

Teppo Ryhänen

Selektorin häiriöt aktiivilietelaitoksella

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinööryö

26.9.2016

Tekijä(t) Otsikko	Teppo Ryhänen Selektorin häiriöt aktiivilietelaitoksella
Sivumäärä Aika	38 sivua 26.9.2016
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Bio- ja elintarviketekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori Mikko Halsas Työnjohtaja Kari Hämäläinen
<p>Opinnäytetyössä tutkittiin Stora Enson Heinolan Flutingtehtaalla käytössä olleen jäteveden puhdistusprosessin osan, selektorin, käytöstä aiheutuvien ongelmien syitä. Jätevesilaitoksen toimintaa tarkasteltiin prosessin mittausdatan ja laboratorion suorittamien prosessianalyysien perusteella. Työssä pyrittiin löytämään ratkaisuja selektorin käytön jatkamiseen.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käytiin läpi Heinolan Flutingtehtaan jätevesiprosessin laitteistoa, sen puhdistustehokkuutta ja kuormituslähteitä. Lisäksi työssä etsittiin kirjallisuudesta viitteitä selektorin yleisimmistä ongelmista.</p> <p>Jäteveden puhdistusprosessin tutkiminen jälkikäteen ainoastaan mittausarvojen perusteella oli hyvin haastavaa. Prosessissa tapahtuvien muutosten vaikutusmekanismit jäivät helposti löytämättä, koska kaikkia olosuhteisiin vaikuttavia muuttujia ei tiedetä. Kirjallisuudesta ei löytynyt selkeää syytä selektorin aiheuttamiin häiriöihin. Tarkempien tulosten saamiseksi olisi tarpeen tehdä lisätutkimuksia häiriöiden selvittämiseksi.</p> <p>Lisäselvityksien tekeminen edellyttäisi täyden mittakaavan koeajoja selektorin ollessa käytössä. Silloin olisi helpompi huomata prosessin muutoksien vaikutukset puhdistustehokkuuteen.</p>	
Avainsanat	Aktiivilietelaitos, selektori, jätevesi

Author(s) Title	Teppo Ryhänen Problems at the selector of the activated sludge plant
Number of Pages Date	38 pages 26 September 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Food Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Mikko Halsas, Senior Lecturer Kari Hämäläinen, Supervisor
<p>The objective of this thesis was to examine problems relating to a selector - which is a part in the wastewater treatment process, at Stora Enso Fluting factory in Heinola. The operations of the wastewater treatment plant were analysed using collected data and different process analyses of their laboratory. The aim of this thesis was to find solutions that help to continue using the selector.</p> <p>In the theoretical part of this thesis, I analysed the wastewater treatment machinery of Heinola Fluting plant, the effectiveness of the machinery and the strains that the machinery faces in daily use. Also, pre-existent literature was used, trying to find the most common problems relating to a selector.</p> <p>The examination of the wastewater cleaning process - using only statistical measures of data - turned out to be very difficult. The actual variables of the process can easily be missed, because all the variables that influence the conditions of the process, are not known. In the literature that was studied, there were no evident causes for the problems caused by the selector. In order to achieve more accurate results, further research is needed.</p> <p>In order to further research the issues with the selector, there should be complete trial runs with an active selector. With trial runs, more accurate results would be possible to achieve - by changing the process and reviewing the end results.</p>	
Keywords	Activesludge, selector, wastewater

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Toimeksiantaja	2
2.1	Stora Enso Oyj	2
2.2	Heinolan Flutingtehdas	2
3	Aktiivilieteprosessi	2
4	Aktiivilieteprosessi Heinolan Flutingtehtaalla	4
4.1	Etuselkeytys	4
4.2	Selektori	4
4.3	MBP-reaktori	5
4.4	Ilmastus	5
4.5	Jälkiselkeytys	6
4.6	Flotaatio	7
4.7	Tiivistin	7
4.8	Lietteen käsittely	9
4.8.1	Suotonauhapuristin	9
4.8.2	Linko	9
5	Jätevedet ja luparajat	10
5.1	Kuorimo	10
5.2	Haihduuttamo	10
5.3	Muut jätevedet	12
5.4	Luparajat	12
5.5	Jätevesipäästöt vesistöön	13
5.5.1	Kiintoaine	13
5.5.2	Fosfori	14
5.5.3	COD	15
6	Selektorin koeajo verrattuna täyden mittakaavan ajoon	16
6.1	Lietepitoisuus	16
6.2	Lieteindeksi	18
6.3	Lieteikä	19

6.4	pH	20
6.5	COD	22
6.6	Ravinteet	24
6.7	Jäteveden lämpötila ilmastuksessa	25
6.8	Laskeutuvuus	25
7	Pohdinta	28
	Lähteet	31

Lyhenteet ja termit

COD_{cr} Chemical Oxygen Demand, kuvaa jäteveden kemiallista hapenkulutusta

Fluting Aallotuskartonki

MBP Minimum Biosludge Process, Biologisen jätevedenpuhdistuksen osa-prosessi, jonka tavoitteena on tuottaa mahdollisimman vähän liettä

Reduktio prosentti

Puhdistuksen poistotehokkuutta ilmaiseva luku

Selektori Ilmastuksen ensimmäinen vaihe aktiivilieteprosessissa

SVI Lieteindeksi

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää selektorin ajoon liittyviä ongelmia. Selektori on biologisessa jätevedenpuhdistuksessa käytettävän aktiivilieteprosessin yksi vaihe. Stora Enson Heinola Flutingtehtaalla otettiin syyskuussa 2012 jätevedenpuhdistuksessa käyttöön ajomalli, jossa oli selektori mukana. Aiemmin selektorin tilalla käytettiin MBP-laitosta. Selektorin käytöllä oli tavoitteena tehostaa jäteveden puhdistusprosessia verrattuna MBP-laitokseen ja siten vähentää paisuntalietteen muodostumista.

Selektorin käytöstä oli tehtaalla tehty aiemmin pilottihanke pienemmässä mittakaavassa, ja siitä saatujen tulosten perusteella voitiin odottaa parantunutta puhdistustehokkuutta. Puhdistusteho parani selektorin käyttöönoton jälkeen COD_{cr}-reduktion osalta 30 %:sta 70 %:iin. Vähitellen tilanne ilmastuksessa kumminkin muuttui liukoisen COD:n osalta huonompaan suuntaan. Ilmastuksen COD-taso nousi korkealle, aiheuttaen lopulta luparajojen ylityksen jätevesipäästöissä. Selektori jouduttiin lupaehtojen saavuttamiseksi palauttamaan takaisin MBP-laitokseksi, minkä jälkeen liukoisen COD:n määrä laski vaaditulle tasolle. Näiden tapahtumien vuoksi tutkitaan mitkä asiat vaikuttivat kyseiseen prosessiin. Lisäksi pyritään etsimään sopivia ratkaisuja prosessin ongelma-kohtiin.

2 Toimeksiantaja

2.1 Stora Enso Oyj

Stora Enso toimii maailmanlaajuisesti pakkaus-, paperi-, biomateriaali- ja puuteollisuudessa. Stora Enson palveluksessa on tällä hetkellä 28 000 henkilöä ja tehtaita ja tuotantolaitoksia on 35 maassa. (1.)

Stora Enson vuosittainen tuotantokapasiteetti on 5,4 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia, 11,7 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia ja 5,6 miljoonaa kuutiometriä puutuotteita, josta 2,9 miljoonaa kuutiometriä on jatkojalosteita. Konsernin liikevaihto oli vuonna 2013 oli 10,5 miljardia euroa ja operatiivinen liikevoitto 578 miljoonaa euroa. (1.)

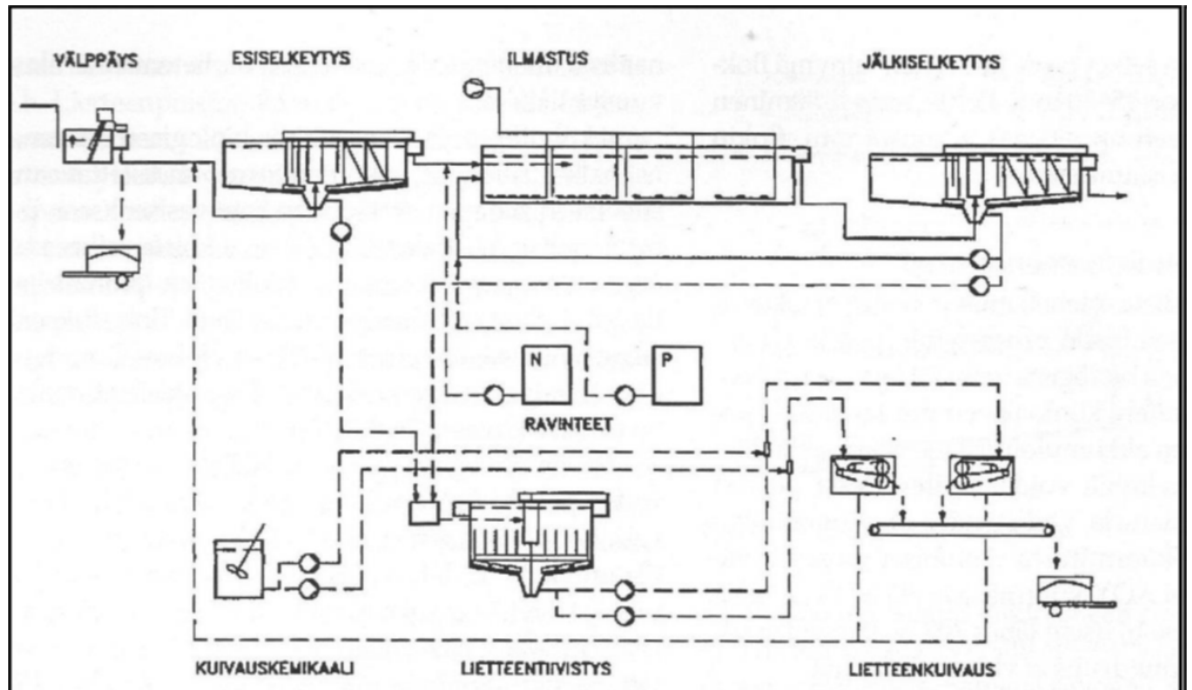
2.2 Heinolan Flutingtehdas

Heinolan Flutingtehdas on perustettu 1961. Tampella perusti tehtaan Heinolaan hyvän sijainnin takia. Tehdas tuottaa puolikemiallista flutingia eli aallotuskartonkia, jota käytetään pakkausteollisuuden raaka-aineena. Flutingia käytetään esimerkiksi hedelmien, vihannesten ja muiden ruokatarvikkeiden pakkauksissa sekä elektroniikkapakkausten ja erityisen vahvojen pakkausten valmistamisessa. Tällä hetkellä tehtaalla työskentelee noin 175 henkilöä. Heinolan Flutingtehdas koostuu sekä massa- että kartonkitehtaasta, ja sen vuosikapasiteetti on 300 000 tonnia. Tuotannosta suurin osa menee vientiin, suurimpia vientimaita ovat Espanja, Filippiinit, Italia ja Ruotsi. (2.)

3 Aktiivilieteprosessi

Aktiivilieteprosessi on yleisin biologinen puhdistusprosessi sekä kunnallisille että teollisuuden jätevesille ja vaikka siitä on olemassa monia erilaisia variaatioita, kaikki pro-

sessit noudattavat kuitenkin samaa peruseriaatetta (3.) Aktiivilieteprosessi voidaan jakaa mekaaniseen ja biologiseen osuuteen. Välppäys on ensimmäinen osa jäteveden puhdistusta ja siinä jätevedestä poistetaan suuret kiinteät kappaleet, jotka saattaisivat aiheuttaa ongelmia prosessin myöhemmissä vaiheissa. Etusielkeytyksessä tai esiselkeytyksessä kuten kuvassa 1, jätevedestä poistetaan pienempiä kiinteitä partikkeleita, öljyä ja rasvaa sekä osa orgaanisesta kuormituksesta (4).



Kuva 1. Aktiivilieteprosessin periaatekaavio (5).

Prosessin seuraavana vaiheena on ilmastus ja jälkiselkeytykset, jotka ovat aktiivilieteprosessin tärkeimmät vaiheet. Molemmat osaprosessit on suunniteltava yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, koska muutos ilmastuksessa vaikuttaa jälkiselkeyttimen toimintaan ja päinvastoin. (3.) Ilmastuksessa jätevettä käsitellään mikrobien avulla luomalla niille optimaaliset olosuhteet säätämällä pH:ta, hapen määrää, ravinteita ja kierrätettävän palautuslietteen määrää (6). Jälkiselkeytyksessä erotellaan ilmastuksessa kasvanut mikrobimassa ja puhdistunut jätevesi toisistaan painovoimaisella laskeutuksella. Prosessin nimi tulee jälkiselkeytyksestä poistettavan lietteen kierrätyksestä ilmastuksen alkuun. Silloin kun jälkiselkeytykset toimii halutulla tavalla, tämä biologisesti aktiivinen liete käynnistää tavoitellun biologisen prosessin. Tämä mahdollistaa ilmastuksen mikrobikannan säätelyn ilmastuksessa ja tehokkaan jätevesien puhdistuksen.

