

Taru Hedman

RISTIINAN JÄTEVEDENPUHDISTA- MON PROSESSIN TOIMINNAN SELVITYS

Kemikaalien ja tulevan jäteveden
vaikutukset puhdistusprosessissa

Opinnäytetyö
Ympäristötekniologia



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Taru Hedman	Ympäristötekno- gian insinööri (AMK)	Elokuu 2018
Opinnäytetyön nimi		57 sivua 5 liitesivua
Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessin toiminnan selvitys Kemikaalien ja tulevan jäteveden vaikutukset puhdistusprosessissa		
Toimeksiantaja		
Mikkelin Vesilaitos		
Ohjaaja		
Hannu Poutiainen, Anne Bergman		
Tiivistelmä		
<p>Tämä opinnäytetyö toteutettiin Mikkelin Vesilaitoksen toimeksiannosta. Tavoitteena oli tutkia Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessia ja optimoida ajotapaa, jotta puhdistamon toiminnalle asetetut ympäristölupaehdot saavutettaisiin ympäri vuoden.</p> <p>Keskeiset tutkimusongelmat olivat: Millainen on puhdistusprosessi ja mitkä tekijät vaikuttavat puhdistustulokseen? Mitkä tekijät ovat estäneet puhdistamon ympäristölupaehtojen saavuttamisen? Miten puhdistamon toimintaa voidaan parantaa, jotta saavutetaan lupaehdot ympäri vuoden?</p> <p>Tutkimuksessa suoritettiin jälkisaostuskemikaalina toimivalla polyalumiinikloridilla (PAX) täyden mittakaavan koeajoja. Koeajojen aikana otettiin näytteitä ja analysoitiin ne laboratoriossa. Tuloksia verrattiin aiempaan dataan syksyiltä 2017. Lisäksi tutkittiin sako- ja umpikaivolietteiden koostumuksia näytteenotolla. Sako- ja umpikaivolietteiden vaikutusta prosessiin tutkittiin myös aiemman kerätyn datan perusteella.</p> <p>Tutkimustuloksissa saatiin selville, että polyalumiinikloridin käyttö on tarpeellista eikä annostusmäärää ole syytä muuttaa. Lisäksi todettiin, että puhdistamo toimii nykyisillä kemikaaleilla hyvin ilman ylimääräistä kuormitusta.</p> <p>Sako- ja umpikaivolietteitä tutkittaessa ravinnepitoisuudet todettiin moninkertaisiksi verrattuna tulopumppaamon pitoisuuksiin. Sako- ja umpikaivolietteiden runsaat virtaamat vaikuttavat suoraan alentavasti näkösyvyyteen sekä puhdistustulokseen mm. fosforin, CODin ja kiintoaineen osalta. Kevään hule- ja sulamisvedet aiheuttavat ohijuoksutuksia, puhdistamon mitoitus ei ole riittävä.</p> <p>Toimeksiantaja sai opinnäytetyön avulla tietoa jälkisaostuskemikaalina toimivan polyalumiinikloridin (PAX) toimivuudesta, sako- umpikaivolietteiden koostumuksesta sekä missä määrin virtaamat vaikuttavat heikentävästi puhdistustulokseen. Tulosten avulla voidaan miettiä mahdollisia parannustoimia ympäristölupaehtojen mukaisten puhdistustulosten saavuttamiseen.</p>		
Asiasanat		
jätevedenpuhdistus, prosessin optimointi, sako- ja umpikaivolietteet, kemikaalien annostelu		

Author (authors)	Degree	Time
Taru Hedman	Bachelor of Environmental Engineering	August 2018
Thesis title Ristiina Wastewater Treatment Plant: Study of Operation. Effects of chemicals and incoming wastewater in the purification process		57 pages 5 pages of appendices
Commissioned by Mikkelin Vesilaitos		
Supervisor Hannu Poutiainen, Anne Bergman		
Abstract <p>The objective of this thesis was to study the process of Ristiina wastewater treatment plant and to optimize it so that the environmental permit conditions would be achieved throughout the year.</p> <p>The main research problems were: What is the purification process like and what factors affect the purifying result? Which factors have prevented reaching the environmental permit conditions? How can the treatment plant be improved in order to achieve permit conditions to be reached throughout the year?</p> <p>In the study full scale test runs were carried out with polyaluminium chloride (PAX) as a post-precipitation chemical. During the test runs, samples were taken and analyzed in a laboratory. The results were compared with previous data from the autumn of 2017. In addition, septic tank sludge and cesspool sludge compositions were examined by sampling. Their impact on the process was also investigated on the basis of past data.</p> <p>The results of the study showed that use of polyaluminium chloride is necessary and there is no need to change the dosage amount. In addition, it was found that the purification process works adequately with existing chemicals without excessive loading.</p> <p>Nutrient concentrations of septic tank and cesspool sludge were found to be multiple compared to the municipal sewage concentrations. The excessive flow rates of septic tank and cesspool sludge have a direct impact on the visibility depth and on the cleaning result, for example phosphorus, COD and solids. Springtime melting waters cause spills because the capacity of the plant is not sufficient.</p> <p>Through the thesis, the commissioner received information on the functionality of the polyaluminium chloride (PAX) as a post-precipitation chemical, the composition of septic and cesspool sludges and the extent to which the flows affect the cleaning result. The results can be used to consider possible improvement measures to achieve purification results according to environmental permit conditions.</p>		
Keywords sewage treatment, process optimization, septic tank and enclosed tank sludges, chemical dosing		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	JÄTEVEDEN LAATU JA PUHDISTUSVAATIMUKSET	2
2.1	Jäteveden laatu ja kuormitus.....	3
2.1.1	Saostuskaivo- ja umpisäiliölietteet.....	4
2.2	Jätevedenpuhdistusta koskevaa lainsäädäntöä	7
3	JÄTEVEDEN LAATUA MITTAAVAT PARAMETRIT	8
3.1	Orgaaniset epäpuhtaudet.....	9
3.2	Epäorgaaniset aineet	11
3.3	Muut epäpuhtaustekijät	13
4	YLEISIMMÄT JÄTEVEDEN KÄSITTELYMENETELMÄT	14
4.1	Fysikaaliset yksikköoperaatiot.....	15
4.2	Kemialliset yksikköprosessit.....	17
4.3	Biologiset yksikköprosessit.....	17
4.4	Jälkiselkeytys	18
4.5	Lietteen käsittely.....	18
4.6	Jälkikäsittely	19
4.7	Puhdistustehon parantaminen.....	21
4.7.1	Kalvotekniikka	21
4.7.2	Muut puhdistamon toimintaa parantavat järjestelyt	22
5	MIKKELIN VESILAITOS.....	24
5.1	Ristiinan jätevedenpuhdistamo.....	24
5.1.1	Puhdistamon toiminta ja prosessit.....	25
5.1.2	Puhdistamon käyttötarkkailu ja ylläpito.....	28
5.1.3	Puhdistamolle tuleva kuormitus ja puhdistustulokset	28
6	MITTAUKSET JA MENETELMÄT	31
6.1	Työn toteutus ja aikataulu	31
6.2	Kemikaalien ajotavan säätö.....	32

6.3	Sako- ja umpikaivolietteet	33
7	TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA.....	34
7.1	Kemikaalien ajotavan säätö ja aiemman datan tarkastelu.....	34
7.1.1	Polyalumiinikloridin koeajot tammikuu 2018.....	34
7.1.2	Polyalumiinikloridin koeajot helmikuu 2018	37
7.1.3	Syksyn 2017 käyttö- ja veloitettarkkailutulosten tulkinta	39
7.2	Sako- ja umpikaivolietteiden näyteenottotulokset ja aiemman datan tarkastelu..	40
7.2.1	Saostus- ja umpikaivolietteiden virtaamien vaikutus prosessiin	43
7.2.2	Eri lietejakeiden määrät ja vaikutukset prosessiin	45
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET	47
	LÄHTEET	49
	LIITTEET	

Liite 1. Tutkimussuunnitelma

Liite 2. Ristiinan puhdistustulokset ja poistotehot 2012-2017 sekä tulokuormat 2014-2016

Liite 3. Saostus- ja umpikaivolietteet/näkösyvyys marras- ja joulukuu 2017

Liite 4. Saostus- ja umpikaivolietteet/näkösyvyys tammi- ja helmikuu 2018

Liite 5. Sakolietevirtaukset/lähtevä vesi marraskuu-helmikuu 2017-2018

TERMI- JA LYHENNELUETTELO

Aktiiviliete	Biologinen puhdistus, jossa aktiivilietteen sisältämät bakteerit kuluttavat ravinnokseen jäteveden sisältämää eloperäistä ainetta hapellisissa tai hapettomissa olosuhteissa.
Avl	Asukasvastineluku ilmoitetaan ympäristöluvassa. Se on biologisesti hajoavien epäpuhtauksien mittayksikkö, joka vastaa yhden henkilön vuorokaudessa tuottamaa keskimääräistä kuormitusta.
Biofilmi	Bakteereista koostuva muodostelma, jolla on ympärillään suojaava limakerros, muodostuu pinnoille.
BOD/BHK	Biological Oxygen Demand, biokemiallinen hapenkulutus. BOD ilmaisee happimäärän, jonka jäteveden sisältämät orgaaniset epäpuhtaudet kuluttavat hapellisissa olosuhteissa hajotessaan biologisesti.
COD/KHK	Chemical Oxygen Demand, kemiallinen hapenkulutus. Mitataan orgaanisen aineen määrää jätevedessä hapettamalla se tunnetulla määrällä vahvaa hapetinta.
Denitrifikaatio	Typen poistoon liittyvä reaktio, jossa nitraatti pelkistetään typpi-kaasuksi. Lopputuloksena typpikaasu poistuu ilmakehään.
Kok-N	Kokonaistyyppi
Kok-P	Kokonaisfosfori
Suspendoitunut aines	Hienojakoinen orgaaninen ja/tai mineraalinen (ajelehtiva) aines vedessä. Hiukkaskoko 1-100 µm.
Kolloidi	Kolloidinen aines on hiukkaskooltaan pienempää kuin suspendoitunut aines, hiukkaskoko 0,08-1 µm.
MBR	Membrane bioreactor, kalvotekniikalla varustettu bioreaktori
Nitrifikaatio	Typen poistoon liittyvä reaktio, jossa ammonium-muodossa oleva typpi hapetetaan nitriitin kautta nitraatiksi.
Rejektivesi	Jäteveden tiivistys- tai kuivausvaiheessa syntyvää lieteveettä, joka palautetaan takaisin prosessin alkuun.

1 JOHDANTO

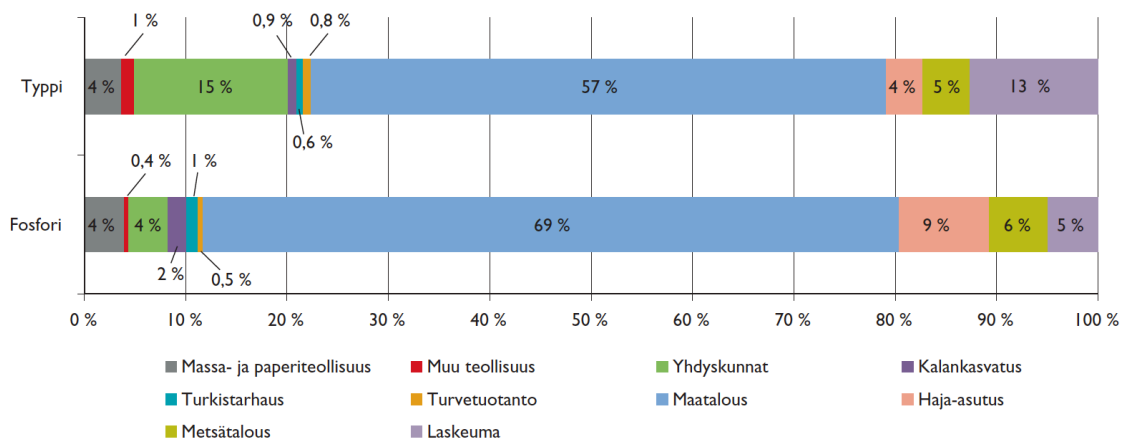
Jäteveden puhdistus on prosessi, jossa puhdistamolle tuleva käsittelemätön jätevesi tulisi saattaa mahdollisimman puhtaaseen muotoon vesistöön laskettaessa, ympäristölupaehdot täyttäen. Puhdistustulokseen vaikuttavat monet tekijät, kuten tulevan jäteveden laatu, kuormitus, keliolosuhteet, kemikaalit, laitteiden toimivuus ja kunto, laitoksen mitoitus jne. Puhdistustulos pysyy harvemmin täysin tasalaatuisena vaan prosessia on seurattava ja säädettävä sen mukaan mitä näytteenottotulokset ja aistinvaraiset havainnot kertovat sekä pyrittävä ennakoivaan ajotapaan. Pienemmillä jätevedenpuhdistamoilla kuormituspiikkejä puhdistamon toimintaan saattavat aiheuttaa mm. runsas sako- ja umpikaivolietteiden tuonti sekä kausittaiset hule- ja sulamisvedet. Näiden mahdollinen kuormittavuus voi heijastua vuosittaisiin puhdistustuloksiin ja ympäristölupaehtojen saavuttaminen saattaa joidenkin parametrien osalta olla haasteellista.

Tämä opinnäytetyö toteutetaan Mikkelin vesilaitokselle ja ohjaajana toimii käyttöinsinööri Anne Bergman. Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessiin ja sen toimintaa mahdollisesti kuormittaviin sekä parantaviin tekijöihin. Ristiinan jätevedenpuhdistamo on toiminut Mikkelin vesilaitoksen vastuulla vuodesta 2009. Jätevedenpuhdistamo on huollettu ja saneerattu viime vuosina ja nyt on hyvä tarkastella ajotapaa, millä tavoin saataisiin puhdistustulos optimaaliseksi. Jätevedenpuhdistamon toiminnassa tulee saavuttaa ympäristöluvassa asetetut ehdot ympäri vuoden.

Opinnäytetyössä tutkitaan puhdistamolla käytössä olevan jälkisaostuskemikaalin tehokkuutta jätevedenpuhdistuksessa. Lisäksi tutkitaan sako- ja umpikaivolietteiden vaikutusta puhdistusprosessiin. Vaikutusten tarkastelusta ei löytynyt aiempaa tutkimustietoa. Samalla tarkastellaan myös yleisesti jätevedenpuhdistamon toimivuutta ja mahdollisia ongelmakohtia puhdistusprosessissa. Opinnäytetyön keskeiset tutkimusongelmat ovat: Kemikaalien ja tulevan jäteveden vaikutukset puhdistusprosessissa? Mitkä tekijät ovat estäneet puhdistamon ympäristölupaehtojen saavuttamisen? Miten puhdistamon toimintaa voidaan parantaa, jotta saavutetaan lupaehdot?

2 JÄTEVEDEN LAATU JA PUHDISTUSVAATIMUKSET

Jätevettä syntyy Suomessa vuosittain lähes 500 miljoonaa kuutiometriä, joka on asukasta kohden muutettuna noin 300 litraa vuorokaudessa. Tästä noin 90 litraa (riippuen sademäärästä) on peräisin vuotovesistä huuhtoutuvaa vettä. (Säylä 2015, 7.) Jätevesiä on käsiteltävä eli puhdistettava, jotta vähennetään vesistöön joutuvien epäpuhtauksien määrää ja niiden haitallisia vaikutuksia purkuvesistössä. Jätevesien puhdistus kuuluu tärkeänä osana vesiensuojeluun, joka taas on osa ympäristönsuojelua. (Karttunen 2004, 492.) Typen ja fosforin päätyminen vesistöön aiheuttaa rehevöitymistä, joka voi ilmetä mm. levämassojen kasvuna, levien toksisuutena, heikentyneenä happitilanteena sekä veden samentumisena. Maatalous on selkeästi suurin kuormittaja sekä fosforin (57 %) että typen (69 %) osalta (kuva 1). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden kuormituslukemat olivat vastaavasti fosforin osalta 4 % ja typen osalta 15 %. Kokonaiskuormitus vesistöihin fosforin osalta vuonna 2011 oli 3800 tonnia sekä typen osalta 61000 tonnia. (Laitinen ym. 2014, 14–15.)



Kuva 1. Piste- ja hajakuormituksen eri päästölähteiden osuus fosfori- ja typpikuormituksesta 2011 (Laitinen ym. 2014)

Jäteveden käsittely on tehostunut viime vuosikymmenien aikana ja yhdyskuntien aiheuttama vesistökuormitus on pienentynyt orgaanisen aineksen ja fosforin osalta. Nykypäivänä ja tulevaisuudessa tutkitaankin enemmän haitallisten aineiden esiintymistä jätevedessä sekä niiden vaikutuksia ja esiintymistä vesistöissä. Haitallisia aineita jäteveteen päätyy mm. kotitalouksissa käytetyistä lääkkeistä, kosmetiikasta ja terveydenhuollossa käytetyistä haitallisista aineista sekä muista hajapäästöistä. (Laitinen ym. 2014, 14–15.)

2.1 Jäteveden laatu ja kuormitus

Jätevettä syntyy lähes kaikesta käyttämästämme vedestä ja se voi olla peräisin asunnoista, kouluista, hotelleista, sairaaloista tai muista laitoksista. Tätä kutsutaan asumajätevedeksi tai talousjätevedeksi. Nämä jätevedet sisältävät runsaasti happea kuluttavaa orgaanista ainesta, bakteereja sekä ravinteita, jotka ovat pääosin typpeä ja fosforia (taulukko 1). (Karttunen 2004, 495; Laitinen ym. 2014, 27.) Asumajätevesi voidaan jaotella vielä kahteen eri ryhmään mustaan ja harmaaseen jäteveeseen. Harmaa jätevesi koostuu kotitalouden kylpy-, tiski- ja pesuvesistä ja on koostumukseltaan laimeempaa kuin musta jätevesi. Musta jätevesi voi koostua pelkästään käymälävesistä tai se voi sisältää kaikki kotitalouden jätevedet. (Harmaiden jätevesien käsittely 2013.)

Taulukko 1. Asumajäteveden sisältämien epäpuhtauksien pitoisuuksia (Karttunen 2004, 494)

Epäpuhtaus	Pitoisuus mg/l
Biokemiallinen hapenkulutus, BOD ₇	125–175
Kiintoaine, SS	150–200
Hehkutusjäännös, VS	120–150
Kuiva-aine, TS	350–600
Kokonaisfosfori, P	6–8
Kokonaistyyppi, N	25–40
Ammoniumtyppi, NH ₄	15–25
Kalium, K	10–15
Kloridit, Cl ⁻	25–75
Kemiallinen hapenkulutus, COD	300–450
pH	6–8

Teollisuusjätevedet ovat peräisin teollisuuden prosesseista ja voivat vaihdella koostumukseltaan ja kuormitukseltaan suuresti. Ne voivat sisältää mm. runsaita määriä vaikeasti hajoavaa orgaanista ainetta, joka havaitaan korkeina COD-pitoisuuksina tai erityisen korkeana BOD/COD suhteena (Teollisuusjätevesiopas 2011, 32). Isommilla teollisuuslaitoksilla saattaa olla omat jätevedenpuhdistusjärjestelmänsä, jonka jälkeen käsitellyt vedet johdetaan suoraan vesistöön tai kunnan viemäriin. Pienen teollisuuden jätevedet voidaan johtaa käsittelemättä kunnalliseen viemäriin mutta niiden aiheuttama kuormitus ja päästöt tulee huomioida jätevedenpuhdistamolla. (Laitinen ym. 2014, 28.)

Hulevedet koostuvat maan pinnalta huuhtoutuvasta sade- tai sulamisvedestä ja vuotovedet päätyvät viemäriverkoston ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä huonokuntoisten viemäreiden, kaivorakenteiden ja putkiston takia. Hule- ja vuotovesien pääsyä viemäriin pyritään estämään niiden aiheuttamien ongelmien vuoksi. Hule- ja vuotovedet ovat kylmempiä kuin talousjätevedet ja laskevat jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden lämpötilaa hidastaen biologisen prosessin toimintaa. Sulamisvesien ja rankkasateiden aikaan virtaamat voivat olla niin suuria, että aiheuttavat ohijuoksutuksia puhdistusprosessissa. (Laitinen ym. 2014, 29.)

Haja-asutusalueiden jätevedet koostuvat asumajätevedestä, maitotilojen jätevesistä sekä muiden toimintojen jätevesistä, joita voivat olla majoitusliikkeet, leirintäalueet, koulut, huoltoasemat ym. Näitä tuodaan jätevedenpuhdistamolle sako- ja umpikaivolietteinä sekä pienpuhdistamojen ylijäämälietteinä. Näiden koostumukset voivat vaihdella suuresti. (Laitinen ym. 2014, 30; Kujala-Räty ym. 2008, 57.) Sakokaivovastaanotosta puhuttaessa tarkoitetaan vastaanotopistettä, johon tuodaan sekä sako- että umpikaivolietteet sekä muut pienpuhdistamojen lietteet.

Lisäksi puhdistamoiden sisäistä kuormitusta voi lisätä prosessin sisäiset rejektivedet, sekä pesuvedet, joita kertyy eri prosessiyksiköiden kunnossapidosta. Jätevedenpuhdistamoa suunniteltaessa ja mitoittaessa tulisi huomioida virtaama ja sen vaihtelut sekä laskettava puhdistamolle tuleva kuormitus asukasvastinelukuna. Lisäksi mitoitukseen vaikuttavat mm. alueella vallitsevat hydrogeologiset olosuhteet, yhdyskuntarakenne, rakentamisen tavat, viemäröintijärjestelmät, teollisuudesta tulevien jätevesien laatu ja määrä sekä viemäriverkoston- ja rakenteiden kunto. (Laitinen ym. 2014, 26–28.)

