

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2021

Kaisa Kiviharju

**BIOLOGISEN
FOSFORINPOISTON VAIKUTUS
SISÄISEEN KUORMITUKSEEN
HUITTISTEN PUHDISTAMOLLA**

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2021 | 33 sivua

Kaisa Kiviharju

BIOLOGISEN FOSFORINPOISTON VAIKUTUS SISÄISEEN KUORMITUKSEEN HUITTISTEN PUHDISTAMOLLA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, aiheuttaako biologinen fosforinpoisto sisäistä kuormitusta Huittisten Puhdistamolla. Biologisella fosforinpoisto (Bio-P) -prosessilla pystytään poistamaan jätevedestä fosforia ilman kemiallista saostusta. Opinnäytetyön on antanut toimeksi Huittisten Puhdistamo Oy.

Huittisten Puhdistamo on tyypiltään biologiskemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, joka muutettiin koejaksoa varten biologiseksi fosforinpoistoprosessiksi vähentämällä kemikaalien syöttöä. Kokooma- ja tiivistämönäytteiden sekä online-mittareiden avulla pystyttiin seuraamaan prosessin toimintaa ja Bio-P-kokeilusta aiheutuvaa sisäistä kuormitusta.

Koejakson tulosten perusteella voidaan todeta Bio-P:n aiheuttavan jonkin verran sisäistä kuormitusta. Sisäistä kuormitusta syntyy noin 12 % suhteessa tulevan jäteveden fosforikuormitukseen. Pitkän viipymän vuoksi sitoutunut fosfori vapautuu takaisin liukoiseen muotoon, joka aiheuttaa kuormitusta.

Asiasanat:

Biologinen fosforinpoisto, jätevesi, fosfori, kemiallinen fosforinpoisto

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and environment engineering

2021 | 33 pages

Kaisa Kiviharju

THE EFFECT OF ENHANCED BIOLOGICAL PHOSPHORUS REMOVAL ON THE INTERNAL LOAD AT THE HUITTISTEN PUHDISTAMO

The aim of this thesis is to examine whether enhanced biological phosphorus removal (EBPR) causes an internal load at the Huittisten Puhdistamo. With the help of EBPR process we can remove phosphorus from wastewater without chemical precipitation. Huittisten Puhdistamo Oy acts as the principal for this thesis.

Huittisten Puhdistamo is a biochemical coprecipitation plant that was changed to EBPR for a test period. This was done by reducing the use of chemicals. With the help of assembly and sealing samples combined with online meter we can monitor the functioning of the process and also track the internal load caused by the experimentation of EBPR.

Based on the test period, we can conclude that EBPR causes some internal load. The internal load is approximately 12 % of the phosphorus load in the incoming wastewater. Due the long delay the bound phosphorus is released back into a soluble form which is the cause of internal load.

Keywords:

Enhanced biological phosphorus removal, wastewater, phosphorus, chemical phosphorus removal

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	7
1 Johdanto	8
2 FOSFORINPOISTO JÄTEVEDESTÄ	9
2.1 Biologisen fosforinpoiston toimintaperiaate.....	9
2.1.1 Anaerobinen ja aerobinen vaihe	10
2.1.2 Denitrifikaatio ja nitrifikaatio osana biologista fosforinpoistoa	11
2.1.3 Vaaditut olosuhteet Bio-P:n toteutumiseen	11
2.2 Biologisen fosforinpoiston hyötyjä.....	13
2.3 Fosforinpoisto kemiallisella saostuksella	13
3 AINEISTOT JA TUTKIMUSMENETELMÄT	15
3.1 Huittisten Puhdistamo Oy	15
3.2 Puhdistamon prosessin kuvaus	16
3.3 Analyysit ja online-mittaukset.....	18
3.4 Koejakso	19
4 TULOKSET	22
4.1 Tuleva vesi.....	22
4.2 Tiivistämöiden tulokset.....	22
4.3 Sisäisen kuormituksen suhde tulevan veden fosforinkuormitukseen	23
5 TULOSTEN TARKASTELU.....	24
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	27
Lähteet	29

Liitteet

Kuvat

Kuva 1 Esimerkki kaavio biologisen fosforinpoistoon soveltuvasta asetelmasta (Pitkäjärvi 2020, muokattu)	10
Kuva 2 Huittisten Puhdistamo Oy:n ilmastusallas	17

Kuviot

Kuvio 1 Prosessikaavio Huittisten Puhdistamo Oy:sta (Pitkäjärvi 2020, muokattu).	18
Kuvio 2 Huittisten Puhdistamon lohkokaaavio ja näytteenottoapaikat	19
Kuvio 3 Liukoinen fosfori kemikaalien vähentämisen aikana tiivistämöissä, esiselkeytyksessä ja lähtevässä vedessä	20
Kuvio 4 Kolmen eri linjan palautussuhteet koejakson aikana	21

Taulukot

Taulukko 1. Huittisten Puhdistamon ympäristöluvan mukaiset puhdistusvaatimukset (Aluehallintovirasto 2013).	15
Taulukko 2 Toteutunut poistoteho vuonna 2021	22
Taulukko 3 Tiivistämöiden näytteet analysoituna	23
Taulukko 4 Sisäisen kuormituksen suhde tulevan veden fosforinkuormitukseen Bio-P:n ja kemiallisen saostuksen aikana	23

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Bio-P	Biologinen fosforinpoisto (Huittisten Puhdistamo Oy)
BOD	Biochemical oxygen demand
COD	Chemical oxygen demand
Denitrifikaatio	Prosessi, jossa nitraattina oleva typpi pelkistyy typpikaasuksi. (Jätevesiopus)
GAO	Glycogen accumulating organism
Nitrifikaatio	Prosessi, jossa ammonium-typpi hapettuu nitraatiksi (Jätevesiopus)
PAC	Polyalumiinikloridi
PAO	Polyphosphate-accumulating organisms
PHA	Polyhydroksialkanoaatti
PIX	Ferrisulfaatti
rbCOD	Readily biodegradable COD
VFA	Volatile fatty acids

1 Johdanto

Tulevaisuudessa jätevesipuhdistamoille tulevan jäteveden fosforipitoisuudet todennäköisesti kasvavat ja fosforinpoiston lupamääräykset kiristyvät. Suomen jätevedenpuhdistamoissa yleisin käytössä oleva fosforin poistokeino on kemiallinen saostus. Fosforia voidaan poistaa jätevedestä myös biologisen fosforinpoiston (Bio-P:n) avulla, joka on maailmalla paljon käytössä oleva keino poistaa fosforia.

Bio-P perustuu PAO-bakteerien (Phosphorus accumulating organism) kykyyn sitoa fosforia itseensä yli oman energia tarpeensa. Sopivien olosuhteiden luominen on tärkein osa prosessia. Tulevassa vedessä tulee olla ravinnesuhdanteet kunnossa, jotta PAO-bakteereille on riittävästi käyttökelpoista hiilenlähdettä. Prosessissa tulee olla myös riittävä anaerobinen ja aerobinen lohko sekä hyvä typenpoisto. Bio-P:ssa fosfori sitoutuu biologisesti lietteeseen, joka mahdollistaa fosforin paremman talteenoton.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, minkälaisen sisäisen kuormituksen biologinen fosforinpoisto aiheuttaa Huittisten Puhdistamolla. Tutkimuksessa tarkastellaan vuoden 2021 tulevan veden pitoisuuksia, fosforipitoisuutta prosessin eri vaiheissa sekä puhdistustehoa kokoomanäytteistä ja vertaillaan niitä tiivistämöistä otettuihin näytteisiin koejakson aikana.

2 FOSFORINPOISTO JÄTEVEDESTÄ

Jätevesipuhdistamoille johdetun veden fosforikuormitus on vaihdellut ja kasvanut vuositasolla, mutta käsittelyprosessin jälkeen vesistöihin lähtevän veden fosforin määrä on vähentynyt noin puoleen verrattuna vuoden 1990 vesistö päästöihin. (Suomen ympäristökeskus SYKE 2018.)

Fosfori esiintyy yleisesti jätevedessä ortofostaatteina, polyfosfaatti-muodossa sekä orgaanisena fosfaattina (Tchobanoglous ym. 2003, 63.) Fosfori on pääosin liuenneessa muodossa loput ovat sitoutuneena eloperäiseen orgaaniseen aineeseen. Pääosin fosforia päätyy jäteveteen ihmisten ulosteista ja pesuaineista.