4 Aktiivilieteprosessi Heinolan Flutingtehtaalla

4.1 Etuselkeytyks

Etuselkeytyks on jätevedenpuhdistuksen ensimmäinen vaihe, jonne kuitupitoiset kanaalivedet ja lietteenkäsittelyn suodokset tulevat puskurina toimivan tasausaltaan kautta. Etuselkeytyksessä jätevedestä poistetaan kiinteitä partikkeleita, kuten kuori-, kuitu- sekä täyte- ja lisäaineita laskeuttamalla. Tästä muodostuvaa lietettä kutsutaan primäärilietteeksi. Kuidun ja muiden kiinteiden partikkeleiden poisto vähentää orgaanista kuormaa ilmastuksessa. Etuselkeyttimen kirkaste johdetaan liuotussäiliön kautta taussäiliöön, jossa jäteveteen lisätään puhdistusprosessissa tarvittavia ravinteita. Koska metsäteollisuuden jätevesien ravinnepitoisuus on yleensä alhainen, jäteveteen joudutaan lisäämään typpeä ja fosforia. (4.) Heinolantehtaalla liuotussäiliössä mukaan lisätään myös sekundäärilauhde. Liuotussäiliön jälkeen jäteveden pH säädetään sopivaksi seuraavia vaiheita varten.

4.2 Selektori

Selektori toimii ilmastuksen alku vaiheena ja se on suunniteltu suosimaan hyvin flokkeja muodostavien mikrobien kasvua ja vähentämään rihmamaisten bakteerien kasvua. Selektori voi olla erillinen reaktori, kuten Heinolassa, tai eristetty osa isompaa biologista reaktoria, joka on yleensä suunniteltu jätevesille, joissa on korkeat ravinnepitoisuudet. Selektorin bakteerikantaa voidaan syöttää jälkiselkeytyksen palautuslietteellä ja näin edistää tavoitellun kannan muodostumista.(7.) Tavoitteena on luoda riittävä biomassajätevesi-kontaktiaika, jotta tässä vaiheessa pystytään poistamaan merkittävä osa jäteveden hajoavista ravinteista. Jos 60–75 % jäteveden COD-kuormasta hajoaa selektorissa, flokin muodostajien myöhempi metabolia ja kasvu ovat riittäviä muodostamaan hyvin laskeutuvaa lietettä. (8.) Suositeltu kontaktiaika selektorissa on hyvin lyhyt. Korkean ravinnepitoisuuden omavissa systeemeissä rihmamaisten bakteerien kasvua voidaan ehkäistä, koska niiden kasvunopeuden oletetaan olevan alhaisempi kuin flokkeja muodostavien bakteerien.

Jotta bakteerien kasvuolosuhteet olisivat sopivat, yksi tärkeimmistä asioista on ylläpitää riittävää happipitoisuutta selektorissa. Hapen tehokas tuottaminen on tärkeää, koska liian pienellä ilmastusmäärällä on negatiivinen vaikutus lietteen laskeutuvuuteen. Ha-

pen mittausta tulisi sijoittaa selektorin alkuun, missä hapen kulutus on suurinta. (9.) Näin saadaan varmistettua riittävä happipitoisuus koko selektoriin. Jos liian suuren virtauksen ja sitä kautta liian lyhyen viipymän vuoksi COD:tä ei ehditä poistaa riittävästi, ilmastukseen menevä kuorma kasvaa, mikä suosii rihmamaisten bakteerien kasvua. (8.)

Selektoriin syötetään ilmaa pohjalla olevista putki-ilmastimista, ja tämän tarkoituksena on pitää liukoisen hapen määrä riittävänä aerobiselle toiminnalle. Selektoriin syötetään jäteveden lisäksi palautuslietettä jälkiselkeytyksestä, koska selektorissa on tarkoitus suosia niitä aktiivilietteen eliöitä, jotka laskeutuvat hyvin jälkiselkeytyksessä. Selektorin puhdistustehon määrittää hapen määrä reaktorissa.

4.3 MBP-reaktori

MBP-reaktori eli Minimum Biosludge Process toimii jätevedenpuhdistuksen toisena vaiheena, ja jätevesi syötetään siihen tasaussäiliöstä. Kun MBP-reaktori on käytössä, palautuslietettä ei johdeta MBP-reaktoriin vaan ilmastusaltaan alkuun. COD-reduktio on MBP-reaktorissa n. 30 %, kun selektorissa se on n. 70 % (tehdastietojärjestelmä). Niimensä mukaisesti MBP:n tarkoitus on tuottaa mahdollisimman vähän lietettä ilmastukseen.

4.4 Ilmastus

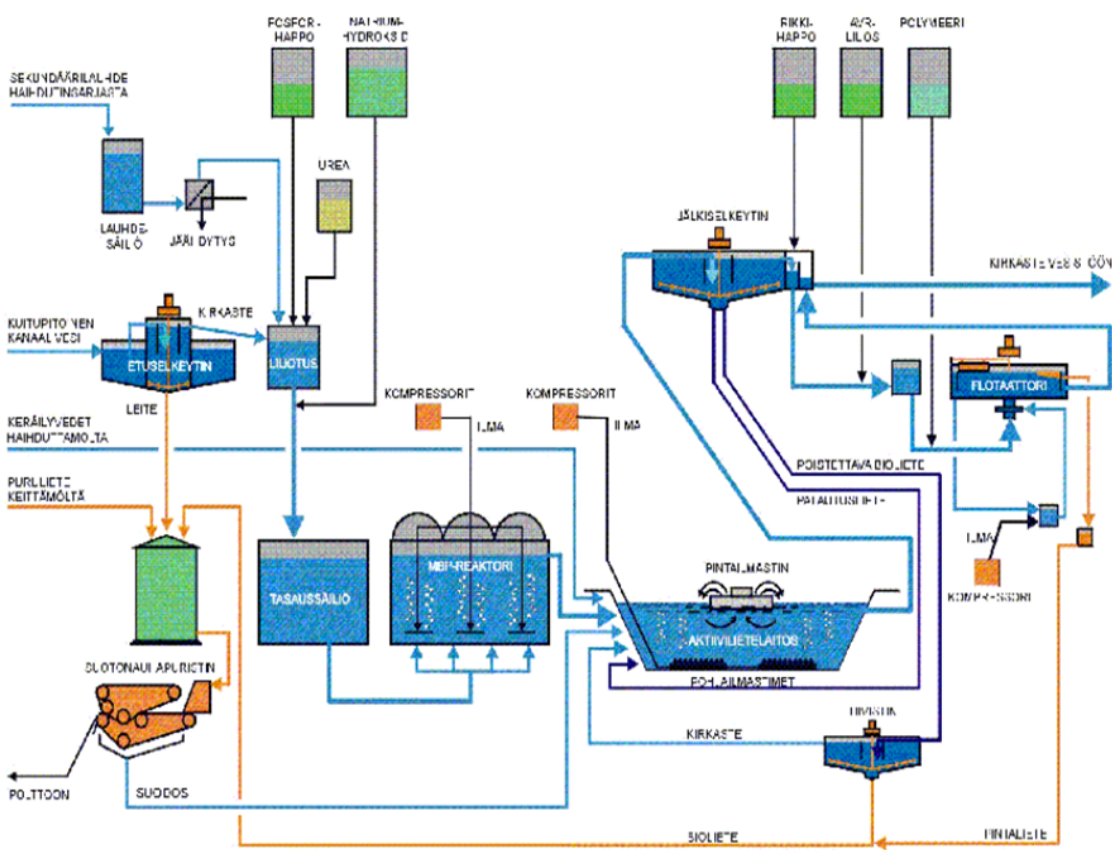
Jätevesien puhdistus mikrobien avulla tapahtuu pääasiassa ilmastuksessa. Jätevesi johdetaan ilmastukseen joko selektorin tai MBP-reaktorin kautta ja ilmastuksen alkuun syötetään myös varoaltaasta tuleva jätevesi sekä jälkiselkeytyksen palautusliete. Ilmastuksessa jäteveden sekaan puhalletaan ilmaa kompressoreilla. Ilma johdetaan jäteveden sekaan altaan pohjassa sijaitsevien ilmastusputkien kautta ylläpitämään riittävää happitasoa ilmastusaltaassa sekä sekoittamaan jätevettä tehokkaasti. Mikrobien kasvuun pyritään luomaan mahdollisimman hyvät olosuhteet säätämällä happitasoa, pH:tä, ravinnetasoa ja lämpötilaa. Mikrobit käyttävät jätevedessä olevia ravinteita kasvuunsa ja aineenvaihduntaan. Jäteveden liukoinen orgaaninen aine muuttuu biologisen toiminnan seurauksena kiintoaineeksi. Osa kiintoaineesta hajoaa hiilidioksiidiksi ja vedeksi. (10.)

4.5 Jätkiselkeytyt

Ilmastuksesta jätevesi pumpataan jätkiselkeytykseen, jossa siitä erotetaan kiintoaine ennen puhdistetun jäteveden johtamista laskuvesistöön. Kiintoaineen erottaminen nesteestä tapahtuu painovoimaa hyväksi käyttäen, jolloin vettä raskaamat hiukkaset painuvat pohjalle muodostaen lietettä altaan pohjalle. Osa lietteestä palautetaan takaisin ilmastusaltaan alkuun. Tällä lietteen kierrätyksellä aktivoidaan tuleva jätevesi oikeanlaisella mikrobikannalla, mistä tuleekin nimi aktiivilieteprosessi. (Kuva 2.)

FLUTINGTEHTAAN JÄTEVESILAITOKSET

YKSINKERTAISTETTU PERIAATEPIIRROS



Kuva 2. Yksinkertaistettu periaatepiirros Heinolan Flutingtehtaan jätevesilaitoksista. (11.)

Osa lietteestä poistetaan tiivistimelle ja sitä kautta pois prosessista ja poistettavan lietteen määrällä pystytään säätämään ilmastusaltaan kiintoainemäärää. Jätkiselkeytyksestä poistuva kirkaste johdetaan vesistöön tai flotaatioon. Runsaasti kiintoainetta si-

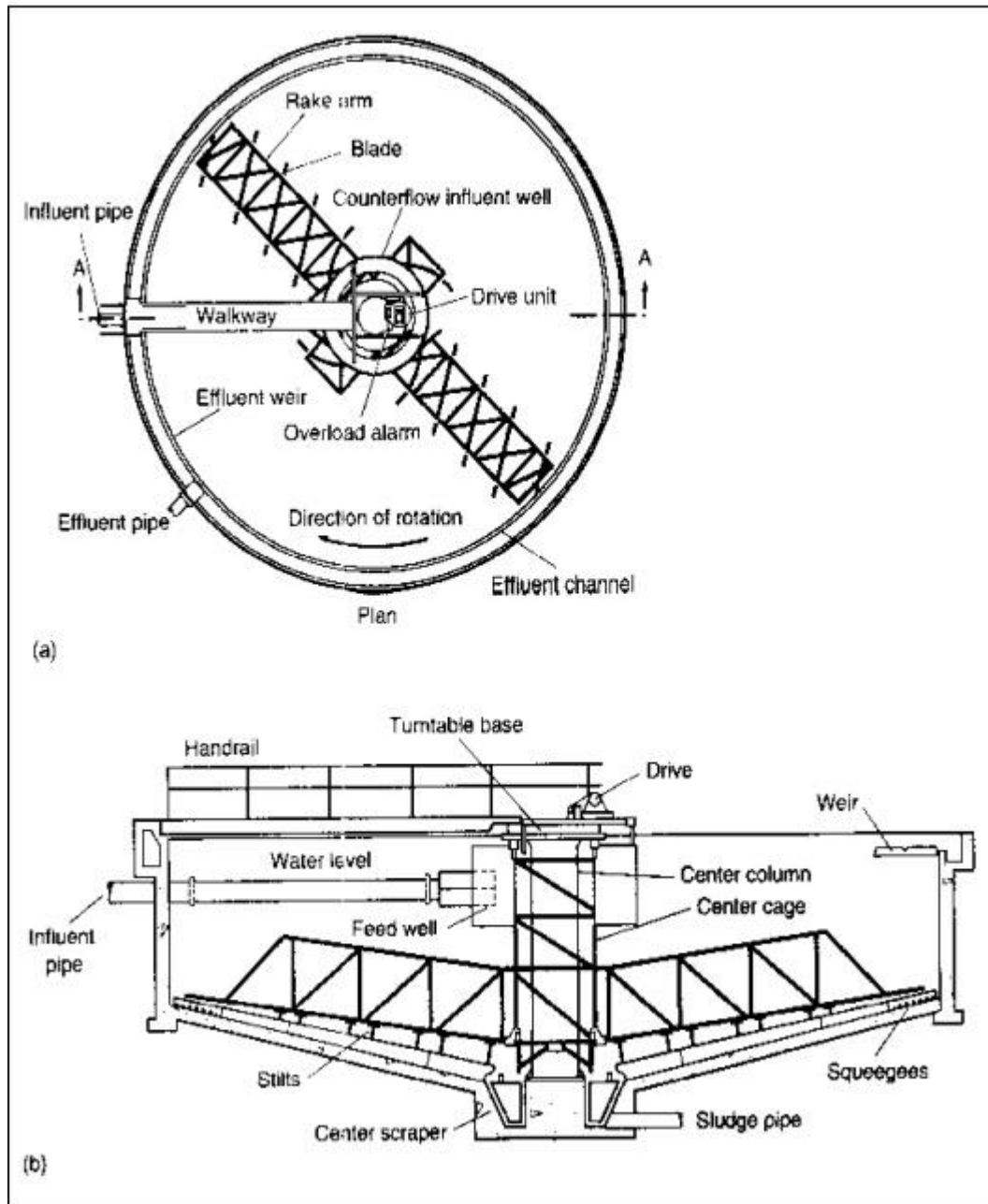
sältävä kirkaste johdetaan flotaatioon, jossa se käsitellään uudelleen kiintoaineen poistamiseksi.