2.1.1 Saostuskaivo- ja umpisäiliölietteet

Sakokaivo eli saostussäiliö tyhjennetään lietepatjan paksuuden perusteella, käyttö- ja huolto-ohjeiden mukaan mielellään vähintään kerran vuodessa. Saostussäiliön toiminta perustuu kiinteän aineen laskeutumiseen säiliön pohjalle ja vettä kevyempi aines, kuten rasva nousevat pintaan muodostaen lietettä. (Jätevesiopas s.a.) Umpisäiliöön johdetaan yleensä vain mustat vedet mutta

ympäristö- ja terveysvaatimusten vuoksi siihen saatetaan johtaa kaikki kiinteistöllä syntyvät jätevedet. Umpisäiliöitä käytetään monissa kunnissa sen vuoksi, että alueella on tärkeitä pohjavesialueita tai ranta-alueita. Muussa tapauksessa umpisäiliön käyttöä suositellaan vain erikoistapauksissa, tyhjenykset kuluttavat energiaa ja aiheuttavat ilmapäästöjä. Pienpuhdistamo on jokin muu jäteveden käsittelylaite kuin saostussäiliö, umpisäiliö tai maapuhdistamo. Toiminta voi perustua mekaaniseen, biologiseen tai kemialliseen puhdistukseen tai näiden yhdistelmään. Pienpuhdistamolta poistetaan ylijäämälietettä, joka tuodaan jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. (Kröger ym. 2008, 50-52.)

Sakokaivolietteiden sisältämät pitoisuudet orgaanisen aineksen ja ravinteiden osalta voivat olla jopa 10–30 -kertaisia muuhun jäteveeseen verrattuna (taulukko 2) ja sen vuoksi olisi tärkeää huomioida jätevedenpuhdistamon tai sakokaivovastaanoton kapasiteetti.

Taulukko 2. Esimerkki tuotujen saostus- ja umpikaivolietteiden vuosikeskiarvopitoisuuksien vaihteluvälistä Biovakka Suomi Oy:n Topinojan vastaanottoasemalla vuosina 2009–2010 (Teollisuusjätevesiopus 2011, 67)

Aine	vaihteluväli mg/l
BHK _{7atu}	1600–3100
COD _{Cr}	700–12000
Kok-P	66–99
Kok-N	380–480
Kiintoaine	2500–6200

Taulukossa 3 esitetään saostus- ja umpikaivolietteiden vastaanottoa varten käytettyjä kokeellisia- tai laskennallisia laatutietoja. Sakokaivolietteistä tulisi poistaa karkeat kiintoaineet kuten hiekka ja kivet hiekanerotuksessa ja muut roskat välppäämällä ennen varsinaiseen puhdistusprosessiin päätymistä. (Laitinen ym. 2014, 30; Teollisuusjätevesiopus 2011, 67.)

Taulukko 3. Sako- ja umpikaivolietteiden vastaanottopisteen suunnitteluun käytettyjä kokeellisia tai laskennallisia laatu tietoja (Teollisuusjätevesiöpas 2011, 67)

Aine	Suunniteluarvo mg/l	Umpikaivoliete mg/l	Saostuskaivoliete mg/l	Yhdistelmä mg/l
BHK ₇	5000	670	3300	2000
Kok-P	150	60	120	80
Kok-N	750	430	440	410

Sakokaivolietteiden ja varsinkin umpikaivolietteiden lietepitoisuuksiin vaikuttavat mm. tyhjennysväli, tyhjennystapa (miten paljon imuauto on saanut pohjassakkaa kyytiin), viemäröintitapa (erillisviemäröinti vai kerätäänkö kaivon kaikki vedet) sekä kaivon kunto (onko vuotoja). (Pöyry 2008, 6.) Haja-asutusalueiden lietemäärät ovat kasvaneet viime vuosina mahdollisesti kiristyneiden lupaehtojen, puhdistamojen tiukentuneiden lupaehtojen sekä haja-asutuksen lietteiden tarkemman määrityksen johdosta. Hajajätevesiasetus (17.6.2011/646) on tehostanut haja-asutusalueiden kiinteistökohtaisen lietteen kuljetusta käsiteltäväksi taajamien jätevedenpuhdistamoille (Säylä 2015, 25). Asetusta on uudistettu ja tarkennettu vuonna 2017 (Hajajätevesiasetus 16.3.2017/157). Uudessa asetuksessa edellisen asetuksen siirtymäsäännökset on poistettu sekä päivitetty pykälät, jotka viittaavat viimeisimpään ympäristönsuojelulakiin. Lisäksi uudessa asetuksessa on yksinkertaistettu vaatimuksia mm. jätevesisuunnitelman sisällön ja huolto- ja käyttöohjeiden suhteen. Jätelaissa (17.6.2011/646) määritellään sako- ja umpikaivolietteet yhdyskuntajätteeksi, jolloin jätteen haltija on velvollinen järjestämään jätehuollon, eli toimittamaan lietteet jätevedenpuhdistamolle. Suuret jätevedenpuhdistamot pystyvät yleensä käsittelemään haja-asutusalueilta kertyvät sako- ja umpikaivolietteet melko ongelmattomasti mutta pienemmät puhdistamot saattavat joutua varautumaan erityistoimenpiteisiin tai puhdistamon kapasiteetin lisäykseen. Sako- ja umpikaivolietteet voidaan kerätä varastosäiliöön välppäyksen kautta ja pumpata ne hallitusti puhdistusprosessiin. Vaihtoehtoisesti ne voidaan välppäyksen jälkeen johtaa suoraan lietteenkäsittelyyn, jolloin pienennetään puhdistamon vesiprosessin kuormitusta ja pystytään tasaamaan häiriöitä. (Pöyry 2008, 8.)

2.2 Jätevedenpuhdistusta koskevaa lainsäädäntöä

Ympäristönsuojelulain (27.6.2014/527) tavoite on ympäristön pilaantumisen ehkäiseminen. Yhdyskuntajätevesien puhdistamo tarvitsee ympäristöluvan toiminnalleen, jos asukasvastineluku on vähintään 100, tämä määrittää ympäristönsuojelulaissa. Ympäristönsuojeluasetuksessa (4.9.2014/713) määritellään tarkemmin lupahakemuksen sisällöstä. Ympäristönsuojelulaissa yksi yleinen periaate on myös parhaan käyttökelpoisen tekniikan periaate (BAT), johon ympäristölupamääräys perustuu. Puhdistamon lupahakemuksessa tulee olla arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta toiminnassa. (Laitinen ym. 2014, 20–22.)

Jätevedenpuhdistus on osa lakisääteistä vesihuoltoa. Vesihuoltolain (9.2.2001/119) tavoitteena on "turvata sellainen vesihuolto, että kohtuullisin kustannuksin on saatavissa riittävästi terveydellisesti ja muutoinkin moitteetonta talousvettä sekä terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta asianmukainen viemärointi". Vesihuoltolaitos on määritelty laitokseksi, joka "huolehtii yhdyskunnan vesihuollosta kunnan hyväksymällä toiminta-alueella". Vesihuollolla tarkoitetaan "veden johtamista, käsittelyä ja toimittamista talousvetenä käytettäväksi sekä jäteveden poisjohtamista ja käsittelyä".

Valtioneuvoston asetuksessa yhdyskuntajätevesistä (18.10.2006/888) määritellään vähimmäisvaatimukset jäteveden puhdistukselle ja sitä sovelletaan puhdistamoilla, jotka tarvitsevat ympäristöluvan toiminnalleen. Jätevedet on puhdistettava biologisesti tai sitä vastaavalla tavalla sekä fosforia on poistettava. Typenpoiston tarve selvitetään laitoskohtaisesti. Typpeä poistetaan, jos sen poistamisella parannetaan vesien tilaa. Asetuksessa on annettu pitoisuus- ja puhdistusvaatimukset, jotka on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Jätevesien biologisen käsittelyn ja ravinteiden poiston vähimmäisvaatimukset

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK ₇)	30	70
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35	90
Kokonaisfosfori	3 (avl < 2000) 2 (avl 2000–100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15** (avl 10 000–100 000) 10* (avl > 100 000)	70

** Pitoisuusarvot ovat vuosikeskiarvoja. Tyyppiä koskevien vaatimusten mukaisuus saadaan kuitenkin varmistaa käyttämällä päivittäisiä keskiarvoja, jos voidaan osoittaa yhdyskuntajätevesiasetuksen liitteen mukaisesti, että vastaava suojelun taso saavutetaan. Tällöin jokaisen 24 tunnin kokoomanäytteen kokonaistyyppipitoisuus voi olla enintään 20 mg/l, kun veden lämpötila laitoksen biologisessa prosessissa on vähintään 12°C. Lämpötilarajan asettamisen sijasta voidaan rajoittaa tyyppiä koskevien vaatimusten voimassaoloaika alueellisten ilmastolosuhteiden huomioon ottamiseksi.

Asukasvastineluku (avl) määritellään seuraavasti: "yksi sellaista vuorokausikuormitusta, jonka seitsemän vuorokauden biokemiallinen hapenkulutus (BHK₇) on 70 g happea (O₂); asukasvastineluku lasketaan puhdistamolle vuoden aikana tulevan suurimman viikkokuormituksen vuorokautisesta keskiarvosta poikkeuksellisia tilanteita lukuun ottamatta;" (Yhdyskuntajätevesiasetus 12.10.2006/888).

Asetuksessa määrätään myös yhdyskuntajätevesien tarkkailusta ja puhdistamoille on määritelty vuosittaiset näytteenottomäärät. Näytteenottiheys määräytyy puhdistamon koon mukaan. Näytteenottomäärä on ilmoitettu myös ympäristölupapäätöksessä, kuten esim. Ristiinan jätevedenpuhdistamolla veloitettarkkailunäytteet otetaan kuusi kertaa vuodessa.

3 JÄTEVEDEN LAATUA MITTAAVAT PARAMETRIT

Jäteveden laatua mitataan tietyillä muuttujilla, jotka ilmaisevat jäteveden sisältämiä epäpuhtauksia ja hapen kulutusta. Tyypillisimpiä jätevedestä mitattavia

muuttujia ovat BOD, COD, fosfori, typpi ja kiintoaine. Näitä tarkkailemassa pidetään huoli, ettei vesistöihin kohdistu liikaa kuormitusta ja puhdistusprosessi toimii kuten pitää. Varsinkin fosfori ja typpi ovat tärkeitä vesistöjen rehevöitymisen kannalta, BOD ja COD taas ilmaisevat hapenkulutusta. Kiintoaineen määrää ja hajoavuutta tarkkailemalla seurataan eri prosessiyksiköiden toimivuutta sekä vaikutetaan syntyvän lietteen määrään.

Jätevesien sisältämät epäpuhtaudet voidaan määritellä joko koon mukaan tai jakaa ne orgaanisiin ja epäorgaanisiin aineisiin. Kokonsa mukaan epäpuhtaudet jakautuvat liukoisiin, kolloidisiin ja suspendoituneisiin (taulukko 5).

Taulukko 5. Epäpuhtauksien jako koon perusteella (Stendahl 1980, 1)

	Liukoiset	Kolloidiset	Suspendoit.	Laskeutuvat suspendoit.
Hiukkaskoko, µm	<0.08	0.08–1.0	1–100	> 100

Orgaaniset epäpuhtaudet jakaantuvat tasaisesti em. kokoihin, kun taas epäorgaaninen aines on pääosin liukoisessa muodossa. (Stendahl 1980, 1.)

3.1 Orgaaniset epäpuhtaudet

Orgaanisen aineen poiston tehokkuutta mitataan biokemiallisella hapenkulutuksella (BOD = Biochemical Oxygen Demand), kemiallisella hapenkulutuksella (COD = Chemical Oxygen Demand) tai orgaanisen hiilen kokonaismäärällä (TOC = Total Organic Carbon). (Karttunen 2004, 181.) Lisäksi orgaanisen aineen pitoisuutta voidaan mitata hehikutushäviöllä (VSS = Volatile Suspended Solids) (Stendahl 1980, 3).

Biokemiallinen hapenkulutus

Jäteveden käyttäytymistä luonnossa ja biohajoavuutta voidaan kuvastaa BOD-testin avulla. BOD ilmaisee happimäärän, jonka jäteveden sisältämät orgaaniset epäpuhtaudet kuluttavat hapellisissa olosuhteissa hajotessaan biologisesti. Tälle on määriteltä standardiaika ja -lämpötila, yleensä 7 vrk ja +20°C. Tästä tulee merkintä BOD₇, jota varsin yleisesti käytetään. BOD_{7ATU} merkintää

käytetään, kun näytteeseen on lisätty allyylitiourealiuosta, jonka avulla estetään BOD:n määrittelyn aikainen nitrifikaatio. (Karttunen 2003, 238; Stendahl 1980, 3.)

Jätevedenpuhdistamolla suuret BOD -kuormat voivat aiheuttaa ilmastusaikaisissa happitasen alenemista ja tästä aiheutuu biolietteen hajoamista sekä ongelmia lietteen laskeutumisessa. Suuret kuormitusvaihtelut biokemiallisen hapenkulutuksen suhteen voivat aiheuttaa mm. rihmamaisten bakteerien liikkasvua ja tätä kautta liete voi olla huonosti laskeutuvaa. Viemäriverkostoissa korkea BOD voi aiheuttaa ongelmia mm. hajuhaittojen, metaanin muodostumisen sekä välillisesti korroosion myötä. (Teollisuusjätevesiopas 2011, 32.)

BOD on ollut vuosikymmenien ajan keskeinen jätevesien käsittelyä ja tehokkuutta mittaava parametri. Viime vuosina on kuitenkin alettu kiinnittämään huomiota BOD:n heikkouksiin, tulokset eivät aina ole täysin luotettavia jäteveden laadun muuttuessa. BOD on herkkä virheille, jos jätevedessä sattuu olemaan biologisia toimintoja estäviä tai haittaavia aineita. Kemiallista hapentarvetta voidaan käyttää vastaaviin tarkoituksiin likimain yhtä hyvin. (Karttunen 2003, 238; Stendahl 1980, 3.)

Jäteveden laatua voidaan arvioida BOD_7 ja COD_{Cr} -tulosten suhteen avulla. Mitä suurempi suhde (yli 0,5), sitä helpommin hajoavaa orgaaninen aine on ja jätevesi ei luultavasti ole kovin myrkyllistä. Pieni suhde (alle 0,5) puolestaan ilmaisee orgaanisen aineen olevan huonosti hajoavaa tai jätevedessä on myrkkijä, jotka inhiboivat biokemiallista hapenkulutusta. Myrkyllisyyttä voidaan epäillä, jos laimennusmenetelmällä tehdyissä BOD-määrittelyissä BOD -arvo kasvaa, kun laimennus kasvaa. (Teollisuusjätevesiopas 2011, 48.)

Kemiallinen hapenkulutus

Kemiallinen hapenkulutus on hapen määrä, joka tarvitaan orgaanisen hiilen täydelliseen hapettamiseen hiilidioksidiksi ja vedeksi ja ammoniakiksi (Bitton 1999, 178). Jäteveden sisältämä orgaaninen aines voidaan tutkia hapettamalla se tunnetulla määrällä vahvaa hapetinta. Menetelmänä voidaan käyttää kaliumpermanganaattimenetelmää tai dikromaattimenetelmää. Orgaaninen aines hapetetaan eli hajotetaan kemiallisesti, jonka jälkeen jäljelle jäänyt hape-

tin titrataan. Näin saadaan laskettua hapetuksessa kulununeen orgaanisen aineen osuus ja voidaan muuttaa se vastaavaksi määräksi happea. (Karttunen 2003, 240.) Tyypillisissä käsittelemättömissä kotitalousjätevesissä BOD/COD-suhde vaihtelee välillä 0,4–0,8 ja COD-arvo vaihtelee välillä 250–1000 mg/l. (Bitton 1999, 178.)

Kokonaisorgaaninen hiili

Orgaaninen kokonaishiili on hiilen sitoutuminen erilaisiin orgaanisiin yhdisteisiin vedessä tai jätevesissä. Kokonaishiilen jakeiksi määritellään: epäorgaaninen hiili–karbonaatti, bikarbonaatti ja liuennut hiilidioksidi (CO₂). TOC: n sisältämiä orgaanisia yhdisteitä ovat aineet, joita on syntynyt kotitalous- ja teollisuuskäytössä, kloorauksen sivutuotteina sekä biologisessa jäteveden käsitelyssä muodostuneet mikrobituotteet. (Hammer 2004, 42.) TOC-testi soveltuu erityisesti pieniin orgaanisen aineen pitoisuuksiin ja TOC-testillä mitataan orgaanisen aineen pitoisuutta siten, että näyte poltetaan ja siitä syntyneen hiilidioksidin määrä mitataan. (Metcalf & Eddy 1991, 82; Stendahl s.a., 3.)

Hehkutushäviö

Hehkutushäviö (VSS) saadaan määrittelemällä ensin näytteen kuiva-ainepitoisuus hehuttamalla näytteestä orgaaninen pois. Näyte mitataan ennen hehkutusta ja hehkutuksen jälkeen, jolloin saadaan painoeron avulla määritetyksi palavien aineiden määrä sekä orgaanisten aineiden määrä. Hehkutushäviö ilmoitetaan prosentteina. (Stendahl 1980, 3.)

3.2 Epäorgaaniset aineet

Jäteveden sisältämät epäorgaaniset ainesosat ovat pääosin liukoisia suoloja ja niiden määrä vaihtelee riippuen käyttöveden ionitasapainosta ja suolapitoisuudesta. Suoloilla ei kuitenkaan ole merkitystä jätevedelle vaan jäteveden puhdistusprosesseissa keskitytään poistamaan fosforia, typpeä ja raskasmetalleja. Erityisesti fosfori ja typpi ovat tärkeitä, koska ne aiheuttavat rehevöitymistä vesistöissä. (Stendahl 1980, 4.)

Fosfori

Jätevesien sisältämä fosfori on peräisin asumajätevesien pesuaineista ja ulosteesta. Tämän lisäksi fosforia päätyy vesistöihin teollisuudesta, kalankasvatuksesta ja maataloudesta. Fosforia esiintyy jätevesissä kolmessa eri muodossa: epäorgaanisena ortofosfaattina ja polyfosfaattina sekä orgaanisesti sidottuna fosforina. (Viitasaari ym. 1994, 81.) Pesuaineista peräisin oleva fosfori esiintyy yleensä polyfosfaattien muodossa tai hydrolyysin jälkeen ortofosfaatteina. Pesuaineessa oleva fosforin osuus voi olla jopa 50 prosenttia kotitalousjäteveden kokonaisfosforista. Ortofosfaatit ovat suoraan saatavilla biologiselle aineenvaihdunnalle ilman, että niitä tarvitsee muuntaa yksinkertaisempiin muotoihin. Muodot, joissa ortofosfaatit ovat läsnä vedessä, ovat pH-riippuvaisia ja sisältävät PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , H_3PO_4 . Tyypillisessä kotitalousviemärisssä vallitseva muoto on HPO_4^{2-} . Polyfosfaatit ovat monimutkaisempia molekyyliä, joissa on kaksi tai useampi fosforiatomia mutta ne kuitenkin helposti hydrolosoituvat ortofosfaateiksi. Jäteveden sisältämästä fosforista vain 10–15 % on orgaanisiin yhdisteisiin sitoutuneena. (Viitasaari ym. 1994, 81, von Sperling 2007, 46.)

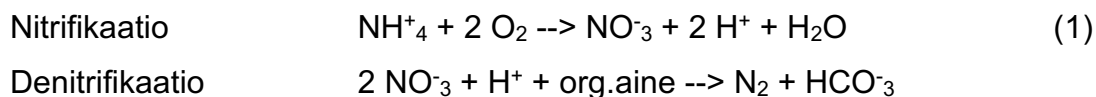
Fosforia poistetaan jätevedestä yleisimmin biologis-kemiallisen menetelmän avulla, yleensä rinnakkaissaostuksella. Pelkästään biologisella puhdistuksella ei päästä riittäviin puhdistustuloksiin (Laitinen ym. 2014, 42.) Hyvä fosforinpoisto edellyttää erotuskelpoisten flokkien muodostumista. Epäorgaaninen ortofosfaatti saostetaan alumiini-, rauta- ja kalsiumsuoloina ja tämän jälkeen sakka erotetaan. Saostuskemikaalina voidaan käyttää alumiini- tai rautasuoloja sekä kalkkia. Samalla poistuu myös orgaanista fosforia. Ferrosulfaatti on yleisin fosforin saostamiseen käytetty kemikaali. Annostusmäärää säädetään yleensä tarkkailemalla liukoisen fosforin määrää. (Karttunen 2004, 541; Stendahl 1980, 23.) Puhdistetun jäteveden fosforimäärä ilmoitetaan kokonaisfosforin määränä mg/l sekä poistotehoprosentteina.