Fosforia pystytään poistamaan jätevedestä kemiallisesti saostamalla tai biologisesti sitomalla fosfori bakteerien biomassaan. Kemiallisessa saostuksessa käytetään metallisuoloja. Kemiallinen fosforinpoisto on Suomessa enemmän käytössä kuin biologinen fosforinpoisto. (Pihl 2019.)

2.1 Biologisen fosforinpoiston toimintaperiaate

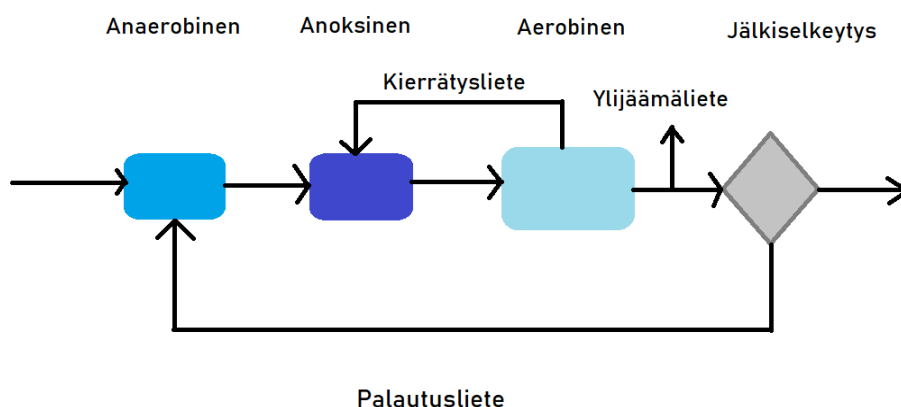
Biologisessa fosforinpoistossa bakteerien kasvua varten tarvitaan erilaisia ravinteita, kuten fosforia. Biologinen fosforinpoisto tapahtuu aktiivilietekäsittelyn aikana. Sen toiminta perustuu varastoivien organismien (PAO, phosphorus accumulating organism) kykyyn sitoa fosforia itseensä yli oman energiatarpeensa. Bakteerit hyödyntävät propionaattia sekä asetaattia, ja anaerobisessa tai anoksisessa vaiheessa sitovat sen polyhydroksyylialkanaateiksi (PHA). (Henze ym. 2002, 110.) Biologisessa fosforinpoistossa fosfori poistuu ylijäämälietteen mukana sitoutuneena biomassaan.

GAO-bakteerit sekä fosforin liiallinen jälkivapautuminen ovat usein syynä biologisen fosforinpoiston heikkoihin tuloksiin. GAO-bakteerit ovat biologisen

fosforinpoiston tärkeimpien PAO-bakteerien kilpailijoita. Ne käyttäytyvät täysin samalla tavoin kuin PAO:t, mutta polyfosfaatin sijaan ne sitovat itseensä glykogeeniä. (Scruggs ym. 2003.) Fosforin liiallisessa jälkivapautumisessa PAO:t ovat ilman haihtuvia rasvahappoja (VFA:ta) anaerobisissa olosuhteissa. Tällöin ne käyttävät varastoitua polyfosfaattia solun ylläpitoon vapauttaen sen jälleen liukoiseen muotoon. Polyfosfaattia vapautuu ilman, että PHA:ta muodostuu, jolloin sitä ei pystytä hyödyntämään fosforin sitomiseen myöhemmin aerobisesti. (Scruggs ym. 2003.)

2.1.1 Anaerobinen ja aerobinen vaihe

Biologinen fosforinpoisto alkaa ensin anaerobisella eli hapettomalla vaiheella, jolloin fosfaatti vapautuu. Anaerobisessa vaiheessa ei ole nitraattia. Hapettoman vaiheen jälkeen tarvitaan aerobinen eli hapellinen vaihe, jolloin fosfori sitoutuu tehokkaasti. Joissain tapauksissa aerobinen vaihe voi tapahtua anoksisesti nitraatin avulla. (Pitkäjärvi 2020.) Anaerobinen ja aerobinen vaihe voidaan toteuttaa alla esitetyn asetelman mukaisesti (Kuva 2.)



Kuva 1 Esimerkki kaavio biologisen fosforinpoistoon soveltuvasta asetelmasta (Pitkäjärvi 2020, muokattu)

Anaerobisessa vaiheessa heterotrofiset mikro-organismit fermentoivat helposti hajoavaa orgaanista hiiltä (rbCOD:ta) rasvahapoiksi (VFA). Tätä prosessin vaihetta kutsutaan fakultatiiviseksi asidogeeniseksi fermentaatioksi. Anaerobinen ja nitraatiton vaihe on tärkeä, jotta PAO-bakteerit saavat tarvittavan määrän rbCOD:ta sekä VFA:ta. (Henze ym. 2008)

Anaerobisessa lohkossa varastoitu PHA käytetään aerobisessa lohkossa energiana solun kasvuun ja polyfosfaatin varastoitumiseen. PHA:n muuntuessa energiaksi muodostuu myös glykogeenia, jota voidaan käyttää toissijaisena varastoyhdisteenä polyfosfaatin rinnalla. (Pitkäjärvi 2020)

2.1.2 Denitrifikaatio ja nitrifikaatio osana biologista fosforinpoistoa

Aktiivilieteprosessissa tapahtuu biologisen fosforinpoiston lisäksi nitrifikaatiota, denitrifikaatiota, fermentaatiota sekä orgaanisen aineen poistoa. (Tchobanoglous ym. 2014). Nitrifikaatiossa typpiyhdisteitä hapetetaan ensin nitraatiksi, jonka jälkeen denitrifikaation avulla nitraattina oleva typpi pelkistetään typpikaasuksi. (Suomen ympäristökeskus SYKE 2013). Denitrifikaatiossa vapautuu typpikaasun lisäksi hiilidioksidia. Toteutuakseen prosessi vaatii anoksiset olosuhteet, jolloin happea ei ole. Denitrifikaatio prosessi vaatii toimiakseen orgaanista ainesta (hiiltä), jota jätevesi yleisesti sisältää. Nitrifikaatio on aerobinen prosessi, joka tapahtuu hapellisissa olosuhteissa. (Virtanen 2014)

Biologisen fosforinpoiston kannalta nitrifikaatiolla ja denitrifikaatiolla on tärkeä tehtävä poistaa nitraattia jätevedestä, sillä mitä enemmän nitraattia on jätevedessä, sitä enemmän tarvitaan hiiltä (rbCOD) tulevassa vedessä. RbCOD:ia tulee olla riittävästi tulevassa jätevedessä, jotta sitä riittää PAO:ille VFA:n varastoitumiseen sekä denitrifikaatioon. (Tchobanoglous ym. 2014)

2.1.3 Vaaditut olosuhteet Bio-P:n toteutumiseen

Biologiseen fosforinpoistoon tarvitaan sopiva ravinnesuhdanne, hyvä typenpoisto sekä riittävä anaerobinen ja aerobinen lohko. Ravinnesuhdanteen tulee olla

kunnossa, jotta fosforia varastoiville bakteereille on tarpeeksi käyttökelpoista hiilenlähdettä verrattaessa tulevan fosforin määrään. Myös anaerobisen vaiheen on tärkeää olla hapeton ja nitraatiton, jotta tavalliset heterotrofiset bakteerit eivät pysty käyttämään hiiltä nopeammin kuin PAO-bakteerit. (Huittisten Puhdistamo Oy 2021). Tämän vuoksi prosessissa tulee olla hyvä typenpoisto, ettei jälkiselkeytyksen palautuslietteestä pääse nitraattia takaisin anaerobiseen lohkoon, mikä heikentäisi PAO-bakteerien toimintakykyä.