4.6 Flotaatio

Flotaatiota käytetään poistamaan jälkiselkeyttimeltä kirkasteen mukana tullut kiintoaine. Kirkasteeseen pääsee ajoittain kiintoainetta huonosti laskeutuvan lietepatjan vuoksi, mihin ovat yleensä syynä huonosti laskeutuvat rihmaiset bakteerikasvustot. Flotaatiossa joudutaan oikeanlaisten toimintaolosuhteiden aikaan saamiseksi käyttämään runsaasti kemikaaleja. Koska tämä on kallista, pyritään flotaation käyttöä vähentämään luomalla aktiivilieteprosessissa hyvin laskeutuva lietekanta. Riittävää saostumista ei tapahdu, ellei jäteveden pH ole riittävän alhainen. Jäteveden pH:n laskemiseen käytetään rikkihappoa. Flotaation jälkeinen kirkaste johdetaan vesistöön ja flotatiossa poistettu liete pumpataan lietteen käsittelyyn.

4.7 Tiivistin

Jatkuvatoimisissa tiivistämissä on pohjalla hitaasti pyörivä laahain, joka auttaa veden erottumista lietteestä ja estää lietteen kiinnittymisen tiivistimen pohjalle (4). Laahaimen optimaalisen toiminnan kannalta tiivistimissä käytetään useimmiten pyöreitä altaita. (kuva 3.)



Kuva 3. Tiivistimen periaatekuva, pohja ja leikkaus. (12.)

Jälkiselkeytyksestä poistettavan lietteen käsittely alkaa tiivistimellä. Painovoimaisen lajittelun avulla liete jakautuu kahdeksi tuotteeksi, poistettavaksi lietteeksi ja pääasias-
sa vettä sisältäväksi ylitteeksi. Tiivistimen pohjalle painunut liete pumpataan lietesäili-
öön jatkokäsittelyä varten. Ylite pumpataan takaisin ilmastuksen alkuun.

4.8 Lietteen käsittely

Jäteveden puhdistusprosessissa syntyy sivutuotteena erilaisia lietteitä. Lietteiden käsittelyssä on usein vaikeuksia, jotka johtuvat siitä, että liete muodostuu jäteveden hankalimmista aineosista. Lietteen orgaaniset aineet ovat vaikeasti käsiteltävässä muodossa ja lietteen korkea vesipitoisuus, jopa 97–99 %, hankaloittaa käsittelyä ja nostaa kustannuksia. Lietteenkäsittelyn tarkoituksena on pienentää lietetilavuutta poistamalla lietteestä vettä. (4.) Heinolassa lietteitä tulee neljästä kohteesta: puruliete hakkeenpesusta, primääriliete etuselkeytyksestä, sekundääriliete tiivistimeltä ja tertiääriliete flotaatiolta.

4.8.1 Suotonauhapuristin

Suotonauhapuristinta käytetään purulietteen ja etuselkeyttimen lietteen kuiva-ainepitoisuuden nostamiseen, ja sille syötettävän lietteen kuiva-ainepitoisuus on n. 5 % ja puristuksen jälkeen keskimäärin 30 %. Suodos johdetaan puristimen jälkeen etuselkeyttimelle, mikä lisää prosessin sisäistä kuormaa. Kuivattu liete sekoitetaan turpeeseen ja kuorintajätteeseen ja sitä käytetään polttoaineena tehtaan omalla voimalaitoksella.

4.8.2 Linko

Linkoa käytetään tiivistimen ja flotaation lietteiden kuiva-ainepitoisuuden nostamiseen. Lietteiden kuiva-ainepitoisuus on ennen linkoa n. 1,4 % ja sen jälkeen kuiva-ainepitoisuus on keskimäärin 12 %. Lietettä on vaikea saada kuivemmaksi soluihin sitoutuneen veden takia. Solujen rikkominen veden vapauttamiseksi ei olisi taloudellisesti kannattavaa, toisaalta suuren energian kulutuksen vuoksi ja toisaalta, koska solujen rikkominen voisi vaikeuttaa linkoamista ja lisätä kemikaalien kulutusta. Linkon suodos johdetaan etuselkeyttimelle.

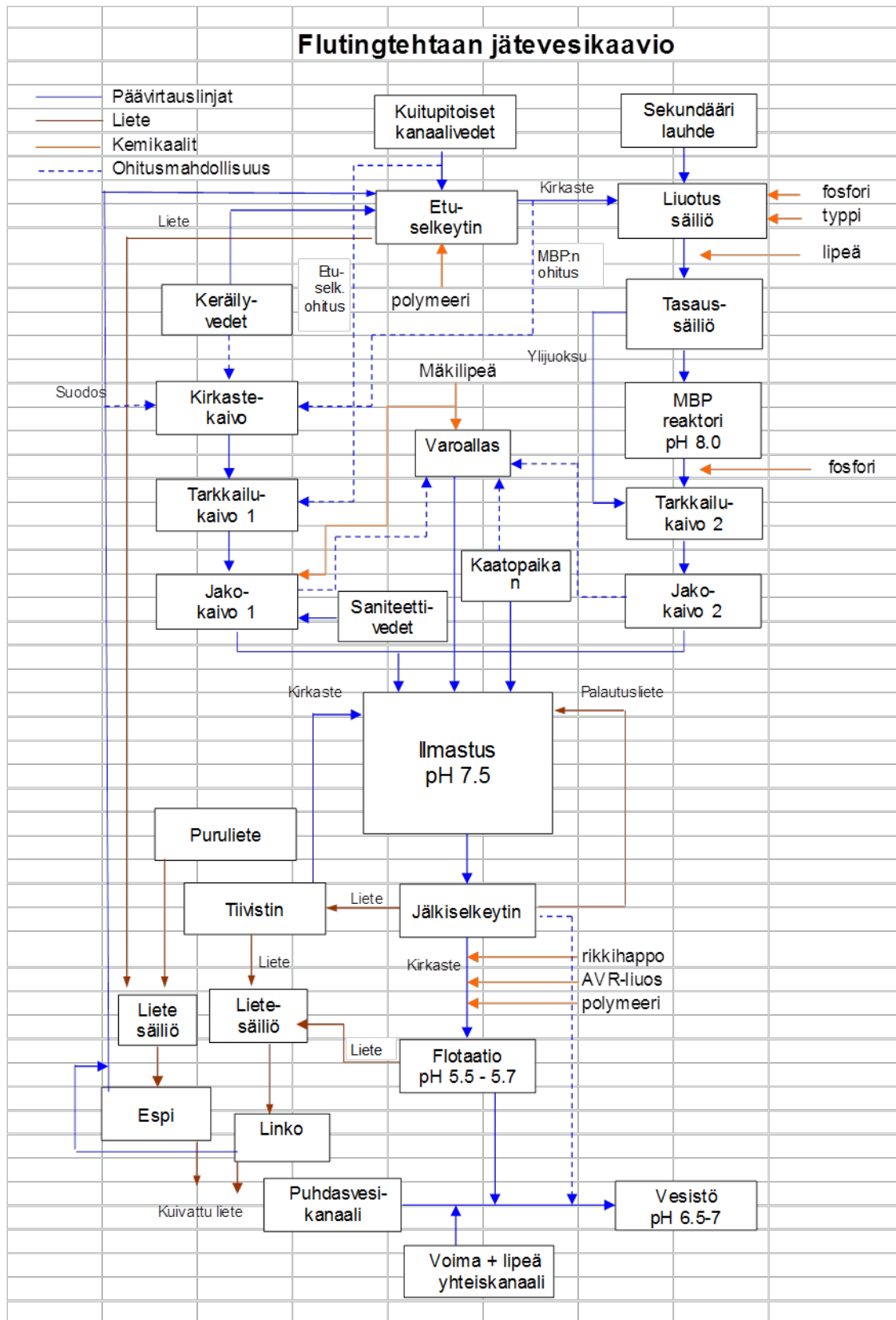
5 Jätevedet ja luparajat

5.1 Kuorimo

Kuorimon kautta tulevat sellu- ja kartonkitehtaan sekä likaiset että kuitupitoiset vedet. Kuorimolla on käytössä märkäkuorintamenetelmä, jossa käytetään huomattavan määrä vettä. Kuorimolta tulee suurin osa jätevesilaitoksen kiintoaineesta. Kuorimon jätevesissä on suuri määrä erikokoisia kiintoainepartikkeleita, jotka poistetaan jätevedestä ensin karkean seulan ja lopuksi etuselkeyttimen kautta. (13.)

5.2 Haihduttamo

Haihduttamolta tuleva jätevesi on pääasiassa sekundäärilauhdetta ja siinä on runsaasti helposti hajoavia orgaanisia yhdisteitä, lähinnä laimeaa etikkahappoa, eikä sitä pienestä kiintoainemäärästä johtuen tarvitse ajaa etuselkeytykseen. Sekundäärilauhde johdetaan liotussäiliön kautta suoraan puhdistuksen ensimmäiseen biologiseen vaiheeseen eli MBP-reaktoriin tai selektoriin, jos se on käytössä. (kuva 4.)



Kuva 4. Jätevesien- ja lietteenkäsittelyn kaavio. (14.)

5.3 Muut jätevedet

Suoraan jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaaseen johdetaan lipeä- ja voimalaitoksen runsaasti COD-kuormaa sisältävät keräilyvedet, lietteenkäsittelyn suodos- ja pesuvedet, saniteettivedet sekä syksystä 2007 lähtien myös uuden kaatopaikan täyttöalueen kaatopaikkavedet. Nämä vedet johdetaan suoraan aktiivilietelaitoksen ilmastusaltaaseen ilman biologista esikäsittelyä. (13.)

5.4 Luparajat

Heinolan Flutingtehtaalla on voimassa ympäristöluvan (Dnro ESAVI/72/04.08/2013) mukaiset jätevesien puhdistusvaatimukset. Tehtaan tulee tarkkailla jätevesilaitoksen laitteiden kuntoa ja puhdistustehokkuutta. Ympäristöluvan vaatimia päästöparametreja tarkkaillaan päivittäin. Lupaehtojen mukaiset päästörajat on esitetty taulukossa 1. COD_{Cr}:lle annettu vuorokausiarvo on häiriötilanteiden havaitsemisindikaattori. Häiriötilanteeksi katsotaan tilanne, jolloin COD_{Cr}:n vuorokausiarvo ylittyy tai sen arvioidaan ylittyneen.

Taulukko 1. Jäteveden luparajat Heinola Flutingtehtaalla (13.)

Päästö	Vuorokausiarvo	Kuukausikeskiarvo	Vuosikeskiarvo
BOD ⁷ kg O ₂ /d		1000	800
COD _{Cr} kg O ₂ /d	15000	5000	4000
Kiintoaine kg/d		1000**	650**
Fosfori kg/d		9	8
Typpi kg/d		110**	90**

* 3kk:n liukuva keskiarvo

** Tavoite

Heinolan Flutingtehtaan päästöt ovat olleet luparajojen sisällä vuosina 2004–2012. (taulukko 2). Jäteveden määrää on tuotannossa pyritty rajoittamaan erilaisilla teknisillä ratkaisuilla. Kiintoaineen, fosforin ja COD:n lupaehdot (kuukausikeskiarvot) ylittyivät lokakuussa vuonna 2010.

Taulukko 2. Jätevesikuormitus vuosikeskiarvona 2004 - 2012 (13.)

