimintakuukausina lieteindeksien arvot pysyivät alle 120. Tämä sama ilmiö on havaittavissa myös toimintavuoden 2015 maaliskuis- ja huhtikuun aikana. Lieteindeksien arvot kohosivat yli 120 maaliskuis- ja huhtikuun välisenä aikana ja tämä on havaittavissa liitteen 6 kuvaajista. Toimintavuosien 2014 ja 2015 kuvaajista huomataan myös kesän sadekausien aiheuttamat lieteindeksien nousut, mutta ne ovat kuvaajan sekä taulukon arvojen mukaan vähäisiä. Sadekaudet kuitenkin nostivat aina yhden ilmastuslinjan kuormitusta lieteindeksien nousuilla. (LIITE 6/2. & LIITE 6/3.)

11.4 Tulosten yhteenveto

Lietelaskeumatesteillä saatiin selville eri ilmastusaltaiden lietteiden laskeutumisvaihteluita eri vuorokauden aikoina. Näiden testien mukaan linjan 1 ilmastusallas kuormittuu kaikista eniten jokaisena vuorokauden aikana ja erityisesti aamuisin klo 8, jolloin laskeumatestit olivat aina yli 200 ml ja lietetiheydet 0,7-1,5 g/l. Linjan 1 ilmastusaltaan laskeumatestit pysyttelivät myös aamuisin klo 12 yli 200 ml:ssa, mutta lietetiheydet nousivat aina arvoon 2,3-2,7 g/l parantaen lieteindeksiä ja samalla lietteen laskeutuvuutta linjan 1 jälkiselkeytysaltaassa. Iltapäivisin klo 16 linjan 1 ilmastusaltaan laskeumatestit olivat jo alle 150 ml ja lietteen tiheydet yli 1,0 g/l.

Toiseksi eniten kuormittui laskeumatestien perusteella linjan 3 ilmastusallas, jonka laskeumatestit aamuisin klo 8 olivat 150 ml ja lietteen tiheydet yli 1,0 g/l. Linjan 3 ilmastusallas käyttäytyi laskeumatestien perusteella samalla tavalla kuin linjan 1 ilmastusallas, sillä laskeumat laskivat aina vuorokauden aikana ja kiintoainepitoisuus oli suurimmillaan aina päivisin klo 12. Kaikkein vähiten kuormittui linjan 2 ilmastusallas, jonka kuormittuminen vuorokausien aikana erosi selvästi linjojen 1 ja 3 ilmastusaltaita. Laskeumatestien perusteella suurin kuormitus tapahtui aina päivisin klo 12, jolloin laskeumatestit olivat 140 ml ja lietetiheydet 1,4 g/l. Nämä edellä mainitut arvot eroavat linjojen 1 ja 3 arvoista merkittävästi sekä laskeumatestien ja lietetiheyksien perusteella.

Lietetiheydet ilmastusaltaissa vuorokauden aikana vaihtelivat lineaarisesti vuorokaudesta toiseen. Ilmastusaltaasta riippumatta suurimmat lietetiheydet saavutettiin aina päivisin klo 12 ja pienimmät lietetiheydet aamuisin klo 8 ja iltapäivisin klo 16. Ainoa poikkeus tapahtui aina linjan 2 ilmastusaltaan lietetiheyksissä päivisin klo 12, sillä linjan 2 ilmastusaltaan lietetiheydet vaihtelivat välillä 1,6-2,0 g/l. Muissa ilmastusaltaissa lietetiheydet klo 12 olivat aina noin 2,5 g/l. Ilmastusaltaiden lietetiheyksillä oli parantava vaikutus lieteindeksien alenemiseen sekä lietteen laskeutuvuuteen jälkiselkeytysaltaissa. Jokaisessa ilmastusaltaassa lietetiheydet nousivat aina klo 12:aan mennessä.

Jälkiselkeyttimien näkösyvyudet vaihtelivat ainoastaan vuorokausittain, eikä toimintavuoden ajankohdalla ollut vaikutusta näkösyvyysiin jälkiselkeyttimillä. Näkösyvyyksien tarkkailussa huomattiin, että linjan 1 jälkiselkeyttimen näkösyvyudet aamuisin klo 8 olivat aina alhaisia, 50-70 cm. Päivisin klo 12 sekä iltapäivisin klo 16 linjan 1 jälkiselkeyttimen näkösyvyudet olivat kuitenkin parantuneet aamun näkösyvyysiin nähden. Näkösyvyudet nousivat aina 70-90 cm: een linjan 1 jälkiselkeyttimellä. Tähän on selittävänä tekijä lieteindeksin parantuminen päivisin ja iltapäivisin, jolloin liete pystyi suurentuneen lietetiheyden ansiosta laskeutumaan paremmin ja täten näkösyvyudet ovat parempia. Linjan 2 jälkiselkeyttimen näkösyvyudet olivat huonoimmat aina päivisin klo 12, jolloin näkösyvyudet ylsivät vain 30-50 cm: iin. Näkösyvyudet aamuisin klo 8 ja iltapäivisin klo 16 olivat 80-100 cm eli selvästi paremmat aamun näkösyvyysiin nähden. Linjan 3 jälkiselkeyttimen näkösyvyudet olivat vuorokauden ajankohdasta riippumatta riittävän hyvät, sillä alhaisimmat näkösyvyudet olivat 80 cm päivisin klo 12. Kolmannen jälkiselkeyttimen näkösyvyudet jokaisena vuorokauden ajankohdan mittauskertana olivat suunnilleen samanarvoiset eli aamun, päivän ja iltapäivän näkösyvyudet olivat tismalleen samat vuorokaudesta riippumatta, ainoastaan vuorokauden ajankohdalla oli merkitystä näkösyvyyksien vaihteluihin.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamon kuormitukset painoutuivat kokeellisen osan ja puhdistusseurannan perusteella suurten virtaamien ajankohtiin sekä kylmiin vuodenaikoihin, jolloin lietteen laskeutuvuus, fosforin ja kokonaistypen reduktiot heikkenivät oleellisesti normaalista puhdistustuloksesta. Suuret virtaamat kohdistuivat tarkkailuvuosien perusteella aina sadekausiin, jolloin hulevedet nostivat vuosineljänneksien kokonaisvirtaamia jopa 200-300 tuhannella kuutiolla. Virtaamien nousu aiheutti aina lietteen sekoittumista ilmastus- ja selkeytsaltaissa ja huononsi lietteen laskeutumista selkeytsaltaissa. Parhaimmillaan vuorokauden virtaamat kohosivat jopa 18 tuhanteen kuutioon suurten sadepäivien aikana. Vuodenaikojen kylmät olosuhteet heikensivät kokeellisen osan perusteella fosforin saostumista ilmastusaltaissa ja tämä huomattiin fosforikuorman kasvamisena vesistöön. Kylmät olosuhteet myös heikensivät typenpoistoa ilmastusaltaissa ja lisäsi nitraatin määrää ilmastusaltaissa.