Typpi

Typeä esiintyy jätevedessä monessa eri muodossa, kuten orgaanisesti sidottuna typpenä sekä epäorgaanisena ammoniumin, nitriitin ja nitraatin muo-

dossa. Puhdistamolle tulevassa jätevedessä noin puolet typestä on sitoutuneena orgaanisiin yhdisteisiin kuten valkuaisaineisiin ja virtsaan sekä puolet on ammoniumioneina. Vesistöjä kuormittaa myös sateiden, maatalouden ja teollisuuden mukana tuleva typpi. Typen poistolla pyritään mm. vähentämään hapenkulutusta vesistöissä, säilyttämään vesistöjen puskurikapasiteetti sekä estämään rehevöitymistä. Typpiyhdisteet eivät muodosta suoloja, joten ne täytyy poistaa biologisin menetelmin. (Stendahl 1980, 5; Viitasaari ym. 1994, 89.) Aluksi typpi hajoaa hydrolyysin avulla ammoniummuotoon, jonka jälkeen varsinainen biologinen typenpoisto voi tapahtua. Tämä tapahtuu nitrifikaation ja denitrifikaation avulla. Reaktioyhtälöt on esitetty kaavassa 1 (Viitasaari ym. 1994, 90–91). Nitrifikaatiossa ammonium-muodossa oleva typpi hapetetaan Nitrosomonas-bakteerien avulla nitriitin kautta nitraatiksi. Nitrifikaatio tarvitsee hapelliset olosuhteet ja pH-optimi prosessille on 7–8,5, alle 6,5 reaktio alkaa hidastumaan. Denitrifikaatiossa nitraatti pelkistetään typpikaasuksi heterotrofisten denitrifikaatiobakteerien avulla. Lopputuloksena typpikaasu poistuu ilmakehään. Denitrifikaatio vaatii vähähappiset olosuhteet, happipitoisuuden tulisi olla alle 1 mg/l (Laitinen ym. 2014, 43–44; Viitasaari ym. 1994, 90–91.)

Kaava 1.



Puhdistetun jäteveden typen määrä ilmoitetaan kokonaistyppenä (N_{kok}) mg/l, joka koostuu orgaanisesta typestä, ammoniumtypestä sekä nitriitti- ja nitraattitypestä (Stendahl 1980, 5) sekä poistotehoprosentteina.

3.3 Muut epäpuhtaustekijät

Jäteveden epäpuhtauksia mitataan myös kuiva-ainepitoisuutena (TS = Total Solids), johon sisältyy sekä kiinteät ja liuenneet aineet tai kiintoainepitoisuutena (SS = Suspended Solids), jolla mitataan jäteveden tai lietteen kiintoaineen määrää. (Stendahl 1980, 5.) Suspendoituneet (SS) ja haihtuvat kiinteät aineet (VS) ovat yleisiä parametreja, joita käytetään kunnallisen tai teollisen jäteveden määrittelyssä. Kiintoaineksen koostumus vaihtelee ja se voi olla kyllä orgaanista ainesta kuten puukappaleita, hedelmänkuoria tai pinnalle nousevia lietekasaumia tai laskeutuvaa kiintoainesta, joka koostuu pääosin

hiekaista ja savesta (Hammer 2004, 40; Karttunen 2003, 262). Vastanottavassa vesistöissä kiintoaine aiheuttaa samentumista sekä rantojen ja pohja-sedimentin liettymistä. Kiintoaineeseen on lisäksi sitoutuneena fosforia ja orgaanista ainesta, jotka voivat siirtyä liukoiseen muotoon ympäristöön päästessään, edesauttaen rehevöitymistä ja lisäten hapenkulutusta. (Laitinen ym. 2014, 14.) Erilaisten käsittely-yksiköiden toiminnan tehokkuus määritellään kiinteän aineen poiston avulla, esim. suspendoituneen kiinteän aineen poisto laskeutusaltaassa ja haihtuvien kiinteiden aineiden vähennys (reduktio) lietteen mädätyksessä. (Hammer 2004, 40.) Kiintoaineen kertyminen viemäriputkistoihin ja jätevesipumppaamoiden imukaivoihin voi vaikeuttaa jäteveden virtausta. Kiintoaineen päätymistä viemäriin voidaan rajoittaa tarvittaessa. Kiintoaineen koostumusta tarkastellaan sen ominaisuuksien ja biologisen hajoamisnopeuden kannalta, mikäli se ei hajoa nopeasti, voi sillä olla vaikutusta aktiivilietteen laskeutumisominaisuuksiin, lietteen kuivaukseen ja lietteen hyötykäyttöön. Lietettä syntyy myös enemmän kiintoaineen takia (Teollisuusjätevesiösiopas 2011, 33.) Kiintoainesta erotetaan jätevedestä eri vaiheissa prosessia, yleisimmin laskeuttamalla mutta myös flotaatio ja suodatus ovat yleistymässä. (Karttunen 2004, 507–508.)

4 YLEISIMMÄT JÄTEVEDEN KÄSITTELYMENETELMÄT

Jätevedestä pyritään poistamaan ensisijaisesti kiintoaines, biologista hapenkulutusta aiheuttava orgaaninen aines (BOD), fosfori, typpi, rasvat ja öljyt, patogeeniset organismit, myrkyt, radioaktiiviset aineet sekä pesu- ja puhdistusaineet. Jäteveden puhdistustavan valintaan vaikuttaa mm. epäpuhtauksien olemuoto, tiheys sekä onko aine epäorgaanista vai orgaanista. (Karttunen 2004, 492.)

Veden käsittely-yksiköt jaotellaan yksikköoperaatioihin ja yksikköprosesseihin. Samanlaiset prosessit ja operaatiot toimivat niin jätevedenpuhdistuksessa kuin talousveden valmistuksessa. Veden puhdistukseen tarvittava kokonaisuus valitaan kunkin yksittäistapauksen vaatimusten mukaan ja sovelletaan siihen parhaiten soveltuvia yksikköoperaatioita. (Karttunen 1999, 47.)

4.1 Fysikaaliset yksikköoperaatiot

Veden fysikaalisia laatuominaisuuksia muutetaan menetelmillä, joita kutsutaan fysikaalisiksi yksikköoperaatioiksi. Näitä menetelmiä kutsutaan yleisesti myös mekaanisiksi puhdistusprosesseiksi. Fysikaalisia menetelmiä käytetään ennen kaikkea erottamaan vedestä kiinteät ja kelluvat aineet. Kotitalouksista peräisin oleva jätevesi voi sisältää mm. vaippoja, tamponoja, hammasharjoja ym. suurehkoja esineitä, lisäksi jätevesien mukana puhdistamolle päätyy hiekkaa, soraa ja rasvaa. On tärkeää, että saadaan ne kerättyä esikäsittelyssä pois ennen varsinaista puhdistusprosessia. Yleisimpiin jäteveden esikäsittelymenetelmiin kuuluvat: välppäys, hiekanerotus, esi-ilmastus, rasvanerotus sekä esiselkeytys. Esikäsittelyn laajuus riippuu laitoksen koosta, pienemmissä laitoksissa voi riittää pelkkä välppäys. (Karttunen 2004, 498.)

Välppäys

Välppäyksellä erotetaan karkeimmat kiinteät epäpuhtaudet johtamalla vesi ahtaiden aukkojen tai rakojen kautta, jolloin aukkoja suuremmat ainekset pidättyvät laitteeseen (kuva 2). Toisin sanoen siivilöidään jätevesi kiinteästä aineksesta. Välppät jaotellaan harvoin, tiheisiin, kiinteisiin ja repijävälppiin. Ne voivat olla koneellisesti tai käsin puhdistettavia, jolloin puhutaan kone- tai käsivälppistä. (Karttunen 1999, 50; Karttunen 2004, 499.) Isommissa laitoksissa voi välppiä olla useampia, harva välppä erottamaan karkeimmat kiinteät aineet ja tiheämpi välppä erottelemaan pienemmät kiinteät partikkelit.



Kuva 2. Porrasvälppä (koneellisesti toimiva) Ristiinan jätevedenpuhdistamolla (Hedman 2018)

Hiekanerotus

Välppäyksen jälkeen vesi johdetaan hiekanerotukseen, jossa vettä raskaampi aines laskeutuu altaan pohjalle veden virtausnopeutta laskemalla. Veden virtausnopeutta lasketaan 0,3–0,5 m/s, jolloin 0,2 mm suuremmat hiekka- ja kiivainekset laskeutuvat altaan pohjalle. Hiekan laskeutumista altaan pohjalle tehostetaan ilmastuksella. Ilmastus tulisi olla karkeakuplainen ja ilman purkautumiskohta sijoittua noin 0,60 m altaan pohjan yläpuolelle. Altaan pohjalle kerjynyt hiekka poistetaan yleensä pumppaamalla pohjasyvennyksestä tai altaan päästä päähän kulkevalla vaunulla, jonka mukana kulkee pumppu. Hiekka kerätään jäteastiaan tai yhdistetään välppäjätteen kanssa ja toimitetaan jätteenkäsittelylaitokseen. Hiekka on mahdollista myös hyötykäyttää pesemällä se. (Karttunen 2004, 503–504.)

Esi-ilmastus

Monesti ilmastettu hiekanerotus toimii esi-ilmastuksena. Jätevesi palautetaan aerobiseen eli hapelliseen tilaan esi-ilmastuksen avulla. Lisäksi saadaan tarpeen mukaan poistettua haihtuvia orgaanisia aineita vedestä. Esi-ilmastuksen tarvittava viipymä vaihtelee 4–45 min välillä ja ilmamäärä 20–110% käsitelystä vesimäärästä. (Viitasaari ym. 1994, 17.)

Rasvanerotus

Yleensä erillistä rasvanerotusta ei tarvita vaan ilmastettuun hiekanerotukseen liitetään pintalietteen poisto n. ryyppyruuhan avulla. Tämä on kouru, jota voidaan kääntää siten, että mahdolliset rasvat ja pintaliete valuvat siihen. Rasva ja pintaliete johdetaan erilliseen kokoojakaivoon, joka tyhjennetään tarpeen mukaan. (Viitasaari ym. 1994, 17.)

Esiselkeytyks

Selkeytyks on yksi yleisimmistä käsittelymenetelmistä jäteveden puhdistuksessa. Selkeytyksen tarkoituksena on laskeuttaa vettä raskaammat hiukkaset painovoiman vaikutuksesta altaan pohjaan. Hiukkasten koko vaihtelee tässä vaiheessa silmin havaittavista kolloidihiuksien kokoon. (Karttunen 2004, 77.) Esiselkeytyks tulee heti hiekan- ja rasvanerotuksen jälkeen mutta kaikilla puhdistamoilla varsinkaan pienemmällä sitä ei välttämättä ole vaan selkeytyks tulee vasta ilmastuksen jälkeen.

4.2 Kemialliset yksikköprosessit

Kemiallisia prosesseja tarvitaan jäteveden käsittelyssä edesauttamaan ravinteiden kuten fosforin poistoa. Fosforia saostetaan veteen lisättävän kemikaalin avulla, jolloin muodostuu sakka, joka voidaan poistaa selkeyttämällä tai suodattamalla. Kalkki, alumiini- ja rautasuolat ovat yleisimpiä saostuskemikaaleja. Myös jäteveden pH-arvoa voidaan säätää kemiallisesti halutun suuruiseksi. Lisäksi lietteen käsittelyssä vähennetään vettä kemiallisen prosessin avulla esim. polymeeriä lisäämällä. Yleensä jäteveden puhdistus bakteereista, loisista ja viruksista vaatii myös desinfiointikäsittelyn ennen vesistöön pääsyä. Desinfiointikemikaalien käyttö valikoituu laitospohjaisesti ja ympäristölupaeh-tojen puhdistusvaatimusten mukaisesti. (Karttunen 2004, 140–152.)

4.3 Biologiset yksikköprosessit

Jäteveden sisältämät ravinteet mahdollistavat biologisten prosessien käytön. Jätevedestä poistetaan siihen liuenneita tai kolloidisina esiintyviä laskeutumattomia orgaanisia tai epäorgaanisia aineita biologisesti käsittelemällä. Käsittely

perustuu bakteerien toimintaan, jossa ne käyttävät jäteveden sisältämää orgaanista ainetta ja epäorgaanisia suoloja kasvaakseen. Käsittelyssä syntyvä solumateriaali on painavampaa kuin jätevesi ja voidaan näin erottaa prosessista. Biologiset prosessit jaetaan aerobisiin ja anaerobisiin prosesseihin eli hapellisiin ja hapettomiin. Prosessi voi olla leijuva-alustainen, jossa mikrobit ovat vapaasti vedessä tai kiinteäalustainen, jossa mikrobit muodostavat biofilmin kiinteisiin kantaja-aineksiin kiinnittyneinä. Aerobisista yksikköprosesseista yleisimmin käytetty on aktiivilieteprosessi. (Karttunen 1999, 67–68; Karttunen 2004, 171.)

Aktiivilieteprosessi tapahtuu ilmastettua biomassaa sisältävässä ilmastusaltaassa, johon puhdistettava jätevesi johdetaan. Jäteveden puhdistus tapahtuu mikrobien avulla, jotka elävät aktiivilietteen sisältämässä biomassassa. Aktiivilieteprosessi tarvitsee ilmastusta, jotta mikrobit saavat riittävästi happea ja liete pysyy jatkuvasti liikkeessä. Tarvittava hapen määrä aktiivilietteen toiminnalle on 1–2 mg/l. Tällä varmistetaan parempi kontakti mikrobien ja epäpuhauksien välillä sekä estetään flokkien ennenaikainen laskeutuminen. Optimaalinen pH on 6,5–7,5. Aktiivilieteprosessissa mikrobit voivat olla vapaasti vedessä tai kiinnittyneinä suspendoituneisiin hiukkasiin. (Karttunen 1999, 68–69; Karttunen 2004, 171.)

4.4 Jälkiselkeyty

Ilmastusaltaasta jätevesi johdetaan jälkiselkeytysaltaaseen, jossa ilmastuksessa syntynyt liete laskeutetaan suppilonmuotoiseen lietetasuun. Lietetaskusta suurin osa aktiivilietteestä pumpataan palautuslietteenä takaisin ilmastusaltaaseen, jotta prosessi pysyy aktiivisena. Biomassaa kertyy kuitenkin koko ajan, joten osa siitä pumpataan ylijäämälietteenä lietteenkäsittelyyn. (Karttunen 2004, 517–518; Laitinen ym. 2014, 49.) Jälkiselkeytyksestä puhdistettu jätevesi päätyy vesistöön joko suoraan tai jälkikäsittelyn kautta, joita voivat olla desinfiointi, hiekkasuodatus tms.

4.5 Lietteen käsittely

Jäteveden puhdistuksessa syntyy muun ylimääräisen poistettavan aineksen lisäksi runsaasti lietettä, jota ei voi sellaisenaan päästää ympäristöön vaan se on käsiteltävä. Lietteen käsittelyllä pyritään muuttamaan lietteen laatua ja

määrää siten, että sen kuljettaminen, käsittely ja hyväksikäyttö helpottuu. Tävoitteena on saada liete sellaiseen muotoon, että sitä voidaan käyttää esim. maanparannusaineena tai loppusijoittaa kaatopaikalle. Lietteestä poistetaan vettä, stabiloidaan se hajuhaittojen vähentämiseksi sekä hygienisoidaan, jotta saadaan poistettua kaikki ympäristölle ja ihmiselle haitalliset yhdisteet. Yleisin lietteenkäsittelymenetelmä on anaerobinen menetelmä eli mädätys, jolla saadaan oleellisesti vähennettyä patogeenisten bakteerien määrää ja lietteen kuivaaminen helpottuu. Mädätysprosessissa syntyy myös metaania (CH₄), jota voidaan käyttää esim. lämmitykseen tai sähkön tuottamiseen. Mädätyksen jälkeä liete kunnostetaan eli kuivataan. Kuivattu liete voidaan kompostoida ja näin saadaan maanparannusainetta. (Karttunen 2004, 555–581.)

4.6 Jälkikäsitteley

Mikäli toivottua puhdistustehoa ei saavuteta biologis-kemiallisessa osassa, on mahdollista päästä parempaan tulokseen jälkikäsitteleyllä eli tertiäärikäsitteleyllä. Jälkikäsitteleymenetelmiin kuuluvat mm. erilaiset suotimet, selkeyttimet, kosteikot ja hygienisointi. Hiekkasuotimella, flotaatiolla tai kemiallisella jälkisaostuksella voidaan päästä fosforin ja kiintoaineen pienempiin jäännöspitoisuuksiin. Denitrifioivan biologisen suodattimen avulla voidaan vähentää typen määrää. (Laitinen ym. 2014, 49.)

Hiekkasuodatinta käytetään yleensä jälkikäsitteleyinä puhdistamoilla, joilla vaaditaan tehostettua fosforin poistoa. Jätevesi johdetaan suodatinpatjan läpi, joka koostuu hiekkasta. Hiekkasuodatin poistaa suurimman osan suspendoituneesta kiintoaineesta, joka voi sisältää fosforia. Menetelmänä voidaan käyttää joko hidasta tai nopeaa suodatusta (riippuu laitoksen koosta / vesimäärät) Nopea-hiekkasuodattimet pakottavat vettä läpi 0,45–1 m kerroksesta hiekkaa (d = 0,4–1,2 mm) ja työskentelevät nopeammin, tarviten pienemmän alueen. Ne tarvitsevat kuitenkin tiheää takaisinpesua. Hidas-hiekkasuodattimet (d = 0,15–0,35 mm) vaativat suuremman alueen, mutta vähentävät bakteriologista ja virustasoa suuremmissa määrin. Ylin 1 tuuman kerros kaavitaan ajoittain pois ja huuhdellaan suodatin vedellä. Kummassakin tapauksessa hiekan puhtautta on seurattava säännöllisesti. Hiekkalaadulla on myös vaikutusta puhdistustulokseen ja voidaan käyttää monikerroksisia hiekkasuodattimia, joissa ylin kerros koostuu karkeammasta aineksesta ja alin kerros on hienojakoista hiekkaa.

Ylin kerros estää epäpuhtauksien kulkeutumisen alimpaan hienojakoiseen hiekkaan. (Cheremisinoff 2001, 235–257; Laitinen ym. 2014, 50.)

Flotaatio perustuu kiintoainepartikkelien ja kolloidien muodostamiin flokkeihin. Ennen flotaatioselkeytysallasta jäteveeseen annostellaan saostuskemikaalia flokkien muodostamiseen ja tämän jälkeen flotaatioaltaassa menetelmästä riippuen veteen puhalletaan paineilmaa, kaasua tai dispersioivettä. Mikrokuplat nostavat flokit altaan pintaan poistettavaksi lietekerrokseksi. Puhdistettu vesi jatkaa eteenpäin. (Laitinen ym. 2014, 50.) Yleisimmin käytetty flotaatiomenetelmä on paineflotaatio (DAF = Dissolved Air Flotation). Paineflotaation suorituskykyparametrit ovat yleensä samankaltaisia kuin laskeutusselkeyttimillä, mutta pinnan ylivuotonopeudet tai nousunopeudet ovat tyypillisesti viisinkertaiset verrattuna laskeutukseen, jolloin saavutetaan pienempi jalanjälki. Lietteen pitoisuudet ovat noin 2–4 % verrattuna laskeutusselkeyttimiin (0,5–2 %). (Stuetz 2009, 54-55.)

Denitrifioivalla biologisella suodattimella voidaan tehostaa typen poistoa. Denitrifioiva biologinen suodatin tarvitsee anoksiset olosuhteet sekä yleensä lisäyksenä ulkoisen hiililähteen (esim. metanoli). Biologinen suodatin on täytetty kantoaineella, jonka läpi jätevesi virtaa joko alhaalta ylös tai ylhäältä alas. Erilaisia kantoaineita ovat esim. muovinkappaleet, aktiivihilli, hiekka tai sora. Biologisella suodattimella päästään parempiin puhdistustuloksiin myös fosforin ja kiintoaineen osalta sen toimiessa mekaanisena suodatuksena. Myös MBBR (Moving Bed Bio Reactor) on kantoaineprosessi, jolla voidaan parantaa biologista prosessia. Bioreaktorissa täytekappaleet ovat upotettuna veteen ja mikrobit muodostavat niiden pinnalle biofilmin, joka uusiutuu jatkuvan liikkeen johdosta. MBBR-tekniikkaa voidaan käyttää etenkin kohteissa, joissa tilan käyttö on rajallista. Puhdistamon kuormitusta pystytään tasaamaan MBBR-tekniikan avulla. (Laitinen ym. 2014, 48–49; 66.)

Hygienisoinnin tavoitteena on vähentää tauteja aiheuttavia bakteereja jätevedestä sille tasolle, että se sopii vastaanottavan vesistön käyttötarkoitukseen. Erilaisia hygienisointimenetelmiä ovat mm. UV-käsittely, otsonointi sekä kemialliset menettelyt (kloori, hypokloriitti, muurahaishappo, vetyperoksidi ym.) Kemiallisissa menettelyissä kloorituotteet muodostavat haitallisia yhdisteitä jäte-

veden orgaanisten ainesten kanssa, joten tulisi pyrkiä myrkyttömiin yhdisteisiin. Myös erilaiset kalvosuodatusmenetelmät sopivat hygienisointiin, ja niitä onkin jo maailmalla käytössä. (Laitinen ym. 2014, 50.)

Kosteikkoja on vähemmän käytössä mutta ideana on yksinkertaisesti johtaa puhdistettu jätevesi kosteikon läpi ennen vesistöön pääsyä. Tällä keinoin saadaan myös hieman vähennettyä vesistövaikutuksia. Kosteikot toimivat huommin kylmällä kaudella ja tämä rajoittaa niiden ympärivuotista käyttöä. (Laitinen ym. 2014, 50.)

4.7 Puhdistustehon parantaminen

Jäteveden puhdistusta voidaan tehostaa monilla erilaisilla keinoilla mutta pitää miettiä mihin lopputulokseen ollaan tähtäämässä. Pienemmillä puhdistamoilla, ongelmat voivat keskittyä erityisesti fosforin ja kiintoaineen poistoon, joten pitäisi löytää näihin sopiva tekniikka. Monet menetelmät tehostavat erityisesti typpen poistoa mutta näillä ei välttämättä saada parempia tuloksia muun puhdistuksen osalta. Pienillä puhdistamoilla saattaa olla haasteellista laajentaa itse puhdistamo, joten parhaimmat tekniikat pitäisi pyrkiä löytämään jo olemassa olevaan prosessiin. Tehostamisen yhteydessä on syytä myös miettiä mikä on mahdollisen heikon puhdistustuloksen aiheuttaja, pystyykö siihen vaikuttamaan jo ennen varsinaista puhdistusprosessia.