Olenneisinta biologisessa fosforinpoistossa on riittävä VFA:n saatavuus anaerobilohkossa, jota muodostuu fermentoitavissa olevasta helposti hajoavasta COD:sta. VFA:n määrää saadaan lisättyä ohittamalla esiselkeytystä sekä primäärilietteen fermentoinnilla. (Halinen 2021)

Lämpötila vaikuttaa myös Bio-P-prosessiin eri tavoin. Muutokset lämpötilassa vaikuttavat PAO:jen toimintaan sekä kilpailevien mikrobien kuten GAO-bakteerien toimintaan. GAO-bakteerit ovat glykogeeniä varastoivia organismeja, jotka toimivat samalla tavoin kuin PAO:t, mutta ne varastoivat polyfosfaatin sijaan glykogeenia. Lämpimissä olosuhteissa kuitenkin asetaatin, propionaatin sekä korkean pH:n (7,5) avulla PAO:t pystyvät taistelemaan GAO-bakteereita vastaan, sillä PAO:t pystyvät käyttämään sekä propionaattia että asetaattia yhtä nopeasti. (Cao Ye Shi 2011)

Lämpötilojen vaihtumisella on merkitystä myös nitrifikaatioon. Kylmässä lämpötilassa nitrifikaatio tarvitsee kunnolla toteutuakseen enemmän hapellista allastilavuutta, jolloin denitrifikaatio heikkenee. Denitrifikaation heikentyminen tarkoittaa, että palautuslietteen kautta pääsee enemmän nitraattia anaerobilohkoon kuluttamaan rbCOD:ta. (Pitkäjärvi 2020)

Tertiärikäsittelyn avulla voidaan varmistaa fosforipitoisuuden pysyvän alhaisena, jos esimerkiksi biologisen osuuden ravannesuhdanteet ovat olleet vähemmän optimaaliset fosforinpoistoon. Tertiärikäsittelyssä veteen lisätään saostuskemikaalia, jonka avulla saadaan fosforia poistettua. (Tchobanoglous ym. 2014)

2.2 Biologisen fosforinpoiston hyötyjä

Jätevesi itsessään sisältää suuren ravinnepotentiaalin, joka menee hukkaan perinteisemmän käytössä olevan kemiallisen saostuksen vuoksi. Saostus tekee fosforista niukkaliukoisen, jolloin se on huonommin käytettävissä kasveille. Biologisessa fosforinpoistossa poistettu fosfori on helpompi jalostaa esimerkiksi lannoitteeksi. (Huittisten Puhdistamo Oy 2021.) Lietteestä tulee myös kevyempää, jolloin jatkokäsittely kustannukset pienenevät. Bio-P:n käyttöönotto jätevedenpuhdistamoilla vähentää rautakemikaalien käytön tarvetta, jolloin kemikaalikustannukset pienenevät.

Fosforin talteenotto struviittina on herättänyt kasvavaa mielenkiintoa viime vuosina. Aiemmin etsittiin keinoja struviitin muodostumisen ehkäisyyn, mutta nykyään tutkimusten painopiste on siirtynyt sen talteen ottamiseen. Struviitin avulla voidaan korvata hupenevia fosfaattivaroja ja samalla vähentää ympäristön ravinnekuormitusta. Struviitin valmistus vaatii biologisen fosforinpoiston jätevesilaitoksella, sillä kemiallisessa saostuksessa fosfori sitoutuu rautaan tai alumiiniin, mikä heikentää merkittävästi lannoitekäyttöä. Tämän vuoksi struviitin saostus on kannattavampaa biologisessa fosforinpoistossa, sillä fosforipitoisuudet ovat suuremmat. (Sääluoto 2015.)

2.3 Fosforinpoisto kemiallisella saostuksella

Kemiallinen saostus on yleisin käytetty fosforin poistomenetelmä Suomen jätevesipuhdistamoissa. Saostus voidaan suorittaa esisaostuksena, suorasaostuksena, rinnakkaissaostuksena tai jälkisaostuksena. Yleisemmin fosforia poistetaan rinnakkaissaostusperiaatteella.

Fosforin kemiallinen saostus pohjautuu liukoisen fosfaattifosforin saostukseen. Saostuskemikaalia lisätään veteen, jolloin se reagoi fosforin kanssa muodostaen sakan, joka voidaan poistaa jätevedestä selkeyttämällä. (Mämmelä 2011, 14–15). Suomessa saostuskemikaalina käytetään yleensä ferrosulfaattia (FeSO_4). Ferrosulfaatti hapettuu ferri-muotoon NTP-olosuhteissa. Ferrosulfaatin käyttö ei

juuri vaikuta typen biologiseen poistoon. Tavallisesti typpi poistetaan biologisessa prosessissa, joka koostuu nitrifikaatiosta ja denitrifikaatiosta. Saostuskemikaalien käyttö tehostaa nitrifikaatiota. (Kemira 2021)

Perinteisessä saostuksessa ongelmana on lietteen heikko hyödynnettävyys kaupallisesti, sillä saostuksen jälkeen fosfaatti on sitoutunut metallisuolaksi. (Reuna 2015)

3 AINEISTOT JA TUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Huittisten Puhdistamo Oy

Työn kohdepuhdistamona toimii Huittisten Puhdistamo Oy, joka puhdistaa Huittisista, Sastamalasta ja Punkalaitumelta tulevan jäteveden. Yhdyskuntavesien lisäksi puhdistamolle tulee eri teollisuusvesiä. Pääosin teollisuusvedet koostuvat eri elintarviketeollisuuslaitoksista. Huittisten toteutunut asukasvastineluku (AVL) vuonna 2020 oli 44 300. Elintarviketeollisuuden vuoksi kohdepuhdistamon AVL on suunniteltu 74 000. (KVVY 2020)

Jätevesipuhdistamon lisäksi yhtiön vastuulla on siirtoviemäreiden Punkalaidun-Huittinen, Vampula-Huittinen ja Sastamala-Huittinen kunnossapito ja hoito. Huittisten Puhdistamo on valmistunut vuoden 2017 alussa. Siirtoviemäriinjat valmistuivat kokonaisuudessaan vuoden 2018 aikana. Kohdepuhdistamo on tyypiltään biologiskemiallinen rinnakkaissaostuslaitos.

Puhdistamolla on voimassa oleva ympäristölupa vuodelta 2013, jota tulee noudattaa (Taulukko 1). Vesistöön johdettavan jäteveden tulee olla raja-arvojen puitteissa. Raja-arvot lasketaan neljännesvuosikeskiarvoina lukuun ottamatta kokonaistyyppiä, jonka käsittelyteho tulisi olla 70 % vuosikeskiarvona laskettuna.

Taulukko 1. Huittisten Puhdistamon ympäristöluvan mukaiset puhdistusvaatimukset (Aluehallintovirasto 2013).

	Enimmäispitoisuus, mg/l	Poistoteho %
COD(Cr)	60	90 %
BOD7(ATU)	15	95 %
Kiintoaine	15	95 %
Fosfori, P	0,3	95 %
Kokonaistyyppi, N	-	70 %

3.2 Puhdistamon prosessin kuvaus

Yhdyskuntajätevesi tulee paineviemäreitä pitkin puhdistamon tuloaltaisiin. Tuloaltaista jätevesi siirtyy esikäsittelyyn, jossa erotetaan suuret kiintoainepartikkelit ja hiekka. Reikälevynauhavälppä poistaa suurimmat partikkelit. Välppäyksestä syntyy välpettä, joka pestään, puristetaan ja toimitetaan jätteen polttoon. Välpän jälkeen tulee painovoimaan perustuva hiekanerotus ja esiselkeytys. (Huittisten Puhdistamo Oy 2021.)

Esiselkeytyksessä liete laskeutuu painovoimaisesti ja lietteestä syntyy primäärilietettä, joka pumpataan tiivistämöihin. Esikäsittelyn jälkeen vesi johdetaan ilmastukseen ja jälkiselkeytykseen. Ilmastuksessa tapahtuu varsinainen biologinen käsittely. Huittisten Puhdistamossa on kolme samanlaista ilmastusallasta, jotka on jaettu kuuteen eri lohkoon. Kaikissa lohkoissa on ilmastimet, mutta kolmessa ensimmäisessä lohossa on myös sekoittimet, mikä tarkoittaa sitä, että näitä lohkoja voidaan ajaa joko hapettomina tai hapellisina. Ilmastusaltaissa syntyy mikrobeja sisältävää biomassaa eli aktiivilietettä. Aktiivilietemenetelmän tavoitteena on saada aikaan nopea orgaanisten aineiden hajoaminen sekä mahdollisimman laskeutumiskykyisten flokkien synnyttäminen. Ilmastimet tuottavat happea, jota mikro-organismit käyttävät soluhengityksessä. Ilmastimien avulla liete pysyy myös sekoittuneena. Sekoittimien avulla pystytään varmistamaan, ettei liete laskeudu vaan pysyy liikkeessä koko ajan. Kuudennessa lohossa on pumppu, joka poistaa ylijäämälietteen.