Biokaasulaitoksen rejektivesien käsittelyn DEMON+-prosessin toimintavaikkeudet toimintavuosien 2013-2015 aikana ovat nostaneet typenkuormaa ilmastusaltaille, joissa kokonaistyyppireduktio on usein jäänyt lupaehtojen alapuolelle. Tästä lisääntyneestä typpikuormasta on ollut vain haittaa typen puhdistustuloksen saavuttamisessa lupaehtojen alle ja biokaasulaitoksen rejektivedet ovat vain lisänneet nitraattivirtausta. Biokaasulaitoksen rejektivesiä ei kuitenkaan voida syyttää puhdistustuloksen pilaamisesta, vaan suomalainen ilmasto asettaa kokonaistyyppireduktiolle haasteensa erittäin kylmän ilmastovyöhykkeensä vuoksi. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon prosessilämpötilat ovatkin vuoden kylmimpinä vuodenaikoina 7-8 °C ja kylmä prosessilämpötila heikentää nitrosomonas-bakteerien aineenvaihduntaa sekä nitrifikaatiota heikentäen ammoniumtypen hapettumista nitraatiksi. Kylminä vuodenaikoina ammoniumtyppikuormat vesistöön ovatkin suuremmat muihin vuodenaikoihin nähden. Tämä kylmä prosessilämpötila vaikuttaa myös nitro-bakteereihin, jotka pelkistävät nitraatin typpikaasuksi. Denitrifikaation hallitseminen suomalaisissa olosuhteissa on myös hankalaa, sillä happipitoisuus tulisi pitää mahdollisimman alhaalla ja kylmät vuodenaikat eivät auta asiaa. Monissa Suomen jätevedenpuhdistamoilla kokonaistypen reduktioksi saadaankin usein vain 30-40 %, joka ei täytä valtioneuvoston asettamaa 70 %:n reduktiota.

Kälviän, Lohtajan ja Marinkaisten siirtoviemäreiden valmistuminen vuosina 2015-2016 nostivat vuosittaisia kuormituksia, mutta jätevedenpuhdistamo on pystynyt täyttämään valtioneuvoston lupaehtojen kiintoaineen, fosforin ja typen kohdalla sekä orgaanisen aineksen kohdalla. Suurentuneesta virtaamasta huolimatta kuormitus on säilynyt tasaisena, ja lietettä pystytään laskeuttamaan selkeyttimillä edellisten

toimintavuosien tapaan. Kuormitus vaikuttaa jäteveden puhdistustulokseen ainoastaan, kun virtaamat nousevat keskimääräisistä virtaamista sadekausina.

Kiintoaineen poistaminen jätevedestä ja reduktion ehdon täyttäminen on koitunut ongelmaksi Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla. Kiintoaineen reduktio neljännesvuosien aikana on usein ollut alle 90 % alittaen kiintoaineen lupaehdon. Kiintoaineen alhaiset reduktiot johtuvat käytännössä monien tekijöiden summasta, joita ovat muun muassa lietteen huono laskeutuvuus selkeyttimillä ja sadekausien aiheuttamat virtaamien nousut (Sydänmetsä 2016). Kiintoaineen puhdistustehokkuus jätevedestä on paljolti riippumainen juuri virtaamien vaihteluista ja ennen kaikkea lietteen sekoittumisesta ilmastusaltaissa. Valtioneuvosta asettama 90 % reduktio saavutetaan kiintoaineen osalta, kun tulovirtaamat pystytään tasaamaan paremmin ilmastuksen jakotornissa.

Fosforin reduktiossa ongelmia myös ilmeni tämän opinnäytetyön aikana. Fosforikuorma suureni vesistöön aina kylminä vuodenaikoina ja pieneni lämpiminä vuodenaikoina eli prosessilämpötila vaikutti saostuskemikaalin ferrisulfaatin toimintaan Hopeakivenlahden ilmastusaltaissa. Kylmä prosessilämpötila alensi jollain tasolla saostuskemikaalin reagointia fosforiyhdisteiden kanssa. Sen sijaan lämpiminä vuodenaikoina fosforikuorma suureni flotaatiossa ja kiintoaineeseen sitoutunut fosfori kasvatti flotaatiolietettä vuorokausittain. Flotaatioliete pumpataan Hopeakivenlahden biokaasulaitokselle, joten suuri fosforikuorma kuormittaa myös biokaasulaitosta lämpiminä vuodenaikoina. Flotaatiolietteen määrään vaikuttavat muun muassa flotaatiolietteen kaapimien ajastus sekä tulevan jäteveden virtaamat (Sydänmetsä 2016). Tämän opinnäytetyöprosessin aikana selvisi myös, että suuri osa fosforikuormasta tulee yhdyskuntajätevedestä ja biokaasulaitoksen rejektivedet eivät aiheuta yhtä suurta fosforikuormitusta kuin yhdyskuntajätevedet. Biokaasulaitokselle menee flotaatioprosessin kautta suurin osa yhdyskuntajäteveden fosforista, josta vain pieni osa kulkeutuu takaisin jätevedenpuhdistamon prosessiin biokaasulaitoksen rejektivesien kautta.