4.7.1 Kalvotekniikka

Erilaiset kalvotekniikat tehostavat jäteveden puhdistusta ja niillä saadaan parannettua myös jäteveden hygieenistä laatua. MBR on kalvotekniikalla varustettu bioreaktori (Membrane Bioreactor), joka on tekemässä tuloaan myös Suomeen. MBR-tekniikassa yhdistetään perinteinen aktiivilieteprosessi ja kalvotekniikka. MBR-yksikön avulla säästetään tilaa, koska jälkiselkeytysallasta ei enää tarvita kiintoaineen erotuksen tapahtuessa jo kalvosuodatuksessa. MBR-yksikkö voidaan upottaa suoraan ilmastusaltaaseen osaksi aktiivilieteprosessia tai se voidaan rakentaa erilliseen altaaseen. (Lignell ym. 2015.) MBR-pilottihankkeita on kokeiltu Suomessa ja esim. vuonna 2020 valmistuvassa Mikkelin uudessa jätevedenpuhdistamossa tullaan käyttämään MBR-tekniikkaa.

Kiekkosuodatin toimii myös kalvotekniikkaan perustuen, tällä kustannustehokkaalla menetelmällä voidaan saada karkaava kiintoaines paremmin eroteltua. Kiekkosuodatuksessa osa kiekosta on veden pinnan alapuolella, vesi kulkee kiekon keskirumpuun jakautuen sieltä suodatinkalvojen väliin ja poistuu suodattuneena. Kiintoaines jää kalvojen pinnoille. (Laitinen ym. 2004, 66)

4.7.2 Muut puhdistamon toimintaa parantavat järjestelyt

Jätevedenpuhdistamo toimii paremmin, jos sinne tuleva virtaama ja kuormitus ovat mahdollisimman tasaisia. Tasausaltaat, tulotunnelit ja esiselkeytys auttavat virtaamien tasauksessa. Tasausaltaissa veden laatu ehtii tasaantua ennen puhdistamolle menoa ja vähentää näin ollen prosessin kuormituspiikkejä. Jätevesi pystytään johtamaan hallitummin prosessiin tasausallasta hyväksikäyttäen. Tasausaltaat voivat sijaita puhdistamon läheisyydessä tai viemäriverkoston osana tai ne voivat olla esim. käytöstä poistettujen puhdistamoiden altaita. Virtaamien hetkittäisten huippujen tasaamisella vähennetään kiintoaineen karkaamista ja lähtevän veden fosforipitoisuuksia. Selkeytyksen toimintaan voidaan vaikuttaa tulovirtaamia pienentämällä, sillä sen mitoitus perustuu virtaamasta riippuvaan pintakuormaan. Tasauksen tehokkuus ja puhdistamon kuormitus vaikuttavat lopputulokseen. (Laitinen ym. 2004, 46; RIL 192-1991, 64.)

Erillinen sako- ja umpikaivolietteen vastaanottoasema voi olla varteenotettava vaihtoehto, jos näiden lietteiden kuormitus puhdistamolle on runsasta. Sakolietteen vastaanottoasema voi sijaita puhdistamon yhteydessä tai esim. josain viemäriverkoston osana. Tarkoituksena on, että sako- ja umpikaivolietteet välpätään ja esikäsitellään jo vastaanottoyksikössä ja vasta tämän jälkeen ne johdetaan puhdistamolle. Tällä tavoin vähennetään kuormituspiikkejä. Automaattisia jäteveden vastaanottoyksiköitä (kuva 3) on käytössä jo useilla jätevedenpuhdistamoilla. Automaattinen jäteveden vastaanottoasema kontrolloi esim. vastaanottoasemalle tuotavan jäteveden määrää, pH:ta, johtokykyä ja lämpötilaa sekä tunnistaa kuljettajan sekä kysyy mistä jätevesi on peräisin. Automaattiasema voi tarvittaessa estää jäteveden purkamisen, jos tarkkaillut suureet eivät ole sallituissa rajoissa. Nämä suureet voidaan määritellä puhdistamon tarpeiden mukaisesti. (Envecon 2014.)



Kuva 3. Sakolietteen vastaanottoasema Feko+ (Envecon 2014)

Näiden lisäksi yksi mielenkiintoinen vaihtoehto mm. pienempien jätevedenpuhdistamoiden ylivuoto- ja häiriötilanteisiin on geotuubi (kuva 4). Geotuubi on esim. polypropeeni- tai polyesterilangasta kudottu tuubi, jonka tyypillinen koko vaihtelee välillä 10–1500 m³ (Kaitos 2018). Geotuubi pidättää kiintoainetta passiivisella käsittelyllä ja siitä poistuva vesi puhdistuu. Poistuva vesi voidaan pumpata takaisin prosessiin tai suodattaa maastoon. Puhdistusta voidaan tehostaa lisäämällä vedenerotuskemikaalia pumppauksen yhteydessä. Geotubia käyttämällä voitaisiin vähentää ylijöksutusten osalta tapahtuvaa ympäristökuormitusta ja kustannukset pysyisivät maltillisina. (Isokauppila ym. 2014, 2.)



Kuva 4. Geotuubi on valmistettu kestävästä ja venyvästä materiaalista (Kaitos 2018)

5 MIKKELIN VESILAITOS

Mikkelin Vesilaitos huolehtii talousveden jakelusta Mikkelissä ja sen lähialueella. Talousvettä tuotetaan noin 55 000 ihmiselle, vuodessa noin 3,3 milj. m³. Vedenjakeluverkosto on kokonaispituudeltaan noin 430 kilometriä. Lisäksi Vesilaitoksen vastuulla on viemäröinti ja jätevesien tehokas puhdistus. Puhdistetun jäteveden määrä vuodessa on noin 4,4 milj. m³. Viemäriverkostolla on pituutta noin 490 kilometriä. (Hyvän veden laitos, s.a.; Viemäriverkostot ja pumppaamot, s.a.) Mikkelin Vesilaitoksen toiminta-alueeseen kuuluu kanta-kaupungin lisäksi Otavan, Anttolan, Haukivuoren, Ristiinan ja Suomenniemen taajamat (Toiminta-alue, s.a.). Puhtaan veden jakelujärjestelmää sekä viemäriverkoston toimintaa valvotaan koko toiminta-alueella kaukovalvontajärjestelmällä 24/7. (Veden jakelu, s.a.; Viemäriverkostot ja pumppaamot, s.a.)

5.1 Ristiinan jätevedenpuhdistamo

Ristiinan jätevedenpuhdistamon toiminnalla on toistaiseksi voimassa oleva Itä-Suomen aluehallintoviraston 8.4.2011 myöntämä ympäristölupa toiminnalleen. Ympäristölupaehdoissa määritellään seuraavat jäteveden puhdistusvaatimukset:

- BOD_{7ATU} saa olla enintään 12 mg/l
- P_{KOK} saa olla enintään 0,6 mg/l
- Poistotehot molempien osalta vähintään 92 %

Lisäksi noudatetaan yhdyskuntajätevesiasetuksen (888/2006) puhdistusvaatimuksia kiintoainepitoisuuden ja kemiallisen hapenkulutuksen (COD) osalta, eli

- COD_{Cr} saa olla enintään 125 mg/l, poistoteho vähintään 75 %
- Kiintoainepitoisuus saa olla enintään 35 mg/l, poistoteho vähintään 90 %.

Tulokset lasketaan puolen vuoden keskiarvona, johon luetaan mukaan ohijuoksutukset ja muut häiriötilanteet. (Päätös 39/2011/1.)

Puhdistamon toimintaa tarkkaillaan käyttö- ja kuormitustarkkailuohjelman määrittämällä tavalla. Tarkkailun toteuttaa Ramboll Finland Oy. Tarkkailuohjelmaan kuuluu käyttö-, kuormitus- ja vaikutustarkkailu. (Tarkkailuohjelma 2017.)

Käyttötarkkailu on puhdistamon päivittäisen prosessin seuranta, jota tehdään puhdistamon henkilökunnan ja laitosautomaation avulla (Tarkkailuohjelma 2017).

Kuormitustarkkailun suorittaa Ramboll Finland Oy ja sillä arvioidaan puhdistamosta aiheutuvan vesistökuorman määrää ja laatua. Tarkkailuun kuuluu 24 tunnin kokoomanäytteiden otto tulevan ja lähtevän jäteveden laadusta kuusi kertaa vuodessa, jotka otetaan sertifioidun näytteenottajan toimesta. Lisäksi otetaan bakteerinäytteet kertanäytteinä. Näytteet analysoidaan akkreditoitussa laboratorioissa ja tulokset raportoidaan viranomaisille (Etelä-Savon ELY ja Mikkelin seudun ympäristöpalvelut) ja Mikkelin vesilaitokselle. (Tarkkailuohjelma 2017.)

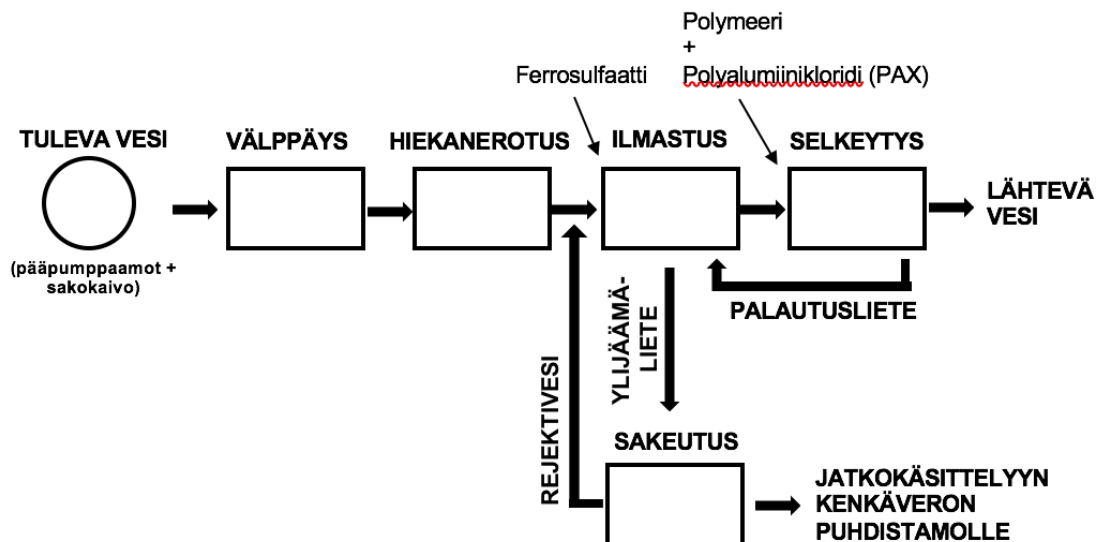
Vaikutustarkkailulla seurataan puhdistamon vesistökuormituksesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia. Vaikutustarkkailu toteutetaan yhteistarkkailuna 16.12.2015 päivätyn Ramboll Finland Oy:n laatiman tarkkailuohjelman (Ristiinan jätevedenpuhdistamo ja UPM-Kymmene Wood Oy, Pelloksen vaneritehtaat, Vaikutustarkkailuohjelma 2016-) mukaisesti. (Tarkkailuohjelma 2017.)

5.1.1 Puhdistamon toiminta ja prosessit

Ristiinan jätevedenpuhdistamo on valmistunut vuonna 1978 ja se sijaitsee Ristiinan kunnan Rahikkalan kylässä. Puhdistamolle johdetaan Ristiinan kirkonkylän ja Pellosniemen taajaman jätevedet. Puhdistamon toiminta kattaa noin 2600 asukasta. Viemäriverkostossa on 12 pumppaamo, jotka on liitetty kaukovalvontaan kuten puhdistamo. Myös toiminta-alueen sako- ja umpikaivolietteet tuodaan puhdistamon vastaanottoyksikköön. Teollisuudesta ei tule merkittävää kuormitusta viemäriverkostoon. Mikkelin Vesilaitos vastaa laitoksen operatiivisesta toiminnasta sekä kaukovalvonnasta. (Päätös 39/2011/1.)

Puhdistamon toiminta perustuu aktiivilietemenetelmään rinnakkaissaostuksella. Prosessiyksiköt ovat välppäys, hiekanerotus, ilmastus, jälkiselkeytys sekä kemikalointi (kuva 5). Jätevesi tulee puhdistamolle tulopumppaamojen kautta (2 kpl), sekä sako- ja umpikaivolietteiden vastaanottopisteestä, joka on

puhdistamon yhteydessä. Jätevesi pumpataan suoraan välppälle ja siitä ilmastettuun hiekanerotusaltaaseen ja tämän jälkeen ilmastukseen. Ilmastuksesta jätevesi johdetaan jälkiselkeytykseen. Jälkiselkeytyksestä puhdistetut jätevedet lasketaan purkuputkea pitkin Saimaan Yöveden Pökkäänlahteen, jossa purkuputken kohdalla syvyyttä on 15 m ja läheisessä syvänteessä 27 m. Prosessissa kertyvä ylijäämäliete johdetaan sakeutusaltaaseen, josta rejektivedet palautuvat prosessin alkuun ennen ilmastusta. Lietteen käsittelyä ei ole vaan ylijäämälietteet kuljetetaan sakeutettuna Mikkelin Kenkäveronniemeen käsiteltäväksi. Ylijäämälietettä kertyy vuodessa noin 2000 m³. Välppäys- ja hiekanerotusjäte kuljetetaan Metsä-Sairila Oy:n jäteasemalle. (Päätös 39/2011/1; Vuosiyhteenvetoraportti 2017.)



Kuva 5. Ristiinan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio

Mitoitusarvot laitokselle ovat seuraavat: keskivirtaama 800 m³/d, maksimivirtaama 2000 m³/d, BOD_{7ATU} 240 kg/d sekä fosfori 9 kg/d. Vuonna 2017 asukasvastineluku oli 2026 ja puhdistamo pysyi mitoitusarvojen rajoissa kuormitusasteen noustessa korkeimmillaan 86 %:iin (taulukko 6).

Taulukko 6. Ristiinan jätevedenpuhdistamon mitoitus- ja kuormitustiedot 2017 (Vuosityhteenvetoreportti 2017)

Ristiinan jätevedenpuhdistamo			
Tyyppi	mekaanis-biologis-kemiallinen		
Valmistusvuosi	1978, saneerattu 1999 - 2000		
Asukasvastineluku (AVL) 2017	2026		
Ilmastus	V = 270 m ³		
Selkeytys	A = 81 m ²		
Tulokuorma	Mitoitus	ka 2017	Kuormitusaste
Keskimvirtaama m ³ /d	800	690	86 %
Maksimivirtaama m ³ /d	2000	1508	75 %
BOD _{7-ATU} kg/d	240	142	59 %
Fosfori kg/d	9	5,3	59 %

Kahden edeltävän vuoden tulokuorma puhdistamolle oli maksimivirtaamien osalta suurempi ja kuormitusaste nousi niiden osalta vuosina 2015 ja 2016 reilusti yli 100 %. Liitteestä 2 löytyy aiempien vuosien tulokuormat.

Puhdistusprosessissa käytetään fosforin saostamiseen ferrosulfaattia (FeSO₄) 200 g/m³, joka syötetään hiekanerotuksesta ilmastusaltaaseen johtavaan kanaan. Muita prosessia tehostavia kemikaaleja ovat polyalumiinikloridi (PAX-XL100), jonka annostusmäärä on 100 g/m³. Kemikaali on tarkoitettu syötettäväksi ilmastuksesta jälkiselkeytykseen johtavaan kouruun, johon syötetään myös polymeeri (Zetag® 8167) 1 g/m³. Polymeeri tehostaa jälkiselkeytyksessä kiintoaineen laskeutumista ja polyalumiinikloridi saostaa ilmastusaltaassa vapautunutta liukoista fosforia sekä tehostaa kiintoaineen laskeutumista. Kaikki prosessissa käytetyt kemikaalit annostellaan virtaamaohjatusti asetetun syöttömäärän mukaan. (Bergman 2018a.)

Puhdistamolle on tehty saneerauksia vuosina 1999-2000 sekä vuonna 2010 uudistettu automaatiota ja sähkölaitteita. Samalla puhdistamo on liitetty Mipron ylläpitämään automaatiojärjestelmään. Vuonna 2016 kaikki prosessialtaat tyhjennettiin ja pestiin ja samalla mm. ilmastusaltaan pohjailmastimet vaihdettiin uusiin. Huollon yhteydessä vaihdettiin myös palautuslietepumput pohjalta imeviin uppopumppuihin. Vuonna 2017 puhdistamolla tehtiin lisää huolto- ja saneeraustoimia, mm. liitettiin kemikaalinsyötöt automaation piiriin toimimaan virtaamaohjatusti. Lisäksi samana vuonna uusittiin välppä, tuloallas ja välpe-

puristin sekä lisättiin kivikori sakokaivolielinjaan. Samalla kaikkiin tulevan veden linjoihin lisättiin virtausmittarit. Toukokuussa 2018 puhdistamolle asennettiin online-fosforianalysaattori, jonka avulla voidaan jatkossa seurata lähtevän fosforin määrää ja sitä kautta voidaan tarpeen mukaan säätää nopeammin ferrosulfaatin annostusta. (Bergman 2018b; Vuosiyhteenvetoraportti 2017.)

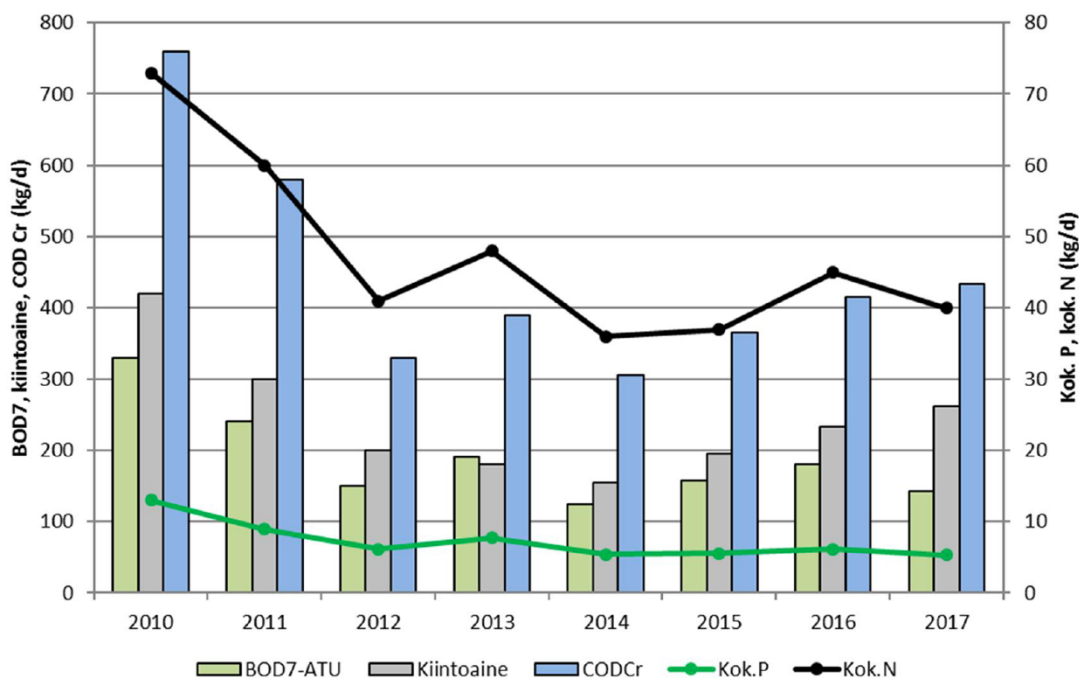
5.1.2 Puhdistamon käyttötarkkailu ja ylläpito

Puhdistamon toimintaa seurataan sekä kaukovalvontana että arkipäivisin suoritettavan hoito-ohjelman mukaisesti paikan päällä käyden. Paikan päällä suoritettavia toimintoja ovat mm. silmämääräinen laitteiden ja prosessien toimivuus sekä kemikaaliannostusten toimivuus sekä muut ylläpitotoimenpiteet. Päivittäisten toimintojen ohella otetaan myös 1/2 h laskeumanäytteet, jotka otetaan ilmastuksesta ja palautuksesta. Näiden tulosten perusteella säädetään mm. ylijäämälietteen poistoa. Tämän lisäksi tarkastetaan näkösyvyys, jonka avulla arvioidaan paikan päällä prosessin toimivuutta. Yleissääntönä hyvälle näkösyvyydelle on 80 cm ja siitä ylöspäin. (Leppänen ym. 2018; Puolanne ym. 1982, 140.)

Puhdistamon käyttötarkkailutuloksissa seurataan etenkin kiintoaineen, kokonaisfosforin sekä liukoisen fosforin määrää. Näiden perusteella voidaan säätää mm. kemikaalien syöttömäärää. Lupaehdoissa on määritelty enimmäispiitoisuudet ja poistotehot. Lähtevän veden liukoisen fosforin määrän tulisi olla mahdollisimman pieni (alle 0,1 mg/l), tällä pyritään estämään vesistöjen rehevöitymistä. (Leppänen ym. 2018.)