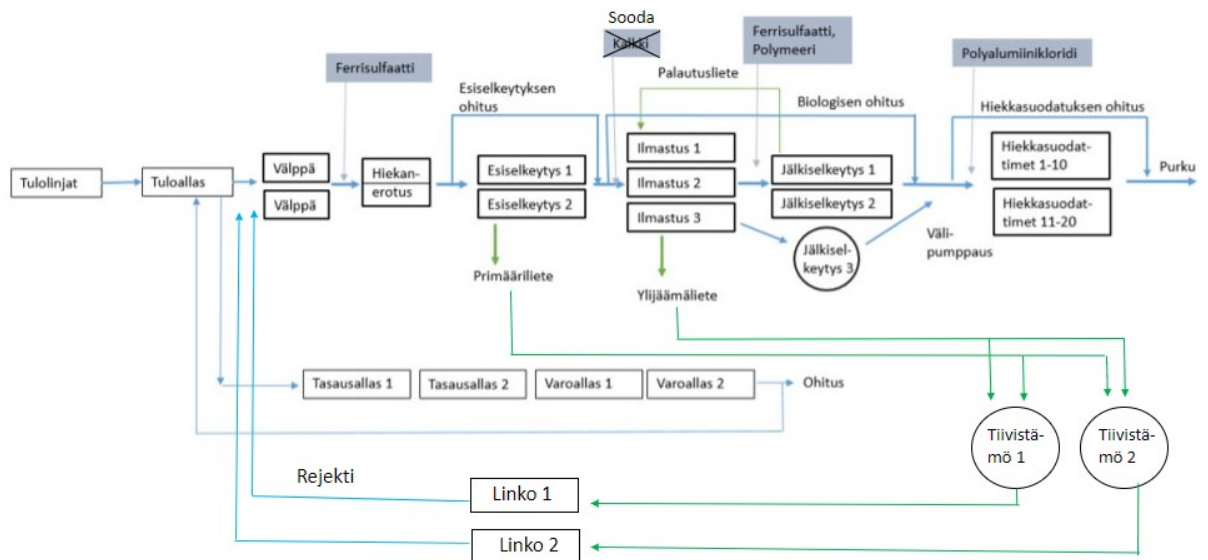
Kuva 2 Huittisten Puhdistamo Oy:n ilmastusallas

Ilmastusaltaiden (Kuva 2) jälkeen vesi johdetaan jälkiselkeytykseen. Jälkiselkeytysaltaita on myös kolme, joissa liete laskeutuu. Saostuskemikaalia syötetään jälkiselkeytyksen alkuun, mikä helpottaa lietteen laskeutumista. Osa lietteestä palautetaan ilmastuksen alkuun, jota kutsutaan palautuslietteeksi. (Pikkarainen 2017.)

Jälkiselkeytyksen jälkeen vesi johdetaan välipumppaamoon, jonka jälkeen se pumpataan hiekkasuodattimiin, joita kohdepuhdistamolla on yhteensä 20. Ennen kuin vesi johdetaan hiekkasuodattimiin, siihen lisätään polyalumiinikloridia lopun fosforin saostamiseksi. Viimeinen vaihe ennen veden johtamista Punkalaitumenjokeen on hiekkasuodatus, joka viimeistelee hyvän puhdistustuloksen. Hiekkasuodatuksessa vesi pumpataan hiekkapatjan läpi. Suodatettu vesi poistuu hiekkasuodattimien yläosasta. Hiekkasuodattimissa on jatkuva pesutoiminto, jossa suodattimen pohjalta likaantunutta hiekkaa nostetaan ilman avulla suodattimen yläosassa sijaitsevaan hiekkapesuriin. Tämän jälkeen puhdistettu hiekka valuu takaisin hiekkapatjan pinnalle ja on valmis uuteen suodatusprosessiin. (HyXo Oy). Pesuvesi pumpataan sisäisen pumppaamon kautta takaisin puhdistusprosessin alkupäähän.

Kohdepuhdistamossa on kaksi tiivistämöä, joihin tulee esiselkeytyksessä syntyvä primääriliete sekä ilmastuksen ylijäämäliete. Kahdella lingolla kuivataan

tiivistämisestä tuleva liete, jonka jälkeen kuivattu liete toimitetaan biokaasulaitoskäsittelyyn muualle.



Kuvio 1 Prosessikaavio Huittisten Puhdistamo Oy:sta (Pitkäjärvi 2020, muokattu).

3.3 Analyysit ja online-mittaukset

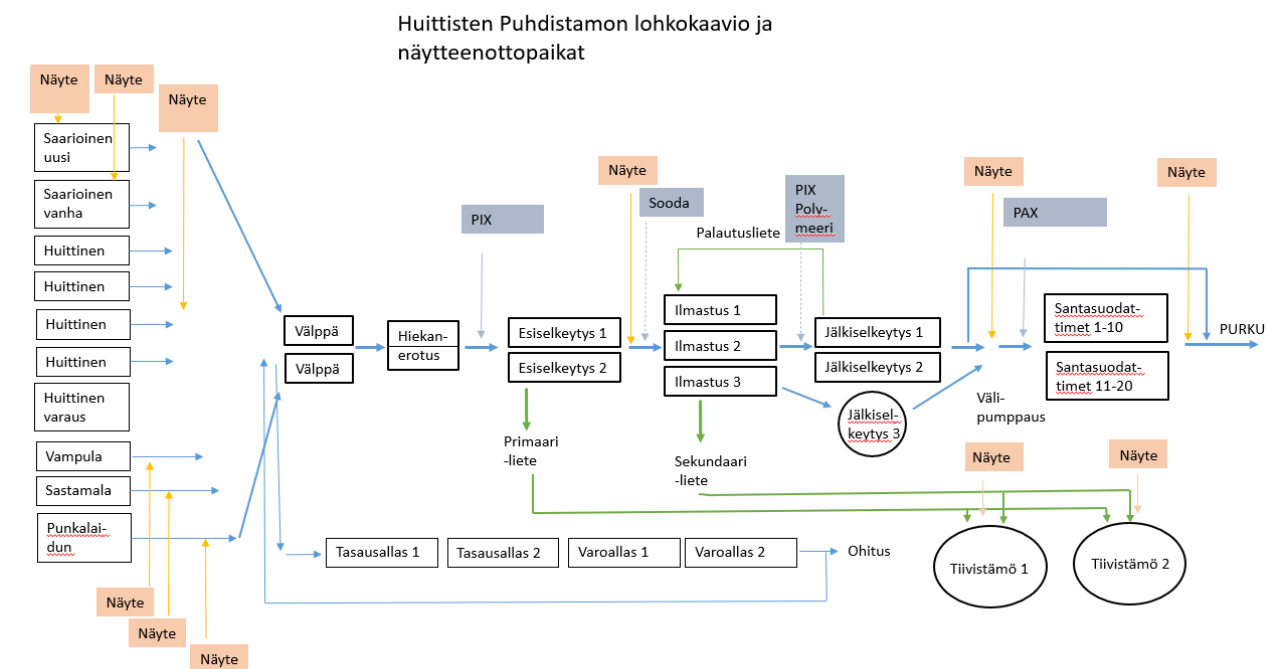
KVVY suorittaa kohdepuhdistamolla kahden viikon välein vuorokauden kestävät kokoomanäytteet velvoitetarkkailua varten. Näytteidenotto toteutuu automaattisten ottimien avulla, virtaamaperusteisesti. Jokaiselle tulevan jäteveden linjalle sekä esiselkeytykselle, jälkiselkeytykselle ja lähtevälle vedelle on omat automaattiset näytteenottimensa. Näytteet analysointiin KKVY:n laboratoriossa standardien mukaisesti.

Puhdistamolla on käytössä kolme online-mittaria, jotka mittaavat liukoisen fosforin pitoisuutta. Ensimmäinen mittari sijaitsee esiselkeytyksen jälkeen ennen ilmastusaltaita, toinen sijaitsee ennen hiekkasuodatusta ja kolmas mittaa

lähtevää vettä. Online-mittareiden avulla pystytään nopeasti havainnoimaan häiriötilanteet ja tekemään tarvittavia muutoksia, kuten kemikaalien lisäystä.