Kuormitusten hallinta toteutetaan käytännössä lieteiän säädöllä. Ylijäämälietteen virtausta muuttamalla voidaan lieteikää muuttaa lieteindeksin perusteella. Lieteikä tulisi pitää kylminä vuodenaikoina 20 päivässä ja lämpiminä vuodenaikoina vain 10 päivässä, mutta viimeisten toimintavuosien aikana lieteikä on ollut pisimmillään vain 12 päivässä lietteen matalan kiintoainepitoisuuden vuoksi (Sydänmetsä 2016). Tämä lieteiän hallinta on tärkeää nitrifikaation toiminnan säilyttämisen kannalta ja myös muiden reduktioiden kannalta, jotta Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo toteuttaa valtioneuvoston asettamat lupaehdot. Riittävän pitkällä lieteiällä säilytetään kokonaistypenpoisto kylminä vuodenaikoina, sillä alentuneen prosessilämpötilan vuoksi bakteerien toiminta 7-8 °C:ssa on todella tehotonta

suurempiin lämpötiloihin verrattuna. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamon ongelmana on kuitenkin ollut matala kiintoainepitoisuus, jonka vuoksi lieteikää ei ole voitu pitää kylminä vuodenaikoina 20 päivässä, vaan lieteikää on jouduttu pitämään enimmillään 12 päivässä. Tämän vuoksi ilmastusaltaiden kiintoainetiheyttä tulee seurata tarkkaavaisesti vuoden jokaisena päivänä, jotta lieteikä on juuri sopivaa jätevedenpuhdistukseen. Jos lieteikää kasvatetaan liian suureksi, on vaarana lieteindeksien nopea kasvaminen jokaisessa ilmastusaltaassa. Pitkä lieteikä myös kasvattaa varsinaisen aktiivilietteen ja vanhan lietteen suhdetta (Sydänmetsä 2016). Ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuutta voitaisiin kasvattaa ja tasottaa, jos Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla etuselkeytysaltaista tulevat jätevedet tasattaisiin kahdessa vaiheessa eli kahdessa jakotornissa perätysten. Tämä voisi mahdollistaa lieteiän noston takaisin 20 päivään talvisin ja takaisi paremman kokonaistypen reduktion jokaisella vuodenaikalla. Nykyisin jätevesi tasataan yhdessä jakotornissa, josta jätevesi syötetään kolmelle ilmastuslinjalle. Tästä jakotornista jäteveden kiintoaine jakautuu todennäköisesti epätasaisesti, josta johtuu nimenomaan ilmastusaltaan 2 alhainen kiintoainepitoisuus päivisin klo 12.

Kokeellisten tarkkailujen aikana saatiin selville eri ilmastusaltaiden kuormitusvaihteluista laskeumatestien, kiintoainepitoisuuksien, näkösyvyyksien ja lieteindeksien mukaan. Laskeumatestien perusteella linjat 1 ja 2 noudattivat samaa kaavaa, sillä laskeumatestien tulokset laskivat klo 8: sta klo 16: aan eli lietteen laskeutuminen aamuisin klo 8 oli laskeumatestien perusteella huonointa ja iltapäivisin klo 16 parhainta. Linjan 2 lietteen laskeutuminen laskeumatestien mukaan noudatti aivan toisenlaista yhtälöä, sillä lietteen laskeutuminen oli huonointa iltapäivisin klo 16 ja parhainta aamuisin klo 8.

Lieteindeksejä tarkastelemalla huomattiin kuitenkin yhtäläisyydet lietteiden laskeutumiskyvyssä kaikissa ilmastusaltaissa, sillä lietepitoisuuden vaihtelut antoivat parempaa käsitystä lietteiden laskeutumisen vaihteluista eri vuorokauden aikoina. Jokaisella linjalla lietteet laskeutuivat parhaiten juuri päivisin klo 12 kasvaneen kiintoainetiheyksien perusteella. Stókesin lain mukaisesti lietteen laskeutuvuus paranee kiintoainetiheyden kasvaessa, kunhan laskeutuvan partikkelin laskeuma-ala ei kasva laskeutumisen kannalta liian laajaksi. Linjan 1 ilmastusaltaan lietteen laskeutuvuudessa havaittiin tämän kokeellisen osan aikana ongelmia aamuisin klo 8. Lieteindeksit linjan 1 ilmastusaltaassa olivat tarkkailupäivästä riippumatta aina yli 200, joka oli yllättävän suuri muihin ilmastusaltaisiin nähden. Syynä tähän voivat olla saapuvan lietteen epätasainen jakautuminen ilmastuksen jakotornissa. Aamuisin linjan 1 ilmastusaltaalle saapuu lietettä, jonka laskeutuvuus kiintoaineiden geometristen mittojen perusteella heikentää laskeutumista ja samalla matalaa näkösyvyyttä linjan 1 jälkiselkeyttimellä. Hopeakivenlahden muilla linjoilla laskeutuminen lieteindeksien perusteella oli riittävää vuorokauden jokaisena ajankohtana, sillä lieteindeksit olivat reippaasti alle 200.

Ilmastusaltaiden lieteindeksit ovat myös riippuvaisia palautuslietteestä, jos palautuslietettä pumpataan palautussuhteena tulovirtaamaan nähden. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamolla päätettiin luopua palautuslietteen suhdesäädöstä, ja palautuslietettä onkin viime toimintavuosien aikana ollut vakiovirtausohjauksella juuri sekoitusilmiön vähentämiseksi. Palautuslietteen suhdesäätöä voitaisiin taas kokeilla, jos jätevesi pystyttäisiin paremmin tasaamaan esimerkiksi kahdessa jakotornissa ja jakamaan vain kahdelle ilmastuslinjalle. Jäteveden jako kolmelle linjalle saattaa lisätä sekoitusilmiötä, sillä jakotornista menee tänä päivänä virtauksia kolmelle ilmastuslinjalle. Tämän lisäksi voitaisiin myös kokeilla kolmen jakotornin yhdistelmää, mikä varmasti takaisin riittävän jäteveden tasaamisen ja estäisi sekoitusilmiön syntymisen suuren sadekausien aikana. Ensimmäisestä jakotornista jätevesi voitaisiin jakaa kahteen erillisiin jakotorneihin, joista jätevedet jaettaisiin kahdelle ilmastuslinjalle. Tämän toteuttaminen kuitenkin vaatisi jo koko jätevesilaitoksen uudelleen rakentamista.