Vuosi	Vesistöön m ³ /d	Kiintoaine kg/d	COD kg/d	Fosfori kg/d	BOD kg/d	Typpi kg/d
2004	14 577	320	2 871	5,6	305	32
2005	11 101	413	2 921	5,7	423	45
2006	11 279	496	3 062	6,5	438	50
2007	10 096	526	3 178	5,8	452	39
2008	11 964	256	2 407	5	278	35
2009	10 818	426	2 778	5,1	361	33
2010	11 120	802	3 444	6,7	523	49
2011	10 714	506	3 247	6	591	33
2012	10 017	474	3 347	5,1	474	26

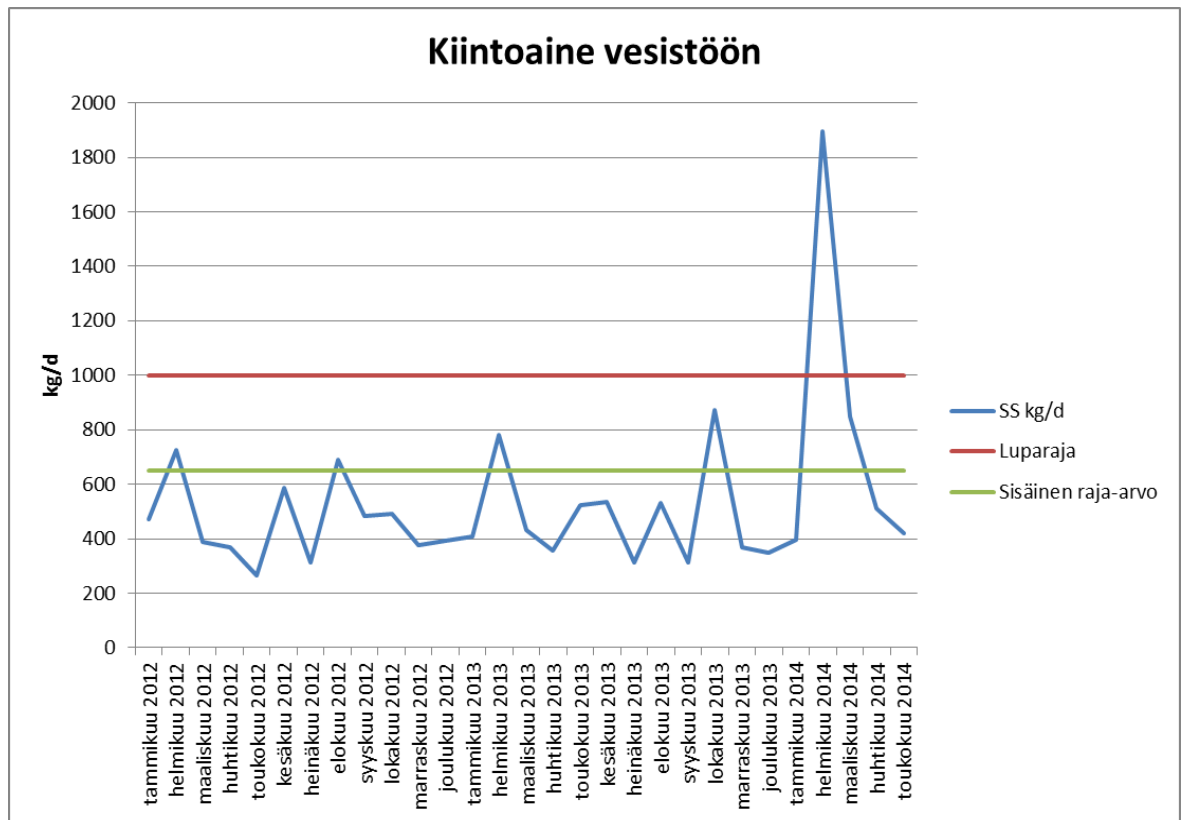
Jätevedenpuhdistamolla oli vuoden 2010 lokakuussa lietteen kuivausta vaikeuttavaa biologista limaa, mikä aiheutti myös kiintoaineen ylijuoksua. Syynä oli todennäköisesti jätevedenpuhdistamon muuntajan rikkoutumisen aiheuttamasta sähkökatkosta johtuneet ongelmat puhdistusprosessissa. Sähkökatkon seurauksena aktiivilieteallas oli 14 tuntia ilman happea. Lokakuun korkeiden kiintoainepäästöjen vuoksi myös marraskuun kiintoaineen liukuva keskiarvo ylittyi. Marraskuun lopun sähkökatkosta johtuen fosforin sekä kiintoaineen luparajat ylittyivät joulukuussa. (13.)

5.5 Jätevesipäästöt vesistöön

Tehtaan jätevesipäästöt vesistöön ovat pysyneet hyvällä tasolla tarkastelujakson aikana. Suurimmat ongelmat ilmenivät maaliskuussa 2014. Tämän tilanteen vuoksi selektori ajomallista päätettiin luopua. Jostain syystä ilmastuksen paisuntalietteen määrää ei saatu laskuun vaan tilanne pääsi kestävämmäksi.

5.5.1 Kiintoaine

Kiintoaineen päästötaso on pysynyt tarkastelujakson aikana pääsääntöisesti sisäisen raja-arvon alapuolella. Helmikuussa 2013 ja lokakuussa 2013 päästöt ylittivät sisäisen raja-arvon (650 kg/d), mutta eivät luparajaa. Luparajan ylitys tapahtui helmikuussa 2014. Vesistöön menevän kiintoaineen keskiarvo nousi lähes kahteen tuhanteen kiloon vuorokaudessa, kun luparaja on 1000 kg/d (kuva 5).

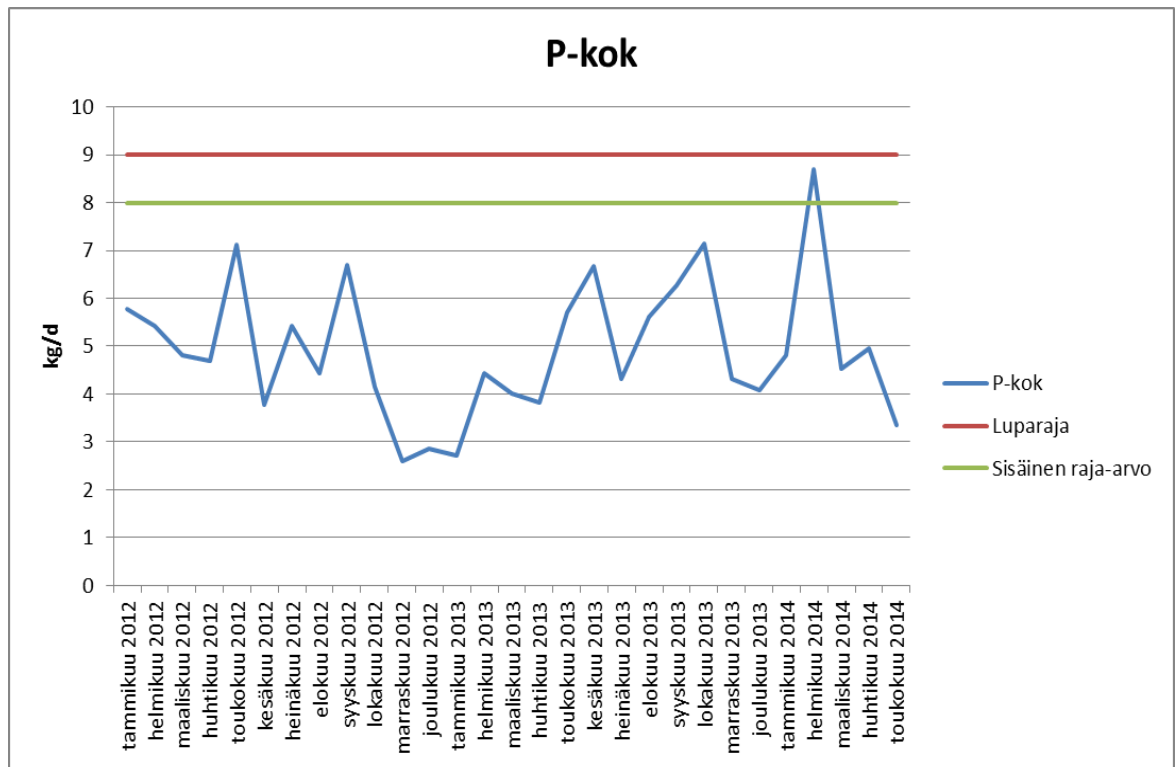


Kuva 5. Kiintoainepäästöt vesistöön kg/d

Kiintoaineen määrä laski maaliskuussa 2014, kun selektori otettiin pois käytöstä. Vaikutus oli nähtävissä seuraavien kuukausien aikana.

5.5.2 Fosfori

Fosforin määrä vesistöön johdettavassa puhdistetussa jätevedessä ei ole ylittänyt luparajoja kertaakaan tarkastelujakson aikana. Sisäinen raja-arvo ylittyi helmikuussa 2014, jolloin vesistöön menevän kiintoaineen mukana myös fosforin määrä lisääntyi vesistöön menevässä jätevedessä (kuva 6.)

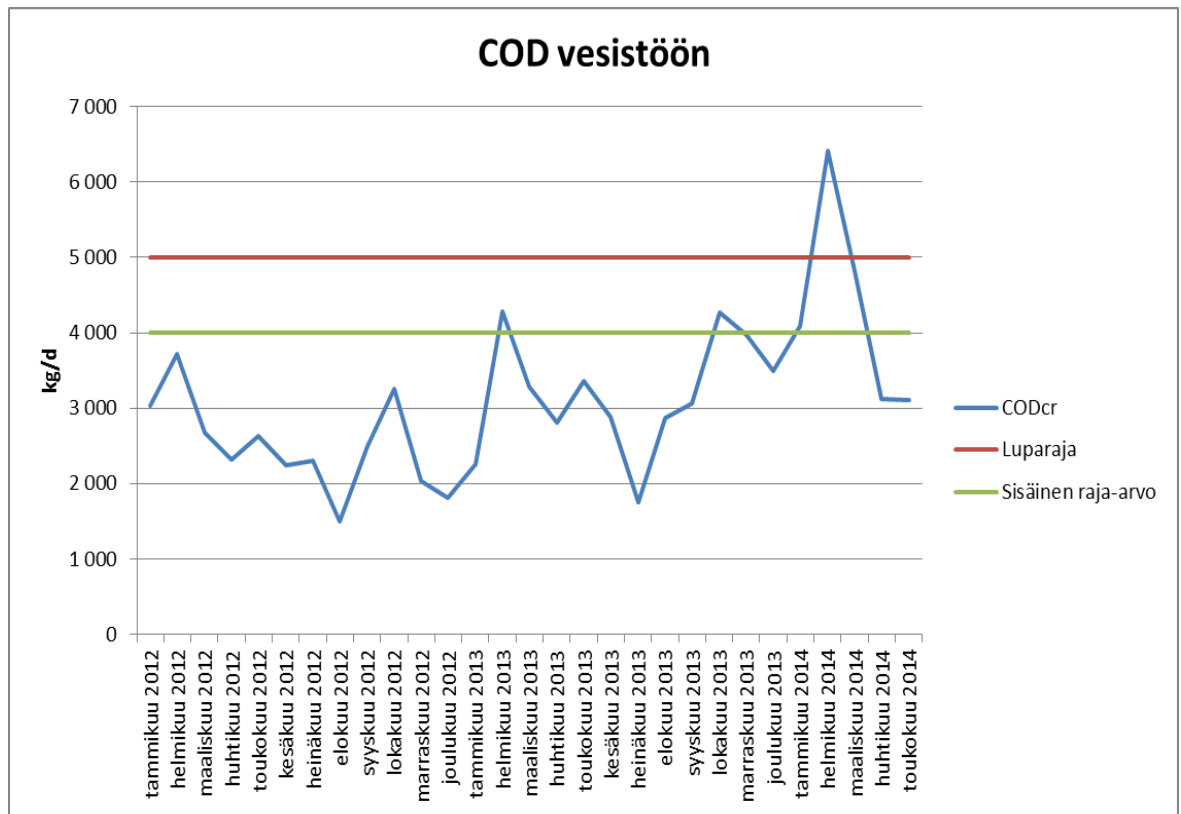


Kuva 6. Fosforin kokonaismäärä vesistöön kg/d

Koska metsäteollisuuden jätevesien ravinnepitoisuudet ovat luonnostaan alhaisia, voidaan fosforin määrää jätevesiprosessissa säädellä. Tämä on yksi syy, miksi fosforipitoisuudet pysyvät lupaehtojen sisällä.

5.5.3 COD

COD-päästöt vesistöön menevässä puhdistetussa jätevedessä ovat luparajojen sisällä, lukuun ottamatta helmikuuta 2014, jolloin COD-arvo oli keskimäärin 6417 kg/d (Kuva 7.) raja-arvon ollessa 5000 kg/d.



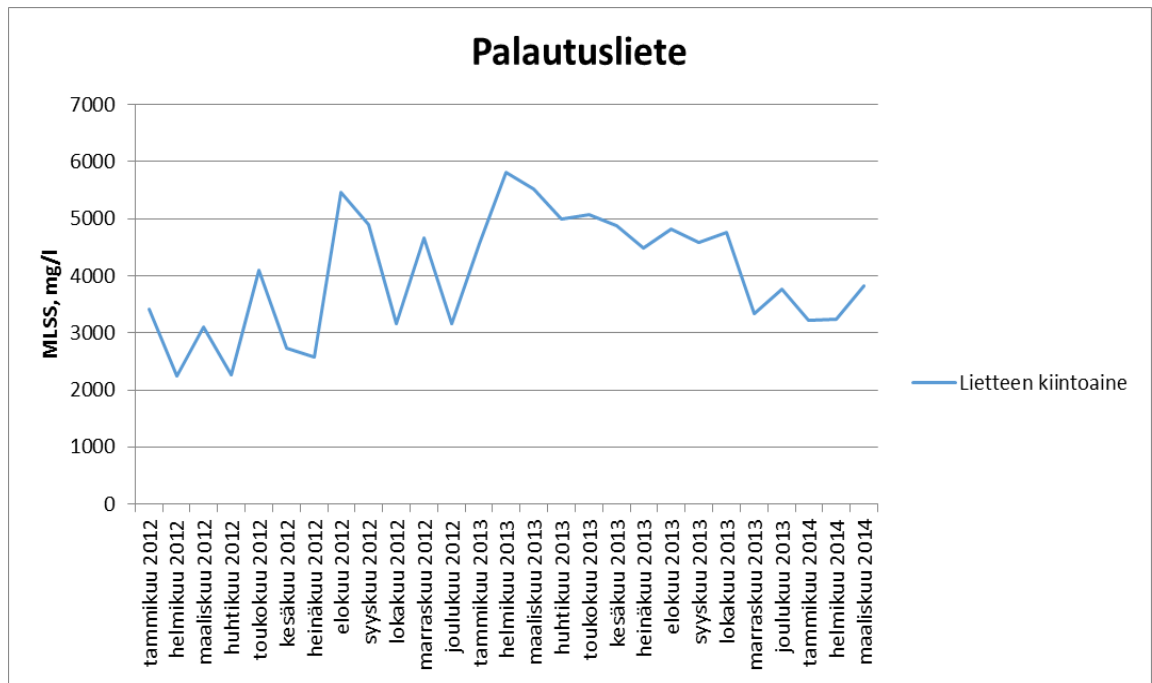
Kuva 7. COD-päästöt vesistöön kg/d

Tämä helmikuussa tapahtunut luparajojen ylitys aiheutti selektorin käytön lopettamisen, jolloin siis palattiin vanhaan MBP-reaktorimalliin, missä kaikki palautusliete ajettiin ilmastusaltaan alkuun eikä osaa palautuslietteestä ajettu selektoriin.