5.1.3 Puhdistamolle tuleva kuormitus ja puhdistustulokset

Ristiinan jätevedenpuhdistamon käsiteltävän jäteveden määrä on laskenut tasaisesti viime vuosien aikana, alueella on tehty verkoston saneerausta. Myös ohitukset ovat vähentyneet. Vuonna 2017 puhdistamolla käsiteltiin 252 163 m³ jätevettä, eli keskimäärin noin 690 m³/d. Kuitenkin osa mitattavista parametreista on noussut tulokuormitukseltaan parina viimeisenä vuonna, kuten kiintoaine ja COD. Myös fosforin osalta on ollut pientä nousua. (Kuva 6 ja liite 2.)



Kuva 6. Vuosien 2010-2017 vaihteluarvot (kg/d) tulevan jäteveden biologisen hapenkulutuksen (BOD7), kiintoaineen, kemiallisen hapenkulutuksen (CODCr, kokonaisfosforin (kok-P) ja ja kokonaistypen (kok-N) suhteen (Vuosityhteenvetoraportti 2017)

Puhdistamolle tuleva kuormitusluku kg/d saadaan kertomalla virtaama (m^3/d) kyseisen aineen pitoisuudella (kg/m^3) (Puolanne ym. 1982). Puhdistamojen vuosiraporteissa luvut lasketaan mitattujen aineiden pitoisuuksien ja virtaamien keskiarvoista. Ympäristöä kuormittava luku saadaan samalla tavalla mutta aineen pitoisuus otetaan puhdistetusta jätevedestä.

Vuonna 2017 puhdistamo ei saavuttanut kaikkia ympäristönluvan mukaisia ehtoja. Ensimmäisellä puolivuotisjaksolla lupaehdot jäivät täyttymättä biokemiallisen hapenkulutuksen ja kokonaisfosforin osalta, jälkimmäisellä puolivuotisjaksolla lupaehdot kuitenkin täyttyivät kaikkien parametrien osalta (taulukko 7).

Taulukko 7. Ristiinan vuoden 2017 puhdistustulokset (Vuosiyhteenvetoraportti 2017)

2017		jakso 1/2		jakso 2/2	
Parametri	lupa-arvot:	pitoisuus mg/l	puhdistusteho %	pitoisuus mg/l	puhdistusteho %
BOD _{7-ATU}	≤12 mg/l, ≥ 92 %	13	94	6,3	97
Fosfori	≤ 0,6 mg/l, ≥ 92 %	1,0	89	0,32	95
Kiintoaine	≤ 35 mg/l, ≥ 90 %	31	93	12	97
COD _{Cr}	≤ 125 mg/l, ≥ 75 %	64	90	32	95
arvot saavutettava puolivuosisikeskiarvoina mahdolliset ohjauksutukset ja muut häiriötilanteet mukaan lukien (lihavoitu = lupaehtoa ei saavutettu)					

Vuoden 2017 puhdistustulos oli parametrien pitoisuuksien ja puhdistustehon osalta kuitenkin huomattavasti parempi verrattuna edellisiin vuosiin (liite 2).

Sako- ja umpikaivolietteiden määrä

Sako- ja umpikaivolietteiden osuus on kasvanut vuodesta 2010 tasaantuen noin reiluun 4000 m³ vuodessa (taulukko 8). Äkillinen lietteiden määrän kasvu vuoden 2010 jälkeen johtuu todennäköisesti vuonna 2011 voimaan tulleen hajavesiasetuksen (209/2011) johdosta. Vuonna 2017 sako- ja umpikaivolietteitä tuotiin puhdistamolle 4346 m³ eli keskimäärin noin 12 m³/d. Kokonaistulovirtaamasta niiden osuus oli noin 1,7 %.

Taulukko 8. Sako- ja umpikaivolietteiden määrät vuosina 2010–2017

Puhdistamolle tuodut sako- ja umpikaivolietteet vuosina 2010–2017*							
	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017
m ³	834	4520	5494	4350	3961	4169	4346

* vuoden 2011 tiedot puuttuvat

Sako- ja umpikaivovastaanottopisteeseen tuodaan vaihtelevasti kuormia, ja ajoittain puhdistamolle pumpattavat määrät saattavat nousta jopa yli 20–30 m³/d. Sakokaivolietteen vastaanottoyksikköön mahtuu noin 2–3 säiliökuormalista lietettä. Lietepinnan noustessa tietylle korkeudelle, lietteen pumppaus

erillisessä pumppukaivossa käynnistyy automaattisesti. Automaattisen pumppauksen käynnistyminen mahdollistaa sen, että lietettä pystytään tyhjentämään vastaanottoyksikköön sitä mukaa, kun se vajenee. Tällä tavoin päivittäiset kuormituspiikit saattavat aika ajoin nousta melko suuriksikin. Kuormitusta on pyritty hallitsemaan säätämällä pumppauksen työaikaa lyhyemmäksi ja taukoaikaa pidemmäksi.

Puhdistamon nykytilanne

Kevään 2018 aikana tapahtuneet nopeat lumen sulamiset aiheuttivat ylikuormitusta puhdistamon kapasiteetissa. Maksimivirtaukset nousivat muutamana päivänä yli 2000 m³, joka puhdistamolle on mitoitettu. Myös aiempina vuosina on tullut ylityksiä maksimivirtausten osalta (liite 2). Puhdistamon yhteydessä ei ole tasausallasta, joka mahdollistaisi ylijuoksutusten hallitun ajon. Isommat saneeraukset ovat myös haasteellisia, koska puhdistamo on 1-linjainen eikä prosessia voida ohjata muihin linjoihin saneerausten yhteydessä.

6 MITTAUKSET JA MENETELMÄT

6.1 Työn toteutus ja aikataulu

Opinnäytetyö aloitettiin tammikuussa 2018. Työstä laadittiin tutkimussuunnitelma (Excel-taulukko, liite 1), jonka mukaan tutkimustyö toteutettaisiin tammi- ja helmikuussa 2018. Tutkimussuunnitelmaa jouduttiin kuitenkin muuttamaan jo melko alussa. Alkuperäisen suunnitelman mukaan tammikuu testattaisiin jälkisaostuskemikaalin vaikutusta (polyalumiinikloridi) prosessiin täyden mittakaavan koejolla. Tämän jälkeen helmikuussa testattaisiin sako- ja umpikaivolietteiden kuormittavuutta prosessiin eri syöttömäärillä. Olosuhteiden sanelemana kemikaalien ajotapaa ei voitu testata koko kuukautta ja sako- ja umpikaivolietteiden kuormitusajoa ei myöskään voitu toteuttaa. Puhdistamo ei toiminut tutkimustyön aloittamisen aikaan optimaalisesti johtuen sääolosuhteista (runsaat sateet) ja joulukuun runsaasta sako- ja umpikaivolietekuormituksesta. Tästä syystä tutkimussuunnitelmaan tehtiin muutoksia mutta tutkittavat kohteet pysyivät samana eri näkökulmasta tarkastellen. Tutkimustulokset valmistuivat lopullisesti toukokuussa 2018. Tutkimuksen aikana puhdistamolle tehtiin

kaksi vierailua, joiden yhteydessä tarkasteltiin puhdistamon prosessia ja toimintaa.

6.2 Kemikaalien ajotavan säätö

Kemikaalien ajotavan säädöllä haluttiin tarkastella jälkisaostuskemikaalina toimivan polyalumiinikloridin (PAX) toimivuutta. Polyalumiinikloridin tehoa aloitettiin testaamaan tammikuussa pienentämällä kemikaalin syöttömäärää asteittain, alkaen 50 %:in pudotuksesta. Testaukselle oli mitoitettu kolme viikkoa. Koeajojen alussa PAXin syöttö tapahtui ilmastusaltaaseen. Kemikaalin vähenys kuitenkin päättyi hieman tarkoitettua aiemmin (17.1), johtuen lähtevän veden kohonneista fosforipitoisuuksista. Näytteet otettiin kuitenkin tarkasteltavan jakson loppuun asti.

Koeajojen aikana otettiin näytteet kaksi kertaa viikossa. Näytteistä mitattiin tulevan ja lähtevän veden COD_{7ATU}, kiintoaine, kokonaisfosfori ja niiden reduktiot, joiden lisäksi mitattiin lähtevän veden liukoinen fosfori. Yhteensä näytteitä analysoitiin 6 kpl.

Ajalla 29.1.–4.2.2018 koeajoissa pidettiin tauko ja annettiin puhdistamon toiminnan tasaantua viikon verran.

Koeajoja jatkettiin helmikuussa siten, että vaihdettiin polyalumiinikloridin (PAX) syöttöpiste jälkiselkeytykseen. Tällä haluttiin saada selville, tehostaako PAX polymeerin vaikutusta kiintoaineen laskeuttamiseksi. Näytteitä otettiin kaksi kertaa viikossa ajalla 6.–23.2.2018. Näytteistä analysoitiin samat parametrit kuin tammikuussa. Yhteensä näytteenotokertoja kertyi tältä ajanjaksolta 8 kpl.

Tammikuun ja helmikuun käyttötarkkailunäytteitä otettiin yhteensä 14 kpl. Kaikki näytteet kerättiin aikaohjatusti automaattisilla MAXX-näytteenottimilla, joilla saatiin 24 h kokoomanäytteet. Kaikki näytteet analysoitiin Mikkelin Vesilaitoksen omassa laboratorioissa virallisten standardien (SFS) mukaisesti. Näytteenottotulokset kirjattiin Exceliin ja niistä laskettiin keskiarvot sekä alin ja ylin arvo.

Näytteenottotuloksia verrattiin koeajoja edeltäneisiin käyttötarkkailutuloksiin marras- ja joulukuussa sekä aiempiin vuoden 2017 käyttö- ja velvoitetarkkailutuloksiin.

6.3 Sako- ja umpikaivolietteet

Sako- ja umpikaivolietteiden kuormittavuutta puhdistusprosessiin tutkittiin marras- ja joulukuun 2017 sekä tammi- ja helmikuun 2018 välisenä aikana kerätyn datan perusteella. Datasta työstettiin Excel-ohjelmassa yhdistelmäkaavioita, joista näkee kuormituksen vaikutuksen prosessiin mm. näkösyvyyden kannalta.

Aikaisemman datan lisäksi otettiin näytteitä sako- ja umpikaivolietteistä ja selvitettiin niiden sisältämiä pitoisuuksia. Näytteenotto toteutettiin ajalla 9.3.–23.3.2018. Näytteet otettiin kolme kertaa viikossa kertonäytteinä tulevasta sakokaivovastaanoton lietteestä ja vertailua varten otettiin tulopumppaamon ja lähtevän veden näytteet. Näytteistä analysoitiin kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, COD ja BOD. BOD-analyysiä varten tilattiin pikatesti, mutta menetelmällä saadut tulokset eivät olleet luotettavia ja ne jouduttiin jättämään pois. Näytteet analysoitiin Mikkelin Vesilaitoksen laboratoriossa. Näytteitä kerättiin sakokaivolietteistä yhteensä 6 kpl + näytteet vertailua varten 6+6 kpl. Tulokset kirjattiin Excel-taulukon ja niistä laskettiin keskiarvot sekä alimmat ja ylimmät arvot. Tämän lisäksi laskettiin mitattujen pitoisuuksien kuormitusluvut, joissa käytettiin virtaamien ja pitoisuuksien keskiarvoja.

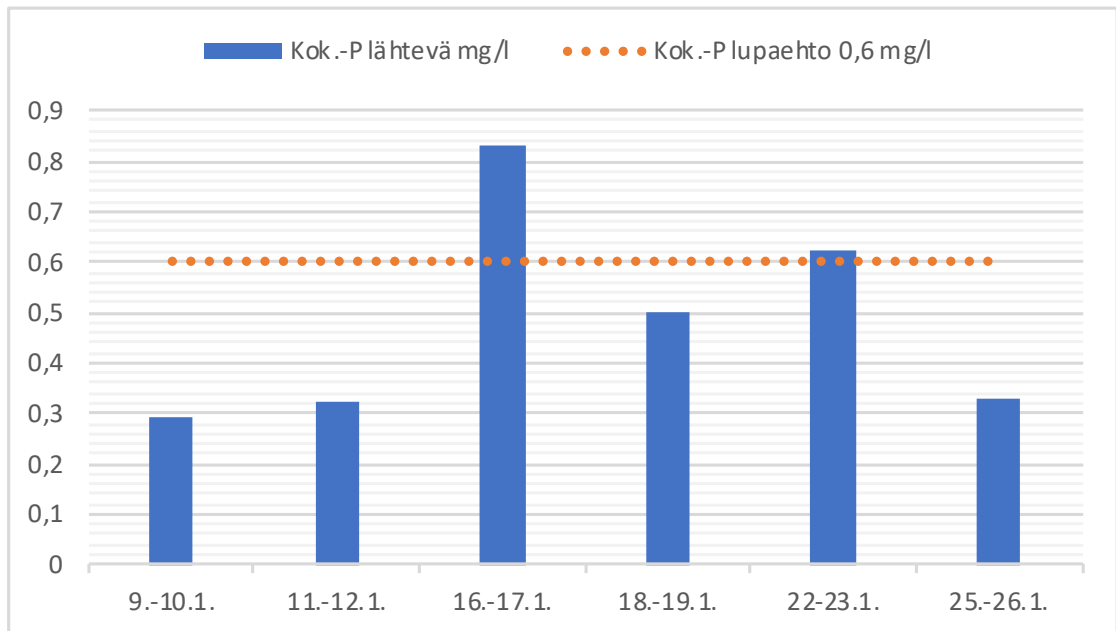
Näytteenottotulosten lisäksi tilattiin Metsäsairilalta erittely sako- ja umpikaivolietteistä marraskuulta 2017 helmikuun 2018 loppuun. Tällä haluttiin saada selville, vaikuttaako mahdollisesti jompikumpi lietteistä enemmän prosessin kuormittavuuteen ja missä suhteessa lietejakeita tulee puhdistamolle.

7 TULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

7.1 Kemikaalien ajotavan säätö ja aiemman datan tarkastelu

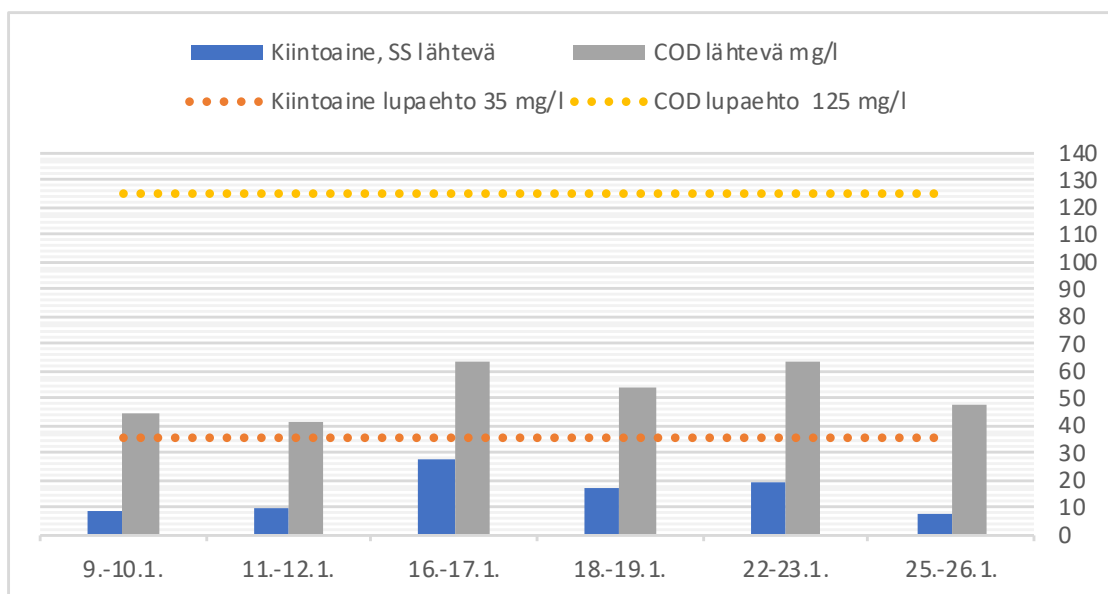
7.1.1 Polyalumiinikloridin koeajot tammikuu 2018

Tarkasteltaessa tammikuun näytteenottotuloksia voidaan todeta, että puhdistustulos oli vielä 50 %:n annostuksella hyvä ja lupaehtojen puitteissa 9.-12.1. välisenä aikana. Annostusta tiputettaessa 25 %:iin 16.1., puhdistustulos heikkenyi. Lähtevän veden kokonaisfosfori nousi yli 0,8 mg/l, ylittäen lupaehdot (kuva 7 ja taulukko 9). Tarkkailujakson keskiarvo pysyi kuitenkin vielä hyväksyttävissä lukemissa (0,45 mg/l). Kiintoaine ja COD pysyivät koko tarkastelujakson ajan lupaehtojen rajoissa (kuva 8).

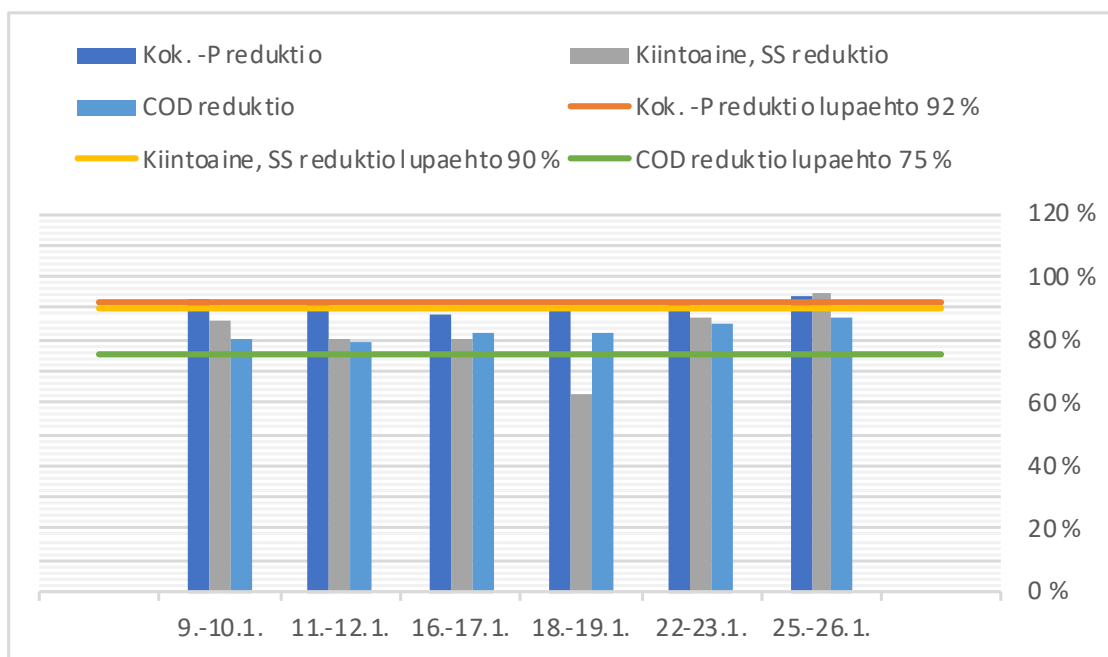


Kuva 7. Tammikuun 2018 lähtevän veden näytteenottotulosten kokonaisfosforin arvot (mg/l) verrattuna ympäristölupaehtoon (mg/l)

Poistotehojen (reduktio) osalta kiintoaine saavutti lupaehdot ainoastaan tammikuun lopussa. Myöskään fosforin osalta poistotehot eivät saavuttaneet lupaehtoja koko tammikuuta, keskiarvon pysyessä kuitenkin sallituissa rajoissa. COD saavutti lupaehdot koko tarkastelujakson (kuva 9).



Kuva 8. Tammikuun 2018 lähtevän veden näytteenottotulosten kiintoaineen ja CODin arvot (mg/l) verrattuna ympäristölupaehtoihin (mg/l)



Kuva 9. Tammikuun 2018 reduktiot (%) verrattuna ympäristölupaehtoihin (%)

Kokonaisfosforin lupaehtojen ylityksestä johtuen koeajot annostelun osalta keskeytettiin ja palattiin 100 %:seen annosteluun. Tulokset paranivatkin tammikuun loppuun ja parametrit pysyivät lupaehtoissa (taulukko 9).