Mahdollisena jatkotutkimuksena voitaisiin tutkia paremmin kuormitusvaihteluita tarkan kellonajan mukaan, sillä viimeisten toimintavuosien aikana laskeumatestit, näkösyvytydet ja ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuudet otettiin ilman tarkkaa kellonaikaa. Tarkkailut tulisi toteuttaa Suomen aikavyöhykkeen mukaisesti UTC+2 mukaan eikä kesä- ja talviajoilla saisi olla vaikutusta kuormitusvaihteluihin. Tämän opinnäytetyön aikana ei saatu tarkkoja tuloksia näkösyvyyksistä vuodenaikojen mukaan, kun mahdollisesti näkösyvytydet jokaisella linjalla otettiin ilman tarkkaa kellonaikaa. Samat tarkkailut voitaisiin toteuttaa laskeumatestien ja ilmastusaltaiden kiintoainepitoisuuksien kohdalla. Tutkimusta voitaisiin myös syventää ilmastuksen jakotorniin, sillä ainakin opinnäytetyöprosessin aikana selvisi, että ilmastusaltaat kuormittuivat eri lailla vuorokauden eri ajankohtina. Jätevesivirtaamat eivät tasaantuneet riittävästi ilmastuksen jakotornissa, mikä vaikeutti etenkin linjan 1 lietteen laskeutumista aamuisin klo 8. Seuraavassa tutkimuksessa tulisi selvittää, mikä aiheuttaa ilmastusaltaiden erilaisen kuormittumisen ja miten lietteen sekoittumista voitaisiin estää suurten virtaamien aikana.

LÄHTEET

- Autio, A. 2010. Prosessijätevesien puhdistaminen flotaation avulla. Kokkola: Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16362/oppari.pdf?sequence=1>. Viitattu 11.3.2017.
- Benjamin, M-M. & Lawler, D-F. 2013. Water quality engineering. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Hendricks, D. 2011. Fundamentals of water treatment unit processes. Suite: Taylor and Francis Group.
- Kinnunen, J. 2013. Jätevedenpuhdistus rinnakkaissaostuksella – esimerkkinä Kinnulan jätevedenpuhdistamo. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54159/Kinnunen_Jari.pdf?sequence=1. Viitattu 29.1.2017.
- Kokkolan kaupunki. 2017. Kokkolan Vesi, Kokkolan Veden tunnuslukuja vuodelta 2015. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen_ ja_rakentaminen/kokkolan_vesi/juomavesi/fi_FI/juomavesi/. Viitattu 6.2.2017.
- Kokkolan kaupunki. 2017. Kokkolan Vesi. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen_ ja_rakentaminen/kokkolan_vesi/fi_FI/kokkolanvesi/. Viitattu 24.11.2016.
- Kokkolan Veden liikelaitos. 2014. Hopeakivenlahden jätevedenpuhdistamo, Excel-taulukko.
- Lassila, J. 2007. Jätevedenpuhdistamon ongelmien kartoitus ja niiden ratkaiseminen. Kokkola: Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, kemiantekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.
- Management Center Innsbruck. Investigation of activated sludge – physical and physical-chemical parameter, työohje.
- Pelto-Huikko & Vieno. 2009. Tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. Www-dokumentti. Saatavissa: http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_jatevedesta.pdf. Viitattu 16.3.2017.
- Pihkala, J. 1998. Prosessitekniikan yksikköprosessit. 3., tarkistettu painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry. 2015. Kokkolan biokaasulaitoksen ja jätevedenpuhdistamon yhteenvetoraportti vuodelta 2013.
- Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry. 2015. Kokkolan biokaasulaitoksen ja jätevedenpuhdistamon yhteenvetoraportti 2014.
- Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry. 2016. Kokkolan biokaasulaitoksen ja jätevedenpuhdistamon yhteenvetoraportti 2015.

- Pohjanmaan vesi ja ympäristö ry. 2017. Pohjanmaan biokaasu Oy:n biokaasulaitoksen ja liikelaitos Kokkolan Veden jätevedenpuhdistamon yhteenvetoraportti 2016.
- Pöyry. 2009a. Prosessikaavio. Viitattu 29.1.2017.
- Pöyry. 2009b. Prosessiselostus. Viitattu 16.1.2017.
- Renkonen, M. 2014. Esisaostuksen mahdollisuudet aktiivilieteprosessin kuormitusvaihteluiden hallinnassa. Helsinki: Aalto-yliopisto, kemiantekniikan tutkinto-ohjelma. Diplomityö. Saatavissa: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/14232/master_Renkonen_Maija_2014.pdf?sequence=1. Viitattu 11.3.2017.
- Ruippo, S. 2012. Biologisen jätevedenpuhdistamon tyypitase ja ravinneannostelun optimointi. Imatra: Saimaan ammattikorkeakoulu, prosessitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42857/Oppari.pdf?sequence=1>. Viitattu 30.3.2017.
- Sydänmetsä, V. 2016. Henkilökohtainen tiedonanto, sähköpostiviesti. 10.4.2017.
- Yli-Kyyny, T. 2014. Hiekanerotuksen ja hiekkapesuprosessin kehittäminen Turun seudun puhdistamo Oy:ssä. Turku: Turun ammattikorkeakoulu, bio- ja elintarviketekniikka. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/73230/Yli-Kyyny_Timo.pdf?sequence=1. Viitattu 22.1.2017.
- Wiesmann, U., Choi, I-S. & Dombrowski, E-M. 2007. Fundamentals of Biological Wastewater Treatment. Weinheim: Verlag GmbH & Co.
- Sohlo, E. 2011. Typenpoiston toiminnan optimointi Oulun kaupungin jätevedenpuhdistamolla. Oulu: Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. Saatavissa: <http://www.oulu.fi/poves/pages/publ/dipl/ennisohlo.pdf>. Viitattu 23.2.2017.
- Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. 12.10.2006/888. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=j%C3%A4tevesi%20ja%20kiintoaine>. Viitattu 1.3.2017.
- Virtanen, S. 2014. Typenpoiston nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet jätevedenpuhdistusprosesseissa. Lahden ammattikorkeakoulu, ympäristötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/70138/Virtanen_Satu.pdf?sequence=1. Viitattu 23.2.2017