6 Selektorin koeajo verrattuna täyden mittakaavan ajoin

6.1 Lietepitoisuus

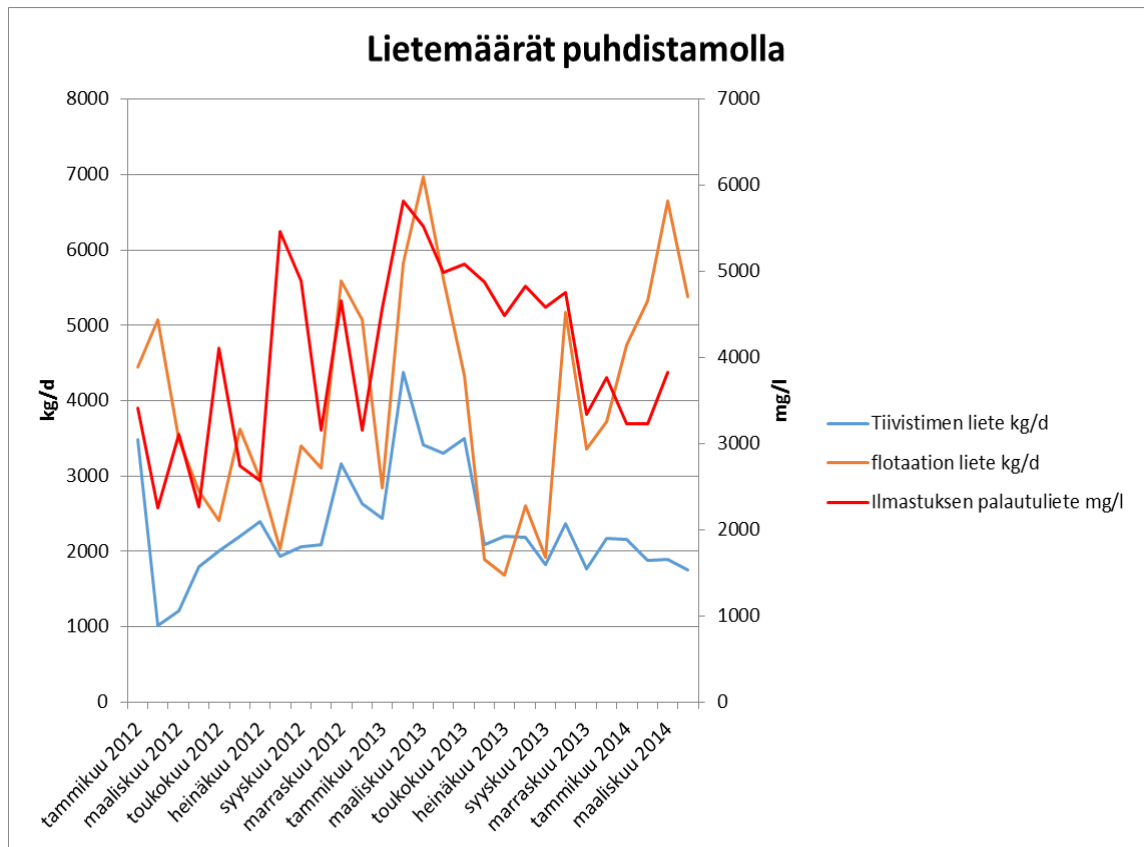
Pilottihankkeen koeajossa pääteltiin, että lietteen määrä kasvaa selektoria käytettäessä. Arvio perustui tehokkaampaan ravinteiden hyödyntämiseen aktiivilieteprosessin alkuvaiheessa. Kuten pilottihankkeen tulosten perusteella voitiin olettaa, kiintoaineen määrä nousi voimakkaasti joulukuun 2012 jälkeen, kun selektori otettiin mukaan prosessiin. (kuva 8.)



Kuva 8. Ilmastusaltaan palautuslietteen kiintoainemäärä mg/l

Kiintoaineen määrä ilmastuksen palautuslietteessä pysyi korkealla lokakuuhun 2013 saakka, jolloin jätevesiprosessi keskeytettiin seisokissa. Silloin ilmastusaltaan pohjailmastimien nostovaijerit uusittiin, joten allas piti tyhjentää. Lokakuun 2013 jälkeen ilmastuksen palautuslietteen kiintoainemäärä pysyi alempana kuin koko edellisen vuoden aikana.

Ilmastuksen lietemäärää voidaan säädellä jälkiselkeytyksestä poistettavan lietteen määrällä. Jälkiselkeytyksessä hyvin laskeutuva liete poistetaan tiivistimeltä ja huonosti laskeutuva liete poistetaan flotaatiosta. Poistettavan lietteen määrä kasvaa voimakkaasti selektorin käyttöönoton jälkeen. Suurimmillaan tiivistimeltä poistettavan lietteen määrä on helmikuussa 2013 yli 4100 kg/d, samaan aikaan myös flotaation lietemäärä on kasvussa (kuva 9).

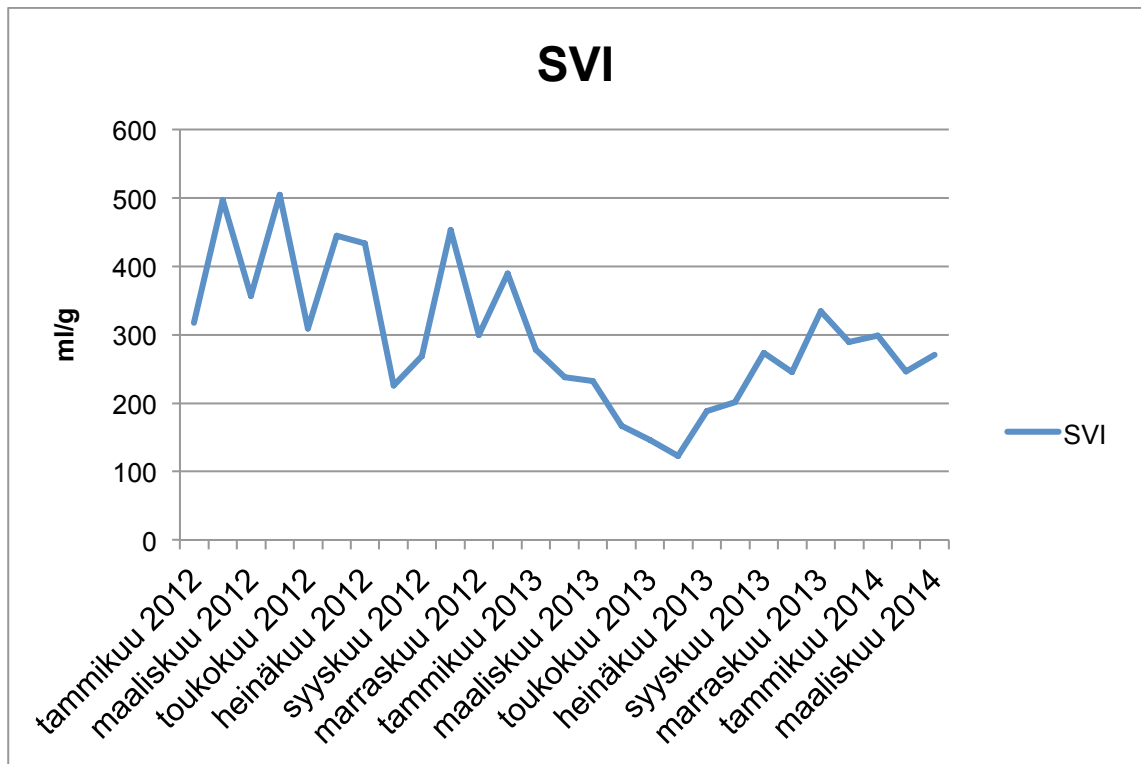


Kuva 9. Lietteen käsittelyn lietemäärät ja ilmastuksen palautuslietteen kiintoainemäärä.

Suurin lietemäärä flotaatiolla on maaliskuussa 2013. Ilmastusaltaan palautuslietteen kiintoaine määrä saatiin laskuun poistamalla lietettä. Kesäkuussa 2013 sekä tiivistimen että flotaation lietemäärät laskivat selvästi vaikka ilmastuksen palautuslietteen kiintoainemäärä pysyi korkeana. Se kertoo paremmasta biologisesta toiminnasta ilmastusaltaassa. Flotaatiolta poistettavan lietteen määrän lasku kertoo paremmin laskeutuvista lieteflokeista jälkiselkeytyksessä.

6.2 Lieteindeksi

Lieteindeksi kuvaa lietteen laskeutumis- ja tiivistysominaisuuksia. Se ilmoittaa tilavuuden, minkä 1 g lietettä vaatii 30 minuutin laskeutuksen jälkeen. Yksikkönä käytetään ml/g tai vaihtoehtoisesti cm^3/g SS. Mitä pienempi lieteindeksi, sitä parempi laskeutus lietteellä on. (4.) Heinolan tapauksessa lieteindeksi on hyvin korkealla koko tarkastelujakson aikana. Vain kesäkuussa 2013 lieteindeksi on ollut alle 150 ml/g, tuolloin se oli 123 ml/g. (kuva 10.)

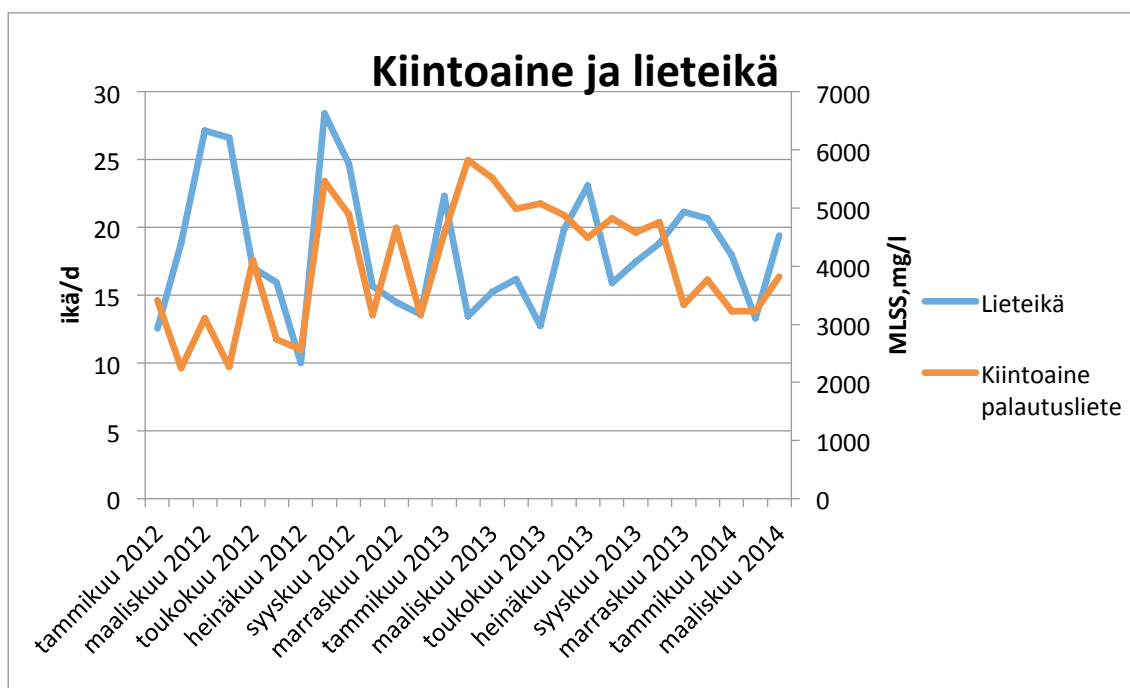


Kuva 10. Lieteindeksi

Jos lieteindeksin arvo on suuri, lietteen laskeutumisoimaisuudet ovat heikkoja. Silloin riittävän lietekonsentraation pitäminen vaatii suurta palautuslietteen määrää. Hyvin toimivassa aktiivilietelaitoksessa lieteindeksin olisi hyvä olla alle 150. (4.)

6.3 Lieteikä

Lieteikä voidaan laskea jakamalla aktiivilietteen määrä ilmastusaltaassa laitokselta poistetun ylijäämälietteen määrällä (4). Lieteikä on jonkin verran sidonnainen ilmastusaltaan lämpötilaan. Ilmastusaltaan lämpötilan ollessa korkeampi lieteikä on suurempi. (kuva 11.) Kesällä, jolloin jätevesi on lämpimämpää, myös ilmastukseen tuleva kuorma on pienempi. Pienempi lietteen määrä ilmastusaltaassa kesällä pienentää lieteikää, mutta pienempi poistettava lietteen määrä nostaa lieteikää.