Taulukko 9. Ristiinan jätevedenpuhdistamon koeajotulokset tammikuu 2018

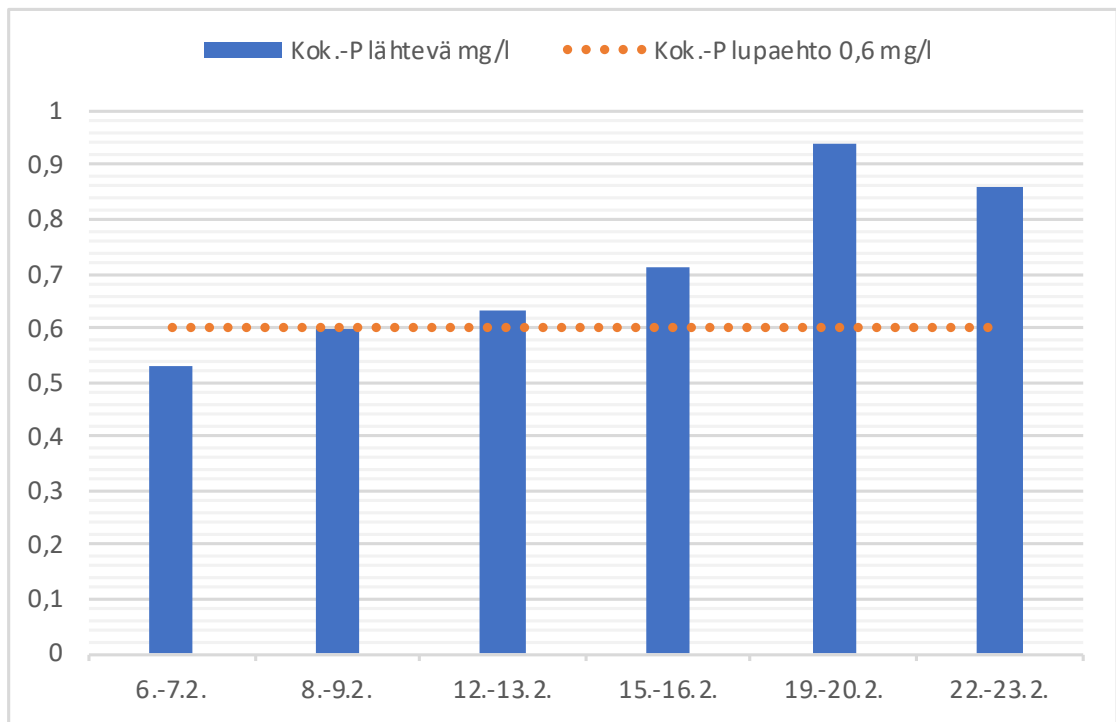
Ristiinan jätevedenpuhdistamon koeajot tammikuu 2018											
Parametri	Näytteenotto-kohta	Yksikkö									
Päiväys			9.– 10.1.	11.– 12.1.	16.– 17.1.	18.– 19.1.	22.– 23.1.	25.– 26.1.			
Annostusmäärä (PAX) (% -osuus)		g/m ³	50	50	25	100	100	100			
Virtaama	Lähtevä	m ³ /d	946	847	727	660	590	755			
pH lähtevä			7	7,1	7,3	7,3	7,3	7,1			
Kok.-P	Tuleva*	mg/l	4,22	3,99	7,17	5,15	7,6	5,28			
	Lähtevä*	mg/l	0,29	0,32	0,83	0,5	0,62	0,33			
	Reduktio	%	93 %	92 %	88 %	90 %	92 %	94 %			
Liuk.-P	Lähtevä	mg/l	0,06	0,06	0,18	0,08	0,1	0,08			
Kiintoaine, SS	Tuleva	mg/l	62	50	138	44	146	146			
	Lähtevä	mg/l	8,7	10	28	16,5	19,5	7,2			
	Reduktio	%	86 %	80 %	80 %	63 %	87 %	95 %			
COD	Tuleva	mg/l	225	193	351	298	411	368			
	Lähtevä	mg/l	44	41	63	54	63	48			
	Reduktio	%	80 %	79 %	82 %	82 %	85 %	87 %			
	Kok.-P tuleva	Kok.-P lähtevä	Kok.-P reductio	Liuk.-P lähtevä	Kiintoaine, SS tuleva	Kiintoaine, SS lähtevä	Kiintoaine, SS reductio	COD tuleva	COD lähtevä	COD reductio	Virtaama m ³
ALIN	3,99	0,29	88 %	0,06	44	7,2	63 %	193	41	79 %	590
KA	5,57	0,45	92 %	0,09	90,00	13,87	82 %	291,29	50,57	82 %	730,71
YLIN	7,6	0,83	94 %	0,18	146	19,5	95 %	411	63	87 %	946
LUPAEHTO		0,6	92 %			35	90 %		125	75 %	

* Tuleva = ilmastusaltaasta selkeytykseen menevä vesi, Lähtevä = selkeytsaltaasta vesistöön johdettava

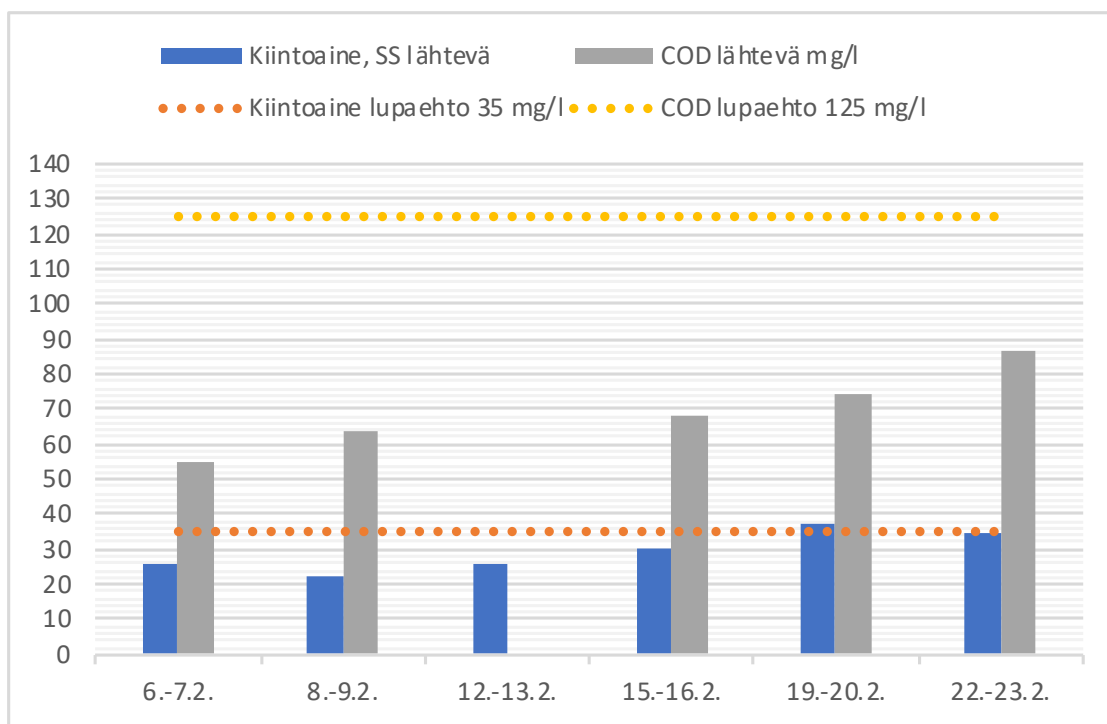
Vertailtaessa tammikuun tuloksia joulukuun käyttö- ja velvoitetarkkailutuloksiin (taulukko 11 ja 12, s. 40), puhdistustulos paranee tammikuun koeajojen alussa. Tähän voi olla syynä sako- ja umpikaivolietteiden tuontikielto puhdistamolle ajalla 4.1.–14.1. Sako- ja umpikaivolietteitä sai tuoda taas 15.1. lähtien, joka puolestaan mahdollisesti vaikuttaa heikentävästi heti sen jälkeisiin mitaustuloksiin 16.–17.1. Lisäksi tammikuun alun sääolosuhteet olivat sateiset ja virtaukset suuria. Tammikuun tuloksien tulokinnassa on huomioitava myös, että 16.–17.1. näytteenottoletku (tuleva jätevesi) oli ollut liian syvällä kanavassa ja kerännyt lietettä letkuun aiheuttaen tukkeutumista. Lisäksi 17.1. sako- ja umpikaivolietteitä sai tuoda puhdistamolle vasta ilmapäivällä, koska sakokaivolinjaan asennettiin kivikori.

7.1.2 Polyalumiinikloridin koeajot helmikuu 2018

Polyalumiinikloridin (PAX) syöttöpiste vaihdettiin 1.2. jälkiselkeytysaltaaseen, kemikaalin annostelu oli alkuperäinen 100 g/m^3 . Kokonaisfosforin osalta lupaehtojen mukaiset arvot ylittyivät jo tarkastelujakson alkupuolella ja kiintoaineen osalta arvot ylittyivät loppukuusta (kuva 10 ja 11), COD pysyi lupaehdoissa. Kokonaisuudessaan helmikuun koeajojen tulokset eivät muuttuneet parempaan suuntaan, vaan puhdistustulos heikentyi (taulukko 10).



Kuva 10. Helmikuun 2018 lähtevän veden näytteenottotulosten kokonaisfosforin arvot (mg/l) verrattuna ympäristölupaehtoon (mg/l)



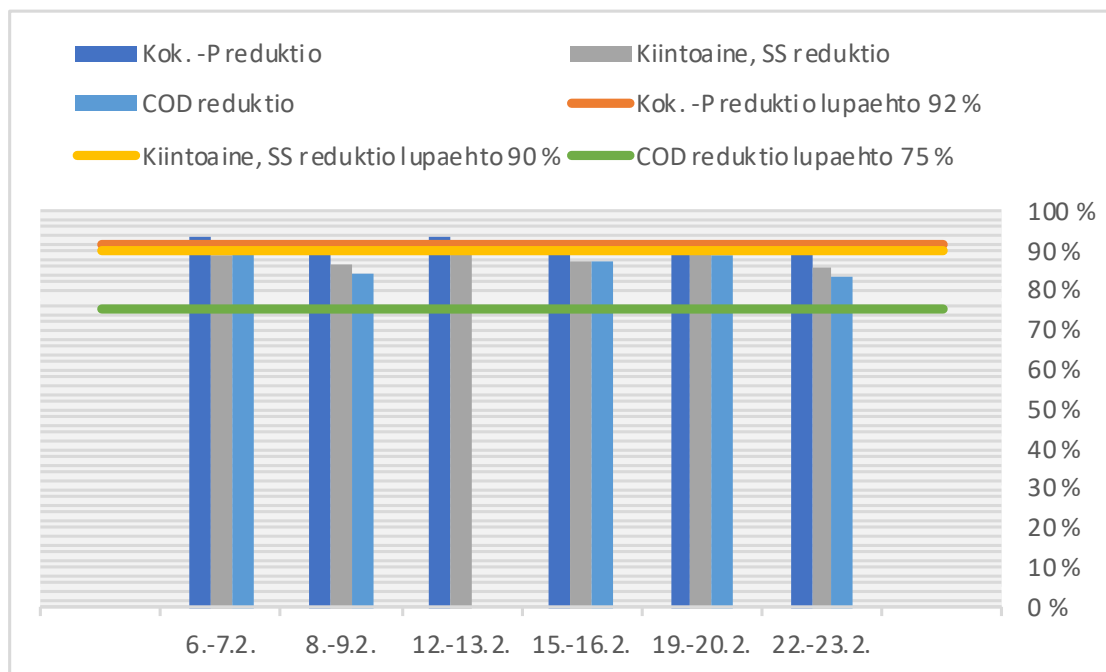
Kuva 11. Helmikuun 2018 lähtevän veden näytteenottotulosten kiintoaineen ja CODin arvot (mg/l) verrattuna ympäristölupaehtoihin (mg/l)

Taulukko 10. Ristiinan jätevedenpuhdistamon koeajotulokset helmikuu 2018

Ristiinan jätevedenpuhdistamon koeajot helmikuu 2018											
Parametri	Näytteenotto-kohta	Yk-sikkö	6.-7.2.	8.-9.2.	12.-13.2.	15.-16.2.	19.-20.2.	22.-23.2.			
Päiväys			6.-7.2.	8.-9.2.	12.-13.2.	15.-16.2.	19.-20.2.	22.-23.2.			
Virtaama	Lähtevä	m ³ /d	612	557	530	515	506	500			
Kok.-P	Tuleva*	mg/l	8,52	7,33	9,57	8,36	11,1	8,55			
	Lähtevä*	mg/l	0,53	0,6	0,63	0,71	0,94	0,86			
	Reduktio	%	94 %	92 %	93 %	92 %	92 %	90 %			
Liuk.-P	Lähtevä	mg/l	0,07	0,07	0,08	0,12	0,14	0,09			
	Kiintoaine, SS	Tuleva	242	164	286	249	369	248			
	Lähtevä	mg/l	26	22	26	30,5	37	35			
COD**	Reduktio	%	89 %	87 %	91 %	88 %	90 %	86 %			
	Tuleva	mg/l	555	413		553	648	530			
	Lähtevä	mg/l	55	64		68	74	87			
Reduktio	%	90 %	85 %		88 %	89 %	84 %				
	Kok.-P tuleva	Kok.-P lähtevä	Kok.-P reduktio	Liuk.-P lähtevä	Kiintoaine, SS tuleva	Kiintoaine, SS lähtevä	Kiintoaine, SS reduktio	COD tuleva	COD lähtevä	COD reduktio	Virtaama m ³
ALIN	7,33	0,53	90 %	0,07	164	22	86 %	413	55	84 %	500
KA	8,91	0,71	92 %	0,10	259,67	29,42	88 %	539,8	69,6	87 %	536,57
YLIN	11,1	0,94	94 %	0,14	369	37	91 %	648	87	90 %	612,1
LUPAEHTO		0,6	92 %			35	90 %		125	75 %	

* Tuleva = ilmastusaltaasta selkeytykseen menevä vesi, Lähtevä = selkeytsaltaasta vesistöön johdettava. ** COD-tulokset puuttuvat 12.-13.2. väliseltä ajalta.

Poistotehojen (reduktio) osalta kokonaisfosforin ja kiintoaineen tulokset jäivät heikoiksi, COD saavutti lupaehdot (kuva 12).



Kuva 12. Helmikuun 2018 reduktiot (%) verrattuna ympäristölupaehtoihin (%)

Tuloksiin mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä olivat sako- ja umpikaivolietteiden virtaamat tammikuun lopussa ja helmikuun aikana sekä samanaikaisesti normaalia kylmemmät sääolosuhteet. Helmikuun koeajoista ei näin ollen pystytty tekemään suoria päätelmiä polyalumiinikloridin (PAX) toimivuuden suhteen.

7.1.3 Syksyn 2017 käyttö- ja velvoitetarkkailutulosten tulkinta

Puhdistamolla oli syksyllä 2017 ajalla 31.8.–24.9. tuontikielto sako- ja umpikaivolietteilte, josta lähtien lähtevän veden näytteitä kerättiin viikottain (taulukko 11 ja 12). Näytteet otettiin tulevan jäteveden kokonaisfosforista, kiintoaineesta sekä lähtevän veden kokonaisfosforista, liukoisesta fosforista ja kiintoaineesta. Tuloksia tarkastellessa huomataan, miten pitoisuudet tippuvat ensimmäisten korkeiden lukemien jälkeen jo muutaman päivän kuluttua tuontikiellon jälkeen. Puhdistamo toimi huippulukemissa jo kuukauden kuluttua. Puhdistamo toimi vielä pitkään hyvillä lukemilla senkin jälkeen, kun tuontikielto ei ollut enää päällä. Tästä voidaan päätellä, että prosessi sai elpyä riittävästi ilman lisäkuormituksia ja pystyi paremmin ottamaan uusia kuormituksia vastaan. Loppuvuodesta tilanne kääntyi huonompaan suuntaan, joulukuussa 19.12. kokonaisfosforin pitoisuus ylitti lupaehtojen vähimmäisvaatimuksen (<0,6 mg/l).

Puhdistamon biologinen toiminta hidastuu kylmien vesien aikaan ja prosessi sietää huonommin kuormituspiikkejä.

Taulukko 11. Ristiinan jätevedenpuhdistamon käyttötarkkailutulokset kesä- ja joulukuu 2017

Pvm	Kokonaisfosfori tuleva (P mg/l)	Kokonaisfosfori lähtevä (P mg/l)	Liukoinen kokonaisfosfori lähtevä (P mg/l)	Kiintoaine tuleva (mg/l)	Kiintoaine lähtevä (mg/l)	Virtaama m ³
6.6.2017		0,9	0,2		37	487
13.6.2017		1,4	0,2			643
27.6.2017		2,5	0,2		55,5	614
4.7.2017		1	0,1		22,5	506
8.8.2017		0,5	0		18	945
31.8.2017	7,27	0,6	0,29	200	22,7	636
5.9.2017	7,93	0,38	0,07	224	11,3	569
7.9.2017	7,87	0,28	0,07	246	5,3	582
12.9.2017	3,8	0,2	0,07	116	4,4	1097
18.9.2017	6,03	0,24	0,06	196	5,5	803
19.9.2017	5,85	0,2	0,05	176	6	741
20.9.2017	6,13	0,19	0,05	172	2,3	707
21.9.2017	6,37	0,2	0,06	178	5,3	692
26.9.2017	9,07	0,46	0,12	260	11,7	667
3.10.2017	8,11	0,27	0,1	256	6,3	646
9.10.2017	6,47	0,2	0,06	254	5,6	948
11.10.2017	6,35	0,21	0,04	242	6,8	1287
17.10.2017	5,09	0,19	0,05	158	4,4	1086
7.11.2017	5,59	0,2	0,1	194	4,4	729
14.11.2017	6,1	0,2	0,1	224	2	1041
21.11.2017		0,2	0,0		2	899
28.11.2017		0,1	0,0		3,7	1173
12.12.2017		0,3	0,0		9,4	898
19.12.2017		0,6	0,1		17,6	750
ALIN	3,8	0,1	0,0	116	2	487
KA	6,54	0,48	0,09	206,4	11,73	797,75
YLIN	9,07	2,5	0,3	260	55,5	1287
LUPAEHTO		0,6			35	

Taulukko 12. Ristiinan jätevedenpuhdistamon velvoitetarkkailutulokset kesä- ja joulukuu 2017

Pvm	Kokonaisfosfori lähtevä (P mg/l)	Liukoinen kokonaisfosfori lähtevä (P mg/l)	Kiintoaine lähtevä (mg/l)	CODCr lähtevä (mg/l)	Virtaama m ³
20.6.2017	1,6	0,088	44	78	575
15.8.2017	0,24	0,021	12	30	249,4
18.10.2017	0,17	0,026	6,8	15	1085
19.12.2017	0,61	0,12	18	56	750,2
ALIN	0,17	0,0	6,8	15	249,4
KA	0,66	0,06	20,20	44,75	664,90
YLIN	1,6	0,1	44	78	1085
LUPAEHTO	0,6		135	125	

7.2 Sako- ja umpikaivolietteiden näytteenottotulokset ja aiemman datan tarkastelu

Näytteenottotuloksia (taulukko 13) tarkasteltaessa, erityisesti kokonaisfosforin osalta pitoisuudet olivat erittäin korkeita, jopa yli kymmenkertaisia verrattuna viemäriverkostosta saapuvaan jäteveeseen. Tämä voisi selittää heikompaa puhdistustulosta kokonaisfosforin suhteen. Myös muiden tarkasteltavien paramet-

rien osalta pitoisuudet olivat yli 2–3 kertaisia. Tulosten tulkinnessa tulee kuitenkin huomioida näytteiden ottotapa, eli kerta-äyte, joka edustaa vain sen hetkistä kuormitusta. Tarkemmat tulokset saataisiin kenties kokoomanäytteillä, joskin aina sen hetken tulleen lietekuorman mukaan. Sekään ei kertoisi absoluuttista totuutta, koska kuormia tuodaan eri kohteista, eri määriä sekä määrät umpi- ja saostuskaivolietteiden suhteen vaihtelevat.

Taulukko 13. Sakokaivolietteiden näytteenottotulokset ajalla 9.3.–23.3.2018*

Päiväys		9.3.	12.3.	14.3.	16.3.	19.3.	21.3.	23.3.			
Sakokaivoliete tuleva	Yksikkö								alin	ylin	ka
Kok.-P	mg/l	126,1	59,4	50,3	50,9	55,5	90,9	38,5	38,5	126,1	67,37
COD	mg/l	1509	1808	1668	1778	1552	1344	1698	1344	1808	1622,43
BOD	mg/l										
kok. N	mg/l	317	281	352	344	458	392	320	281	458	352,00
Tulopumppaamo											
Kok.-P	mg/l	10,4	6,51	5,08	7,28	5,54			5,08	104	6,96
COD	mg/l	524	360	344	465	265			265	524	391,60
BOD	mg/l										
kok. N	mg/l	80	54	42	58	48			42	80	56,40
Lähtevä											
Kok.-P	mg/l	1,73	0,61	0,59	0,5	0,65	0,42	0	0,42	1,73	0,64
Liuk.-P	mg/l	0,18	0,08	0,11	0,07	0,08	0,09	0	0,07	0,18	0,09
COD	mg/l	168	142	132	137	139	127	0	127	168	120,71
BOD	mg/l										
kok. N	mg/l	69	52	55	56	52	27	0	27	69	44,43
Ilmastusaltaan liete											
laskeuma	ml/l	500	340	320	320	300					

* Tulopumppaamon tulokset puuttuvat 21.–23.3. väliseltä ajalta. Myös lähtevän veden näytteenottotulokset puuttuvat 23.3.

Tuloksista laskettiin myös suuntaa antavat kuormitusarvot (kg/d) virtaamien ja näytteiden pitoisuuksien keskiarvoja käyttämällä (taulukko 14). Vertailua varten laskettiin myös kuormitusarvot myös ylimpien ja alimpien lukemien mukaan. Kuormitusarvot eivät ainakaan tässä tarkastelussa ylitä puhdistamolle mitoitettuja kuormitusarvoja, jotka ovat kokonaisfosforin suhteen 9 kg/d ja BODin suhteen 240 kg/d. Kokonaisfosfori on yhteenlaskettuna 4,19 kg/d, joka on vajaa puolet mitoitustarvosta. Sakokaivolietteen kokonaisfosforin osuus tulopumppaamon kokonaisfosforista on 19 %, CODin osuus tulopumppaamon CODista 8,1 % sekä kokonaistyyppi 12,2 % tulopumppaamon kokonaistypestä.