KOKEELLISEN OSAN TARKKAILUTULOKSET TAULUKOITUNA

pvm.	Aika	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
19.9.2016	Klo 8	260	105	180	1,150	0,874	1,096	50	85	120	226,09	120,14	164,23
20.9.2016	Klo 8	260	120	170	1,180	0,920	1,100	70	90	120	220,34	130,43	154,55
27.9.2016	Klo 8	210	95	160	0,847	0,798	1,057	50	70	120	247,93	119,05	151,37
29.9.2016	Klo 8	210	85	160	0,820	0,791	1,056	50	80	90	256,10	107,46	151,52
4.10.2016	Klo 8	230	80	150	0,754	0,736	1,010	70	100	110	305,04	108,70	148,51
14.11.2016	Klo 12	210	140	140	2,297	1,626	2,297	50	70	80	91,42	86,10	60,95
17.11.2016	Klo 12	200	110	130	2,445	1,787	2,505	80	30	80	81,80	61,56	51,90
21.11.2016	Klo 12	210	105	140	2,673	1,924	2,671	70	40	80	78,56	54,57	52,41
22.11.2016	Klo 12	205	100	140	2,750	1,929	2,698	70	40	80	74,55	51,84	51,89
24.11.2016	Klo 12	210	100	140	0,709	0,820	0,754	70	50	80	296,19	121,95	185,68
30.1.2017	Klo 16	135	150	90	1,133	1,232	0,990	90	90	110	119,15	121,75	90,91
31.1.2017	Klo 16	140	155	90	1,145	1,236	0,975	90	90	110	122,27	125,40	92,31
1.2.2017	Klo 16	135	160	95	1,156	1,271	0,987	90	90	110	116,78	125,89	96,25
2.2.2017	Klo 16	145	160	95	1,169	1,267	0,989	90	80	110	124,04	126,28	96,06
3.2.2017	Klo 16	145	160	100	1,168	1,271	0,977	90	80	100	124,14	125,89	102,35

HUOM! PUNAISELLA MERKITYT KIINTOAINEARVOT EIVÄT OLE LUOTETTAVIA, KOSKA NE EROAVAT MERKITTÄVÄN PALJON MITTAUSAJANKOHDAN MUISTA KIINTOAINEARVOISTA.

HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2013

Pvm.	Näytekertta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydyt [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
5.2.2013	1	370	190	180	3,8	2,8	2,7	50	50	50	97	68	67
13.2.2013	2	410	220	210	3,7	2,5	2,6	10	20	20	111	88	81
14.2.2013	3	420	180	180	3,9	2,6	2,7	10	20	20	108	69	67
28.2.2013	4	490	240	230	3,5	2,3	2,2	25	55	65	140	104	105
14.3.2013	5	400	200	190	3,3	2,4	2,2	25	41	54	121	83	86
28.3.2013	6	410	300	280	3,1	2,4	2,3	35	45	50	132	125	122
10.4.2013	7	970	320	220	3,7	2,4	2,0	23	41	48	262	133	110
25.4.2013	8	980	250	310	4,2	2,1	1,8	25	45	45	233	119	172
27.6.2013	9	90	320	200	1,4	2,9	2,0	25	15	25	64	110	100
10.7.2013	10	105	280	185	2,0	4,6	2,7	30	15	25	53	61	69
25.7.2013	11	100	240	110	1,8	4,5	2,2	34	18	22	56	53	50
8.8.2013	12	200	140	60	2,7	2,2	1,1	25	60	60	74	64	55
28.8.2013	13	180	100	40	2,4	1,9	0,8	10	25	50	75	53	50
26.9.2013	14	20	90	100	0,6	1,8	1,6	70	55	50	33	50	63
10.10.2013	15	310	200	195	2,9	2,7	3,1	30	40	40	105	74	63
15.10.2013	16	350	80	160	3,5	1,6	2,5	30	20	20	100	50	64
21.10.2013	17	380	80	200	3,3	1,1	2,2	40	50	40	115	73	91
24.10.2013	18	430	110	210	3,4	1,3	2,2	65	75	50	126	85	95
18.11.2013	19	420	200	340	4,3	2,8	3,7	20	30	20	98	71	92
25.11.2013	20	500	240	640	5,0	3,6	5,1	20	20	30	100	67	125
27.11.2013	21	380	140	440	5,0	3,0	4,7	20	20	30	76	47	94
4.12.2013	22	960	200	350	7,9	3,2	5,3	20	15	10	122	63	66
12.12.2013	23	350	550	320	5,1	6,8	5,3	20	30	20	69	81	60
19.12.2013	24	350	600	410	4,5	6,9	5,5	15	25	25	78	87	75
27.12.2013	25	330	180	290	4,6	3,5	4,6	20	20	20	72	51	63

HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2014

Pvm.	Näytekertta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyvyydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
8.1.2014	1	120	280	230	1,8	3,7	3,1	35	20	20	67	76	74
22.1.2014	2	140	380	220	1,8	4,1	2,7	50	30	40	78	93	81
27.1.2014	3	110	340	200	1,9	4,1	2,7	30	25	30	58	83	74
4.2.2014	4	150	420	240	2,0	4,5	2,7	50	40	50	75	93	89
6.2.2014	5	190	570	280	2,0	4,5	2,7	50	35	45	95	127	104
19.2.2014	6	190	420	310	2,0	3,7	2,8	65	40	45	95	114	111
27.2.2014	7	80	280	230	1,3	2,6	2,4	70	50	20	62	108	96
4.3.2014	8	20	190	120	1,0	2,4	2,0	70	40	30	20	79	60
11.3.2014	9	80	135	150	1,0	2,0	1,9	70	40	45	80	68	79
12.3.2014	10	80	180	150	1,0	2,1	1,8	75	50	50	80	86	83
20.3.2014	11	80	220	160	0,9	2,1	1,8	35	20	30	89	105	89
27.3.2014	12	100	230	180	1,3	2,1	1,8	40	30	40	77	110	100
31.3.2014	13	250	250	350	1,9	1,5	2,2	40	30	50	132	167	159
2.4.2014	14	240	160	320	2,0	1,5	2,4	50	60	60	120	107	133
3.4.2014	15	300	190	370	2,2	1,6	2,5	45	45	55	136	119	148
11.4.2014	16	320	150	300	2,4	1,6	2,6	40	60	60	133	94	115
16.4.2014	17	290	220	250	2,4	2,2	2,5	60	80	65	121	100	100
28.4.2014	18	280	440	260	2,0	2,5	2,0	50	60	70	140	176	130
5.5.2014	19	230	320	250	1,8	2,4	2,0	80	100	100	128	133	125
7.5.2014	20	230	290	250	1,8	2,4	2,2	105	70	70	128	121	114
14.5.2014	21	230	130	180	2,1	1,6	2,1	60	50	40	110	81	86

HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2014

Pvm.	Näytekerta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
21.5.2014	22	260	140	180	2,2	1,4	1,9	65	105	50	118	100	95
28.5.2014	23	230	60	120	2,2	1,2	1,8	30	60	40	105	50	67
10.6.2014	24	210	110	110	2,4	1,4	1,7	20	100	20	88	79	65
18.6.2014	25	160	110	90	2,1	1,7	1,7	40	50	45	76	65	53
3.7.2014	26	150	100	95	2,0	1,7	1,9	40	90	50	75	59	50
11.7.2014	27	100	50	100	1,9	1,7	2,0	40	70	50	53	29	50
15.7.2014	28	60	80	90	1,7	1,9	2,1	20	80	60	35	42	43
24.7.2014	29	90	90	80	1,7	1,9	1,8	20	30	30	53	47	44
29.7.2014	30	100	100	100	1,7	1,8	1,7	60	100	130	59	56	59
7.8.2014	31	110	100	100	1,7	1,5	1,7	55	55	75	65	67	59
13.8.2014	32	100	90	100	1,7	1,6	1,4	40	80	120	59	56	71
21.8.2014	33	140	90	80	1,9	1,5	1,7	30	45	45	74	60	47
4.9.2014	34	180	120	110	1,5	1,6	1,9	80	90	150	120	75	58
18.9.2014	35	180	100	80	2,2	1,6	1,8	60	50	45	82	63	44
1.10.2014	36	140	100	90	2,0	1,7	1,9	50	50	50	70	59	47
15.10.2014	37	90	100	160	1,7	1,6	2,6	60	70	80	53	63	62
5.11.2014	38	140	130	120	1,9	1,7	2,0	90	90	95	74	76	60
20.11.2014	39	160	140	120	2,0	1,9	2,0	80	80	120	80	74	60
27.11.2014	40	150	150	120	2,0	1,9	2,1	100	90	100	75	79	57
2.12.2014	41	170	160	120	2,1	2,0	2,2	80	50	60	81	80	55
10.12.2014	42	220	200	160	2,4	2,2	2,4	70	40	70	92	91	67
29.12.2014	43	200	220	150	2,0	1,9	1,8	65	70	100	100	116	83

HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2015

Pvm.	Näytekerta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
21.1.2015	1	220	200	160	2,0	1,8	1,9	80	40	80	110	111	84
27.1.2015	2	220	230	190	2,2	2,0	2,1	60	40	60	100	115	90
11.2.2015	3	160	190	120	1,8	1,7	1,7	60	60	90	89	112	71
26.2.2015	4	180	140	130	1,6	1,3	1,5	100	90	100	113	108	87
11.3.2015	5	200	140	130	1,3	0,9	1,1	120	70	100	154	156	118
26.3.2015	6	160	150	105	0,9	0,7	0,8	130	110	130	178	214	131
8.4.2015	7	150	150	110	1,0	0,8	0,8	120	130	110	150	188	138
21.4.2015	8	130	140	120	1,0	0,8	1,0	150	120	150	130	175	120
5.5.2015	9	130	110	100	1,1	0,8	1,0	130	120	120	118	138	100
20.5.2015	10	130	140	120	1,3	1,1	1,3	100	80	80	100	127	92
2.6.2015	11	220	240	190	1,6	1,5	1,6	80	80	80	138	160	119
15.6.2015	12	190	220	170	1,7	1,6	1,8	80	100	90	112	138	94
7.7.2015	13	240	190	140	1,9	1,7	1,7	90	90	110	126	112	82
29.7.2015	14	210	140	80	2,0	1,6	1,6	110	110	140	105	88	50
11.8.2015	15	200	130	130	2,1	1,6	1,7	90	90	100	95	81	76
26.8.2015	16	210	90	110	2,2	1,6	1,5	110	110	130	95	56	73
10.9.2015	17	210	110	100	2,3	1,6	1,5	100	130	110	91	69	67
28.9.2015	18	170	70	90	2,1	1,1	1,5	60	80	130	81	64	60
8.10.2015	19	160	120	100	2,0	1,0	1,5	110	90	90	80	120	67
21.10.2015	20	110	60	110	1,6	1,1	1,5	90	110	100	69	55	73
9.11.2015	21	140	80	150	1,2	0,9	1,2	120	100	120	117	89	125
25.11.2015	22	170	130	150	1,1	1,0	1,1	90	100	110	155	130	136
9.12.2015	23	190	180	180	1,1	1,1	1,1	80	80	90	173	164	164
22.12.2015	24	350	360	300	1,4	1,7	1,4	70	80	70	250	212	214

HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2016 JA 2017

Pvm.	Näytekerta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyvyydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
13.1.2016	1	430	350	330	1,8	2,1	1,7	100	80	80	239	167	194
26.1.2016	2	370	320	280	1,8	2,1	1,7	100	90	110	206	152	165
11.2.2016	3	400	370	400	2,3	2,8	2,5	60	70	70	174	132	160
24.2.2016	4	950	850	410	3,2	3,7	2,8	50	50	60	297	230	146
8.3.2016	5	910	390	350	3,1	3,2	2,7	70	70	70	294	122	130
29.3.2016	6	390	280	360	2,3	2,3	2,5	80	90	80	170	122	144
14.4.2016	7	390	330	400	2,4	2,5	2,5	70	70	50	163	132	160
26.4.2016	8	450	410	350	2,8	2,9	2,6	70	70	70	161	141	135
11.5.2016	9	600	600	450	2,8	3,6	2,8	40	50	40	214	167	161
24.5.2016	10	270	310	260	2,0	2,7	2,0	70	50	80	135	115	130
30.5.2016	11	240	280	210	1,7	2,3	1,7	90	70	100	141	122	124
31.5.2016	12	210	250	200	1,6	2,3	1,6	110	100	120	131	109	125
3.6.2016	13	220	250	180	1,5	2,1	1,4	100	90	110	147	119	129
7.6.2016	14	210	240	160	1,4	1,9	1,2	80	70	80	150	126	133
10.6.2016	15	240	260	180	1,4	2,0	1,2	90	90	80	171	130	150
14.6.2016	16	170	195	130	1,3	1,9	1,1	110	90	100	136	103	118
16.6.2016	17	190	240	150	1,2	1,9	1,1	100	70	90	158	126	136
21.6.2016	18	195	255	160	1,2	1,9	1,1	140	50	140	163	134	145
22.6.2016	19	210	260	160	1,2	1,9	1,1	120	80	130	175	137	145
23.6.2016	20	190	250	145	1,1	1,9	1,1	100	70	130	173	132	132
28.6.2016	21	180	250	130	1,1	1,8	1,0	50	80	40	167	139	126
30.6.2016	22	190	230	155	1,1	1,9	1,1	100	120	100	174	121	146