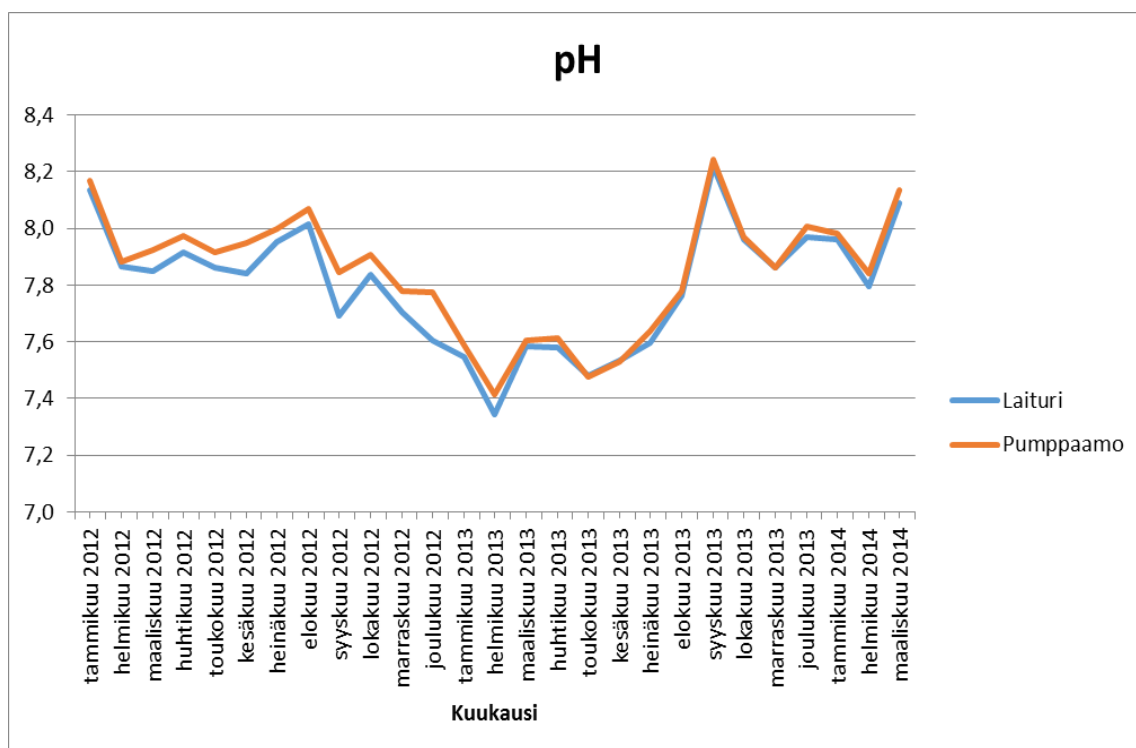


Kuva 11. Kiintoaine ja lieteikä

Tarkastelujakson alussa tammikuusta 2012 marraskuuhun 2012 kiintoaineen määrä seuraa lieteikää. Tänä aikana säiliö toimi MBP-reaktorina. Selektorin ajoon oton jälkeen joulukuussa 2012 kiintoaineen määrä on noussut voimakkaasti, mikä kertoo voimakkaasta mikrobitoiminnasta. Mikrobit käyttivät ravinteet tehokkaasti biomassan tuottamiseen. Kesäkuussa 2013 tapahtuu muutos lieteiän ja kiintoaineen keskinäisessä suhteessa. Samaan aikaan ilmastukseen tulevan COD:n määrä laski huomattavasti edeltävien kuukausien tasosta.

6.4 pH

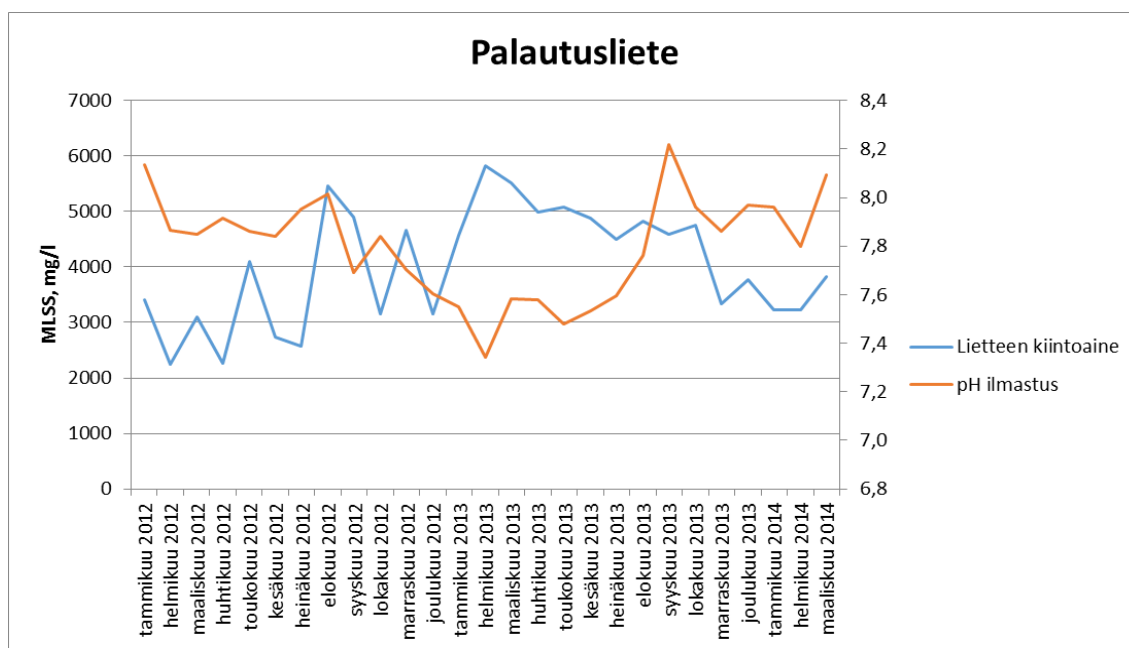
Ilmastuksen pH on selektorin ajoon ottamisen, joulukuu 2012, jälkeen laskenut selvästi (kuva 12). Selektori käsittelee pääasiassa sekundäärilauhdetta, joka tulee puhdistusprosessiin haihuttamolta ja sisältää runsaasti mikrobien ravintona käyttämiä orgaanisia happoja.



Kuva 12. pH ilmastuksessa

Selektori ei nähtävästi neutraloinut jätevettä niin paljon kuin MBP-prosessi oli tehnyt. Selektoriin syötettävän palautuslieteen pitäisi neutraloida sinne syötettävän lauhde. On myös havaittavissa pieni jäteveden pH:n nousu ilmastuksen aikana; pumppaamon pH on hieman korkeampi kuin laiturilta mitattu pH-arvo (kuva 12).

Ilmastusaltan kiintoainemäärän kasvaessa ilmastusaltan pH laskee (kuva 13). Koska selektori hajottaa tehokkaasti etikkahappoa, sen käyttöönoton jälkeen olisi ollut oletettavaa, että neutraloinnin tarve laskee ja pH-arvo pysyy korkeampana.

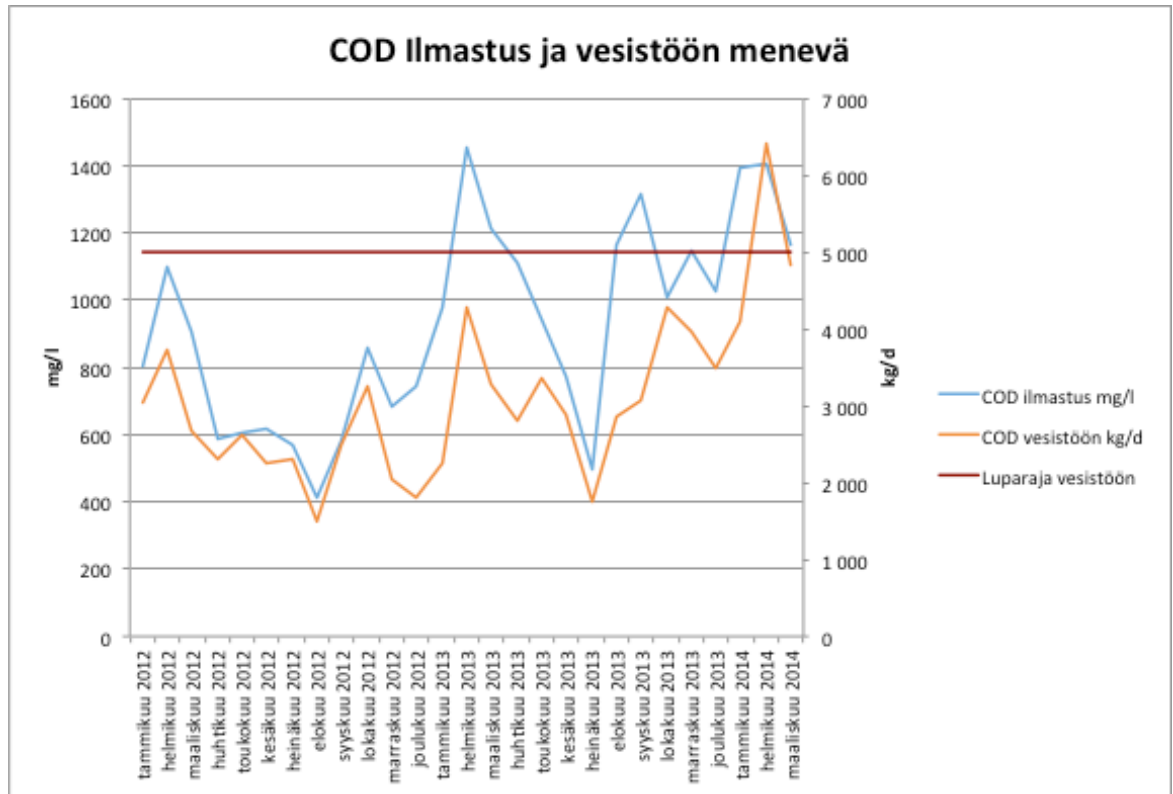


Kuva 13. Kiintoaine ja pH

Jos selektorin happipitoisuus ei ole riittävällä tasolla, se heikentää etikkahapon hajoaamista selektorissa. Tässä saattaa olla yksi syy ilmastuksen pH:n laskulle selektorin ollessa ajossa.

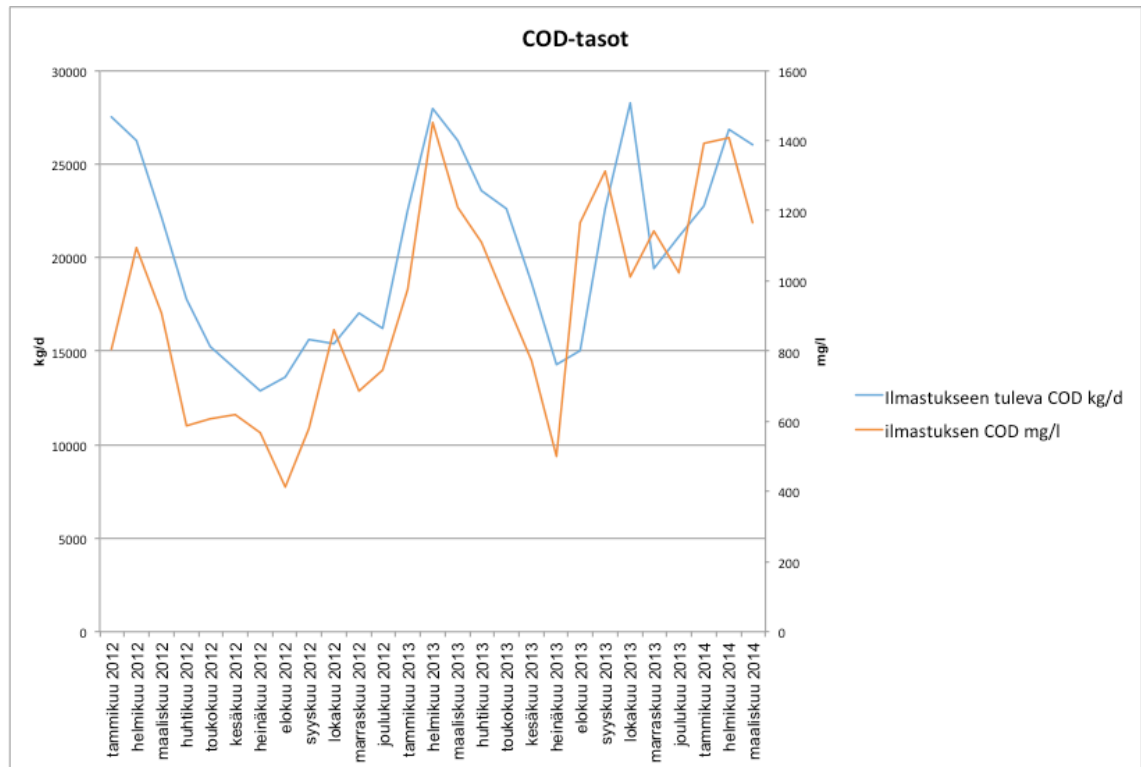
6.5 COD

Ilmastuksen COD on yksi seurattavista suureista jäteveden puhdistusprosessissa. Se ilmaisee kemiallisen hapenkulutuksen määrän jätevedessä. Vesistöön menevälle COD:lle on lupaehdoissa oma päästöraja. Lupaajan hetkittäinen ylittyminen aiheutti selektori-ajomallista luopumisen helmikuussa 2014.(kuva 14)



Kuva 14. COD ilmastuksessa ja vesistöön menevä COD.