3.4 Koejakso

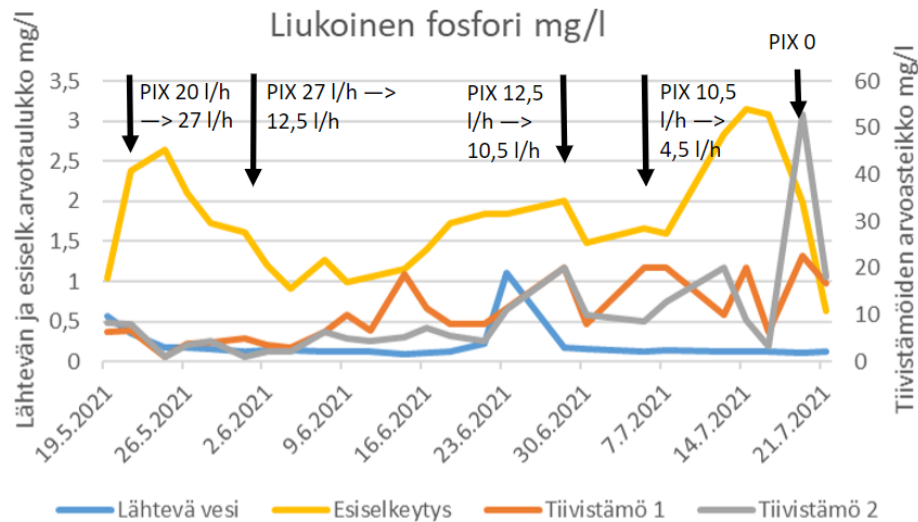
Biologiseen fosforinpoistoon siirtyminen rinnakkaissaostuksesta alkoi vähentämällä asteittain kemikaalin syöttöä prosessissa. Kemikaalin syötön lopetus oli ainoa tarvittava muutos prosessissa, joka mahdollisti sopivat olosuhteet Bio-P:n toteutumiseen. Tiivistämöistä otettiin näytteet koejakson alussa sekä lopussa. Kokoomanäytteet otettiin KVVY:n toimesta tulolinjoista, esiselkeytyksestä, jälkiselkeytyksestä sekä lähtevästä vedestä. Kuviosta 2 ilmenevät näytteenottoapaikkojen sijainnit prosessissa.



Kuvio 2 Huittisten Puhdistamon lohkokkaavio ja näytteenottoapaikat

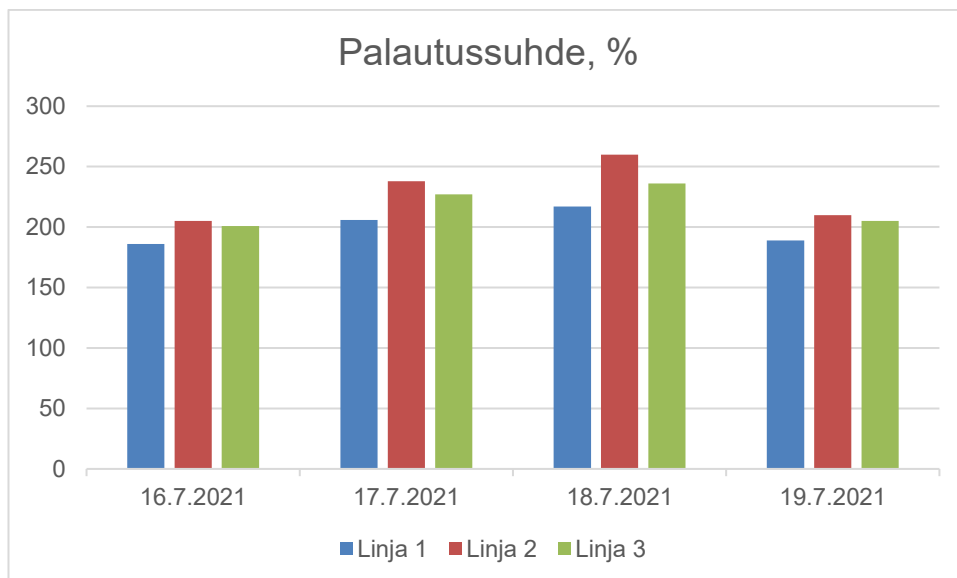
Varsinainen koejakso alkoi 16.7.2021, jonka aikana prosessi toimi ilman ferrisulfaatin syöttöä. Prosessiin meni yhteensä noin 12 l/h polyalumiinikloridia (PAC:ia) hiekkasuodatukseen sekä polymeeriä jälkiselkeytykseen kahteen linjaan 130–140 l/h/per linja. Ferrisulfaatin (PIX:in) syöttöä vähennettiin alla

olevan kuvaajan mukaisesti. Kuviossa 3 on kuvattu liukoisen fosforin määrä tiivistämöissä, esiselkeytyksessä sekä lähtevässä vedessä kemikaalien syötön vähentämisen aikana. Koejakson aikana ennen hiekkasuodatusta liukoisen fosforin pitoisuuksista ei ole dataa, sillä online-mittari oli toimintahäiriössä.



Kuvio 3 Liukoinen fosfori kemikaalien vähentämisen aikana tiivistämöissä, esiselkeytyksessä ja lähtevässä vedessä

Lieteiät vaihtelivat 20–23 päivään linjasta riippuen. Lietekään ei tehty muutoksia ennen koejaksoa. Puolet koejaksosta osui viikonlopun aikaan, jolloin kohdepuhdistamolla ei kuivata lietettä. Palautussuhde koejakson aikana oli enimmäkseen yli 200 %.



Kuvio 4 Kolmen eri linjan palautussuhteet koejakson aikana. Tiivistämö 2 oli koejakson aikana koeajotiivistämö, josta otettiin 16.7.2021 ensimmäinen näyte. Ensin tiivistämöön ajettiin molempia sekä primääri- että ylijäämälietettä. Koejakson aikana kumiluistiventtiili hajosi, minkä vuoksi jouduttiin ajamaan koetiivistämöön pelkkää ylijäämälietettä ilmastuksesta. Primääriliete ohjattiin toiseen tiivistämöön. Neljän päivän koejakson jälkeen otettiin uudet näytteet molemmista tiivistämöistä. Näytteet analysoitiin KVVY:n laboratoriossa. Koejakson aikana häiriötilanteesta johtuen oli vain yksi linko käytössä.

Kokoomanäytteet kohdepuhdistamolta otetaan noin kahden viikon välein. Kokoomanäytteissä ei ole tiivistämöiden pitoisuuksien määrittystä. Samanlaisia tiivistämöiden analyysituloksia ei ole saatavilla kemiallisen saostuksen ajalta.

4 TULOKSET

4.1 Tuleva vesi

Koejakson aikana tulevan veden virtaama vaihteli 4600–5400 m³/h. Tulevan veden määrään on laskettu kaikki linjat yhteen. Virtaamiin vaikutti koejakson ajankohta. Arkipäivisin virtaaman määrää nostaa elintarviketehtaat. Koejakson aikana ei ollut biologian ohitusvirtauksia. Virtaamien kasvaessa suuriksi voidaan jätevesi ohjata ilmastuksen ohitse kuormittamatta prosessin biologista osiota. Lähtevän veden liukoinen fosfori online-mittarilla mitattuna oli 0,11–0,12 mg/l.

Taulukossa 2 on kuvattu vuoden 2021 kokoomanäytteiden poistotehot.

Taulukossa on merkitty punaisella värillä, jos puhdistustulos on jäänyt alle vaaditun ympäristöluvan mukaisen poistotehon.

Taulukko 2 Toteutunut poistoteho vuonna 2021

Poistoteho %	COD (Cr)	BOD7 (ATU)	Kokonaisfosfori	Kokonaistyyppi	Kiintoaine
14.1.2021	95	99	95	39	97
11.2.2021	97	100	99	42	99
23.2.2021	97	100	99	33	99
24.3.2021	96	99	97	43	98
7.4.2021	96	99	99	33	99
27.4.2021	97	100	99	36	99
11.5.2021	95	99	98	58	98
26.5.2021	96	100	98	82	98
8.6.2021	97	99	99	84	99
23.6.2021	90	96	85	77	94
21.7.2021	97	100	99	92	99

4.2 Tiivistämöiden tulokset

Tiivistämö 2 otettiin ensimmäinen näyte 16.7.2021, jolloin koejakso alkoi. Neljän päivän koejakson jälkeen otettiin molemmista tiivistämöistä näytteet. Näytteet analysoitiin KVVY:n laboratoriossa. Taulukossa 3 on eriteltynä tiivistämöt

lyhenteillä T1 ja T2. Tuloksista voidaan havaita pitoisuuksien huomattavaa kasvua koejakson lopussa (Taulukko 3).

Taulukko 3 Tiivistämöiden näytteet analysoituna

Tiivistämö näytteet	T2, 16.7.2021	T1, 19.7.2021	T2, 19.7.2021
pH	7,1	7,2	6,8
Sähkönjohtavuus, mS/m	66	86	77,1
Kiintoaine, mg/l	80	160	240
BOD7 (ATU), mg/l	41	210	160
COD (Cr), mg/l	160	470	380
Kokonaisfosfori, mg/l	8,8	17	65
Kokonaistypppi, mg/l	14	63	61

4.3 Sisäisen kuormituksen suhde tulevan veden fosforinkuormitukseen

Kokoomanäytteistä kerätyt tiedot Bio-P koejakson aikana. Vertailukohteena kemiallinen saostus talviajon aikana, jolloin Bio-P ei ollut käytössä. Kohdepuhdistamolla lietettä kuivataan noin 7 h/per pv. Taulukossa 4 on laskettu sisäinen kuormitus suhteessa tulevan veden kokonaisfosforiin.