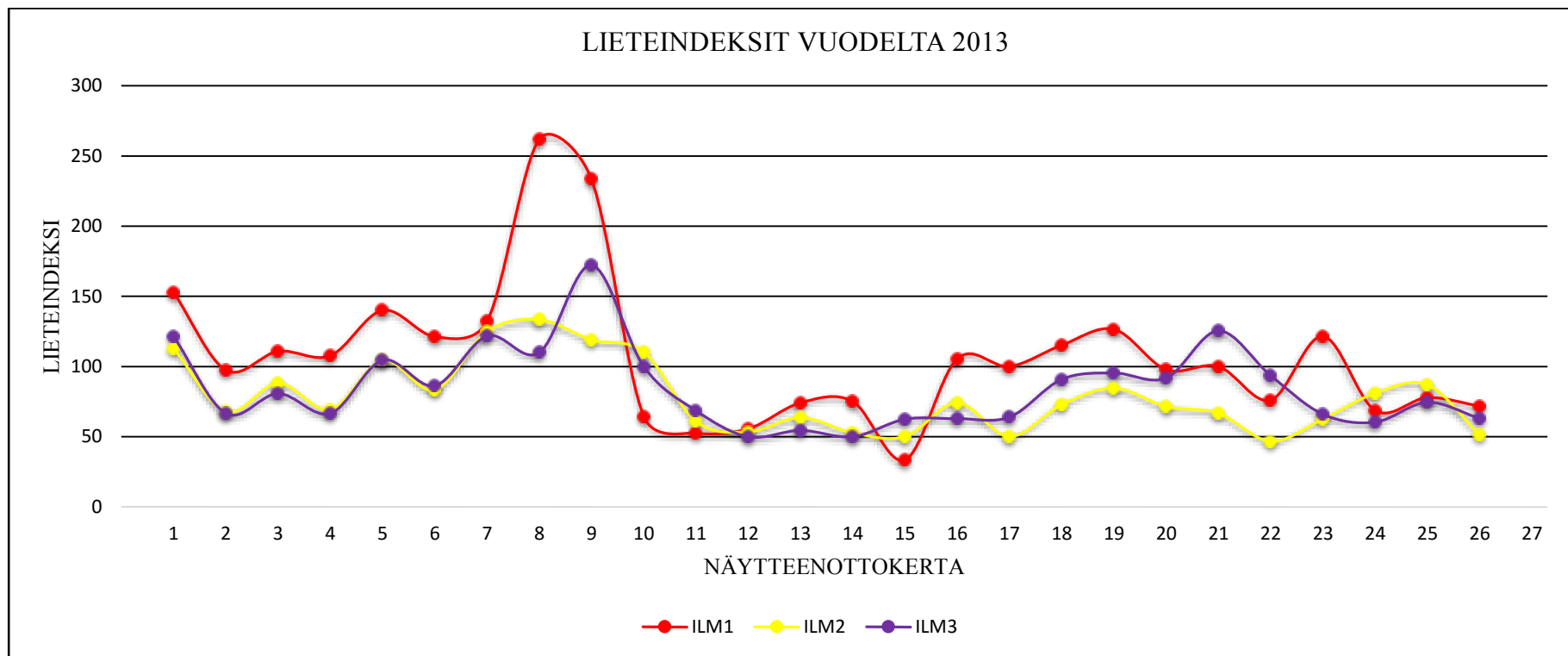
HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2016 JA 2017

Pvm.	Näytekerta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
7.7.2016	23	220	350	200	1,2	2,4	1,3	60	80	70	183	148	157
13.7.2016	24	230	380	200	1,3	2,5	1,4	80	90	90	177	152	143
19.7.2016	25	190	360	195	1,2	2,6	1,4	80	70	120	158	141	143
22.7.2016	26	190	350	180	1,2	2,7	1,3	100	70	170	158	130	138
25.7.2016	27	210	390	180	1,2	2,7	1,3	100	70	160	181	146	142
26.7.2016	28	210	400	190	1,2	2,6	1,2	80	60	150	182	151	154
29.7.2016	29	230	390	200	1,2	2,7	1,3	90	70	140	185	146	156
1.8.2016	30	190	310	150	1,3	2,7	1,3	70	50	100	150	115	112
2.8.2016	31	240	375	190	1,3	2,6	1,3	70	60	140	186	142	145
3.8.2016	32	255	365	190	1,4	2,7	1,4	60	50	70	187	135	136
4.8.2016	33	265	370	200	1,4	2,6	1,4	70	70	70	188	144	145
5.8.2016	34	300	370	200	1,4	2,5	1,4	70	60	70	215	147	146
6.8.2016	35	210	290	160	1,4	2,5	1,3	80	70	80	155	118	119
7.8.2016	36	210	290	180	1,4	2,4	1,3	90	60	80	154	121	138
8.8.2016	37	230	260	150	1,3	2,4	1,3	70	60	80	171	110	115
9.8.2016	38	215	285	180	1,3	2,3	1,3	80	70	80	161	124	140
10.8.2016	39	240	270	170	1,3	2,2	1,3	90	100	100	185	123	131
11.8.2016	40	210	235	150	1,3	2,0	1,3	90	80	100	164	115	119
12.8.2016	41	230	210	160	1,3	2,0	1,3	80	100	110	177	105	123
13.8.2016	42	250	210	170	1,2	1,8	1,2	80	60	80	208	117	142
14.8.2016	43	280	230	180	1,3	1,8	1,3	90	60	80	215	128	138
15.8.2016	44	280	220	185	1,3	1,8	1,3	110	70	110	215	122	142
16.8.2016	45	260	210	180	1,3	1,7	1,3	90	80	100	197	122	142