Kuvasta 14 on havaittavissa, että vesistöön menevä COD-määrä seuraa pitkälti ilmastustaltaan COD-määrän muutoksia.

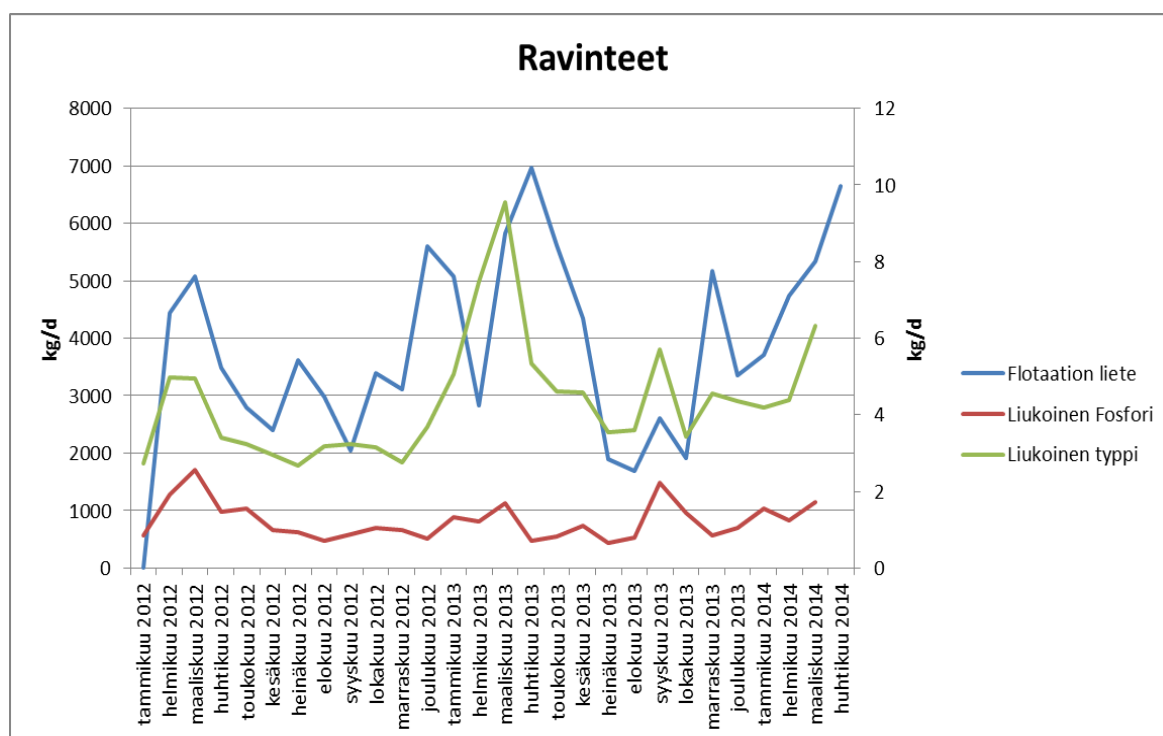


Kuva 15. Ilmastuksen COD-määrät

Ilmastuksen liukoisen COD:n määrä seuraa aika tarkasti ilmastukseen tulevan COD:n kuorman kuvaajaa (kuva 15). Ilmastuksen puhdistustehokkuus COD:n osalta pysyy suurimman osan ajasta samanlaisena.

6.6 Ravinteet

Ilmastuksen ravinnemäärillä on selkeä yhteys flotaation lietteen määrään. Flotaatiolta poistettava lietemäärän tilavuus kasvaa lietteen paisumisen (bulking-ilmio) takia. Ravinteiden määrä ilmastuksessa kasvaa ilmiön myötä, koska ravinteet eivät laskeudu jälkiselkeytyksessä. (kuva 16.) Rihmainen ja huonosti laskeutuva liete siis kierrättää ravinteita prosessissa, eikä puhdistustehokkuus ole tällöin riittävän hyvä.

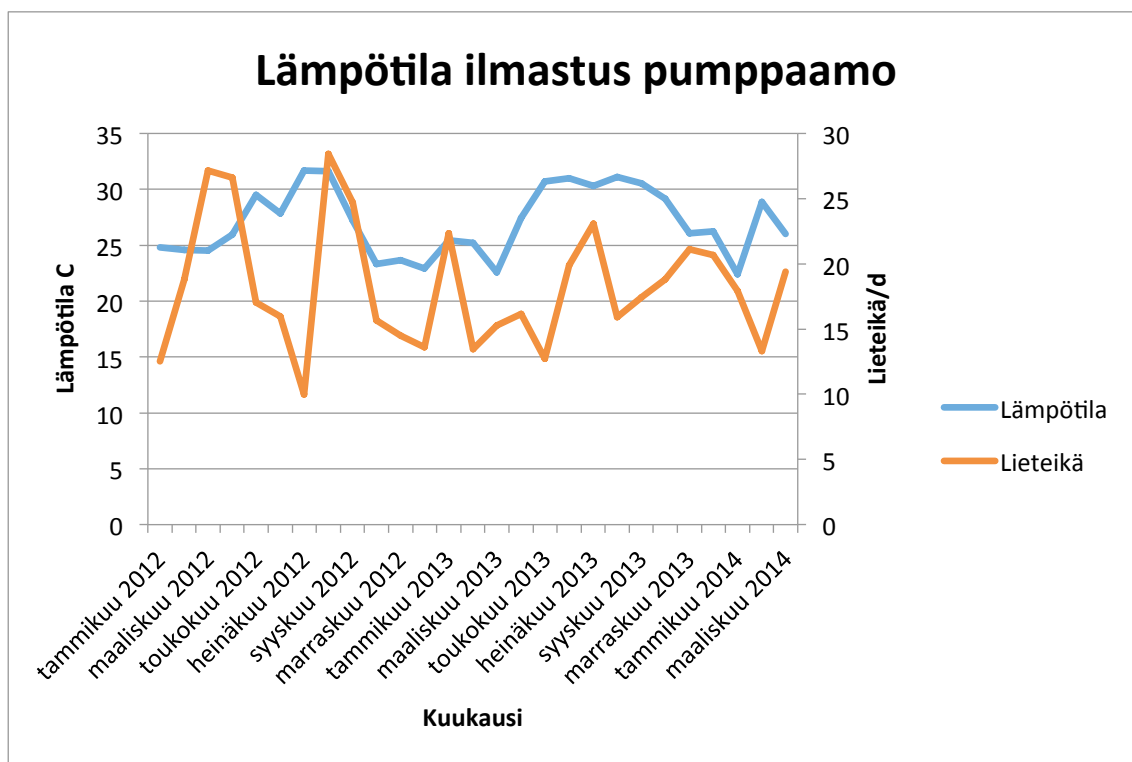


Kuva 16. Flotaation lietemäärä ja ravinteet ilmastuksessa

Ravinteiden määrä on korkeimmillaan maaliskuussa 2013, syyskuussa 2013 ja maaliskuussa 2014. Ravinteiden korkea määrä ilmastuksessa näkyy myös vesistöön menevässä ravinnemäärässä.

6.7 Jäteveden lämpötila ilmastuksessa

Lämpötila ilmastuksessa vaihtelee ulkoilman lämpötilan seurauksena huomattavasti. Palautuslietteen ja ilmastuksen välinen lämpötilaero voi olla jopa 15 °C. Niin suurella lämpötilaerolla on todennäköisesti negatiivinen vaikutus puhdistamon biologiseen toimintaan. (15.) Jos selektorin lämpötilan on suurempi kuin ilmastusaltaan lämpötilan, niiden mikrobikannat eivät välttämättä vastaa toisiaan riittävän hyvin. Korkeammassa lämpötilassa reaktorin toiminta on tehokkaampaa. Mikrobin kasvu tapahtuu nopeammin ilmastusaltaan ollessa lämpimämpi.



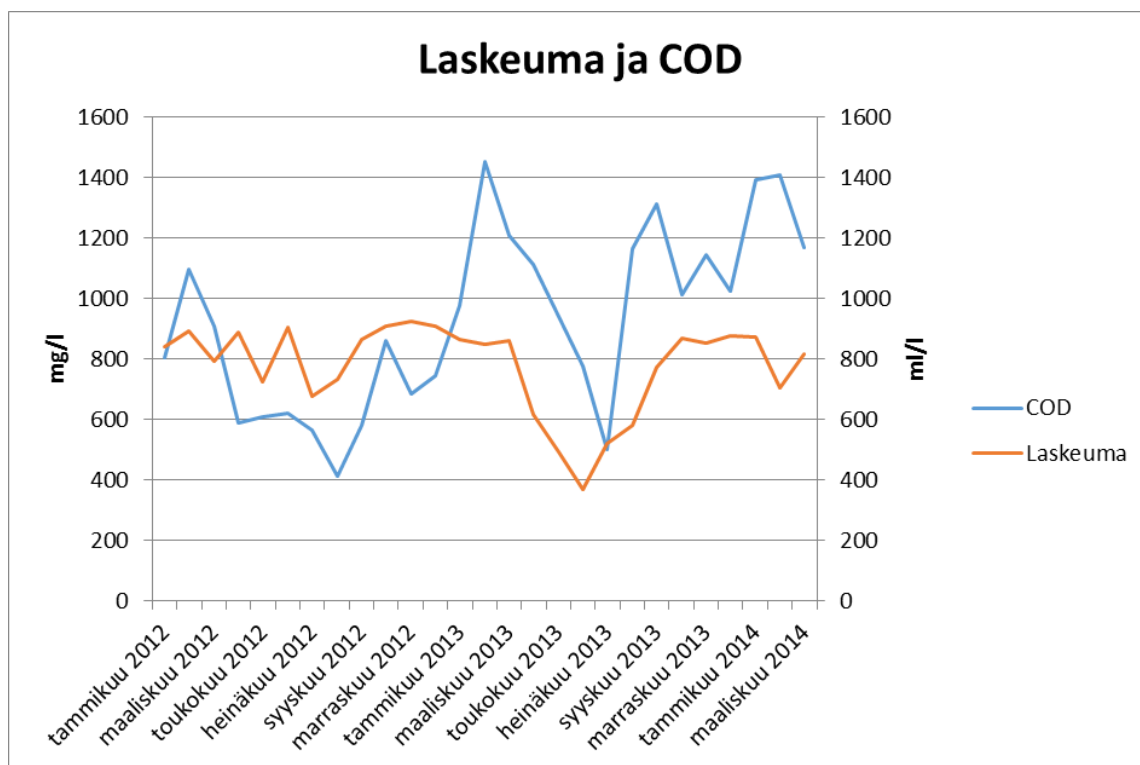
Kuva 17. Lämpötila ilmastuksessa.

Ilmastuksen lämpötilan vaihtelu aiheuttaa talvella muutoksia mikrobikannassa. Mikrobikanta ei pysty käsittelemään häiriöpäästöjä yhtä hyvin kuin se pystyy lämpimän veden aikaan kesäisin.

6.8 Laskeutuvuus

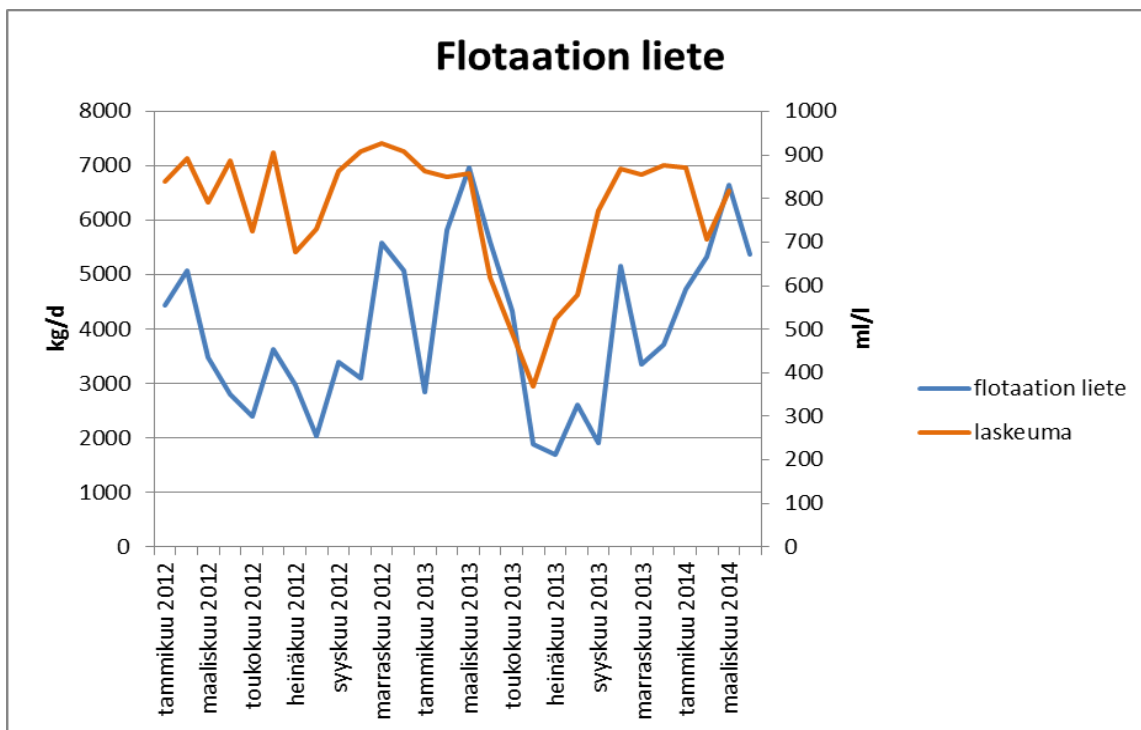
Selektori paransi ilmastuksen lietteen laskeutuvuutta pilottihankkeen mittakaavassa, mutta se ei näy täyden mittakaavan aktiivilieteprosessissa. Pilottihankkeen aikana il-

mastusaltaassa oli happea riittävästi koko koejakson ajan, sen perusteella vaikuttaa siltä, että lietteen huono laskeutuvuus ilmastuksessa ei johdu liian alhaisesta happimäärästä.(16.)