Taulukko 4 Sisäisen kuormituksen suhde tulevan veden fosforinkuormitukseen Bio-P:n ja kemiallisen saostuksen aikana.

	11.2.2021	21.7.2021
Fosforipitoisuus tiivistämö mg/l	2	65
Kuivattu liete m ³ /d	20	22
Linkoaminen h	7	7
Tulevan veden kokonaisfosfori kuormitus kg/d	68	81
Sisäinen kuormitus %	0,41	12,36

5 TULOSTEN TARKASTELU

Biologiseen fosforin poistoon siirtyminen ei vaatinut isoja muutoksia prosessiin. Ferrisulfaatin syötön lopettaminen riitti Bio-P:n toteutumiseen, sillä sopiva ravinnesuhdanne ja hyvä typenpoisto olivat kunnossa. Ennen koejakson aloitusta oli tärkeä odottaa pari päivää ferrisulfaatin syötön lopettamisesta, sillä muutokset kemikalisoinnissa eivät näy heti prosessissa. Bio-P koejakson aikana kemikaaleja syötettiin prosessin loppupäähän hieman normaalia enemmän.

Kokonaisuudessaan koejakso oli onnistunut paria häiriötilannetta lukuun ottamatta. Hiekansuodatusta ennen oleva fosforin online-mittari ei ollut häiriötilanteen takia toiminnassa. Toinen lietelinko oli pois käytöstä, ja koejakson aikana kumiluistiventtiili hajosi tiivistämöstä, minkä vuoksi jouduttiin ajamaan primääri- ja ylijäämälietettä erikseen. Koejakso oli suhteellisen lyhyt, joten se ei vaikuttanut puhdistamon toimintaan erityisesti.

Tiivistämön tuloksista voidaan todeta liukoisen fosforin pitoisuuden kasvavan tiivistämissä ja esiselkeytyksessä kemikaalia vähennettäessä (Kuvio 3, luku 3.4). Lähtevän veden liukoinen fosfori pysyi melko samana koko ajan lukuun ottamatta yhtä nousua. Ferrisulfaatin syötön vähentäminen näkyi myös esiselkeytyksen liukoisen ja kokonaisfosforin pitoisuuksien kasvussa, joka viittaa siihen, että rejektiveden mukana prosessiin palaa fosforia liukoisessa muodossa normaalia kuormitusta enemmän. Tässä tulee ottaa huomioon myös tulevan veden pitoisuudet, jotka omalta osaltaan vaikuttavat esiselkeytyksen fosforipitoisuuksiin.

Online-mittareiden avulla pystyttiin helposti seuraamaan liukoisen fosforin määrää ja reagoimaan tarvittaessa. Tuloksia analysoidessa kokoomanäytteissä olevat fosforipitoisuudet eroavat online-mittareiden tuloksista. Erityisesti esiselkeytyksen kohdalla kokoomanäytteissä liukoisen fosforin pitoisuudet ovat huomattavasti korkeammat kuin online-mittareiden tulokset (Liite 3). Lähtevän veden online-mittari on toiminut moitteettomasti, mutta esiselkeytyksen ja hiekkasuodatusta ennen olevissa online-mittareissa on ollut toimivuuden kanssa

ongelmia. Kokoomanäytteiden pitoisuudet ovat analysoidessa luotettavampia kuin online-mittareiden tulokset.

Koetiivistämön pitoisuuksissa oli huomattavia eroavaisuuksia koejakson alussa sekä lopussa otetun näytteen välillä (Taulukko 3, luku 4.2). Sähkönjohtavuudessa tai pH:ssa ei ollut havaittavissa suuria muutoksia. Kiintoaineen, kokonaistypen, BOD7(ATU):n sekä COD(Cr) kohdalla pitoisuudet kolmin- ja nelinkertaistuivat. Fosforin pitoisuus vuorostaan kasvoi seitsenkertaiseksi ensimmäisen näytteen fosfori pitoisuuteen verrattaessa. Tiivistämön fosforin määrä oli tulevan veden kokonaisfosforin pitoisuutta suurempi (Taulukko 3, luku 4.2 & Liite 1).

Analysoitavista tiivistämöiden tuloksista puuttuu koejakson aloituspäivänä otettu näyte toisesta tiivistäjästä. Tutkimuksen luotettavuuden kannalta olisi ollut hyvä ottaa myös koetiivistämön lisäksi toisesta tiivistäjästä näyte, josta olisi voitu nähdä lähtötilanne tiivistämön 1 pitoisuuksista. Koejakson loputtua koetiivistämön sekä toisen tiivistämön pitoisuudet olivat lähes samoja etenkin kiintoaineen BOD7(ATU), COD(Cr) sekä kokonaistypen osalta.

Sisäistä kuormitusta on havaittavissa Bio-P kokeilusta aiheutuen (Taulukko 4, luku 4.3). Tulevan veden kuormitukseen verrattaessa sisäisen kuormituksen määrä ei ole kuitenkaan erityisen suuri. Sisäisen kuormituksen määrä on noin 12 % tulevan veden kokonaisfosfori kuormituksesta. Perinteisemmän käytössä olevan kemiallisen saostuksen aikana sisäistä kuormitusta oli havaittavissa alle 0,5 %.

Puhdistustuloksiin vaikuttaa myös puhdistamolle tulevan veden laatu. Tästä esimerkkinä 23.6.2021 kokoomanäytteissä jäätiin ympäristöluvan käsittelymääräyksistä COD(Cr):n, BOD7(ATU):n, kiintoaineen sekä kokonaisfosforin jäännöspitoisuuden kohdalta. Poistotehot kiintoaineen ja kokonaisfosforin osalta jäivät vajaiksi. Tällöin puhdistamolle tuli voimakkaasti humuspitoista vaneritehtaan hautomovesialtaan tyhjennysvettä, joka osaltaan on heikentänyt puhdistustuloksia.

Bio-P-prosessin vuoksi on tärkeää pitää häiriötilanteet minimissä varsinkin linkojen suhteen. Linkojen säännölliseen kunnossapitoon tulisi kiinnittää huomiota ja mahdollisiin vikatiloihin reagoida nopeasti, jotta lietteen viipymä pysyisi riittävän pienenä, eikä fosforia vapautuisi takaisin liukoiseen muotoon pitkän viipymän vuoksi. Rejektiveden parantaminen on tärkein tehtävä sisäisen kuormituksen vähentämiseksi, jotta päästään ympäristöluvan määrittämiin puhdistustuloksiin. Suuret rejektiveden pitoisuudet lisäävät Bio-P-prosessin kuormittavuutta, joka heikentää fosforinpoiston tehoa.

Isommilla jätevedenpuhdistamoilla ympärivuorokautinen lietteenkuivaus auttaa hallitsemaan lietteiden viipymää. Kohdepuhdistamolla tämä ratkaisu ei ole ideaalein vaihtoehto henkilöstöjärjestelyiden vuoksi. Parannusehdotuksena voitaisiin harkita rejektivesien käsittelyä kemiallisesti saostamalla.

Primääri- ja ylijäämalietteitä olisi hyvä ajaa erikseen, jotta ylijäämalietteeseen sitoutunut fosfori ei vapautuisi lietteenkäsittelyssä. Erikseen ajo mahdollistaisi fosforin talteenoton ylijäämalietteestä, mikä vähentäisi rejektivesien mukana palaavan fosforin määrää. Pidempiä aikoja lietteiden erikseen ajo on kuitenkin haastavaa, sillä aikaisemmassa Bio-P-kokeilussa kohdepuhdistamolla lietteitä erikseen ajettaessa primääriliete ei laskeutunut kunnolla ja oli liian paksua, jolloin lietelingot eivät pystyneet linkoamaan. Ylijäämalietteestä ei vuorostaan saatu tarpeeksi momenttia, jotta lietelingot olisivat toimineet.

Tertiäärikäsittelyn avulla fosforipitoisuus saadaan tarpeeksi alhaiseksi lähtevässä vedessä. Bio-P-koejaksoa varten PAC:in ja polymeerin syöttöä prosessin loppupäähän lisättiin hieman. Prosessiin lisättiin PAC:in syöttöä 2 l/h/per linja. Kun ferrisulfaatin syöttö lopetettiin, polymeerin syöttöä nostettiin noin 30–40 l/h/per linja.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulevaisuudessa fosforinpoiston lupamääräykset tulevat kiristymään ja tulevan veden fosforipitoisuudet lisääntymään, joten hyvin toimivat fosforinpoistomenetelmät ovat yhä tärkeämpiä. Paljon kemikaalia sisältävä liete ei ole lietteen jatkohyödyntämiselle otollista. Saostuskemikaalien syötön optimointi säästäisi kemikaalikustannuksissa.