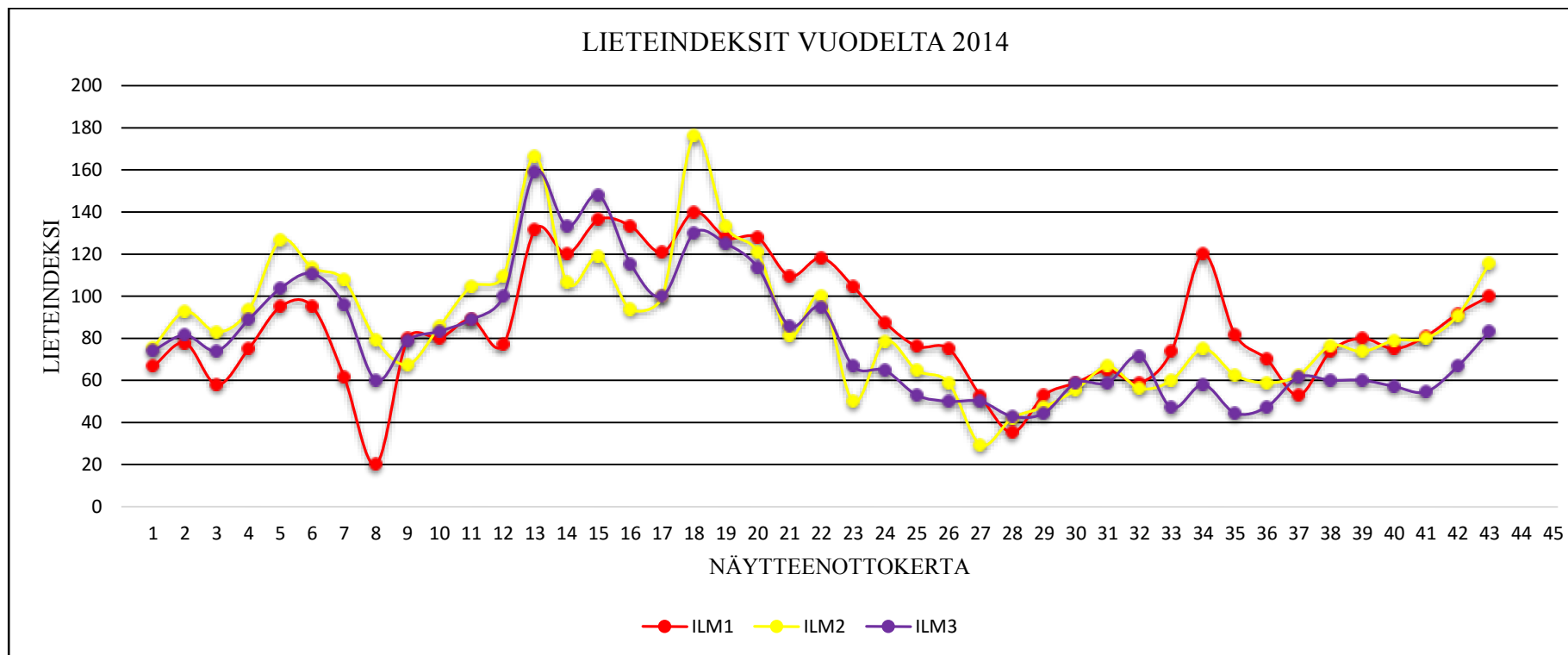
HOPEAKIVENLAHDEN JÄTEVEDENPUHDISTAMON LIETELASKEUMAT, KIINTOAINHEET JA NÄKÖSYVYYDET SEKÄ ILMASTUSALTAIDEN LIETEINDEKSIT VUODELTA 2016 JA 2017

Pvm.	Näytekerta	Laskeumat [ml]			Kiintoaineet [g/l]			Näkösyydydet [cm]			Lieteindeksi		
		Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3	Jälkiselkeytin 1	Jälkiselkeytin 2	Jälkiselkeytin 3	Ilmastusallas 1	Ilmastusallas 2	Ilmastusallas 3
17.8.2016	46	260	200	175	1,3	1,6	1,3	130	100	110	198	122	138
18.8.2016	47	210	160	150	1,3	1,5	1,2	120	120	120	162	107	125
19.8.2016	48	280	200	195	1,3	1,5	1,2	130	130	110	218	136	160
23.8.2016	49	240	150	160	1,3	1,2	1,2	120	120	90	185	125	133
25.8.2016	50	280	160	180	1,3	1,1	1,2	100	120	100	215	145	150
19.9.2016	51	260	105	180	1,2	0,9	1,1	50	85	120	226	120	164
20.9.2016	52	260	120	170	1,2	0,9	1,1	70	90	120	220	130	155
27.9.2016	53	210	95	160	0,8	0,8	1,1	50	70	120	248	119	151
29.9.2016	54	210	85	160	0,8	0,8	1,1	50	80	90	256	107	152
4.10.2016	55	230	80	150	0,8	0,7	1,0	70	100	110	305	109	149
14.11.2016	56	210	140	140	2,3	1,6	2,3	50	70	80	91	86	61
17.11.2016	57	200	110	130	2,4	1,8	2,5	80	30	80	82	62	52
21.11.2016	58	210	105	140	2,7	1,9	2,7	70	40	80	79	55	52
22.11.2016	59	205	100	140	2,8	1,9	2,7	70	40	80	75	52	52
24.11.2016	60	210	100	140	0,7	0,8	0,8	70	50	80	296	122	186
30.1.2017	1	135	150	90	1,1	1,2	1,0	90	90	110	119	122	91
31.1.2017	2	140	155	90	1,1	1,2	1,0	90	90	110	122	125	92
1.2.2017	3	135	160	95	1,2	1,3	1,0	90	90	110	117	126	96
2.2.2017	4	145	160	95	1,2	1,3	1,0	90	80	110	124	126	96
3.2.2017	5	145	160	100	1,2	1,3	1,0	90	80	100	124	126	102

LIETEINDEKSIEN TARKKAILUT VUOSILTA 2013, 2014 JA 2015



LIETEINDEKSIEN TARKKAILUT VUOSILTA 2013, 2014 JA 2015



LIETEINDEKSIEN TARKKAILUT VUOSILTA 2013, 2014 JA 2015