Taulukko 14. Ristiinan puhdistamolle lasketut kuormitusarvot sakokaivolietteiden tarkastelu-
jakson aikana 9.3–23.3.2018

	Sakokaivoliete tuleva kg/d	Tulopumppaamo kg/d	Lähtevä kg/d
Kok.-P KA	0,67	3,52	0,38
Kok.-P YLIN	2,47	5,53	0,92
Kok.-P ALIN	0,08	2,35	0,19
COD KA	16,01	198,26	71,30
COD YLIN	35,44	278,77	89,38
COD ALIN	2,69	122,43	58,67
kok. N KA	3,47	28,55	26,24
kok. N YLIN	8,98	42,56	36,71
kok. N ALIN	0,56	19,404	12,47
Liuk.-P KA			0,05
Liuk.-P YLIN			0,10
Liuk.-P ALIN			0,00
Mitoitusarvot puhdistamolle			
Fosfori kg/d	9		
BOD7ATU kg/d	240		

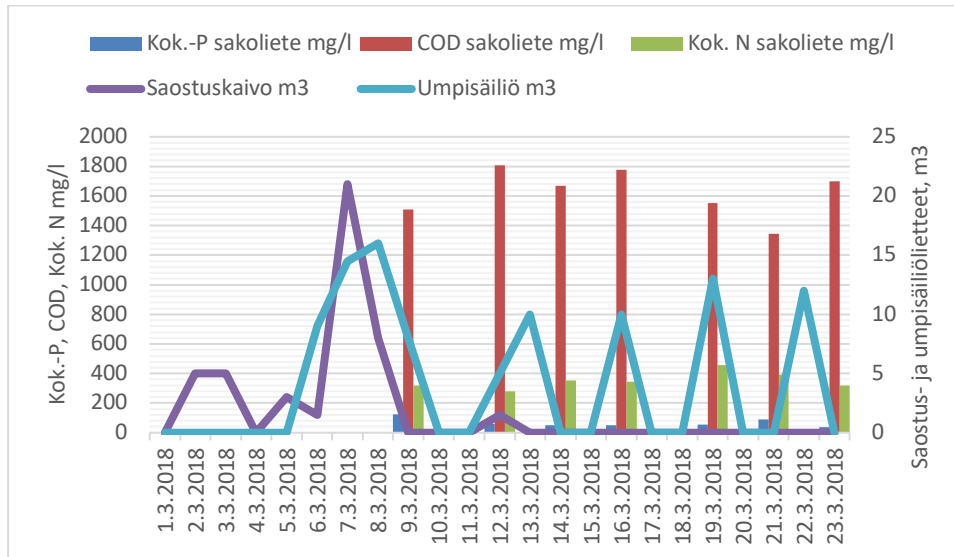
Tulosten tulokinnassa on myös huomioitava, että näytteet ovat kertanäytteitä eivätkä siten anna todellista kuormitusarvoa. Virallisissa laskelmissa käytetään 24 tunnin kokoomanäytteitä, jotka edustavat vuorokauden pitoisuutta. Tulokinnassa tulee huomioida myös se, että sakolietevirtaamat ovat huomattavasti pienempiä kuin tulopumppaamon virtaamat ja vaihtelevat päivittäin suuresti. Laskettaessa kuutiota (m³) kohden keskiarvoista laskettu kuormitusluku, pystytään tekemään paremmin vertailua (taulukko 15).

Taulukko 15. Lietteiden kuormituslukemat m³ kohden keskiarvoista laskettuna

	Sakokaivoliete	Tulopumppaamo
	m ³ kohden	m ³ kohden
Kok.-P	0,06788247 kg/d	0,00695254 kg/d
COD	1,62208713 kg/d	0,39159375 kg/d
Kok.-N	0,35157042 kg/d	0,05639061 kg/d

Näistä tuloksista saadaan vertailemalla, että kokonaisfosforin pitoisuus on melkein 10-kertainen (9,76), CODin pitoisuus 4-kertainen (4,14) ja kokonaistypen pitoisuus noin 6-kertainen (6,23) vastaavaan tulopumppaamon arvoon verrattuna. Kuvasta 13 nähdään myös maaliskuun lietteiden näytteenottoajan-kohtiin (pystypalkit) osuvat umpi- ja saostussäiliöiden tyhjennykset puhdistamolle. CODin arvo nousee sako- ja umpikaivolietteiden yhteisvaikutuksesta,

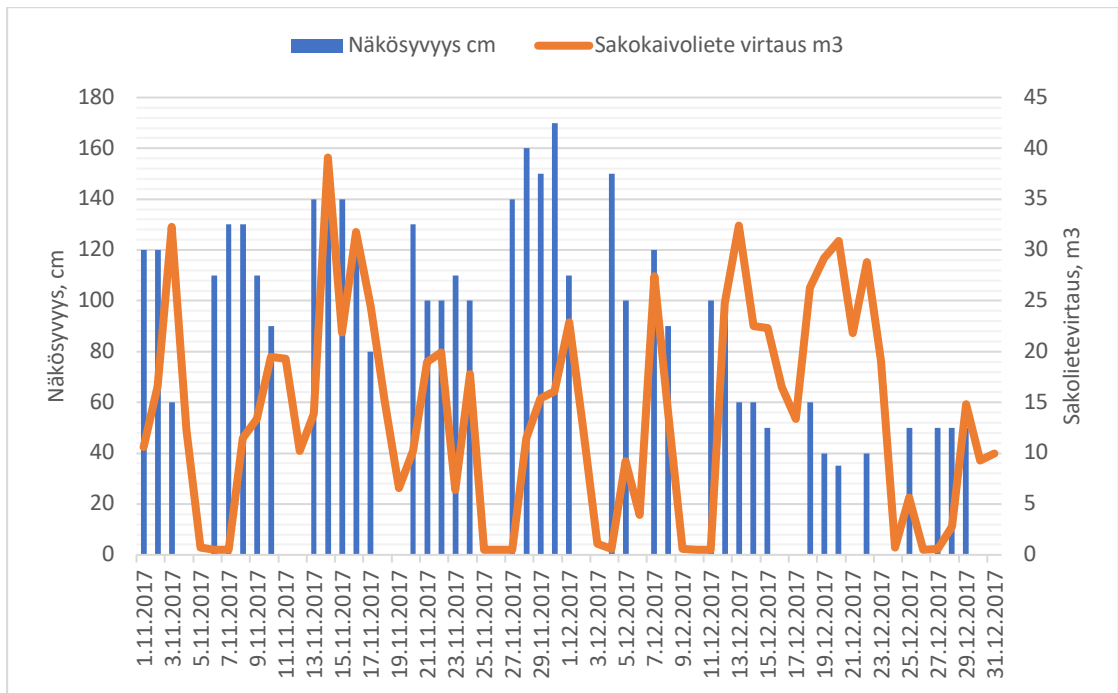
pysyen melko korkealla koko tarkasteltavan jakson ajan. Typen pitoisuus näyttäisi nousevan kokonaislietemäärän mukana, ei erityisesti saostuskaivolietteen johdosta. Tämä voisi selittyä sillä, että umpikaivolietteet sisältävät virtsaa, jossa on runsaasti typpeä. Kokonaisfosfori nousee sako- ja umpikaivolietteiden yhteisvaikutuksesta.



Kuva 13. Maaliskuun sako- ja umpikaivolietteiden tyhjennykset sekä näytteenottoajankohdat (pystypalkit)

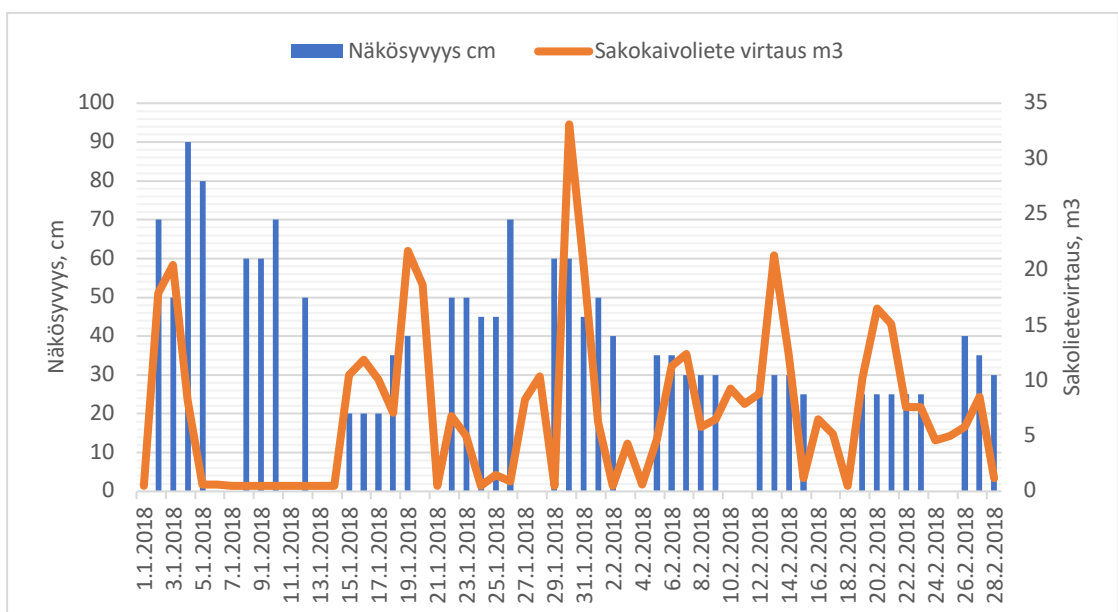
7.2.1 Saostus- ja umpikaivolietteiden virtaamien vaikutus prosessiin

Tarkasteltaessa sako- ja umpikaivolietteiden virtaamien määrän vaikutusta näkösyvyyteen, on havaittavissa korrelaatiota. Kuvasta 14 nähdään, että joulukuun runsaiden lietevirtaamien jälkeen 13.–23.12. näkösyvyys romahtaa alle puoleen metriin. Yli 30 m³:n virtaamat vaikuttavat suoraan näkösyvyyteen heikentävästi. Noin 20 m³ virtaamista prosessi selviää paremmin. Vaikutusta on myös sillä, ovatko kuormitukset peräkkäisinä päivinä. Yksittäisistä kuormituspiikeistä prosessi notkahtaa hetkellisesti mutta useamman päivän suuret kuormitukset vaikuttavat jo pidemmällä aikavälillä prosessin toimivuuteen. Näkösyvyys on yksi paikan päällä tehtävistä mittauksista, joilla saadaan käsitys prosessin toimivuudesta.



Kuva 14. Sakolietevirtaukset ja näkösyvyys marras- ja joulukuun 2017

Tammi- ja helmikuun sakolietevirtausten vaikutusta prosessiin (kuva 15) tulkitessa voidaan huomata, että näkösyvyys on joulukuun jälkeen tipahtanut 70 cm:iin ja huomattavaa parannusta ei ole todettavissa tarkastelujakson aikana. Huonoimmillaan näkösyvyys on tammikuussa ainoastaan 20 cm. Helmikuulle mentäessä ei tapahdu merkittävää parannusta, tammikuun lopun ja helmikuun alun kuormituspiikit näyttäisivät pitävän näkösyvyyden melko alhaisena. Tulosten tulkintaan vaikuttavat myös polyalumiinikloridin (PAX) koeajot, niiden mahdollista vaikutusta näkösyvyyden alenemiseen ei pystytä poissulkemaan.



Kuva 15. Sakolietevirtaukset ja näkösyvyys tammi- ja helmikuun 2018

Sakolietevirtaamien vaikutuksia verrattiin myös lähtevän veden parametreihin. Suoraa korrelaatiota ei ole havaittavissa, koska virtaukset vaikuttavat pienellä viiveellä. Näistä tuloksista oli kuitenkin myös havaittavissa, että useamman päivän runsaalla kuormituksella oli pitoisuuksia nostava vaikutus. Joulukuun loppupuolella tulleet runsaat sakolietekuormat nostivat selkeästi kiintoaineen pitoisuutta sekä myös jonkin verran kokonaisfosforin pitoisuutta lähtevässä vedessä. Tammi- ja helmikuussa lähtevän veden arvot nousivat varsinkin helmikuussa kiintoaineen, CODin ja kokonaisfosforin osalta. Helmikuussa ja tammi-kuun lopussa tuli runsaasti sako- ja umpikaivolietettä. Tammi- ja helmikuun tuloksia tulkittaessa on otettava huomioon jälkisaostuskemikaalin (PAX) koeajot sekä vallitsevat olosuhteet, joten suoria päätelmiä sako- ja umpikaivolietteen vaikutuksesta prosessiin koeajojen aikana ei voida tehdä. Tulokset ovat liitteessä 5.

7.2.2 Eri lietejakeiden määrät ja vaikutukset prosessiin

Metsäsairilalta saaduista marraskuun liete-erittelyistä selviää, että saostuskaivolietettä on kerätty yhteensä 179,3 m³, umpisäiliölietteitä yhteensä 197,5 m³ sekä harmaavesikaivolietettä yhteensä 11,5 m³, kaikki yhteenlaskettuna 388,3 m³. Saostuskaivolietteen osuus kokonaislietemäärästä on 46,2 %, umpisäiliölietteiden osuus on 51 % sekä harmaavesikaivolietteen osuus on 3 %. Liitteessä 3 on marraskuun liete-erittelyt sekä näkösyvyys yhdistelmäkaaviona. Tuloksista on jätetty harmaakaivolietteen osuus pois, koska se on määrältään vähäinen. Kaaviosta voidaan tulkita, että saostuskaivolietteen runsaat määrät vaikuttavat nopeammin näkösyvyyden laskemiseen, umpikaivolietteen osalta hieman lievemmin.

Joulukuun liete-erittelyistä selviää, että saostuskaivolietettä on kerätty yhteensä 120,4 m³, umpisäiliölietteitä yhteensä 225 m³ sekä harmaavesikaivolietettä 2,5 m³, kaikki yhteenlaskettuna 347,9 m³. Saostuskaivolietteen osuus kokonaislietemäärästä on 34,6 %, umpisäiliölietteiden osuus 65 % sekä harmaavesikaivolietteen osuus on 0,7 %. Umpisäiliölietteiden osuus on näin ollen lähes kaksinkertainen verrattuna saostuskaivolietteisiin. Liitteessä 3 on

joulukuun liete-erittelyt ja näkösyvyys yhdistelmäkaaviona. Myös näistä tuloksista on jätetty pois harmaakaivolietteiden osuus sen vähäisyyden vuoksi. Kaaviosta nähdään, että joulukuun puolenvälin jälkeen sekä umpi-, että saostuskaivolietteitä on tullut yhtä aikaa, joten mahdollisesti niiden yhteisvaikutus on laskenut näkösyvyyttä.

Tammikuussa saostuskaivolietteitä kerättiin $43,5 \text{ m}^3$, umpisäiliölietteitä 179 m^3 sekä harmaavesikaivolietteitä $3,5 \text{ m}^3$, yhteensä 226 m^3 . Saostuskaivolietteiden osuus koko lietemäärästä oli 19,2 %, umpisäiliölietteiden osuus 79,2 % sekä harmaavesikaivolietteiden osuus 1,5 %. Myös tammikuun liete-erittelyistä ja näkösyvyydestä tehtiin yhdistelmäkaavio (liite 4). Tammikuussa on pääasiassa tullut umpikaivolietteitä, saostuskaivolietteiden vähäinen määrä ei juurikaan vaikuta puhdistustulokseen. Ainoastaan tammikuun puolellessa ja loppukuusta näyttäisi jonkinlaista korrelaatiota olevan näkösyvyyden heikkenemiseen lietteiden yhteisvaikutuksesta. Saostuskaivolietteiden määrä nousee korkeimmillaan $15,5 \text{ m}^3$ ja vaikuttaa umpikaivolietteiden yhteisvaikutuksesta alentavasti puhdistustulokseen.

Helmikuun saostuskaivolietteiden kerätty määrä oli $19,5 \text{ m}^3$ sekä umpisäiliölietteiden määrä 112 m^3 , harmaavesikaivolietteitä ei ollut ollenkaan. Yhteensä lietteitä kerättiin $131,5 \text{ m}^3$. Saostuskaivolietteiden osuus koko lietemäärästä oli 14,8 % ja umpisäiliölietteiden osuus 85,2 %. Helmikuun liete-erittely yhdessä näkösyvyyden kanssa löytyy myös yhdistelmäkaaviona liitteestä 4. Tuloksista ei kuitenkaan selkeästi pystytä tulkitsemaan eri lietejakeiden vaikutusta prosessiin. Polyalumiinikloridin koeajot, sääolosuhteet sekä tammikuun kuormitukset vaikuttivat prosessin toimintaan jo lähtökohtaisesti.

Erittelyjen perusteella voidaan todeta, että puhdistamolle tuodaan eniten umpisäiliölietteitä, saostuskaivolietteitä huomattavasti vähemmän. Saostuskaivolietteitä tuodaan kuitenkin kausiluontoisesti esim. kesämökkien saostuskaivotyhjennysten yhteydessä, jolloin niistä aiheutuu suurempaa kuormituspiikkiä prosessiin. Esim. joulukuun runsaammat saostuskaivolietteiden määrät voisivat viitata tähän.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA EHDOTUKSET

Ristiinan jätevedenpuhdistamo on pieni 1-linjainen puhdistamo, jonka ympäristölupaehtojen mukainen puhdistustulos on riippuvainen oikeanlaisesta kemikaloinnista sekä kuormituksen suhteesta mitoitukseen. Puhdistamolla on tehty paljon saneerauksia, jotka ovat parantaneet puhdistustuloksia. Lupaehdotihin pääseminen on kuitenkin ajoittain haasteellista. Puhdistustulosta huontavat etenkin runsaat sako- ja umpikaivolietekuormat, sääolosuhteet sekä sulamis- ja hulevesistä johtuvat kuormituspiikit.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan todeta, että puhdistamo toimii lupaehtoihin nähden hyvin, jos lisäkuormituksia ei tule. Kemikalointi on nykyisellään toimivaa ja tarkasteltavana olleen jälkisaostuskemikaalin (polyalumiinikloridi) käyttö on suositeltavaa.

Saostus- ja umpikaivolietteiden osalta voidaan todeta, että niiden sisältämät ravinnepitoisuudet ovat moninkertaisia verrattuna tulopumppaamolta tulevaan jäteveeseen. Sako- ja umpikaivolietteet aiheuttavat näin ollen kohtalaisen kuormituksen tullessaan käsittelemättömänä puhdistamon prosessiin. Prosessi kestää vielä 20 m³/d sako- ja umpikaivolietevirtaamat kohtuullisesti, mutta jo hieman suuremmissa määrissä puhdistustulos alkaa heiketä. Kausiluontoiset sakokaivotyhjennykset vaikuttavat puhdistustulokseen selkeästi voimakkaammin kuin umpikaivotyhjennykset. Myös useamman päivän runsaat yhteiskuormitukset heikentävät puhdistustulosta pidemmälle ajalle. Puhdistamolla on vaikeuksia toipua tällaisista kuormituspiikeistä varsinkin talvisin.

Tasausaltaan avulla hulevedet tai sako- ja umpikaivolietteet voitaisiin pumpata hallitummin prosessiin. Esiselkeytsaltaan avulla puolestaan voitaisiin leikata ilmastukseen menevää ravinnekuormitusta. Jotta ympäristölupaehtojen mukaisiin vaatimuksiin päästäisiin ympäri vuoden, tulisi puhdistamolla tehdä mahdollisesti saneerauksia tai laajentaa puhdistamoa. Puhdistamon kuormitusaste on ollut viime vuosina reilusti yli 80 % keskivirtaamien osalta ja viime vuotta lukuun ottamatta maksimivirtaamat ovat ylittäneet kuormitusasteen. Puhdistamon mitoitus alkaa olemaan ääri rajoilla.

Fosforin poiston tehostamista puhdistamolla voitaisiin kokeilla vielä 2-pisteytyttönä ferrosulfaatin osalta. Ferrosulfaattia annosteltaisiin etuferrona ennen ilmastusta sekä jälkiferrona ilmastuksen jälkeen. Lisäksi saostuskemikalia voitaisiin syöttää suhteessa lähtevän veden fosforipitoisuuteen online-mittausta hyödyntäen. Muita fosforin poiston tehostamiskeinoja voisivat olla hiekkasuodatus, flotaatio tai kalvotekniikka.

Sako- ja umpikaivolieteteille tulisi järjestää kapasiteetiltaan suurempi vastaanottopiste, jonka kautta lietteet välpättäisiin ja ajettaisiin hallitummin prosessiin. Lietteiden määrää ja laatua olisi helpompi kontrolloida ja kuormituspiikkejä ei pääsisi syntymään. Muussa tapauksessa on syytä miettiä, miten lietteiden tuontia voidaan rajoittaa niin, että määrät pysyisivät n. 20 m³/d tai alle. Haja-asutusalueiden sako- ja umpikaivolietteiden vastaanotto voitaisiin myös keskitellä Kenkäveronniemen jätevedenpuhdistamolle.

LÄHTEET

Bergman, A., käyttöinsinööri. 2018a. Henkilökohtainen tiedonanto. Mikkelin Vesilaitos.

Bergman, A. 2018b. Muistio. Mikkelin Vesilaitos. Mikkelin Vesilaitos.

Bitton, G. 1999. Wastewater microbiology. 2. edition. United States of America: Wiley-Liss, Inc.

Cheremisinoff, N. P. 2001. Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies, Elsevier Science. E-kirja. ProQuest Ebook Central. Saatavissa: <http://ebookcentral.proquest.com> [viitattu 28.2.2018].

Envecon. 2014. Sakolietteen vastaanottoasema. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.envecon.fi/?30,fi_sakokaivolietteen-vastaanottoasema-feko [viitattu 2.4.2018].

Harmaiden jätevesien käsittely. 2013. Suomen ympäristökeskus. WWW-dokumentti. Päivitetty 2.12.2016. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennushanke/Talotekniset_jarjestelmat_LVI/Kiinteiston_jatevesien_kasittely/Syventavaa_tietoa/Puhdistamosivusto_jatevesien_kasittelymenetelmista/Harmaiden_jatevesien_kasittely. [viitattu 21.2.2018].