Biologisella fosforinpoistolla ei kuitenkaan pystytä korvaamaan kemiallista saostusta kokonaan. Kohdepuhdistamolla Bio-P soveltuu parhaiten käytettäväksi kesäaikaan. Talvella veden lämpötilan laskiessa nitrifikaatio tarvitsee enemmän allastilavuutta toteutuakseen kunnolla, joka taas vastaavasti heikentää denitrifikaation tehokkuutta, jolloin Bio-P bakteerit eivät toimi.

Kemikaalien syötön vähentyessä tiivistämöiden ja esiselkeytyksen fosforipitoisuudet nousivat. Koejakson loputtua pitoisuudet olivat kasvaneet. Biologinen fosforinpoisto aiheuttaa jonkin verran sisäistä kuormitusta. Tulevan veden kokonaisfosfori kuormitukseen verrattaessa rejektivedestä aiheutuva sisäinen kuormitus on kuitenkin suhteellisen pientä (12 %). Tiivistämöiden suuriin pitoisuuksiin koejakson lopussa on syynä lietteen liian pitkä viipymä, jolloin fosforia vapautui takaisin liukoiseen muotoon. Koejakso osui viikonlopun väliin, jolloin kohdepuhdistamolla ei tehdä lietteen kuivausta.

Tiivistämöiden ja esiselkeytyksen suurista pitoisuuksista huolimatta lähtevän veden puhdistustulokset olivat hyvät ja kaikilta osin ympäristöluvan lupamääräysten mukaisella tasolla. Jopa kokonaistypen osalta poistoteho oli huomattavasti parempi. Analysoinnissa tulee huomioida kesäajan lämpötilat, jotka vaikuttavat osaltaan hyvään kokonaistypen poistotehoon.

Tulokset eivät ole täysin luotettavia, sillä kyseessä oli lyhyt koejakso. Pidemmän aikavälin koejaksolla olisi pystynyt analysoimaan enemmän muun muassa fosforipitoisuuksia prosessin eri vaiheissa, tiivistämöiden pitoisuuksia ja puhdistustehoa. Koejakso osui kesäaikaan, joka soveltuu parhaiten Bio-P-prosessin toteutukseen.

Tiivistämöistä tulisi ottaa säännöllisesti näytteet, jotta voidaan verrata kemiallisen saostuksen pitoisuuksia Bio-P:n aiheuttamiin pitoisuuksiin. Tulosten luotettavuutta olisi lisännyt, jos fosforipitoisuuden online-mittari ennen hiekkasuodatusta olisi ollut toiminnassa, sillä nyt ei ole tietoja fosforin pitoisuuksista biologisen osan jälkeen varsinaisen koejakson päivien ajalta. Loppupäähän prosessia meni kemikaalia, mikä tarkoittaa, että lähtevä vesi ei ole pelkästään Bio-P:n ansiosta puhdistettua vettä. Ilman kemikaalien lisäystä prosessin loppuun lähtevän veden pitoisuudet olisivat todennäköisesti olleet suuremmat.

Seuraavaksi voitaisiin testata Bio-P-prosessin toteuttamista pidemmällä koejaksolla. Pidempi koejakso antaa paremman kuvan biologisen fosforinpoiston soveltuvuudesta kohdepuhdistamolle sekä sisäisen kuormituksen syntyvyydestä prosessiin.

Lähteet

Aluehallintovirasto (2013), Päätös: Ympäristösuojelulain mukainen hakemus, joka koskee Huittisten, Punkalaitumen ja Sastamalan jätevesien yhteiskäsittelyä Pappilanniemen saneerattavalla jätevedenpuhdistamolla, Huittinen [124-2015-2.pdf](#)

Cao Ye Shi (2011). Biological Phosphorus Removal Activated Sludge Process in Warm Climates. [Biological Phosphorus Removal Activated Sludge Process in Warm Climates | eBooks Gateway | IWA Publishing \(iwaponline.com\)](#)

Halinen Anna (2021). Rinnakkaissaostuksesta biologiseen fosforinpoistoon Case Huittisten Puhdistamo Oy [PowerPoint-esitys \(prizz.fi\)](#)

Henze, M., Harremoës., Cour Jansen, J. la, Arvin, E. 2002. Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes. 3rd edition. s.110

Huittisten Puhdistamo Oy (2021). Biologinen fosforin poisto (bio-P) [Puhdistamo - HuittistenPuhdistamo](#)

HyXo Oy, Dynasand (2021) – Jatkuva toiminen hiekkasuodatin [untitled \(hyxo.fi\)](#)

Kabata, Laura (2021). Biologinen puhdistus [Biologinen puhdistus | Jätevedenpuhdistus \(wordpress.com\)](#)

Kabata, Laura (2021). Kemiallinen puhdistus [Kemiallinen puhdistus | Jätevedenpuhdistus \(wordpress.com\)](#)

Kati Berninger, Tanja Pihl, Pirkko Kasanen, Anna Mikola, Oras Tynkkynen ja Riku Vahala (2017). Jätevesien fosfori hyötykäyttöön – teknologioita ja ohjauskeinoja [Microsoft Word - Jätevesienfosforihyötykäyttöön_3008201.docx \(valtioneuvosto.fi\)](#)

Kemira, Jätevesi, 2021 [Jätevesi - Kemira](#)

KVVY Tutkimus Oy (2020), Huittisten Puhdistamo Oy:n jätevedenpuhdistamon käyttö- ja päästötarkkailun vuosiyhteenveto 2020 [Huitt vyy 2020.pdf](#)

Lopez-Vazquez, C.M., Oehmen, A., Hooijmans, C.M., Brdjanovic, D., Gijzen, H.j., Yuan, Z. & van Loosdrecht, M.C.M. (2019). Modeling the PAO-GAO competition: Effects of carbon source, pH and temperature. [Combining partial nitrification and post endogenous denitrification in an EBPR system for deep-level nutrient removal from low carbon/nitrogen \(C/N\) domestic wastewater - ScienceDirect](#)

Mämmelä, Joonas (2013). Jätevesipilotin käyttöönotto [Jätevesipilotin käyttöönotto - Theseus](#)

Pihl, Tanja (2019). Nyt kehitetään kiivaasti fosforin edullista talteenottoa jätevesistä, Kuntatekniikka [Nyt kehitetään kiivaasti fosforin edullista talteenottoa jätevesistä - Kuntatekniikka](#)

Pikkarainen, Johan (2017). Jätevedenpuhdistamon kuormitusmuutokset [Pikkarainen Johan.pdf \(theseus.fi\)](#)

Pitkäjärvi, Sakari (2020). Rinnakkaissaostuksesta biologiseen fosforinpoistoon [_ \(tuni.fi\)](#)

Reuna, Sini (2015). Fosforin jälkisaostus ja saostuskemikaalien kierrätys [URN:NBN:fi:jyu-201801151190.pdf](#)

Scurggs, C., Barnard, J. & Saayman, G.(2003). GAOs OR SECONDARY RELEASE Causes Prevention of EBPR Failure, Proceedings of the Water Environment Federation, Vol 2003(11):599-619. [\(5\) \(PDF\) GAOs OR SECONDARY RELEASE? Causes & Prevention of EBPR Failure \(researchgate.net\)](#)

Seviour, R.J., Mino, T. & Onuki, M. (2003). The microbiology of biological phosphorus removal in activated sludge systems. [The microbiology of biological phosphorus removal in activated sludge systems - ScienceDirect](#)

Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry, (2021). Jätevesiopas, Jäteveden ABC. [Jäteveden ABC « Jätevesiopas \(vesiensuojelu.fi\)](#)

Suomen ympäristökeskus SYKE, (julkaistu 2013, päivitetty 2019). Haja-asutuksen jätevesihuollon käsitteitä [Puhdistamosivusto jätevesien käsittelymenetelmistä > Haja-asutuksen jätevesihuollon käsitteitä \(ymparisto.fi\)](#)

Suomen ympäristökeskus SYKE, (julkaistu 2018, päivitetty 2019). Yhdyskuntien jätevesien kuormitus vesiin [Yhdyskuntien jätevesien kuormitus vesiin - ymparisto.fi](#)

Säkylä, J. & Vilpas, R. (2012). Yhdyskuntien jätevesien puhdistus 2010, [SYKEra 21 2012.pdf \(helsinki.fi\)](#)

Sääluoto, Kimmo (2015). Struviitin valmistus, Euroopan aluekehitysrahasto, Vipuvoimaa EU:lta [Struviitin-valmistus.pdf \(hamk.fi\)](#)

Tchobanoglous, G., Stensel, H.D., Tsuchihashi, R., Burton, F.L., Abu-Orf, M., Bowden, G., Pfrang, W. & Metcalf & Eddy (2014). Wastewater engineering: Treatment and Resource Recovery.