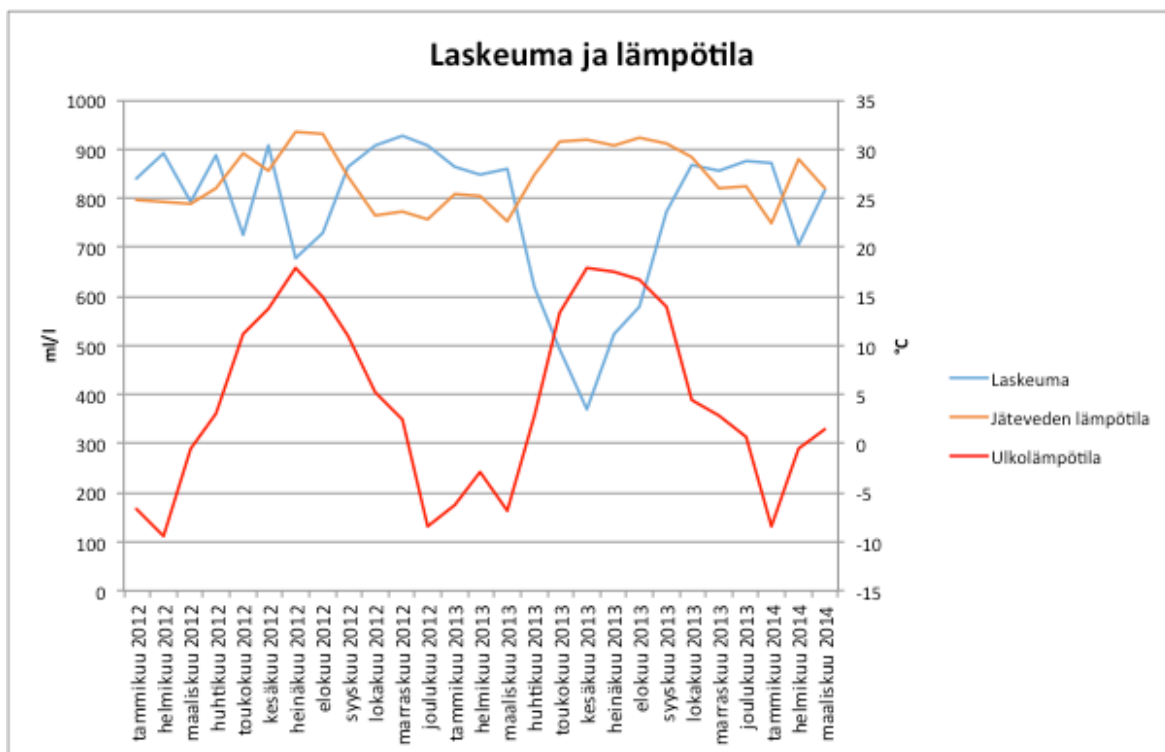
Kuva 18. Ilmastusaltan pumppaamon laskeuma ja ilmastuksen COD

Lietteen laskeutuvuudella on vaikutusta ilmastuksen COD-pitoisuuteen. Laskeuman parantuessa COD-kuorma laskee pienellä viiveellä. Huonosti laskeutuva liete pitää COD-kuormaa korkeana.(kuva 18.) Huonosti laskeutuvassa lietteessä on rihmamaisia bakteereja, jotka estävät lietettä laskeutumasta jälkiselkeytyksessä. Kyseinen mikrobikanta ei puhdistaa jätevettä yhtä tehokkaasti kuin hyvin laskeutuva liete.



Kuva 19. Flotaation lietemäärä ja laskeuma

On selvästi havaittavissa yhtäläisyys lietteen laskeutuvuuden ja flotaatiolta pumpattavan lietteen määrässä. Kun liete ei laskeudu jälkiselkeytyksessä se virtaa jälkiselkeytyksen ylikaadon kautta flotaatioon, jossa kelluva rihmainen liete poistetaan prosessista. Kun liete laskeutuu hyvin, eli rihmaista tai muuten huonosti laskeutuvaa lietettä ei esiinny, ei flotaation käytölle ole tarvetta.



Kuva 20. Laskeuma ja lämpötila

On selvästi havaittavissa ilmastuksen lämpötilan ja laskeuman välinen riippuvuus. Lämpötilan ollessa lähemmäs 30 °C laskeuma on selvästi paremmalla tasolla. Ulkolämpötilalla on suuri vaikutus jäteveden lämpötilaan. Ilmastusaltaassa on suuri pinta-ala, minkä vuoksi jätevesi jäähtyy voimakkaasti.

7 Pohdinta

Jäteveden puhdistusprosessi on hidas ohjata, johtuen suurista COD-kuormista ja kuormien nopeista vaihteluista. Suurimpana syynä kartongilta/massalta tulevien kuormien vaihtelu. Prosessiin tehtävät muutokset näkyvät usein vasta viikkojen kuluttua muutoksen teon jälkeen. Tämä vaikeuttaa suuresti prosessimuutoksien vaikutusten havaitsemista. Syy-seuraus -suhteiden tarkka jäljittäminen on hyvin hankalaa. Saatavilla olevaa tietoa prosessin muutoksista oli riittävästi, mutta kysymyksiä jäi silti vielä selvittämättä.

Ilmastusaltaan lämpötilalla ja lietteen laskeutuvuudella vaikuttaisi olevan suora vaikutus toisiinsa. Lämpötilan noustessa laskeuma paranee selkeästi. Tämä oli nähtävissä koko tutkimuksen ajalta. Olisi syytä miettiä, miten ilmastuksen lämpötila pystyttäisiin pitä-

mään mahdollisimman stabiilina ja sopivan korkeana. Yhtenä syynä suuriin lämpötilavaihteluihin on ilmastusaltaan mataluus n. 4 m. Matala ilmastusallas ja suuri haihduttava pinta-ala jäädyttävät jätevedtä talviaikaan. Aktiivilieteprosessissa on monia muutujia, joilla kaikilla on jonkinlainen yhteys toisiinsa. Kun tarkastellaan jäteveden lämpötilaa, huomataan sen muutoksen vaikuttavan moneen muuhunkin muuttujaan. Lämpötila vaikuttaa suoraan jätevedenpuhdistuksen mikrobiologiaan, koska eri mikrobeilla on erilaiset optimilämpötilat. Sillä, että ilmastuksen ja selektorin lämpötilat eroavat toisistaan suuresti, on negatiivinen vaikutus aktiivilieteprosessin toimintaan. Jälkiselkeytyksestä palautuva liete joutuu aivan eri olosuhteisiin kuin mitä ilmastuksessa vallitsee. Samoin selektorissa kasvanut mikrobikanta joutuu aivan eri olosuhteisiin ilmastusaltaassa, eikä välttämättä pärjää ilmastusaltaassa riittävän hyvin. Nämä seikat voivat aiheuttaa osaltaan vääränlaisen mikrobikannan valikoitumisen prosessissa. Pitäisi miettiä keinoja ilmastusaltaassa olevan jäteveden lämpötilan pitämiseksi riittävän korkealla ympäri vuoden.

Vaikka ilmastuksen happitaso on ollut ajanjaksolla hyvällä tasolla, ei COD-pitoisuus ole silti laskenut ilmastuksessa. Tosin selektorin happitaso on kokoajan ollut lähellä nollaa tai nollassa. Tämä johtuu voimakkaasta mikrobi toiminnasta ja liian vähäisestä ilmastuksesta. Osittainen anaerobinen toiminta selektorissa voi myös vaikuttaa ilmastuksen mikrobikannan muodostukseen.

Jätevesilaitosta ajetaan jatkuvasti sen puhdistuskapasiteetin ylärajoilla. Se näkyy ilmastuksen liukoisen COD:n määrissä. Kuormituksen kasvaessa aktiivilaitoksen kapasiteetin yläraja tulee vastaan. Yksi yleisimmin käytetty parametri aktiivilietelaitoksen seurantaan ja ohjaukseen on lieteindeksi SVI. Lieteindeksin taso on käytännössä koko ajan kirjallisuudesta löydettäviä viitearvoja korkeammalla. Kuormituksen pienentämiseksi olisi tehtävä toimenpiteitä. On muutamia vaihtoehtoja kuormituksen pienentämiseksi. Koska yksi suurimmista jätevesikuorman aiheuttajista on kuorimo, tulisi miettiä eri keinoja vesi määrän pienentämiseen. Kuorintaprosessissa käytettävää vesimäärää tulisi pienentää. Talvella kuoren huonommasta irtoamisesta johtuva suuremman vesimäärän käyttö on yksi tärkeimmistä ratkaistavista ongelmista. Olisi siis tärkeää tehdä selvityksiä tilanteen muuttamiseksi.

Haihduttamolta tulevassa jätevedessä on korkein COD-kuorma ja tämän kuorman pienentäminen olisi yksi tärkeä reitti aktiivilieteprosessin toimivuuden kannalta. Joko tulevaa jäteveden määrää pitäisi pienentää tai jätevesi olisi käsiteltävä toisella tavalla. Yksi mahdollinen käytettävä menetelmä on anaerobinen käsittely lauhteelle. Silloin

runsaasti aktiivilieteprosessia kuormittava lauhde käsiteltäisiin anaerobisesti ennen sen syöttämistä ilmastukseen. Tässä prosessissa muodostuisi poltettavia kaasuja, joita voitaisiin käyttää tehtaan omalla voimalaitoksella.

Lähteet

- 1 Stora Enso lyhyesti. Stora Enso. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/lang/finland/stora-enso-lyhyesti> Luettu 20.5.2014.
- 2 Stora Enso. Heinola Flutingtehdas. Saatavissa: <http://renewablepackaging.storaenso.com/about-us/mills/heinola-mill/finnish> Luettu 20.10.2014
- 3 WEF Manual for practice No. FD-3 Third edition, Industrial wastewater management, treatment, and disposal. WEF Press 2008
- 4 Karttunen, E. 2004. Vesihuolto 2. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- 5 Seppälä, Markku (toim.), Klemetti, Ursula, Kortelainen, Veli-Antti, Lyytikäinen, Jorma, Siitonen, Heikki ja Sironen, Raimo 2005. Paperimassan valmistus. 2-3. painos. Saarijärvi: Gummerrus Kirjapaino Oy.
- 6 Nelson Leonard Nemerow, Industrial waste treatment: contemporary practice and vision for the future. Oxford: Elsevier inc. 2007
- 7 Gaetano Celenza. Industrial Waste Treatment Process Engineering: Biological Processes, Nide 2, CRC Press 1999
- 8 W. Wesley Eckenfelder, Joseph G. Cleary. Activated Sludge Technologies for Treating Industrial Wastewaters DEStech Publications, Inc 2013
- 9 Henze. M. Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. IWA Publishing 2008
- 10 Syed R. Qasim; Wastewater treatment plants: Planning, design, and operation, Second Edition. CRC Press, 1999.
- 11 Työnopastusohje, jätevesilaitoksen hoitaja Heinola Fluting
- 12 Metcalf & Eddy 2014. Wastewater engineering: Treatment and Resource Recovery. Vol 2. Ed. New York: McGraw-Hill Education.
- 13 Etelä-Suomen aluehallintovirasto. 2013. Päätös Nro 258/2013/1. http://www.avi.fi/documents/10191/56814/esavi_paatos_258_2013_1-2013-12-19.pdf/52b88648-bea1-49bc-91f3-c625ac55d8ec
- 14 Hämäläinen Kari, Stora Enso intranet, Heinola Flutingtehdas, jätevesienkäsittelyn kaavio

- 15 Toivakainen Sakari, Heikkinen Janne, Laukkanen Timo ja Dahl Olli. 2013. Tutkimusraportti, Puhtaat teknologiat tutkimusryhmä, Heinolan tehtaan jätevesilaitoksen toiminnan kehittäminen osa 4: pilot-koe selektorin vaikutuksista puhdistamon toimintaan
- 16 Laukkanen Timo. 2012. Suosituksia selektorin käyttöönottoon, Aalto yliopisto, Espoo. sähköposti 20.12.2012