Hammer, M. J. 2004. Water and wastewater technology. United States of America: Pearson Prentice Hall.

Hedman, T. 2018. Kuvamateriaalia. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.

Hyvän veden laitos. s.a. Mikkelin Vesilaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mikkelinvesi.fi/Yritys>. [viitattu 2.5.2018].

Isokauppila, V. & Palolahti, A. 2014. Sito. Jätevedenpuhdistamoiden toiminnan tehostaminen häiriö- ja ylivuototilanteissa. Ympäristöministeriön RAKI-hanke, loppuraportti 2014. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BCB2875F7-ECA1-4C20-9C31-F59BD7FB8613%7D/106470> [viitattu 25.4.2018].

Jätelaki 17.6.2011/646.

Puolanne J., Rantala, P. & Valve, M. (suom.) 1982. Jätevedenpuhdistamon käytön ohjaus ja valvonta. Kaupunkiliiton julkaisu C 54. Kunnallisliiton teknisen julkaisusarjan julkaisu 17. Vesihuoltoliiton julkaisu 39. Helsinki.

Jätevesiopas. s.a. Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/asukkaan-tehtavat/hoito-ja-huolto/kaytto-ja-huolto-ohjeet/saostuskaivo/> [viitattu 1.4.2018].

Kaitos 2018. Geotuubit. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kaitos.fi/tuote-osasto/geotuubit/> [viitattu 25.4.2018].

Karttunen, E. 1999. Vesihuoltotekniikan perusteet. Helsinki: Opetushallitus.

- Karttunen, E. 2003. Vesihuolto: 1. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Karttunen, E. 2004. Vesihuolto: 2. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.
- Kröger, T. & Korolainen, H. 2008. Käsikirja haja-asutusalueiden jätevesien käsittelystä. 2. uudistettu painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulu Tekniikka Kuopio.
- Kujala-Räty, K., Mattila, H. & Santala, E. (toim.) 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto. Hämeen ammattikorkeakoulu. HAMKin julkaisuja 2008:7.
- Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R. & Toivikko, S. 2014. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Suomen ympäristöministeriö 2014:3. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Leppänen, M & Luukkonen, P. 2018. Keskustelut Mikkelin Vesilaitoksella 2018.
- Lignell, I., Mikola, A. & Venejärvi, V. 2015. MBR-opas. MBR-prosessien suunnittelu, ohjaus ja hankinta Suomessa. Ramboll Finland Oy.
- Metcalf & Eddy, Inc. 1991. 3. edition. Wastewater Engineering. Treatment, Disposal and Reuse. United States of America: McGraw-Hill, Inc.
- Päätös 39/2011/1. Ristiinan jätevedenpuhdistamon ympäristölupapäätös. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_39_2011_1-2011-4-8.pdf. Annettu 8.4.2011. [viitattu 7.2.2018].
- Pöyry Environment Oy. 2008. Raportti. Maa- ja metsätalousministeriö. Yhdyskuntien ja haja-asutuksen jätevesilietteiden, eloperäisten jätteiden ja lannan hyötykäyttö. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/8669/Yhdyskuntien_ja_haja-asutuksen_jatevesilietteiden_eloperäisten_jätteiden_ja_lannan_hyotykaytto.pdf. Julkaistu 5.2.2008. [viitattu 31.3.2018].
- RIL 192-1991. 1991. Vesihuoltolaitosten peruskunnostus. Pintavesilaitokset. Jäteveden puhdistamot. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.
- Sperling von, M. 2007. Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal. Volume one. Biological Wastewater Treatment Series. London: IWA Publishing.
- Stendahl, K. 1980. Vedenkäsittelyn käsikirja. Kemira Kemi AB.
- Stuetz, R. 2009. Principles of Water and Wastewater Treatment Processes. London: IWA Publishing.

Säylä, J. 2015. Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2013. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 2015: 34. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/158957/SYKEra_34_2015.pdf?sequence=1. Päivitetty [viitattu 12.2.2018].

Tarkkailuohjelma 2017. Ristiinan jätevedenpuhdistamo. Käyttö- ja kuormitus-tarkkailuohjelma. Päivätty 5.9.2016 (ohjelmaa päivitetty 29.3.2017). Laatija: Kiukas, I. Ramboll Finland Oy.

Teollisuusjätevesiopas. Asumajätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin. 2011. Suomen Vesilaitosyhdistys ry. 2.painos. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 50. Helsinki: Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Toiminta-alue. s.a. Mikkelin Vesilaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mikkelinvesi.fi/Toiminta>. [viitattu 2.5.2018].

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 10.3.2011/209.

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 16.3.2017/157.

Veden jakelu. s.a. Mikkelin Vesilaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mikkelinvesi.fi/fi/page/65>. [viitattu 2.5.2018].

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119.

Viemäriverkostot ja pumppaamot. s.a. Mikkelin Vesilaitos. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://mikkelinvesi.fi/Yritys>. [viitattu 2.5.2018].

Viitasaari, M., Peltokangas, J. & Heinänen, J. 1994. Vesihuoltotekniikan yksikköoperaatiot ja yksikköprosessit: Osa II: Jäteveden käsittely. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu. No. A 48.

Vuosiyhteenvetoraportti 2017. Ristiinan jätevedenpuhdistamo. Annettu 3.4.2018. Laatija: Kiukas, I. Ramboll Finland Oy.

Yhdyskuntajätevesiasetus 12.10.2006/888.

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.

Ympäristönsuojeluasetus 4.9.2014/713.

Tutkimussuunnitelma

Ristiinan jätevedenpuhdistamon koeajot tammikuu-helmikuu 2018

Tammikuu 2018: Polyalumiinikloridi (PAX XL-100) tiheys 1,36 - 1,42 g/cm³, koeajot 50%, 25%, 0%

Parametri	Näytteen ottokohta	Yksikkö							
Annostusmäärä			100 %	50 %	50 %	25 %	25 %	0 %	0 %
Päiväys			x.-x.x	9.-10.1.	11.-12.1.	16.-17.1.	18.-19.1.	23.-24.1.	25.-26.1.
Kellon aika									
Virtaama	Tuleva	m3/d							
PAX annos		g/m3							
pH lähtevä									
Lämpötila									
Sakokaivoliete		m3/d							
Kok.-P	Tuleva*	mg/l	0	0					
	Lähtevä*	mg/l	0	0					
	Reduktio	%	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
Liuk.-P	Tuleva	mg/l	0						
	Lähtevä	mg/l	0						
	Reduktio	%	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
Kiintoaine, SS	Tuleva	mg/l	0						
	Lähtevä	mg/l	0						
	Reduktio	%	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
COD	Tuleva	mg/l							
	Lähtevä	mg/l							
	Reduktio	%	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
BOD	Tuleva	mg/l							
	Lähtevä	mg/l							
	Reduktio	%	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!	#JAKO/0!
Ilmastusaltaan liete									
Laskeuma		ml/l							
Kiintoaine		mg/l							

* Tuleva = ilmastusaltaasta selketykseen menevä vesi, Lähtevä = selkeytsaltaasta vesistöön johdettava

Ajetaan Ristiinan jätevedenpuhdistamolla kolmen viikon aikana PAXia säännösteltynä, annostusta lasketaan kerran viikossa perjantaisin alkaen 5.1., näytteenottotulokset 2 x viikossa (ke&pe).

Ristiinan puhdistustulokset ja poistotehot 2012-2017 sekä tulokuormat 2014-2016

Ristiinan jätevedenpuhdistamon keskimääräiset päästöpitoisuudet (mg/l) ja ympäristöluvan mukaiset enimmäispitoisuudet vuosina 2012-2017. Suluissa esitetyt lupavaatimukset olivat voimassa vuoden 2012 loppuun saakka. (Vuosisyhteenvetoraportti 2017.)

Parametri ja yksikkö		Luvan mukainen vaatimus	2012	2013	2014	2015	2016	2017
BOD ₇ -ATU	mg/l	≤ 12 (15)	20	15	15	19	18	9,3
Kok.P	mg/l	≤ 0,6 (0,8)	0,7	0,8	0,9	0,5	1,0	0,6
Kiintoaine	mg/l	≤ 35	21	23	23	35	21	20
COD _{Cr}	mg/l	≤ 125	76	72	63	74	74	46

Ristiinan jätevedenpuhdistamon keskimääräiset puhdistustehot (%) ja luvan mukaisen puhdistusvaatimukset vuosina 2012-2017. Suluissa esitetyt lupavaatimukset olivat voimassa vuoden 2012 loppuun saakka. (Vuosisyhteenvetoraportti 2017.)

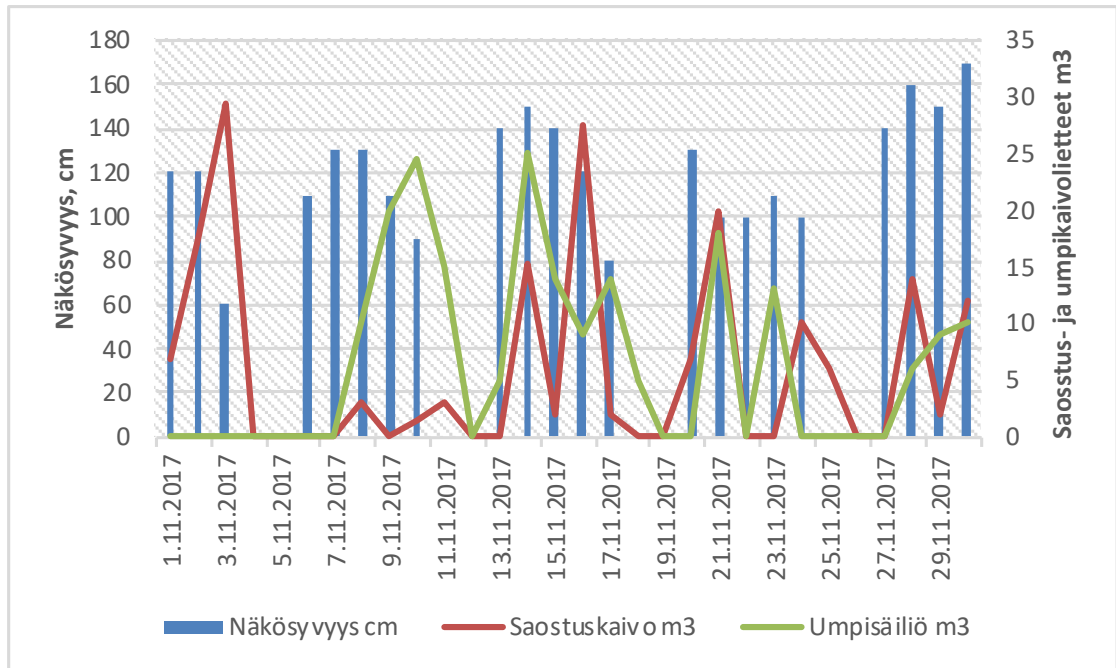
Parametri ja yksikkö		Luvan mukainen vaatimus	2012	2013	2014	2015	2016	2017
BOD ₇ -ATU	%	≥ 92 (90)	88	93	91	91	93	96
Kok.P	%	≥ 92 (90)	90	92	88	90	90	92
Kiintoaine	%	≥ 90	88	91	89	92	90	95
COD _{Cr}	%	≥ 75	79	85	85	86	88	93

Ristiinan jätevedenpuhdistamon tulokuormat vuosilta 2014-2016. Koostettu Ristiinan jätevedenpuhdistamon vuosisyhteenvetoraporteista 2014-2016

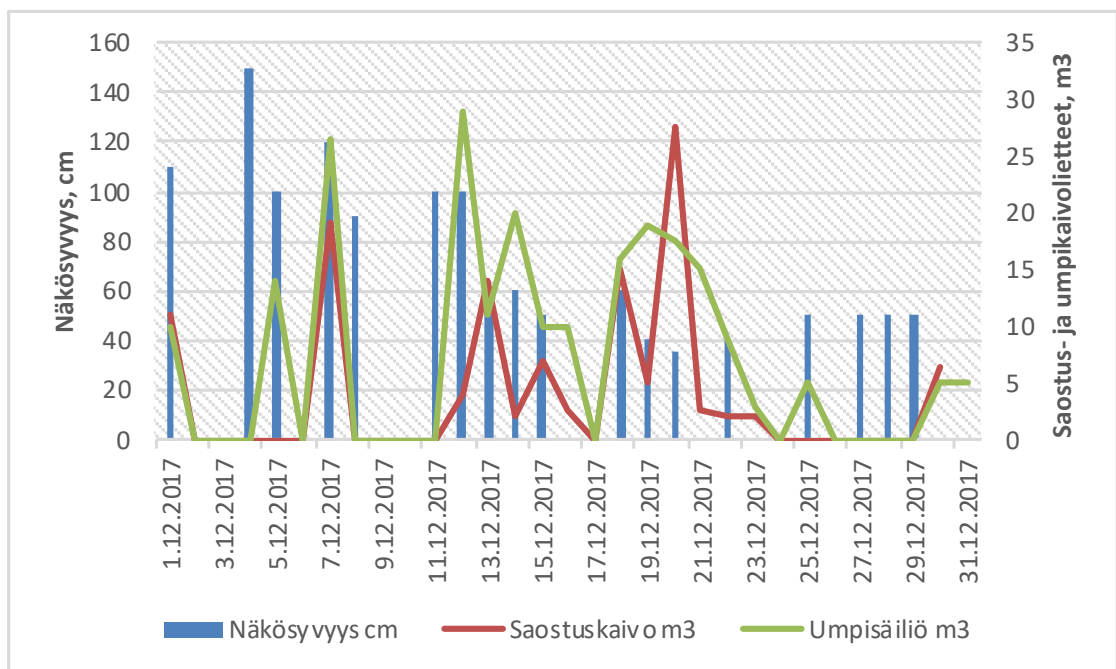
Tulokuorma	Mitotus	ka 2014	Kuormitusaste	ka 2015	Kuormitusaste	ka 2016	Kuormitusaste
Keskivirtaama m ³ /d	800	730	91 %	682	85 %	659	82 %
Maksimivirtaama	2000	1100	55 %	2300	115 %	2833	142 %

Saostus- ja umpikaivolietteet/näkösyyvyys marras- ja joulukuu 2017

Saostus- ja umpikaivolietteet + näkösyvyys marraskuu 2017

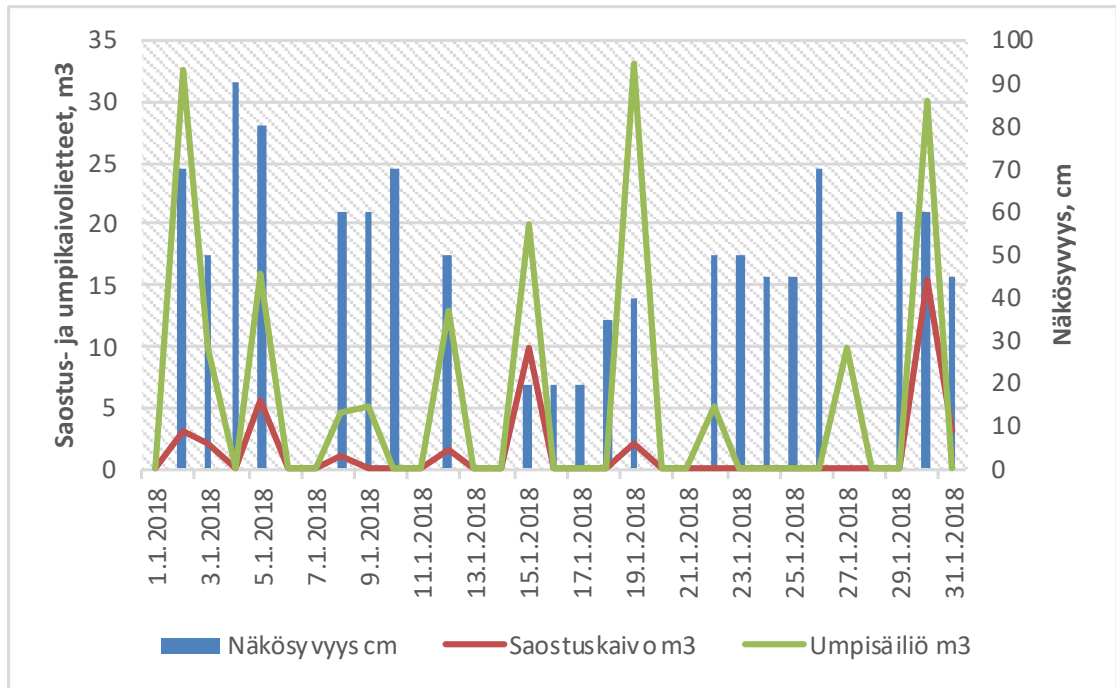


Saostus- ja umpikaivolietteet + näkösyvyys joulukuu 2017

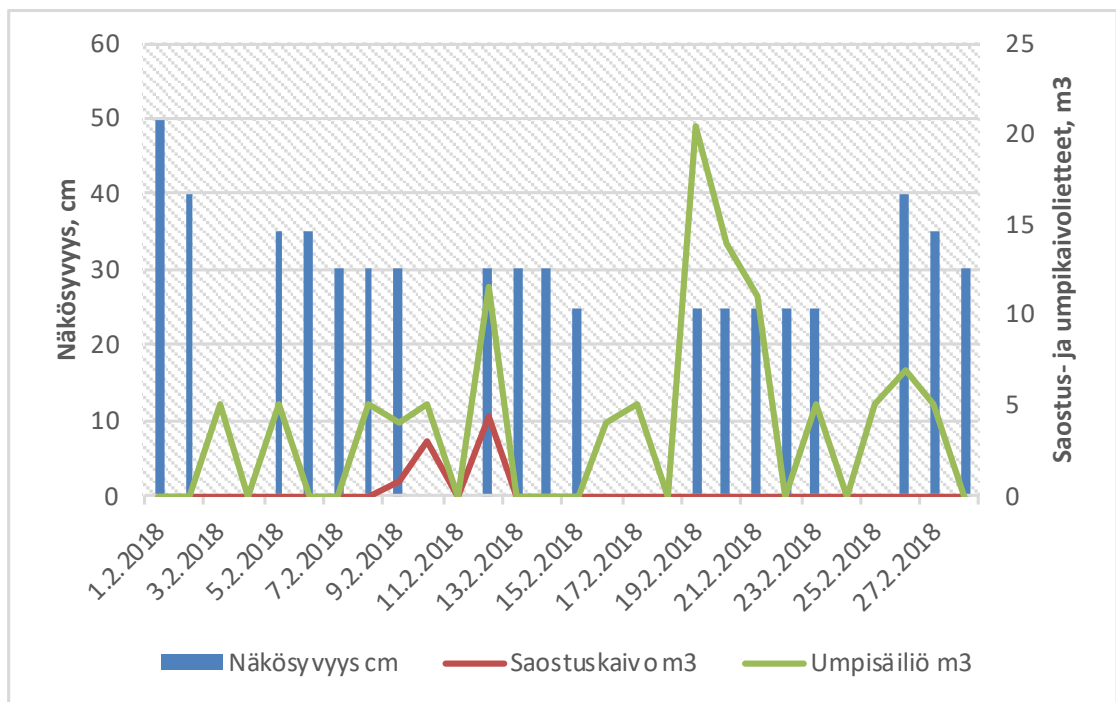


Saostus- ja umpikaivolietteet/näkösyyvyys marras- ja joulukuu 2017

Saostus- ja umpikaivolietteet + näkösyvyys tammikuu 2018

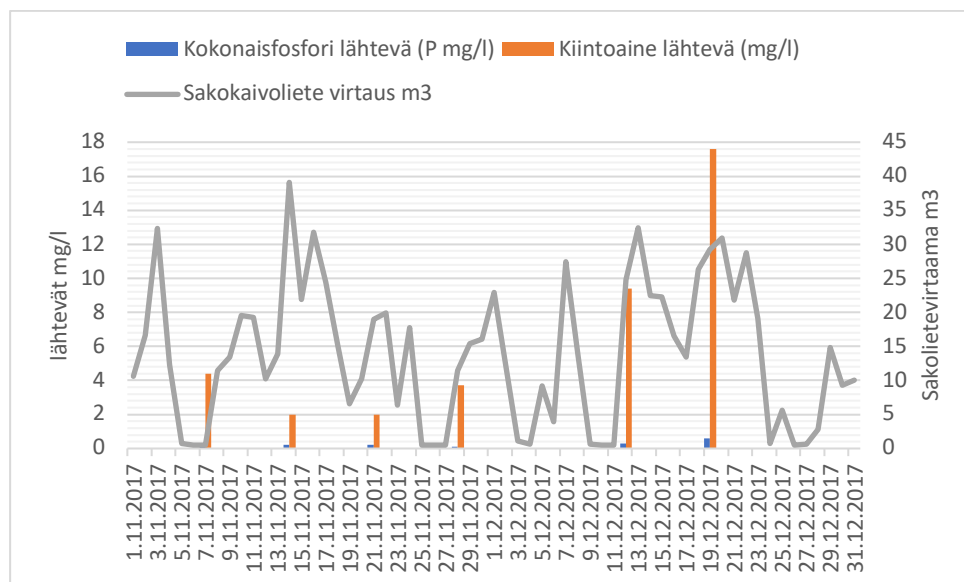


Saostus- ja umpikaivolietteet + näkösyvyys helmikuu 2018



Sakolietevirtaukset/lähtevä vesi marraskuu-helmikuu 2017-2018

Sakolietevirtaukset ja lähtevän veden käyttötarkkailutulokset (kokonaisfosfori ja kiintoaine) marras- ja joulukuun 2017



Sakolietevirtaukset ja lähtevän veden käyttötarkkailutulokset (kokonaisfosfori, kiintoaine ja COD) tammi- ja helmikuu 2018