Turun seudun puhdistamo Oy, Hiekkasuodatus, 2016 [Hiekkasuodatus – Turun seudun puhdistamo](#)

Vesihuoltopooli (2020). Kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen [kemiallisen saostuksen huoltovarmuuden parantaminen.pdf \(vvy.fi\)](#)

Virtanen, Satu (2014). Typenpoiston nitrifikaatio- ja denitrifikaationopeudet jätevedenpuhdistusprosessissa [Virtanen Satu.pdf \(theseus.fi\)](#)

Zhao, J., Wang, X., Li, X., Jia, S., Peng, Y. (2018). Combining partial nitrification and post endogenous denitrification in an EBPR system for deep-level nutrient removal from low carbon/nitrogen (C/N) domestic wastewater. [Combining partial nitrification and post endogenous denitrification in an EBPR system for deep-level nutrient removal from low carbon/nitrogen \(C/N\) domestic wastewater - ScienceDirect](#)

Liite 1: Huittisten Puhdistamo Oy:n tulevan veden pitoisuudet ja kuormitukset vuonna 2021

Tulevan veden pitoisuudet kokoomanäytteistä.

Kokoomanäytteet	pH	Sähkönjoh- tavuus mS/m	COD (Cr) mg/l	BOD7 (ATU) mg/l	Kokonaisfos- fori mg/l	Kokonais- typpi mg/l	Kiintoai- ne mg/l
14.1.2021	7,2	110	560	280	7,5	56	220
11.2.2021	7,2	110	750	370	9,3	61	300
23.2.2021	7,1	87	610	310	7,9	49	270
24.3.2021	7	92	760	380	8,8	58	360
7.4.2021	7	57	370	190	5,6	33	160
27.4.2021	7,2	77	630	320	7,2	38	300
11.5.2021	7,1	84	640	380	8,9	52	340
26.5.2021	7	69	530	240	5,2	34	250
8.6.2021	7,1	77	750	280	7,5	51	370
23.6.2021	7	92	930	420	12	61	260
21.7.2021	7	100	1100	580	16	79	440

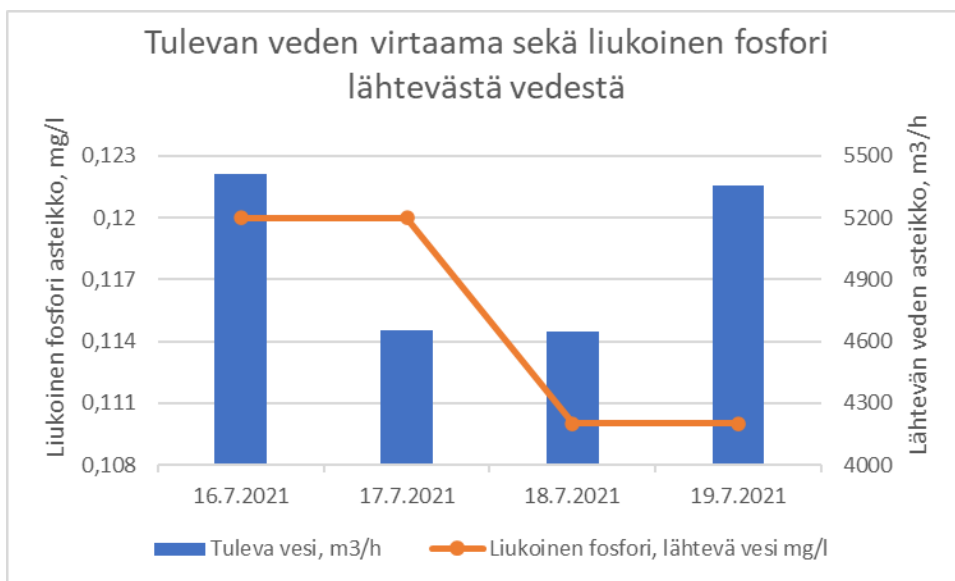
Tulevan veden kuormitukset kokoomanäytteistä.

Kokoomanäytteet	COD(Cr) kg/d	BOD7(ATU) kg/d	Kokonaisfosfori kg/d	Kokonaistyyppi kg/d	Kiintoaine kg/d
14.1.2021	4520	2260	61	450	1790
11.2.2021	5510	2720	68	440	2220
23.2.2021	5190	2670	68	420	2300
24.3.2021	7170	3550	83	550	3390
7.4.2021	5150	2640	77	450	2250
27.4.2021	5750	2930	66	340	2700
11.5.2021	5970	3550	84	490	3170
26.5.2021	6390	2970	63	410	3000
8.6.2021	6000	2280	60	410	2920
23.6.2021	7010	3180	86	460	1940
21.7.2021	5640	3020	81	410	2280

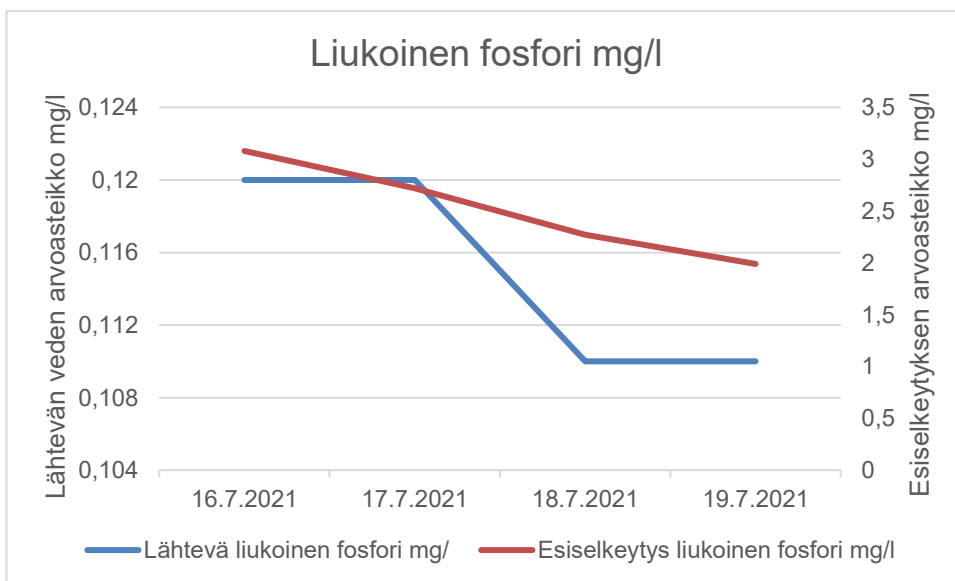
Liite 2: Huittisten Puhdistamo Oy:n lähtevän veden pitoisuudet vuonna 2021

Kokooma- näytteet	pH	Sähkönjoh- tavuus mS/m	COD(Cr) mg/l	BOD7(ATU) mg/l	Kokonais- fosfori mg/l	Kokonais- typpi mg/l	Kiintoai- ne mg/l
14.1.2021	6,8	101	29	2,7	0,36	34	6,8
11.2.2021	6,5	91,6	25	<2	0,057	35	3
23.2.2021	5,6	79,5	17	<2	0,08	33	3,8
24.3.2021	6,6	87,3	28	4,2	0,3	33	8
7.4.2021	6,4	52,8	15	<2	0,074	22	2
27.4.2021	6,7	79,9	18	<2	0,089	24	3,4
11.5.2021	6,8	68,9	32	4,6	0,16	22	5,7
26.5.2021	6,7	45,8	21	<2	0,081	6	4
8.6.2021	6,9	58,2	21	2,7	0,078	8,4	4
23.6.2021	7,1	68,3	92	18	1,7	14	15
21.7.2021	7	58,7	30	<2	0,11	6,1	4,2

Liite 3: Fosforipitoisuudet eri prosessin vaiheista



Liukoinen fosfori online-mittareilla mitattuna koejakson aikana esiselkeytyksestä ja lähtevästä vedestä.



Kokoomanäytteistä kerätyt tiedot fosfori pitoisuuksista esi- ja väliselkeytyksessä.

